

Ueber
den Sirocco und den Föhn und
über die Stürme.

Von

Dr. J. HAMMERSCHMIED.

Vorträge, gehalten am 1. und 8. April 1874.

I.

Das Thema, welches ich zum Gegenstande meines heutigen Vortrages gewählt habe, ist dem Gebiete der Meteorologie entnommen, derjenigen Wissenschaft, welche sich mit den Erscheinungen in unserem Luftkreise, oder mit den atmosphärischen Erscheinungen beschäftigt, die da sind: Die Luftströmungen (Winde und Stürme), die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, der Luftdruck, die atmosphärischen Niederschläge (Thau, Regen, Schnee, Hagel), die atmosphärische Electricität, das atmosphärische Ozon, der Erdmagnetismus, das Nordlicht.

Von allen diesen Erscheinungen nehmen unstreitig die Luftströmungen, die wir Winde nennen, den ersten Rang ein, denn sie sind es, welche dem Klima einer Gegend, ja selbst eines ganzen Landes den Hauptcharakter verleihen und aufprägen, oder mit anderen Worten, welche die grösste klimatologische Bedeutung für ein Land mit seinem Thier- und Pflanzenleben haben. Die Luftströmungen sind es nämlich, welche Feuchtigkeit, Trockenheit, Wärme und Kälte bringen,

woraus sich eben die Hauptfactoren eines jeden Klima zusammensetzen, das, wie wir wissen, wieder von allergrösster Wichtigkeit für das pflanzliche und thierische Leben ist.

Andererseits richten die Luftströmungen, zum Sturme oder Orkane ausartend, grosse Verheerungen selbst über weite Länderstrecken an, und werden besonders den Schiffen auf den Gewässern höchst gefährlich und verderblich.

Von den verschiedenen Formen und Arten der Luftströmungen wollen wir zunächst Zwei näher in das Auge fassen, nämlich den Sirocco (auch Scirocco) und den Föhn, weil diese beiden Windgattungen ganz besonders auffallende und specifische, oder charakteristische Eigenschaften an sich tragen, und weil sie die Meteorologen der Neuzeit in einem besonders hohen Grade beschäftigt haben, die für die beiden genannten Luftströmungen, namentlich für den Föhn, eine streng wissenschaftliche, physikalische Erklärung zu finden sich bemühten.

Meine Aufgabe wird es also heute sein:

1) die physikalischen Eigenschaften des Sirocco und des Föhn zu skizziren, d. i. eine Beschreibung von diesen beiden Winden zu geben, und

2) die Erklärung dieser beiden Winde, die nicht selten zum gewaltigen, verheerenden Sturme anschwellen, beizufügen.

Diese Erklärung in einer wissenschaftlich befriedigenden Weise zu liefern, wird nicht möglich sein,

ohne auf die Erforschung des letzten Grundes der Luftströmungen oder der Winde, wovon der Sirocco und der Föhn nur die Glieder einer langen Kette physikalischer meteorologischer Erscheinungen sind, einzugehen. Dieses wird in weiterer Consequenz zur Entwicklung einer förmlichen Theorie der Luftströmungen, ja noch weiter zur Entwicklung einer Theorie der mit den Luftströmungen in einem inneren Zusammenhange stehenden Meeresströmungen führen.

Beide Theorien, von den Luft- und Meeresströmungen, können insofern mechanische genannt werden, als sie in der Wesenheit auf mechanische Gesetze und zwar in allererster Linie auf das Gesetz vom Gleichgewichte der Flüssigkeiten und Gase zurückgeführt werden können. Mit diesem einzigen Gesetze reicht man jedoch, wie wir sehen werden, noch nicht vollständig aus zu einer vollständig befriedigenden Erklärung der Luft- und Meeresströmungen, sondern wir werden noch einige physikalische Gesetze, die erst in neuester Zeit erkannt worden sind, zur Lösung unserer Aufgabe benöthigen.

Diesem Programme meines Vortrages gemäss beginne ich mit dem Sirocco, und werde meinem zweiten Vortrage über die Stürme die Theorien über die Luftströmungen folgen lassen.

II.

Der Sirocco gehört bekanntlich zu den sogenannten heissen und trockenen Winden, deren

Ursprung man in die Sandwüsten von Afrika und Asien verlegt. Diese warmen Winde führen in verschiedenen Gegenden verschiedene Namen. In Arabien, Persien und in den meisten Gegenden des Orients bezeichnet man die heissen Wüstenwinde mit dem Namen Samum (Giftwind); in Egypten heisst der, anfangs von Süd, dann von West her, zur Zeit des Vorfrühlings und des Frühlings also zur Zeit des Frühlings-Aequinoctiums innerhalb von ungefähr 50 Tagen (daher der Name) öfter mit grösserer Heftigkeit wehende, heisse und trockene die östlich gelegenen Gegenden Egyptens versandende Wüstenwind Chamsin (fünfzig). Während der Südwind im Winter sich häufig durch empfindliche Kühle bemerkbar macht, ist er im Frühling durch grosse Hitze charakterisirt. Dieselben continentalen Wüstenstriche, die im Winter beträchtlich unter die Temperatur ihrer Umgebung abkühlen, erhitzen sich rasch, sowie die Sonne den Aequator überschreitet, während die abkühlenden Nordwinde, die den Sommer über vom Mittelmeer her wehen, noch nicht zur Herrschaft gelangt sind. (Das Klima von Kairo von Dr. J. Hann. Zeitschrift der öst. Gesellsch. für Meteorolog. VII. 5.) Im südlichen Europa, namentlich in Italien und Spanien, kommen auch noch heisse Winde vor, welche die Temperatur im Schatten bis auf 36° R. erhöhen können. Man nennt diese letzteren Winde, die in Italien über das mittelländische Meer von Afrika also aus Süd oder Südost herkommen, Sirocco, und man unterscheidet dort den trockenen Sirocco (Sirocco del pæse) und

den feuchten Sirocco (Sirocco molle oder umida), welche letzteren Winde die Araber die Vater des Regens nannten.

Man meint, dass es eben von der Localität abhängt, ob der Sirocco bald als feuchter bald als trockener Süd- oder Südostwind auftritt. Dove hält den Sirocco für einen Aequatorialstrom und den in Italien als Tramontane bekannten Nord- und Nordostwind für einen Polarstrom, in der Weise, dass im Kampfe beider der Aequatorialstrom (Sirocco im Sommer) den Polarstrom (die Tramontane im Winter) überwiegt. Damit stehe im Einklange, dass der Sirocco durch seine Feuchtigkeit, — eine Eigenschaft des Aequatorialstromes — berühmt oder berüchtigt sei, auf Sicilien sowohl als auf Malta.

Vivenot meint, dass nach den Aufzeichnungen der Sternwarte in Palermo, in gewissen Fällen, der Südwind wirklich der in Sicilien herabkommende Aequatorialstrom sei, dass derselbe in anderen Fällen aber eine von jenem unabhängige, der Wüste entstammende, Strömung sei, der sogenannte wahre Sirocco.

Das Wort Sirocco ist die italienische Form des arabischen Namens Schurkîjeh gleich Ost- oder Südwind.

In Spanien führen die heissen Winde den Namen Solano (von der Sonne, d. i. von Ost und Südost).

Alle Berichte stimmen darin überein, dass sich die Annäherung der Wüstenwinde schon durch eine Verdüsterung des sonst in jenen Gegenden reinen Horizontes ankündigt. Die Luft verliert ihre Durchsichtigkeit, die Sonne ihren Glanz, blasser als der Mond wirft

sie keinen Schatten mehr, das Grün der Bäume erscheint als schmutziges Blau. Es rührt diess von dem Sande und den Staubtheilchen her, welche der Sturm in die Höhe jagt, und mit sich fortführt. Gerade dieser Umstand aber trägt dazu bei, die Temperatur der Luft ungemein zu erhöhen; denn wenn der oft bis auf 50° R. erhitzte Sand in die Luft geführt wird, so geben die einzelnen Sandkörnchen bald einen Theil ihrer Wärme an die Luft ab, deren Temperatur dadurch auf 34 bis 38° R. steigt. Dazu ist die Luft ungemein trocken, weil nämlich der in ihr enthaltene, ohnedem spärliche Wasserdampf von den Sandkörnchen angezogen und aufgesogen (condensirt) wird; desshalb verschwindet rasch der Schweiss von der Oberfläche des Körpers und die Schleimhäute des Gaumens und der Luftröhre werden trocken, die Respiration wird schwierig. Ebenso ist das Wasser, welches die Reisenden der Wüste in Schläuchen mit sich führen, unter dem Einflusse des Samums einer raschen Verdunstung ausgesetzt.

Nur durch die Trockenheit, nicht etwa durch eigenthümlich giftige Bestandtheile, wie man wohl früher glaubte, ist der Samum gefährlich. (Kämtz' Meteorologie I. Bd. S. 267).

Artet ein solcher staubiger Wüstenwind zum Sturme aus, so nimmt er ein ganz besonders furchtbares Aussehen an.

Dutieuil beschreibt einen solchen Wüstensturm, der am 20. Mai 1857 in Bagdad in Arabien herrschte, wie folgt:

„Mit Tagesanbruch wehte der Wind aus S.W., das Wetter war schwül. Um 3 $\frac{1}{2}$ Uhr Nachmittag hatte die Sonne, durch den in der Luft verbreiteten Staub verdunkelt, die Blässe des Mondes. Um 5 Uhr kam plötzlich eine düstere Wolke von Staub, welcher in einem Augenblicke die ganze Stadt bedeckte, in die Höfe fiel und in die Zimmer drang. In weniger als $\frac{1}{4}$ Minute erfolgte der Uebergang vom Tag in die dunkelste Nacht. Der Eindruck war erschreckend, man konnte selbst in den Häusern seine Richtung nicht finden. Die Finsterniss, grösser als die der dunkelsten Nächte, dauerte 5 Minuten, darauf nahm der Himmel allmählig eine rothe Farbe an, zuerst tief, nach 20 Minuten wie bei einer grossen Feuersbrunst heller geröthet. Dieser Helligkeit ungeachtet konnte man auf 10 Schritte Entfernung nichts unterscheiden, man sah nur Feuer. Viele Einwohner, unter dem Eindrucke der beunruhigenden Nachrichten über den damals zu erwartenden Kometen, stiessen ein schreckliches Geschrei aus, suchten einander, um in Familie gemeinsam zu sterben, da sie das Ende der Welt erwarteten. Mehrere Menschen starben vor Schrecken. In der That liess das Getöse des Windes in der Höhe und dieser Anblick selbst den Besonnensten eine grosse Katastrophe erwarten. Die Sonne senkte sich allmählig nach dem Horizonte, die rothe Farbe verminderte sich, durch alle Töne hindurchgehend, und 10 Minuten vor Sonnenuntergang verfiel man in die vollständige Finsterniss. Der ziegelrothe Staub verminderte sich nicht, man hörte fort-

während in den höchsten Regionen das Sausen des Windes, und diess bewies die Stärke des Sturmes, welcher über Bagdad zog.“

„Er kam von S.W., hüllte vom West her die Stadt ein, und wurde theilweise durch den N.W. auf diese zurückgeführt. 2¹/₂ Stunde nach Sonnenuntergang erschienen die Sterne. Am andern Morgen herrschte eine angenehme Frische. Rothe Erde findet sich auf der Seite von Damaskus und Nedj. Der englische Dampfer Pianetta, der den Tigris herauffuhr, beobachtete dieselbe Erscheinung in derselben Stunde 150 Meilen südlich von Bagdad. Die englischen Reisenden mussten bei Hilleh 4 Stunden lang, das Gesicht auf der Erde, liegen bleiben. Zwei Dörfer, eines am Euphrat, das andere etwas davon, zwischen Hit und Enab, erhielten den Staub ebenfalls, als wenn der Sturm von Damaskus käme. In Tekrit, am oberen Tigris, wurde der Staub zu derselben Stunde in gleicher Weise beobachtet. Zwei Tage darauf stieg der Fluss plötzlich 3 Fuss, das Wasser des Flusses wurde roth. Im Norden war also ein Gewitter mit starken Regengüssen niedergegangen. In Egypten ist die Verdunkelung nie so gross, und der Staub nie so fein und roth.“

Es dürfte für Manche vom Interesse sein, über das Klima eines Landes und über das Leben daselbst, wo sich das geschilderte Naturereigniss zutrug, etwas Näheres aus dem Berichte des schweizerischen Arztes, Dr. Schläfli, in den Denkschriften der allgemeinen schweizerischen

Gesellschaft für die gesammten Naturwissenschaften, zu erfahren. Der Bericht lautet:

Mesopotamien gehört zu den heissesten Regionen der Erde, die Juli-Isotherme von 28° R. = 35° C., die heissesten Erdstellen umfassend, dringt hier am weitesten nach Norden vor, bis über 35° N. Br., was sonst ohne Beispiel auf der Erdoberfläche. Darum ist die Bestimmung der Temperatur von Bagdad wichtig für die allgemeine Meteorologie und Klimatologie. An die heissesten Erdstellen knüpft sich zudem wie an die kältesten, auch ein gewisses populäres Interesse. Diess veranlasste uns auf diese Beobachtungen zurückzukommen und aus den trefflichen klimatologischen Schilderungen Schläflis einige der interessantesten Stellen folgen zu lassen.

Untermesopotamien ist eine vollkommene Ebene, der Boden meist Lehm, ohne Steine irgend einer Art, seltene Kieselablagerungen ausgenommen. Wenige Punkte abgerechnet bietet es den Anblick einer kahlen Wüste, aus dem ausgedörrten Boden spriessen jetzt nur Tamarisken, Salicornien, Salsolen, Akazien, Kappern und Oxytropen, wo sich in früheren Jahrtausenden Garten an Garten reihte und stark bevölkerte Städte das Land bedeckten. Die unzähligen Canäle, die einst das Wasser der Zwillingsströme über das ganze Land verbreiteten, sind theils eingetrocknet, theils geben sie Anlass zur Bildung ungeheurer Sümpfe, die ebenfalls Wüsteneien ihrer Art sind.

Das vorzüglichste Culturgewächs in Untermesopotamien ist die Dattelpalme, in den Gärten werden

gezogen Pfirsiche, Aprikosen, Feigen (selten), Maulbeeren, Reben, Melonen, dann Holcus, Hirse, Weizen, Gerste. Die Aprikosen- und Pfirsichbäume standen am 10. Februar 1862 zu Samaua schon in schönster Blüthe, Maulbeer- und Feigenbäume waren Mitte März zu Bagdad voll belaubt; Anfang April blühten Maulbeeren, Citronen, Orangen und erfüllten die Luft mit Wohlgeruch. Anfangs Mai wurde die Gerste und der Weizen geschnitten, kamen die ersten reifen Maulbeeren, Aepfel, Aprikosen, Bohnen, Erbsen, Gurken auf den Markt; Mitte Mai zeigten sich Heuschreckenschwärme in ungeheuren Massen, Mitte Juni kamen die ersten Trauben zu Markte, gegen sein Ende in grossen Quantitäten, ebenso die verschiedenen Melonenarten. Alle Vegetation war jetzt verbrannt.

Nach der Jahresperiode des Windwechsels, der Bewölkung und der Niederschläge, gehört Untermesopotamien in die Subtropenzone. Der Regen fällt von October bis Mai, von Mitte Mai an bis zum October prangt der Himmel fortwährend im heitersten Azur; die Atmosphäre ist so klar und rein, dass ein scharfes Auge die Venus oft schon 1—2 Stunden vor Sonnenuntergang wahrnehmen kann. Nur ausnahmsweise zeigen sich Anfangs Juni in seltenen Jahren einige leichte Regenschauer, und sollte im Sommer je ein Mal ein Regen fallen, so ist diess ein ausserordentliches Ereigniss, das noch lange im Gedächtniss der Araber fortlebt. So fiel am Abend des 14. August 1819 ein heftiger Regenguss. Auch die Regenmenge des Winters ist gering, zu Samaua

fielen im Winter 1861/2 an 18 Regentagen 95.1 Mm., zu Bagdad im Frühling 1862 an 15 Tagen 44 Mm. Der Euphrat steigt langsam von Mitte December bis Ende Mai, etwa 13—15 Fuss, vorzüglich durch die Schneeschmelze im Gebirge. Der Tigris schwillt plötzlicher und rascher in Folge der Frühlingsregen und erreicht gegen Ende oder Mitte April 20—21' Wasserhöhe über seinen niedrigsten Stand.

Reife sind im Winter bei kalten Nord-West-Winde häufig, Schnee dagegen wird in den unteren Euphrat- und Tigrislanden nur ungemein selten gesehen, während er das Blachfeld Obermesopotamiens fast jährlich vorübergehend bedeckt. In den letzten 50 Jahren fiel in Untermesopotamien nur zweimal Schnee, im Jänner 1834 und im December 1860. Hagel scheint selten zu sein, gewöhnlich hat aber dieses Phänomen eine sehr grosse Verbreitung und dehnt sich von Bagdad bis in's Delta-land des Schatt-el-arab aus, so z. B. am 18. April 1862.

Fast jedes Jahr erreicht zu Bagdad das absolute Maxim. 47—48° C., in manchen Jahren 40—50° C., seltener 51°, wie im Jahre 1859. Horizontal auf dem flachen Lehm Boden eines Hausdaches gelegt und der Sonne ausgesetzt mag das Thermometer im Sommer zur Mittagszeit im Mittel 73—75° C. erreichen, die fragmentarischen Aufzeichnungen Schläfli's gaben 78° als Maximum.

Das tägliche Leben und Treiben in Bagdad ist im Sommer mit den verschiedenen Stufen der täglichen Erwärmung der Luft enge verknüpft.

Vor und 1 — 2 Stunden nach Sonnenaufgang bringt eine leichte Brise aus N.W. eine erquickende deliçiöse Frische, ein behagliches Gefühl durchdringt den Körper, mit Wonne erfreut man sich auf dem Dache des Hauses der herrlichen Morgenluft. Freilich ist diese Frische sehr relativ, denn das Sommermittel der bei Sonnenaufgang beobachteten Minima fällt nicht unter 26—27° C. Von 8^h an steigt die Wärme rasch und gegen 10 Uhr ist sie im oberen Stockwerke des Hauses nicht mehr auszuhalten. Der abgemattete Körper befindet sich schon in reichlicher Transpiration. Man steigt nun in die unterirdischen, Serdab genannten Gewölbe hinab, in denen, je nach ihrer Tiefe, die Temperatur 5—15° niedriger ist als oben. Die eingeschlossene Luft ist dort sehr dumpf und dem Ankömmling peinlich und lästig. Alle Poren öffnen sich nun, profuser Schweiss entströmt dem Körper, in wenigen Minuten sind Hemd und Kleider durchnässt, das Kopfhaar wie von Wasser getränkt. In dem ermatteten Körper bewegt sich der Geist nur schwerfällig, jede körperliche und geistige Arbeit wird lästig und schwierig, mühsam nur reiht sich ein Gedanke an den andern.

In vielen Häusern, besonders bei wohlhabenden Personen, werden an schattigen, dem Luftzug ausgesetzten Stellen sogenannte Schardaks errichtet: Räume, die auf einer oder allen Seiten mit einem dichten Gehege von gedörrten Oxytropen umgeben sind, auf welches fortwährend Wasser gegossen wird. Durch dessen rasche Verdunstung wird ihr Inneres eiskalt,

der Aufenthalt ist in ihnen daher sehr angenehm, aber nicht ganz gesund.

Gegen 5 bis 5 $\frac{1}{2}$ Uhr Abends tritt eine merkliche Abnahme der Wärme ein und mit grosser Sehnsucht erwartet man diese Stunde der Erlösung aus den immer dumpfer und wärmer werdenden Serdabs. Der offene, mit Wasser bespritzte Hofraum ist nun angenehm abgekühlt, wenn schon das Thermometer noch 40—43° C zeigt — wenigstens ist hier frische bewegte Luft. Nun sind aber die Zimmer in Gluthöfen verwandelt, jeder Gegenstand in ihnen ist auf 42—45° erhitzt. Die den Tag über ziemlich kühlen Bazars werden geschlossen und verlassen, denn es ist in ihnen nicht mehr auszuhalten. Einige Minuten vor Sonnenuntergang besteigt man das flache Dach, um hier unter freiem Himmel die Abendmahlzeit einzunehmen, um sich gleich nachher zu Bette zu legen. Die Temperatur schwankt nun von 37—40°. Ungestraft schläft man den Sommer über in Hemd und Unterhosen oder nur ein leichtes Leintuch übergeworfen unter freiem Himmel, dem Winde ausgesetzt. Der dem Menschen so schädliche Thau fällt hier nie. Ein bis zwei Stunden nach Sonnenuntergang liegt ganz Bagdad schon im tiefen Schlummer.“

In Europa leidet am Aergsten unter dem afrikanischen Sirocco das südöstliche Küstenland von Spanien, Andalusien, das überhaupt noch den Charakter des gegenüberliegenden Afrika an sich trägt, wie das Vorhandensein eines Waldes von fruchtreichen Dattelbäumen, diesen Kindern der Wüste, unweit der Stadt

Murcia bezeugt. In der Provinz gleichen Namens, sonst einer der gesegnetsten Spaniens, ist jener Gluthwind zu Hause, den die Andalusier Solano nennen. Man verspürt ihn noch in dem westlich von der Strasse von Gibraltar gelegenen Cadix häufig; doch äussert er sich daselbst bloss als ein gesteigerter Scirocco, welcher Menschen und Thiere unfähig zur Arbeit macht. In dem diesseits der genannten Strasse, also östlich gelegenen Malaga pflegt er schon heftiger aufzutreten, und wenn er längere Zeit weht, auf die Vegetation nachtheilig einzuwirken. In einem viel höheren Grade thut er diess aber an den Küsten von Ost-Granada und, wie bemerkt, von Murcia. Hier wüthet er nicht selten in echt afrikanischer Weise, hält jedoch selten lange an. Gewöhnlich ist es mit einigen Stössen abgethan, die aber hinreichen, um die Wein- und Olivenernte der Gegend, über welche sie hinstürmen, zu vernichten. Dergleichen Gluthstürme kündigen sich durch einen braunröthlichen Dunst an, welcher am südöstlichen Horizonte emporsteigt, und allmählig das Blau des ganzen Himmels trübt. Dabei ist Windstille, dann fängt das Meer an unruhig zu werden, es erhebt sich ein südlicher Wind, der von Secunde zu Secunde heftiger und heisser wird, bis er zuletzt zu einem Sturme sich steigert, der wirbelnd über das Land hinbraust und die ganze Atmosphäre mit Staub und Sand erfüllt. Das Laub der Bäume und Sträucher krümmt sich sogleich unter dem Gluthhauche dieses Windes, und ist wenige Tage später völlig vertrocknet und verdorrt. An keiner Stelle der gesammten Mediteran-

küste der Halbinsel treten diese heissen Süd- und Südostwinde so intensiv und häufig auf, als in den Litoral-gegenden von Almeria und Cartagena (Willkomm).

Ueber heisse und trockene Winde und über Staubstürme besitzen wir auch noch Mittheilungen aus anderen Gegenden der Erde. So berichtet Pallas in seiner Beschreibung von Zarizyn (in Russland an der Mündung der Zariza in die Wolga, gegen Westen mit einem Gebirge) Folgendes: In den letzten Tagen oder in der Mitte des Mai setzt der Wind nach Süden oder wohl Südwesten um und bringt die ersten Gewitter. Wenn diese angenehme Zeit drei oder höchstens vier Wochen gedauert hat, so setzt sich der gar oft heftige Wind wieder zwischen Süd und Südost, und da geht eine zehn- bis zwölfwöchentliche Dürre an. Diese Zeit ist so heiter, dass man oft acht Tage kein Wölkchen, eine Hand gross, am Himmel erblicken kann. Der heisseste und unerträglichste von allen Sommermonaten ist der Juli. In diesem wehen beständig von der dürrn Steppe und See her südliche, südöstliche, auch wohl östliche Winde. Besonders thun sich die heissen Winde hervor, die, ob sie schon nur so stark sind, dass sie eben den Staub von der Steppe in die Luft führen, dennoch so heiss sind, als ob sie aus einem heissen Ofen kämen. Diese Winde fangen gewöhnlich gegen den Nachmittag um 2 Uhr an und dauern bis nach Mitternacht; niemals hat man sie länger bemerkt. Bei solchen Winden fallen die Schafe oft wie Fliegen dahin, schäumen Blut, schwellen auf und gehen so geschwind in Fäulniss, dass

die Felle nicht einmal zu benutzen sind. Im Juli 1773 folgte dem heissen Winde unmittelbar ein stark abkühlendes Gewitter.

Teetzmann berichtet ebenfalls von diesen heissen Winden in den Steppen von Dnieprovsk (im Taurien-Gouvernement am schwarzen Meere). Sie treten mitunter schon im Mai ein und kommen bis in den September vor. Alles, was sie auf ihrem Wege treffen, vertrocknet. Getreidefelder, welche den Tag vorher die schönste Hoffnung gaben, sind am folgenden Tage gelb und vertrocknet; die Blätter der Bäume rollen sich zusammen und sterben ab. Junge Baumstämme von einen Zoll Durchmesser gehen aus unter dem Einflusse dieses Windes. Zum Glück sind diese Windstreifen von geringer Seitenausdehnung (Baer und Helmeyer, Beiträge zur Kenntniss des russischen Reiches, II. p. 97).

Derartige Winde, wie in den russischen Steppen, kommen in allen Erdtheilen auf ausgedehnten, besonders pflanzenlosen, oder durch die Hitze stark ausgetrockneten grösseren Flächen während der heissen Jahreszeit vor.

Man beobachtet sie, wie schon bemerkt, in den Wüsten Afrikas, aus denen sich bei drehendem (wirbelndem) Winde oft erstaunlich hohe Säulen von Sand abheben, die bald sehr rasch, bald mit majestätischer Langsamkeit fortrücken (Bruce); man beobachtet sie auf den südamerikanischen und australischen Steppen und Sandwüsten; in Vorderindien zu Lahore und im Pendjab, hier zuweilen von sehr grosser Ausdehnung und Vehemenz, und dann gewöhnlich mit einem plötzlichen

Regenfalle endend. Selbst die zierlichen Staubwirbel, welche man bei uns an sonnigen, warmen und ruhigen Tagen plötzlich auf Strassen oder grossen Plätzen sich erheben und ihr luftiges Spiel treiben sieht, gehören in einer Beziehung in diese Classe der Luftströmungen.

Schläfli nennt den aus der Wüste von den Winden in entfernte Gegenden getragenen, und dort niederfallenden Staub, zum Unterschiede von dem gewöhnlichen Staube, den Hochstaub. Solchen Hochstaub in Form eines förmlichen Staubregens beobachtet man zuweilen auch an Orten, die weit entfernt von den Wüsten Afrikas und Arabiens liegen. Von den Staubfällen im südöstlichen Spanien war soeben die Rede. Noch Genaueres wird aus Italien über Staubfälle mitgetheilt. Das Interessanteste hierüber findet sich in der Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie (Bd. V. Nr. 8), die überhaupt ein ausgezeichnetes Sammelorgan von meteorologischen und einschlägigen physikalischen Forschungen ist, von P. Francesco Denza, Director des Observatoriums zu Moncalieri, mitgetheilt.

Nach diesen Mittheilungen wehte am 13. Februar 1870 ein stürmischer Wind aus S.O. im adriatischen Meere, der vorzugsweise Palermo und Civitavecchia traf. Auf diesen Sturm folgte in den südlichen Gegenden Italiens Regen und in den nördlichen Gegenden reichlicher Schneefall. In einigen Orten war nun dieser Regen, sowie der Schnee mit dem Herabfallen eines sehr feinen Staubes verbunden, welcher in Süden zu

Rom, und im Norden zu Genua und Mondovi in Piemont gesammelt wurde. Der Staubfall begann in Rom in den Nachmittagsstunden des 13. Februar und währte, immer mit Regen verbunden, auch in der Nacht fort. In Mondovi erschien der Staub in Begleitung eines Schneefalles und fiel nur durch ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde. Die Atmosphäre hatte zu dieser Zeit eine gelbliche Färbung, welche auch von den Häusern zurückgeworfen wurde, und der Schnee, welcher seit einiger Zeit fiel, hatte dieselbe gelbe Farbe; während derjenige, welcher früher gefallen war, und jener, der später nachfolgte, die gewöhnliche weisse Farbe hatte. Der in Mondovi gesammelte gelbe Schnee gab in geeigneten Gefässen als Rückstand ein röthliches Pulver, welches indentisch gefunden wurde mit dem zu Genua gesammelten. Das Pulver selbst bestand aus erdigen Substanzen und thierischen Organismen.

Diese Staubregen oder Fälle von rothem Schnee wurden seit dem Jahre 1862, wo man diesem Gegenstande eine grössere Aufmerksamkeit zu widmen anfang, alljährlich beobachtet. So fiel am 7. Februar 1863 eine Menge trockenen, und wegen seiner Feinheit fast unfassbaren Staubes auf den kanarischen Inseln und bedeckte den Pic von Teneriffa, sowie die vor Teneriffa, Palma und Ferro vor Anker liegenden Schiffe.

Auf der Insel Madeira führt der solchen Staub mitbringende Wind den Namen Leste.

Am 20. zum 21. Februar 1864 fiel nach einem äusserst heftigen Sturme aus Süd ein Regen zu Rom, nach welchem die mit Schiefer und Blech

gedeckten Dächer mit einem sehr feinen, gelbröthlichen Pulver bedeckt gefunden wurden. Im Jahre 1865, am Morgen des 15. März, wurde die italienische Dampfercorvette Etna, welche zu Tunis stationirt war, von einem röthlichen Staube bedeckt, welcher am Abende desselben Tages auch zu Rom herabfiel.

Noch zu erwähnen sind die an der Guinea-Küste (Westküste von Afrika); im December und Jänner vom Lande in das Meer, in den Meerbusen von Guinea, wehenden Winde, die grosse Massen feinen rothen Staubes bis weit hinein aufs offene Meer führen, dabei aber kalt und selbstverständlich auch trocken sind. Sie führen den Namen Harmattan. Dampier, der kühnste Seefahrer des 17. Jahrhunderts, berichtet hierüber Folgendes: Sind die Schiffe südlich von Cap Blanco angekommen, welches sich unter dem 21. Grade nördl. Breite befindet, so finden sie sich zuweilen so durch einen röthlichen Staub, welchen der Wind dem Lande entnommen, belästigt, dass man kaum sehen kann; ihre Verdecke sind ganz davon bedeckt und ihre Segel geröthet von dem anhaftenden Staube. Horsbrough nennt die staubige Atmosphäre zwischen den Capverdischen Inseln (beim Cap des Grünen Vorgebirges) und dem Continente eine bei Nord-Ost Wind stets vorhandene und fortdauernde Erscheinung, und führt sie darauf zurück, dass dieser Staub hier von dem N.O. von der heissen Wüste hergetrieben werde. Nach den neuesten Beobachtungen von Bouët Willaumez wissen wir über

den Harmattan am Cap Verde (Grünes Vorgebirge) an der Westküste von Nordafrika noch Folgendes:

Dieser O.N.O.Wind (aus dem erkaltenden Innern gegen das südliche Auflockerungsgebiet, die Kalmen), herrscht vom November bis Mai, dann fällt höchst selten Regen, aber trotzdem bildet sich in den sehr kühlen Nächten reichlicher Thau. Zu dieser Zeit schwitzen die Gummibäume auf dem Festlande ihr Gummi aus, um so mehr, je trockener die Hitze ist. Der Harmattan bringt einen Nebel aus feinen Staub, der so dicht ist, zumal des Morgens, dass man öfter die Küste in einer Meile Entfernung nicht sieht. Er steigert sich an Stärke und Temperatur bis 1^h Mittag, gegen 2^h und 3^h wird er ersetzt durch den N.W., welcher die Atmosphäre wieder klärt. Er gilt im Allgemeinen als wohlthätig für die Gesundheit. Gegen Ende Mai hört der Harmattan auf und macht weniger regelmässigen Westbrisen Platz, wechselnd mit Windstillen. Im Juli wehen zuweilen Tornados, bis die Regenzeit aufhört und im November der Ostwind wieder beginnt. (Mühry, klimatische Uebersicht der Erde.)

Alle diese aufgezählten Staubbälle können nur einen und denselben Ursprung und zwar in den ausgedehnten Sandwüsten Afrikas haben. Dagegen erklärt sich Ehrenberg (Abhdlg. der Berliner Akademie 1847) entschieden für den amerikanischen, nicht afrikanischen Ursprung der mit dem Sirocco oder mit dem Föhn herabfallenden Substanzen, weil es im Innern von Afrika

keinen Passatwind und keine rothstaubigen Oberflächen, welche den Passatstaub liefern könnten, gebe.

Auch Dove (Ueber Eiszeit, Föhn und Sirocco 1867) erklärt sich für diese Ansicht. Wir werden auf diesen Gegenstand noch zurückkommen.

III.

Ein besonderes Interesse nehmen die Funde von Staub in Anspruch, die Nordenskiöld im hohen Norden im Schnee und im Gletschereise gemacht hat. Die diess-bezüglichen brieflichen Mittheilungen Nordenskiöld's an Daubrée lauten:

„Im December 1871 fiel in Stockholm vielleicht die grösste Schneemenge seit Menschengedenken. Es schneite ununterbrochen fünf oder sechs Tage lang, und die Menge des Schnees war so gross, dass man in der Nähe der Hauptstadt mehrere Opfer zu beklagen hatte. Von der Idee ausgehend, dass die in der Atmosphäre herumfliegenden Beimischungen mit den Schneemassen der ersten Tage niedergeschlagen werden mussten, habe ich das Ende abgewartet, um unter allen möglichen Vorsichtsmassregeln die oberflächlichen Theile zu sammeln, und habe sie dann schmelzen lassen, um zu sehen, ob sie feste Bestandtheile enthielten. Zu meinem grossen Erstaunen bemerkte ich bald, dass der so gesammelte Schnee eine grosse Menge schwarzen Staubes enthielt, der wie Russ aussah und aus einer organischen, an Kohle reichen Substanz bestand. Diese Substanz glich vollständig dem Staube, der

gleichzeitig mit den eigentlichen Meteoriten am 1. Jan. 1869 in Hessle bei Upsala niedergefallen war. Dieser Staub enthielt auch sehr kleine Schüppchen metallischen Eisens.

„Es war möglich, dass der Kohlenstaub, trotz der Sorgfalt, mit welcher er gesammelt worden, von den Schornsteinen Stockholms herrühre, und dass das metallische Eisen gleichfalls von Eisen stamme, aus dem die meisten Dächer dieser Stadt gemacht sind. Da ich aber diese Beobachtung der näheren Untersuchung für werth hielt, schrieb ich an meinen Bruder, der in einer ziemlich einsamen Gegend im Innern Finnlands wohnt, und sich mit Meteorologie beschäftigt, denselben Versuch zu machen. Nachdem er unter möglichster Vermeidung der Hauptfehlerquellen, den Schnee auf einer von Wald umgebenen Ebene gesammelt, erhielt er gleichfalls einen schwarzen Staub, den er mir sandte. Meine Analysen bewiesen, dass er von derselben Natur sei, wie der aus Stockholm; aus dem einen wie aus dem andern konnte man mittelst des Magneten magnetische Schüppchen gewinnen, die in einem Agatmörser zerrieben, als metallisches Eisen erkannt wurden.

„Als ich Schnee im Frühlinge an zwei Orten in Schweden sammeln liess, bekam ich von diesem gleichfalls Eisenschüppchen.

„Man kennt die Eigenschaft der Winde, die Substanzen nach sehr grossen Entfernungen zu tragen. Ich beschloss daher, diese Frage bei meiner arktischen

Reise wieder aufzunehmen, wo die Umstände viel günstiger sein müssen. Bei unserem ersten Versuche, nach unserer Winterstation durch die Eisfelder vorzudringen, hatte ich eine vorzügliche Gelegenheit diese Beobachtung auf einem schwimmenden Eisstücke zu wiederholen; ich beobachtete an seiner Oberfläche und einige Centimeter tiefer einen grauen, mit kleinen magnetischen Körnern gemischten Staub. Der unter diesen Umständen gesammelte Schnee gab mir nach dem Schmelzen einen wenig reichlichen Rückstand. Der graue Staub bestand zum grössten Theile aus ganzen und zerbrochenen Diatomeen, und die schwarzen Punkte, deren Grösse ein Viertel Millimeter erreichte, bestanden aus metallischem Eisen, welches umgeben von Eisenoxyd, wahrscheinlich auch Kohle, enthielt. Zu wiederholten Malen habe ich die Gegenwart des metallischen Eisens festgestellt, welches sich auch verräth durch das Niederschlagen von Kupfer aus einer Lösung des Sulfats dieses Metalles.

„Diese letztere Beobachtung schien mir zu beweisen, dass der Schnee und der Regen kosmischen Staub in kleinen Mengen herniederführt.

„Während des Winters hoffe ich, neue Beobachtungen anstellen zu können und eine genügend grosse Menge dieses Staubes zu sammeln, um eine quantitative Analyse desselben auszuführen.“

Herr Daubrée erinnert bei dieser Gelegenheit an die Beobachtung, die er gemacht während des Falles der Kohlen-Meteoriten bei Orgeuil am 14. Mai 1864.

„Die Meteoriten dieses Falles sind nicht nur zart und brüchig, sondern sie zerfallen in unmerklichen Staub, wenn sie mit Wasser in Berührung kommen, wobei ihre lösliche Kittsubstanz aufgelöst wird. Diese Tatsache zeigt, dass es zuweilen schwierig sein kann, die staubartigen, aus den Planetenräumen kommenden, Körper von denen zu unterscheiden, welche der Erdrinde durch die Winde, Tromben und vulkanischen Erscheinungen entnommen sind. Der Durchgang derartiger Meteoriten durch einen Regen oder durch Wolken genügt, um sie vollständig zu trennen und unkenntlich zu machen.

Das Beispiel der Meteoriten von Orgeuil liess also voraussetzen, dass viele Fälle der Art täglich der Beobachtung entgehen müssen, und zeigte, wie wichtig es ist, aufmerksam zu sein auf die staubförmigen Massen, welche auf die Oberfläche unserer Erde fallen.“

In einem zweiten Briefe schreibt Nordenskiöld über denselben Gegenstand an Daubrée Folgendes:

„Ich habe endlich die metallische Substanz analysirt, die ich in dem kohlenhaltigen Staube gefunden, der auf dem Eise und Schnee während der letzten Expedition in 80 Grad der Breite und 1870 auf dem Inlandis (dem inneren Gletschermeer Grönlands) gesammelt worden. Die verfügbare Menge von Substanz war zu klein für eine quantitative Analyse; wenn ich aber diesen Staub in Königswasser löste und das Eisen durch überschüssigen Ammoniak entfernte . . . habe ich das Vorkommen von Nickel und Kobalt feststellen

können. Das mit Ammoniak gefällte Eisenhydrat . . . gibt die Reaction des Phosphors. Ich habe noch Hagel untersucht, der zu Stockholm im letzten Herbst gefallen ist, und habe in demselben kleine, schwarze Körner gefunden, welche in zwei Agatmörsern zerrieben, Blättchen von metallischem Eisen gaben. Leider war dieser Hagel in einer Stadt gefallen, wo alle Häuser mit Eisendächern gedeckt sind, und ich erwähne diese Thatsache nur, um Andere zur Wiederholung dieser Beobachtungen unter günstigeren Verhältnissen aufzumuntern. Ich bin persönlich davon überzeugt, dass der Hagel sich condensirt hatte um sehr kleine Körnchen eines in der Luft schwebenden, kosmischen Staubes, und dass dieses Eisen denselben Ursprung hatte, wie das im Schnee von mir zu Stockholm und von meinem Bruder in Finnland gefundene Eisen (Ntf. VI, 371); aber es ist ein grosser Unterschied zwischen einer persönlichen und einer wissenschaftlichen Ueberzeugung; ich halte es gleichwohl für erwiesen, dass kosmischer Staub unmerklich und stetig niederfällt; eine Thatsache von immenser Wichtigkeit für die Physik der Erde, die Geologie und für die Agricultur.“

„Sie wissen bereits, dass mein Project, von den Sieben-Inseln ($80^{\circ} 40'$) in eine sehr hohe Breite mittelst Schlitten vorzudringen, missglückt ist, aber nicht wegen der Schwäche des Eises, sondern wegen der vielen Unebenheiten, die sich rings um die Inseln gebildet hatten und ein festes, aber selbst für Fussgänger unwegsames Terrain darstellten. Ich bin gleichwohl

überzeugt, jetzt mehr als je, dass das einzige Mittel, bis in die unbekannten Gebiete der Umgebungen des Pols vorzudringen, wenn man nicht in Luftballons hingelangen will, das Ausführen von Schlittenfahrten auf dem Eise ist, und dass das freie oder schiffbare Meer in diesem Theile der Erde eine blosse Einbildung ist. Ich werde die Festigkeit meiner Ueberzeugung darthun, indem ich den Versuch wiederhole, eine definitive Lösung dieser interessanten Fragen durch eine neue Expedition im Frühling 1875 herbeizuführen.“

IV.

Wir gehen nun über zu dem **Föhn**.

Das Wort Föhn suchten einige Sprachforscher vom lateinischen favonius, das leisen Westwind bedeutet, und in das italienische favonio sowie in's romanische favoung übergang, abzuleiten. In einer von Grimm angeführten alten Glosse, in Mone's Anzeiger ist fönne favonius, diu fönne warm und bringit den Regen. In Canton Neuenburg heisst der Südwind le foën (das auslautende n wird nicht genäselt), und in Durand's Statistique élémentaire (Lansanne 1795) findet sich folgende Stelle: „Le foé, vent très chaud“, was ohne weiteres mit feu übereinstimmt. In der That zeichnet sich der Föhn stets durch Wärme aus, während der Südostwind, den man hier den localen Namen riedpfö beilegt, kühl oder kalt ist. Wie weit das Gebiet des Wortes pfö oder

fön ist, bleibt erst noch zu ermitteln; Dove (Der Schweizer Fön. 1868) versteht Fön als Volkswort nicht als Schriftwort.

In einem alten Buche bei Frisch Idiotikon 48 a) findet sich folgende Stelle:

Die Pfähn
macht schön,
wenn sie vergaht
fällt sie in's Kakt.

In Schiller's Wilhelm Tell, 1. Act, 1. Scene, sich abspielend am Felsenufer des Vierwalstätter Sees, findet sich folgende, auf unseren Gegenstand bezugnehmende Stelle:

Der graue Thalvogt kommt, dumpf brüllt der Firn,
Der Mythenstein zieht seine Haube an,
Und kalt her blässt er aus dem Wetterloch
Der Föhn ist los;

Die ersten Stösse des Föhn, wodurch, wie ich glaube, die kältere Luft aus den Thälern herausgetrieben wird, erscheinen nämlich kalt im Vergleiche zu den nachfolgenden wärmeren Windstössen.

Nach Dr. Dobler ist die richtige Schreibart: Fön. Die allgemeine Schreibart ist aber Föhn.

Nach dem Angeführten ist der Föhn von den Bewohnern der Schweizer Alpen seit alten Zeiten ein gut gekannter Wind.

Seine auffallenden Eigenschaften, nämlich seine hohe Temperatur bis 24° C. unten im Thale, seine Trockenheit und Heftigkeit, endlich sein Auftreten in der kälteren Jahreszeit, im Herbste, Winter und Früh-

jahre und in einem verhältnissmässig eng begrenzten Gebiete, erregten in der jüngsten Zeit die besondere Aufmerksamkeit der Naturforscher, vorzugsweise der Meteorologen. Die darauf Bezug nehmenden (in Müller's kosmischen Physik, 3. Auflage, Seite 611 und in anderen physikalischen Schriften mitgetheilten) neuen Beobachtungen, haben nun Folgendes sichergestellt:

Das eigentliche Föhngebiet umfasst den unteren Theil des Vorderrheinthales, den Prättigau, das Rheinthal von Chur bis gegen Altstätten hin, das Thal von Bludenz (Voralberg), die Kantone Appenzell, Glarus, Uri, Schwyz, die östliche Hälfte von Unterwalden, und theilweise das Berner Oberland und das obere Rhonethal.

Die eigentlichen Föhnzeiten sind Herbst, Winter und Frühling. Im Sommer erscheint der Föhn am seltensten und am schwächsten. Nach den Aussagen der Einwohner der genannten Gegenden frisst der Föhn im Winter den Schnee weg, er bringt die warmen Frühlingstage, er trocknet das Heu auf den Alpen und reift die Trauben in den Bündner Thälern. In den Häusern wird das Feuer des Herdes oder des Ofens sorgsam gelöscht. In vielen Thälern ziehen die Feuerwachen von Haus zu Haus, um sich von jenem Auslöschen zu überzeugen, da bei der Ausdörrung alles Holzwerkes durch den Wind ein einziger verwahrloster Funke grosses Brandunglück stiften kann.

Die Stadt Glarus brannte am 1. Mai 1861 während eines heftigen Föhnsturmes fast gänzlich ab. Aehnliche Feuersbrünste ereigneten sich in früheren Zeiten häufig.

Die dem Föhnsturme im Wege liegenden Seen werden in einen wilden Aufruhr versetzt, wie Schiller in Wilhelm Tell so poetisch beschrieben hat. Noch ärger ergeht es, wenn der Föhn zum Orkan anwächst, den Gebäuden und Anpflanzungen, die er auf seinem Wege trifft. Solche Föhnstürme erstrecken sich manchesmal weit hinaus über das Schweizergebiet gegen Nord und Nordost. So wird (in der Wien. Ztschr. f. Meteorol. Band VIII, Nr. 1) von einem Föhnsturme am 2. und 3. December 1872 berichtet, der sich über Salzburg und über die oberösterreichischen Gebirgsthäler in der Richtung der theilweise durch hohe Ufer eingeengten Flussthäler der Krems, Steyr, Ems, Alm erstreckte und grosse Verwüstungen anrichtete, indem die Dächer vieler Häuser von ihm zerstört und fortgetragen und ganze Baumpflanzungen, theilweise mit 100jährigen Fichtenstämmen verwüstet wurden. Man fand diese Baumstämme nicht entwurzelt, sondern in verschiedener Höhe, in gleichsam drehender Bewegung entzwei gebrochen.

Aus Salzburg wird über diesen Sturm Nachstehendes berichtet (Bd. VII, Nr. 24):

Am 1. December wehte der Wind im Laufe des Tages mit abnehmender Stärke von S.O., um 3 Uhr wurde es windstill und die Sonne schien ganz ungewöhnlich warm, gegen 4 Uhr stellte sich ein steifer N.O. ein, welcher die Temperatur rasch fallen machte. In der Nacht wurde es windstill, die Wärmestrahlung deprimirte die Temperatur auf den Gefrierpunkt; es

stellte sich Reif ein. Die Windfahne war auf N.O. weisend stehen geblieben.

Gegen Mittag am 2. erhob sich ein Südwind, welcher ein rascheres Steigen der Temperatur bewirkte, als es der frühere warme Sonnenschein vermochte. Im Laufe des Nachmittags wechselten heftige Windstöße mit fast völliger Windstille. Um 8 Uhr Abends brach ein Föhn-Orkan herein, welcher bis nach Mitternacht wüthete und erst gegen Morgen sich völlig legte. Am stärksten scheint dieser Orkan um 9 Uhr, und noch mehr um 11 Uhr getobt zu haben. Um 10 Uhr und um Mitternacht hatte er erheblich nachgelassen. Der Wolkenzug sowohl der Cirri (Federwolken) als Cumuli (Haufenwolken), blieb vom 1. bis 4. immer N.W.; nur am 3. Morgens zogen die sich aus dem Nebel bildenden und daher noch niedrigen Cumuli von S.O. Am 5. war der Wolkenzug von W.

Ein nie fehlendes und charakteristisches Hauptmerkmal des Föhn ist seine grosse Trockenheit. Die relative Feuchtigkeit der Föhnluft bleibt stets unter dem sonst gewöhnlichen Mittelwerth von 50⁰/₀ und sinkt in einzelnen Fällen bis auf 25⁰/₀, daher seine den Alpenbewohnern wohlbekannte austrocknende Wirkung. Fällt der Föhn in die Blüthezeit der Bäume, so welken die Blüthen und fallen wie versenkt zu Boden; das während des Winters aufbewahrte Heu darf bei Föhn nicht aus dem Speicher weggebracht werden, denn es zerkrümelt und zerfällt zu Staub.

Der Himmel zeigt unterdessen nur einen leichten Schleier von Cirri oder Federwolken; am südlichen

Horizont jedoch zeigt sich eine dichtere Bewölkung, welche hie und da den Bergriesen über die Schultern hervorguckt. Das Wetter ist demnach, nach gewöhnlicher Sprachweise, schön zu nennen, die Sonne scheint, freilich mit etwas getrübbten Glanze. Aber trotz den heitern Nächten fällt begreiflicherweise kein Thau.

Sehr eigenthümlich ist die ausserordentliche Durchsichtigkeit der Luft. Die Landschaft gewinnt dadurch ein ganz anderes Ansehen als bei gewöhnlichem, etwa durch Ost- oder Nord-Ostwind herbeigeführten schönen Wetter. Der zarte Dunstschleier, welcher die malerischen Wirkungen der Luftperspective hervorbringt, ist verschwunden.

Die näheren und die ferneren Bergrücken, welche sich sonst in sanft abgestuften Farbentönen coulissenartig hintereinander reihen, und von einander abheben, erscheinen fast gleich nahegerückt. Bei weit entfernten Felsgruppen tritt, durch dunkle Schatten gehoben, das Relief scharf hervor; das Schwarzgrün der entfernten Nadelwälder, das sonst nur bläulich durchschimmert, zeigt sich in ungemilderter Schwärze und verleiht der Gegend eine melancholische Dunkelheit, die mit dem Sonnenschein einen sonderbaren Contrast bildet (Lommel).

Durch seine Hitze und Trockenheit gewinnt der Föhn eine grosse Aehnlichkeit mit den heissen Wüstenwinden; in der Schweiz herrscht in der That die populäre Meinung, dass er aus der Wüste Sahara stamme. Hierüber werden wir im Verlaufe unserer weiteren Auseinandersetzungen mehr in das Klare kommen.

Während auf der Nordseite der Centralkette der Alpen das trockene, warme Föhnwetter herrscht, spielen sich auf der Südseite derselben Alpen ganz andere, entgegengesetzte Witterungsvorgänge ab. Zur selben Zeit, vom 1. bis 4. December 1872, wo, wie so eben berichtet, der Föhnsturm mit seiner Wärme und Trockenheit als Südwind über das Schweizerland und über nordöstliche Länderstrecken fegte, fielen in den Südalpen und auf der Südseite der Centralkette bis in das oberitalienische Flachland ausserordentlich grosse Regenmassen, die zu argen Ueberschwemmungen in Oberitalien führten.

Dieses Witterungsverhältniss auf den beiden, in entgegengesetzter Richtung liegenden Seiten der Centralalpen, nämlich auf der Südseite starke Niederschläge, auf der Nordseite Föhn, ist durch die neuesten Beobachtungen ganz sicher gestellt und führte auch zunächst zu einer befriedigenden Erklärung des Föhn.

Ist das Gesagte richtig, nämlich, dass die massenhaften Wasserausscheidungen aus der Atmosphäre auf der südlichen Seite der Alpen mit Föhnstürmen auf der entgegengesetzten nördlichen Seite einher zu gehen pflegen, so muss Aehnliches unter ähnlichen Verhältnissen auch an anderen Stellen der Erde eintreten. In der That haben die Beobachtungen, welche die Meteorologen in der neueren Zeit in den verschiedenen Theilen der Erde anstellten, derartige Fälle mit Bestimmtheit nachgewiesen, so dass man wohl auf ein allgemeines, hier zu Grunde liegendes Naturgesetz schliessen muss,

wovon wir im theoretischen Theile näher sprechen werden.

Hier nur einige der besonders hervorragenden Fälle von Föhn und zwar:

1. Die in Kärnthen am Ostabhange der Alpen während starker Niederschläge in den westlichen Theilen dieser Alpen beinahe jährlich in den Monaten December, Jänner und Februar mitunter orkanartig auftretenden, warmen und trockenen Luftströmungen, die hier den Namen Jauk führen.

2. Die warmen und verhältnissmässig ungemein trockenen Winde an den östlichen und westlichen Abhängen des Kaukasus, während starke Wasserniederschläge an der entgegengesetzten Seite dieses mächtigen, zwischen dem schwarzen und kaspischen Meere in einer Längenausdehnung von 95 deutschen Meilen sich aufthürmenden Gebirgszuges, dessen höchste Spitze bis 17.300' ansteigt und das eine durchschnittliche Höhe von 10.000' hat;

3. Die in Melbourne beobachteten heissen und dabei sehr trockenen Winde an den östlichen Seiten der Australalpen (im südwestlichen Australien) in der kälteren Jahreszeit, ohne Zweifel in Folge starker Regengüsse an den Westseiten dieses Gebirges, wo aber meteorologische Stationen noch mangeln, daher Nachrichten über die dortigen, jenseitigen Witterungsvorgänge fehlen.

4. Einen nach meiner Ansicht mit den Föhnerscheinungen im Zusammenhange stehenden Gegensatz bilden

in einem sehr ausgedehnten Massstabe die Westseiten und Ostseiten der Anden oder der Cordilleren (Cordilleras de los Andes, oder Kettengebirge) in Amerika, welcher mächtige Gebirgszug vom Norden nach Süden in einer Länge von 1900 Meilen sich erstreckt und auf einer Basis von 216.000 □ Meilen bis zu Höhen von 23.000 Fuss sich erhebt.

Beginnen wir mit der südlichsten Gruppe, mit den Cordilleren von Patagonien, so finden wir nach Darwin's farbenreichen Schilderungen die westlichen Seiten dieses Gebirgszuges beständig vom Regen gepeitscht, die abgerundeten niederen Berge sind mit undurchdringlichen Wäldern bedeckt, in welchen endlose Stürme brausen, während an den östlichen Seiten des Gebirges ein azurblauer Himmel über trockenen unfruchtbaren Ebenen ruht. Einen ähnlichen Contrast bilden die West- und Ostseiten der Cordilleren des Felsengebirges in Nordamerika, welches Gebirge ganz neue klimatische Regionen und zwar einerseits nach West am Küstensaume von Californien das Subtropen-Klima, andererseits gegen Ost das Klima der Hochebenen und Hochwüsten, dann weiter gegen Ost das Binnenklima vom Innern von Nordamerika begründet. Aehnliches bewirken die Pyrenäen, die Alpen und die dinarischen Gebirge in Europa, das Himalaya-, Kaukasus- und Uralgebirge in Asien, die in Afrika von der Westküste quer durch das Innere zur Ostküste ziehenden Gebirgsketten. Alle diese und noch andere ausgedehnte und hohe Gebirge sind mehr weniger Klima-

oder doch Wetterscheiden für die an ihren entgegengesetzten Abhängen sich anlehnenden, mehr ebenen Landstriche.

Die Jänner-Isothermen (Linien, welche die Orte gleicher durchschnittlicher Temperatur eines Monates oder Jahres verbinden) steigen in Nordamerika aus dem südöstlichen Tieflande und Binnenlande weit gegen Nordwesten an dem Ost-Abhange jenes Gebirgszuges hinauf, zeigen also auf höhere Wintertemperatur am Ost-Abhange des Felsengebirges, und es herrscht auch dort der Gegensatz zwischen atmosphärischen Niederschlägen an der Westseite und Trockenheit an der Ostseite des Gebirgszuges vor. Engelmann macht speciell auf die milde Wintertemperatur am Ostfusse der Rocky-Mountains aufmerksam und führt ziffermässige Belege dafür an. Colorado, am Ostfusse des Felsengebirges verdankt die mit Rücksicht auf seine hohe Lage von 6000 Fuss milde Wintertemperatur und die Trockenheit und Klarheit der Luft nach meiner Meinung gewiss nur Föhnwirkungen.

Höchst wahrscheinlich gehört der am 2.—4. September 1864 in St. Louis am Mississippi (38° nördl.) beobachtete heisse, trockene Wind (41 — 42° C.) den Föhnwinden an. St. Louis ist nämlich ziemlich regenreich und besitzt gegen Südwesten das Ozarek-Gebirge.

Auch die trockenen heissen Winde in Palermo, das im Süden hohe Berge hat, können nur Föhnerscheinungen sein, da die gleichzeitig an die Südseite der Insel vom mittelländischen Meere heranwehenden

Süd- oder Südost-Winde feucht und kühler sind. Die Cordilleren von Centralamerika zeigen vermöge der ost- und westwärts angrenzenden nahen Meere (östlich das caraibische Meer als eine Fortsetzung des atlantischen Ocean), westlich der stille Ocean, ein eigenthümliches klimatisches Verhalten, das nach neueren Beobachtungen im Staate Costarica am Plateau von Costarica zu St. José (10⁰ nördl. Br.) folgendes ist:

Die Sonne steht daselbst in der Mitte des April und zu Ende des August im Zenith, d. i. ihr höchster Stand ist scheinrecht oder lothrecht über dem Beobachter.

Auf dem atlantischen (nordöstlichen) Abhänge dieser Cordilleren wehen in der Zeit vom November bis Ende März, während also die Sonne mehr der südlichen Hemisphäre zugewendet ist und dort ihren höchsten Stand einnimmt, constant Nordost-Winde, die besonders vom November bis Jänner Regenwinde sind, derart, dass die Regen oft zwei bis drei Wochen ununterbrochen anhalten. Auf der Südwestseite oder der pacifischen Seite derselben Cordilleren hören um diese Zeit die Regen auf, es beginnt die Trockenheit, die Gebirge erscheinen mit einem bläulichen Duft verschleiert. Diese Trockenheit dauert beinahe ein ganzes halbes Jahr. Wir haben hier also wahrhafte föhnartige Erscheinungen. Der regnerische Nordostwind dringt zuweilen von der atlantischen auf die pacifische Seite, besonders in den Gebirgseinsenkungen über das Gebirge hinüber, wo er mit einem feinen Staubregen, wohl auch mit Landregen kürzerer oder längerer Zeit anhält.

Zu Ende des Monates März tritt auf der atlantischen Seite Windstille und Trockenheit ein, nur ausnahmsweise treten in diesem Monate, in dieser Zeit der Aequinoctien heftige Regengüsse auf. Die Sonne nimmt dann dort eben ihren höchsten Stand ein, befindet sich im Zenith. Von dem Zeitpunkte an, wo die Sonne mehr der nördlichen Erdhälfte sich zuwendet, und zwar in ausgesprochener Weise vom April an, beginnt der Südwest zu wehen, und dauert vom August angefangen, immer schwächer werdend und im October sich immer mehr verspätend, bis November, wo ihn wieder der Nordost ablöst. Diese Südwestwinde bringen Regen den Westseiten des Gebirges, allerdings nicht so reichlich, wie der Nordost den Ostseiten desselben Gebirges, und den Regen auch nie über das Gebirge auf die Ostseite führend. Die Südwestwinde sind auch viel schwächer als die Nordostwinde.

Wir sehen aus diesem Falle des Windwechsels, den man Passatwechsel nennt, auch recht deutlich, wie die Winde und mit ihnen der Regen dem Stande der Sonne folgen. Bei ihrem höchsten südlichen Stande drängen die Winde aus Nordost nach Südwest, der Region der stärksten Wasserverdunstung und der grössten Luftauflockerung südlich vom Aequator im stillen Ocean zu. Im April und August treten Windstillen mit zeitweisen kurzen Regengüssen ein; die Sonne befindet sich eben im Zenith und der dortige Landstrich im aufsteigenden Luftstrom, der durch die Windfahne nicht angezeigt, daher nicht bemerkt wird.

Wie sich die Sonne mehr der nördlichen Erdhälfte zuwendet, nehmen die Winde als Südwest die Richtung in die Gegend der stärksten Erwärmung und Luftauflockerung am nordöstlich gelegenen Festlande und der stärksten Wasserverdunstung auf dem in gleicher Richtung liegenden caraibischen Meere. Diese Südwestwinde sind schwächer als die Nordostwinde, weil westlich im stillen oder grossen Ocean die Verdunstungsfläche eine viel ausgedehntere ist, als im östlichen caraibischen Meere, daher die Luft auch dorthin abströmen muss, in Folge dessen das Abströmen nach Ost in das caraibische Meer ein schwächeres ist. Vermöge der geschilderten Regenverhältnisse ist die Vegetation auf der Nordost-Seite ausserordentlich üppig; die dichten Urwälder sind hier geradezu unausrottbar, — so schnell dringen sie bei Culturversuchen wieder vorwärts. Dagegen sind auf der pacifischen Südwest-Seite, die schon ein sonnigeres Klima hat, die Culturverhältnisse viel günstiger und schon zur Zeit der spanischen Eroberung lebte die civilisirte, Ackerbau treibende Bevölkerung auf dieser sonnigen Südwest-Seite, während rohe Horden die Nordost-Seite bewohnten. (Dr. Estreber).

Ein noch grellerer Contrast stellt sich zwischen der atlantischen und der pacifischen Seite (Küste) der im 9. Grade nördl. Breite von West nach Ost sich hinziehenden Cordilleren, des Isthmus von Panama dar, den man (bei Schuantepec) behufs Herstellung eines schiffbaren Canals zwischen dem atlantischen und grossen oder stillen Ocean durchstechen will. Auf der

atlantischen Seite herrschen die Nordwinde, dort Norther's genannt, vom December bis Ende März, also im Winter der nördlichen Hemisphäre, und überfluthen mit den Regenmassen, die sie vom atlantischen Ocean in Form von Wasserdampf mitführen, die atlantischen Küsten des Isthmus. Nachdem sie aber hier und auf dem Tafellande oder Plateau den grössten Theil ihrer Feuchtigkeit abgesetzt haben, stürzen sie trocken auf die jenseitigen pacifischen Küsten hinab, oft Staubwolken und Flugsand aufhebend und emporwirbelnd. „Oefter“, — heisst es in den diessbezüglichen neuesten Schilderungen der amerikanischen Expedition zur Erforschung der Ausführbarkeit des bemerkten Canals über das Klima von Tehuantepec, — „wenn man am Fusse der Isthmus-Cordillere steht, und ein Nordwind herrscht, kann man dichte Regenwolken sehen, niedriger als 800 Fuss über sich, das Plateauland von Tarifa und Chivela und die umliegenden Berge mit Regen überschwemmend; aber sowie diese Wolken über das Grenzgebiet in die trockene Atmosphäre der pacifischen Ebene getrieben werden (soll wohl nach unserer Theorie richtiger heissen: sowie diese Nordwinde ihren überflüssigen Wasserdampf an jenen Stellen, die eben durch die bemerkte Wolkenbildung angezeigt werden, abgesetzt haben und verhältnissmässig trocken geworden sind), werden die Wolken aufgelöst und fällt auch nicht ein Tropfen auf den Beobachter herab. Das für unser Thema noch mehr Bezeichnendere aber ist, dass während dieses Wehens des Norther's, und besonders im Winter,

nachdem er seine Feuchtigkeit als Regen auf der atlantischen Seite abgegeben hat, auf der pacifischen Seite die Temperatur relativ viel höher ist, als auf jener, der Regenseite.

5. Neuseeland bietet ganz ähnliche Verhältnisse wie die Südspitze von Südamerika dar. Es ist einzig und allein den warmen Winden an der Ostseite der mauernartig bis zu 13.000 Fuss Höhe sich erhebenden Seealpen zuzuschreiben, dass die Gletscher, welche an der Südspitze von Amerika, am Westabhange der Cordilleren selbst bis zum Meeresniveau herabreichen, hier in Neuseeland an der Regenseite, d. i. der Westseite der Seealpen (unterm 43° südl. Breite, wie Marseille unterm 43° nördl. Breite) bis auf 700 Fuss vom Meeresniveau herabreichen, am Ostabhange unter derselben Breite viel höher enden, also bei Weitem nicht so tief wie an der Westseite herabgehen, ja dass auf der Ostseite unter 2500' nicht einmal Schnee im Sommer liegen bleibt, und die Canterbury Plains auch im Sommer schneefrei sind.

6. Es ist nicht zu weit gegangen, das Höherliegen der Schneegrenzen am Nordabhange des Himalaya-Gebirges, dieses höchsten Gebirges der Erde (bis zu 27.000'), welche Schneegrenze daselbst (nördlich) in der Höhe von 15.600' beginnt im Vergleiche zur Schneegrenze am südlichen Abhange, wo sie bis auf 12.200' vom Meeresniveau herabreicht, den Föhnwirkungen zuzuschreiben. An diesen südlichen, gegen die vorliegenden Ebenen Vorderindiens abfallenden Abhängen kommen nämlich auch die stärksten Regen

und Schneeniederschläge der Erde vor *), so dass das Auftreten von Föhnwinden auf der entgegengesetzten Seite durchaus naturgemäss erscheint, und jedenfalls eine bessere Erklärung für das Höherliegen der Schneegrenze auf der nördlichen Seite um mehr als 3000 bietet, als wie man meint, die von den nördlichen Steppen im Sommer aufsteigende Wärme.

Fortgesetzte Beobachtungen werden Föhnerscheinungen noch an vielen, kleineren Gebirgszügen, selbst Bergen entdecken; denn jene Erscheinungen beruhen eben auf einem Naturgesetze, das unter ähnlichen Verhältnissen mit ähnlichen Erscheinungen sich geltend machen muss.

*) Die bekannte grösste Regenmenge auf der Welt fällt im Khasia-Gebirge, einer Berggruppe des Hochplateaus am südlichen Abhange des Bramaputra. Diese Stelle ist ganz local; sie liegt am oberen Rande des südlichen Abfalles des Khasia-Gebirges in einer Höhe von 4100 Fuss, von wo aus man unmittelbar in die Ebene von Silhet blickt. Der Südwest-Monsun streicht unbehindert über diese Ebene vom Ganges-Delta herauf, und findet am genannten Abhange eine mauernähnliche Böschung, daher hier die plötzliche Condensation der vom Süd-Westmonsun mitgeführten Wasserdämpfe in solcher Massenhaftigkeit stattfindet. Im Monate Juli 1861 fand man hier die erstaunliche Regenmenge von 9.296 Mm. also das 30fache des Regenfalles beim Wolkenbruche in Böhmen, in der Zeit vom 25. Mai 1872 Abends bis 27. Mai, mit 289 Mm. oder 11", welcher Wolkenbruch nicht weniger als 4471 Millionen österr. Eimer Wasser auf eine Bodenfläche von 44 Quadrat-Meilen herabschüttete. Für Wien beträgt die mittlere jährliche Regenmenge 551 Mm. gleich $20\frac{3}{4}$ Zoll.

Ohne uns hier schon näher darauf einzulassen, sei nur bemerkt, dass auf der sogenannten Leeseite, oder der Seite des Windfalles, des Luftabsturzes aller hohen, wall- oder mauerartig hinziehenden Gebirge oder Berge föhnartige, d. i. warme und trockene Winde auftreten, wenn auf der entgegengesetzten Seite, der Windseite, oder der Seite der Windascension, Wasserdämpfe in grösserer Menge zu Regen oder Schnee, vielleicht auch nicht so stark condensirt werden. Es ist die hierbei frei gewordene vom Wasserdämpfe mehr befreite, daher relativ trockene Luft, welche an der Leeseite in die Thäler, also aus einem grösseren in einen engeren oder kleineren Raum hinabfällt, und hierbei unter der nach unten zu wachsenden Anziehung der Erde sich verdichtend, warm wird, wie es die mechanische Wärmetheorie als Gesetz verlangt. Die Thalbildung an der Leeseite trägt einerseits zur Verdichtung, daher zur grösseren Erwärmung der herabsteigenden Luft bei, welche in engen Thälern noch mehr eingeengt, daher gewissermassen zusammengepresst wird; andererseits beeinflussen die Thäler das Abströmen der herabgesunkenen Luft insofern, als diese verhindert wird, seitlich auszuweichen und sich ausubreiten und einen nach der Thalbildung (Enge, Gefälle) sich richtenden verstärkten Zug annehmen wird, der diesem Winde dann den Charakter des Sturmes verleiht.

Die Theorie vom Föhn, wie sie eben bis jetzt herausgebildet ist, nimmt an, dass die Windseite eines Gebirges, an dessen Leeseite es zur Entstehung eines

Föhnwindes kommen soll, einem feuchten, wasserdampfreichen Luftstrome im Wege stehe, sich ihm entgegenstelle. Diese Ansicht bedarf einer Erweiterung dahin, dass auch die trockene, wasserdampfarme Luft (wasserdampffrei existirt die Luft nicht), beim Herabsinken von einem hohen Gebirge in die Niederungen, wobei sie aus dem dünneren Zustande in den dichteren übergeht, wärmer wird. Damit im Einklange steht die Beobachtung von Woeikof auf dem 6300 englische Fuss hohen Mount Washington im Alleghany Gebirge, dass der dort aus dem Westen von Nordamerika ankommende kalte Luftstrom unten an den Küsten des atlantischen Oceans viel wärmer erscheint. So wurde am 5. März 1872 auf jener Höhe im heftigen West eine Temperatur von -41.7° C. oder von 30° R. beobachtet, während an der Küste im Portland mit 69' Seehöhe die Temperatur nicht unter 10° C. sank. Auch die Bora ist oben am Karst kälter als unten am adriatischen Meere.

In einer vielreicheren Masse, und in einer viel grösseren Ausdehnung als im Föhn in den Gebirgen, wird die Verdichtung der Luft und des darin enthaltenen Wasserdampfes eine Quelle der Wärme für alle Gegenden höherer Breite, bis zu den Polen hinauf. Denn indem der obere Passat, richtiger der Antipassat, d. i. die in der heissen Zone und da vorzüglich in der Region der Calmen aufgestiegene, wasserdampfreiche und in den höchsten Luftregionen seitlich, einerseits gegen den Nordpol, andererseits gegen den Südpol abströmende Luft, auf

diesem Zuge an irgend einer Stelle herabsinkt, eigentlich herabgezogen wird, und hier nun als sogenannter Aequatorialstrom weiter nordwärts oder nordöstlich strömt, wird diese Luftmasse mit ihrem Wasserdampfe unter dem Einflusse der Schwere, d. i. der Anziehung der Erde, auf einen engeren Raum nach unten am Boden zusammengepresst oder verdichtet. Nur auf diese Weise, und auf keine andere, wird der Aequatorialstrom warm und feucht, im Vergleiche zu dem von ihm verdrängten, ihn ersetzenden, trockenen und kalten Polarstrome (von Nord oder Nordost); denn in den Höhen, aus welchen dieser Aequatorialstrom her stammt und herabgezogen wird, herrscht eisige Kälte, befindet sich also keine warme Luft, die sich, wie man sich allgemein vorstellt, als solche herabsenkt und Wärme und Regen bringt *).

V.

Die Stürme. In unserer Atmosphäre, die eine sogenannte ausdehnnsame Flüssigkeit, ein Gas ist, und aus einem Gemenge von Sauerstoff (21⁰/₀) und von

*) Barral und Bixio fanden bei einer Luftfahrt, am 27. Jänner 1870, an der oberen Grenze einer Nebelschichte, in der Höhe von 20.000 Fuss, plötzlich das Thermometer von 8⁰ R. auf —18·4⁰ R. sinken, das in der Höhe von 21.000 Fuss sogar auf —32⁰ sank. Und doch hatte man damit noch nicht den eigentlichen Antipassat erreicht. Die Höhen, in welchen sich die ersten sichtbaren Zeichen einer Luft- und Wasserdampfverdichtung durch das Erscheinen der Cirri (Federwolken) mit ihren Eisnadeln zeigen, müssen auf mindestens 30.000 bis 40.000 Fuss angeschlagen werden.

Stickstoff (79⁰/₀) mit ungefähr 0·004⁰/₀ Kohlensäure und aus sehr variablen Mengen von Wasserdampf besteht, kommen unter gewissen Umständen, ähnlich wie in der tropfbaren flüssigen Erdhülle, im Wasser, Strömungen, d. i. Ortsbewegungen einzelner grösserer oder kleinerer Luftmassen vor, nur mit dem Unterschiede im Vergleiche zum Wasser, dass die Strömungen der Luft wegen der grossen Beweglichkeit ihrer kleinsten Theilchen (Moleküle), dann wegen der Grösse des Raumes, den die Luft einnimmt, ferner wegen ihres unbestreitbaren Zusammenhanges mit der allgemeinen Himmels- oder Zwischenfixstern-Atmosphäre, oder mit der kosmischen Atmosphäre *), mit einer viel grösseren Freiheit in einem vielausgedehnteren Maasse und mit viel grösserer Schnelligkeit, als es in einer Wassermasse, in unseren Meeren der Fall ist, vor sich gehen können, und daher in diesen Zuständen vielmehr in die Erscheinung treten, als die Meeresströmungen, die übrigens, was die zwei Hauptrichtungen (horizontal und vertical) anbelangt, kaum weniger verwickelt sind, als die analogen Strömungen im Luftocean.

Die Luftströmungen überhaupt nennt man Winde.

Auf die Ursachen ihrer Entstehung will ich hier nicht eingehen, sondern ich verschiebe diess auf den theoretischen Theil dieser Abhandlung, muss aber unter Beziehung auf das vorne Bemerkte, schon hier beifügen, dass Temperatursverschiedenheiten neben und über

*) Vide: Meine Abhandlung über das Ozon. S. 136 u. s. w. Wien, Gerold 1873.

einanderliegender Luftschichten allein, wie man allgemein noch annimmt, immer den ersten Impuls nach Ausgleichung der Temperatursextreme und somit zu Luftströmungen geben, nach dem jetzigen Stande unseres physikalischen Wissens, zu einer gründlichen Erklärung aller Luftströmungen, namentlich wie wir sie in den Stürmen kennen, nicht ausreichen. Die erklärenden Ergänzungen werde ich in einem Anhange zu diesen meinen Vorträgen geben.

Ich will nun nach dieser allgemeinen Voraus-schickung gleich zur Besprechung der Stürme übergehen, auch hier das Beschreibende dem Erklärenden voraus-schickend.

Einen Wind, welcher das Gehen auf Strassen oder auf freiem Felde bedeutend erschwert, Aeste und schwache Bäume bricht, nennt man gewöhnlich schon Sturm. Von einer solchen Stärke an gibt es noch verschiedene, sich steigernde Grade bis zum heftigen Sturme und zum Orkane.

Wie von allen Grössen- und Mengenverhältnissen, so bekommt man auch von der Windstärke die deutlichste Vorstellung und den besten Begriff durch die Zahlen, wovon wir einige anführen wollen. Eine völlige Windstille nennt man auch Calme. Bei uns selten, dauert sie im Winter bei intensivster Kälte im nördlichen Russland, und besonders an den Kältepolen (in Ostasien und in der arktischen Inselwelt von Nordamerika, öfter wochenlang) und herrscht auch oft auf hoher See (im stillen Ocean etc.) und in den grossen Ebenen der heissen

Erdstriche Afrikas und Asiens, sowohl im Sommer (dann immer die Nacht über), als auch im Winter.

In der Nähe des Aequators besteht ein Erdgürtel von einigen Graden, Breite (6^0), den man die Region der Windstille oder Calmen nennt. Es combiniren sich nämlich hier der Nordostpassat der nördlichen Hemisphäre, und der Südostpassat der südlichen Hemisphäre zu einem rein östlichen Winde, der aber dadurch neutralisirt oder aufgehoben wird, dass in Folge der intensiven Einwirkung der Sonnenstrahlen auf das Wasser und die darüber liegende Luft ein aufsteigender Strom von Luft und Wasserdampf erzeugt wird, den man durch eine Windfahne nicht wahrnehmen kann. Diese Region wandert mit dem Stande der Sonne im Laufe des Jahres. Während unseres Sommers befindet sie sich zwischen 3^0 und $14-15^0$ nördlicher Breite, während des Sommers der südlichen Halbkugel, reicht sie von 2^0 nördl. Breite bis 5^0 südl. Breite. Drei Monate lang bleibt sie constant in ihrer nördlichsten oder südlichsten Lage, drei Monate dauert der Uebergang aus der einen in die andere. Uebrigens ist diese Erscheinung nicht um die ganze Erde herum gleich. Ueber dem Festlande gelangt sie nicht zur vollen Entwicklung; hier ist die Regenzeit das Resultat des Eintritts einer Gegend in den Calmengürtel. Im atlantischen Ocean bleibt die Calmenregion während des ganzen Jahres nördlich vom Aequator.

Ein Wind, dessen Geschwindigkeit nicht über 4 Fuss beträgt, ist nur als Lüftchen merklich; bei einer

Geschwindigkeit von 6—8 Fuss ist der Wind, wenn er nicht zu kalt und nicht zu heiss ist, angenehm. Ein starker, heftiger Wind hat 20—40 Fuss Geschwindigkeit in der Secunde. Geschwindigkeiten darüber hinaus können als das Bezeichnende für einen Sturm angesehen, werden. Mit der Windgeschwindigkeit geht parallel der Winddruck, d. i. der Druck, welchen der Wind auf eine ihm senkrecht entgegengesetzte Wand von einem bestimmten Umfang (gewöhnlich 1 Quadratfuss verstanden) ausübt. Geschwindigkeit und Druck zusammen geben das Mass der Windstärke. Zur genauen Messung derselben dient das Anemometer von Robinson, welcher Apparat durch die Anzahl der Umdrehungen zweier halbkugelförmiger Blechstücke, in die der Wind eingreift, die Windstärke angibt. Fitzroy gibt folgende Scala für die Windstärke:

Die Wind- stärke	Geschwindigkeit in der Secunde = Pariser Fuss	Druck auf den Quadratfuss in Wiener Pfund
1	12	0·3
2	24	1·2
3	36	2·8
4	48	5·0
5	60	7·9
6	72	11·3
7	84	15·3
8	96	20·0
9	108	25·3
10	120	31·4

Nach Dr. C. Jelinek (dessen Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen sind diese Angaben nicht absolut genau, indem schon bei einer mittleren Geschwindigkeit von 35—50' Beschädigungen von Caminen und Dächern vorkommen, Bäume entwurzelt und Menschen zu Boden geworfen werden. Man wird daher bei Beurtheilung von Durchschnittszahlen die angeführten Zahlen wohl auf die Hälfte setzen können.

Die in Amerika eingeführte Windscala der Smithsonian Institution ist folgende:

Grad	Geschwindigkeit Seemeilen pr. Stunde.	Druck Pfund pr. □Fuss	Bezeichnung
1	2 ($\frac{2}{5}$ geogr.)	0·02	Very light breeze (Lüftchen)
2	4	0·08	Gentle breeze (steife Luft)
3	12 $\frac{1}{2}$	0·75	Frech wind (frischer Wind)
4	25	3·00	Strong wind (starker Wind)
5	35	6·00	High wind (hoher, heftiger Wind)
6	45	10·00	Gale (Sturm)
7	60	18·00	Strong gale (starker Sturm)
8	75	—	Violent gale (heftiger Sturm)
9	90	—	Hurricane (Orkan)
10	100	—	Most violent hurricane (sehr heftiger Orkan)

Die mechanische Gewalt heftiger Stürme, ist eine ganz ausserordentliche.

Zu den stärksten Stürmen, die in unserer nächsten Nähe, im österreich. Kaiserstaate, ausser den bereits besprochenen Föhnstürmen vorkommen, gehört unstreitig die Bora, ein trockener, kalter Binnenwind (Landwind), der über die dinarischen Alpen und den Karst gegen Süden in das adriatische Meer, oft mit grosser Heftigkeit und meistens in Stössen, die die Heftigkeit noch mehr steigern, hinabfällt, und der das bis dahin dort herrschende Siroccalwetter mit seinen feuchten Luftströmungen und häufigen Regen verdrängt. Die Bora bricht im Winter stets plötzlich aus; sie folgt entweder einem Siroccal- oder einem Provenza-Wetter, also jenen Typen, welche von niedrigem Luftdrucke begleitet sind; sie schneidet oft den noch in voller Entwicklung begriffenen Sirocco ganz plötzlich ab, und der rasch entschiedene Kampf beider verkündiget sich dann meistens durch elektrische Entladungen über dem Gebirgskamme. Ging heiteres Wetter vorher, so kündigt sich die Bora nur durch einige leichte weisse, flockige Cumuli an, welche über dem binnenländischen Gebirgskamme auftauchen, einige Hundert Fuss längs des südseitigen Abhanges herunterfahren und dann wieder zerfliessen. Das erste derartige Wölkchen ist den achtsamen Seeleuten das Signal, die Segel zu bergen oder schützende Lagen aufzusuchen; oft nicht mehr als 1—2 Minuten nach dem Wölkchensignale fährt schon der erste Stoss der Bora daher. Rasch vermehrt sich die Menge solcher Haufenwolken am Gebirgskamme, bis sie diesen in ein dichtes, weisses Gewölke einge-

hüllt haben, welches sich auch noch ein wenig am Gehänge hinunter erstreckt und nach unten horizontal scharf abgeschnitten ist. Diese Wolkenlage, scheinbar unverändert festliegend, in der That aber sich stets hinten vom Binnenlande her erneuernd und vorne wieder verschwindend, ist eine nie fehlende Begleiterscheinung der Bora; und solange erstere nicht aufhört, darf man auch des Fortwüthens der letzteren gewiss sein. Die höheren Luftschichten sind bei mässiger Bora meist rein, höchstens mit einigen isolirten Haufenwolken, die von einem südlichen, leichten Oberwinde landeinwärts geführt werden, selten mit Federwölkchen (Cirri); bei den heftigsten Borastürmen pflegt der Himmel — jedoch mehrere Tausend Fuss über der Cumuluslage des Gebirgskammes — mit einem gleichmässigen grauen Schleier (Cirri-Stratus) bedeckt zu sein.

Hat sich nun das Borawetter festgesetzt, so bleibt es stets mindestens einen Tag, sehr oft drei Tage, an den nördlichen Küstenpunkten (Triest, Fiume, Zengg, Zara) auch 9—15 Tage constant mit grosser Lufttrockenheit und niedriger Temperatur, die aber doch selten unter Null fällt, und fast nie das Monats-Minimum erreicht; Niederschläge (und dann meist Schnee) gibt es nur in den Fällen, wo ein mächtiger wasserreicher Luftstrom aus S.W.—N.W. unmittelbar über der Boraschichte zieht. Die Bora hört nicht eben so plötzlich auf, wie sie losbricht, sondern krimpt fast immer allmählig ein, indem die Pausen zwischen den Stössen länger werden, die Intensität der Stösse ab-

nimmt, die Cumuluslage am Gebirgskamme sich verliert, und an einem anderen Punkte des Horizontes Gewölk aufsteigt, welches entweder Scirocco- oder Provenza-Wetter verkündigt.

Es gibt übrigens sehr verschiedene Grade der Bora; sie tritt nicht immer und überall in der Gestalt eines furchtbaren tobenden Sturmes auf, und man hat für ihre geringeren Grade an den adriatischen Küsten die Bezeichnung „Borino“. Solches Borino-Wetter dauert aber gewöhnlich kürzere Zeit, indem es entweder nur den Anfang einer heftigeren Bora bildet, oder nach einigen Stunden, längstens 1—2 Tagen, einem anderen Witterungstypus weicht. An einigen Orten kommt es überhaupt selten zu einem höheren Grade der Bora; an anderen pflegt starke Bora fast die halbe Winterszeit einzunehmen, — so insbesondere in Fiume und Zengg. (Lehrbuch der Klimatologie von Dr. Lorenz und Dr. Rothe. Braumüller. 1874). Nach M. Schön's Mittheilungen entwickeln die Winde, welche über das Reccathal in der Richtung vom Krainer Schneeberge gegen Triest streichen, nicht selten eine solche Stärke, dass centnerschwere Saumsteine der Dächer gehoben und weitab von der Stelle getragen werden. Besonders wirken hierbei die Windstöße, die in kurzen Zeitintervallen auf einander folgen. Schön berechnete den Winddruck eines derartigen heftigen Bora-Sturmes am 14. Jänner 1871, mit 33 Pfd. pr. 1□', dem eine Geschwindigkeit von 126' in der Secunde entsprach. Erst Wagen von 210 Centner Gesamtgewicht stehen gegen

die Angriffe solcher Winde im Gleichgewichte. Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse mussten an der Bahn bedeutende Bauveränderungen vorgenommen werden.

Aehnliche Windverhältnisse, wie im adriatischen Bezirke oder im Karstgebiete, trifft man in allen topographisch und orographisch ähnlich gestalteten Districten. So ist nach Schmidt's Mittheilungen in ganz Griechenland und in grosser Ausdehnung auf dem ägäischen Meere, das häufigste Uebel im Winter der Nordwind, nicht so sehr durch seine Kälte als vielmehr durch seine Stärke. Er führt daselbst den Namen *Miltém*. Die alten Griechen belegten die Nordwinde mit dem Namen *Etesien*. Diese Winde haben ihren Ausgangspunkt in den ausgedehnten rauhen Gebirgen Rumeliens und Macedoniens.

Der von den Bewohnern der an edlen Südfrüchten so reichen französischen Provinz, der Provence, so sehr gefürchtete kalte, von den Ausläufern der Alpen herabwehende Nordwestwind, dort *Mistral* genannt, ist nichts anderes als eine Art Bora von geringerer Heftigkeit, eben weil der an jene Gebirgsketten unmittelbar angrenzende Landstrich nicht mit einer, reiche Wasserdämpfe entwickelnden Wasserfläche bedeckt ist, sondern bis auf eine beträchtliche Strecke zum mittelländischen Meere hin, flaches, ebenes Festland ist.

In dieselbe Classe der Winde gehören auch die in Nordamerika über das nordwestlich von Washington gelegene, bis 6300 Fuss ansteigende Alleghany-Gebirge in den östlich gelegenen atlantischen Ocean

mit grosser Heftigkeit hinabstürzenden Nordwestwinde, die jedoch in ihrem schiefen Hinabsturze die tiefgelegenen Küstenorte der Neuenglandstaaten nur wenig treffen. Die sogenannten Northers in Texas, welche in der kalten Jahreszeit von den nordwestlichen Gebirgen, den Anden, den Rocky Mountains (Felsengebirge) in das caraibische Meer hinabströmen, sind auch hierher zu rechnen.

Aehnliche Windverhältnisse findet man auch an den gebirgigen Westküsten von Nordafrika, z. B. Agadir, wo vom Atlasgebirge, selbst im Sommer, constant kalte Nordostwinde in den atlantischen Ocean strömen, und ähnlich auch noch weiter südlich an dieser Westküste, wo sich grosse Gebirgsmassen erheben, z. B. die Konggebirge in Ober-Guinea, wo, wie oben bemerkt, der trockene, kühle und staubige Harmattan vom Lande in die See weht.

In Australien, das ringsum von ausgedehnten Meeren begrenzt wird, sind unter den Winden, die während des Erhaltens dieses Continentes strahlenförmig aus dem Lande in das offene Meer wehen, auch die in den gebirgigen südwestlichen Küsten, die heftigsten.

Selbst der Nordost-Monsun, der in der kälteren Jahreshälfte, wo Indien und das nördlich angrenzende Himalaya-Gebirge und das nördlich und nordöstlich davon gelegene asiatische Festland erkalten, in den nördlichen Theilen des indischen Oceans herrscht, gehört zu der bisher besprochenen Classe von Luftströmungen, nur erreicht dieser Monsun nicht die Stärke,

wie in den beschriebenen Fällen am Karst, am Mount Washington u. s. w., weil eben die Configuration des Festlandes eine etwas andere ist, und nicht den grellen Gegensatz zwischen Meer und dem unmittelbar angrenzenden Festlande, bezüglich der Erhebung des letzteren über das Meer, zeigt. Läge das Himalaya-Gebirge näher dem Meere, hätte es nicht die ausgedehnten Ebenen Vorderindiens vor sich, so würden diese sogenannten Monsune oder Mousone einen ganz anderen Charakter, viel gewaltigere Dimensionen annehmen, zu einer ebenso starken, wenn nicht stärkeren Bora, wie am adriatischen Meere, werden.

Alle diese Winde haben zum Motiv und zur Aufgabe, die während der kalten Jahreszeit in den Continenten sich ansammelnde kalte, und nach Abgabe des grösseren Theiles ihres Wasserdampfes in Form von Regen oder Schnee, oft auf entferntem Gebiete, trocken gewordene schwere Luft zu den Wasserdampf spendenden, warmen Meeren abzuführen, wo sich diese trockenen Luftmassen nach dem Gesetze der Diffusion zwischen trockener und feuchter Luft, worauf sich die Luftströmungen jeder Art weit mehr gründen, als auf die ungleiche Temperatur, wieder mit neuem Wasserdampfe beladen, um ihre Wanderungen in höhere Breiten von Neuem anzutreten, und wässerige Niederschläge, wie Thau, Regen, Schnee daselbst abzusetzen; auf diesem Zuge und durch diesen einzigen Process der Wasserdampfcondensation und Ausscheidung die grosse Reihe atmosphärischer Erscheinungen hervorrufend, wie wir

sie in den Luftströmungen, vom leisesten Luftzuge bis zum heftigsten Sturme, im Gewitterprocesse, im Nordlichte, im Erdmagnetismus kennen, worüber ich mich schon in meinen früheren Vorträgen und Abhandlungen über den Aether und das Ozon ausgesprochen habe und mich in meiner Theorie über die Luft- und Meeresströmungen noch bestimmter äussern werde.

VI.

Die europäischen Stürme. Zu einer ganz anderen Classe von Stürmen, wie die bis jetzt besprochenen, Föhn und Bora, gehören jene Stürme, welche vorzüglich die norwegischen und englischen Küsten, seltener die Küsten der Nord- und Ostsee, heimsuchen und zuweilen auch Deutschland durchziehen, und die arge Verheerungen, besonders an den Küsten durch Schiffbrüche, und an den niedrigen, wenngleich durch Dämme geschützten Ufern der Nord- und Ostsee durch Sturmfluthen, die sie über solches Uferland wälzen, oder im Innern der Länder an Gebäuden, Bäumen und Pflanzencultur anrichten. Ein solcher verheerender Sturm war der am 7. December 1868, welcher namentlich im Böhmerwalde arge Verwüstungen anrichtete. Mit diesem, das Land Böhmen treffenden Uebel war es noch nicht abgethan; in die zahllosen umgebrochenen Baumstämme nistete sich der Borkenkäfer ein, der bis jetzt auf einer Fläche von 190.000 Joch sein Vernichtungswerk auch an den übrigen Stämmen fortsetzt und bereits weit über eine Million Klafter

Holz gänzlich verdarb. Der heftigste Sturm seit Menschengedenken war aber der am 13. November 1872, beschrieben von Dr. Gv. Boguslavski. „Die Höhe der Sturmfluthen, z. B. an der Ostküste der Herzogthümer Schleswig, Holstein, Jütland, übertraf jene vom J. 1694 um 25 Zoll, jene vom J. 1836 um 28 Zoll, und betrug 11 Fuss über dem gewöhnlichen Nullpunkte. Die durch diese Sturmfluth angerichteten Verwüstungen und Verluste von Menschenleben war ungeheuer. Im Gefolge mit diesen Nordoststürmen traten in Mitteleuropa und am Rhein heftige Schneefälle mit starken Winden und niedriger Temperatur ein, die sich auch bleibend bis zum 18. November erhielt, während wir bald nach dem Sturme wieder eine höhere Temperatur erhielten bei herrschenden östlichen Winden, die sich aber schon mehr nach Süden wendeten, und vom 18. November ab entschieden die Gewalt des wärmeren, feuchten Südwestwindes oder des Antipassats documentirten. Die südöstlichen Gegenden Preussens, ein Theil von Posen und ganz Schlesien blieben von allen Nachwirkungen dieses Nordoststurmes verschont, während noch weiter nach Südost, in Galizien und Siebenbürgen in der Nacht vom 12. zum 13. November das Gleichgewicht der Atmosphäre sehr gestört war; zu Lemberg und Tarnopol in Galizien stieg bei sehr niedrigem Barometerstand die Temperatur auf 11—15° C. über das Mittel. Heftige Gewitter entluden sich dabei; ebenso zu Lesina in Dalmatien bei südlicher Windrichtung. Ein Weststurm verursachte gleichzeitig in Oesterreich

und Böhmen heftigen Schneefall, so dass die telegraphische Verbindung von Wien aus mit Kärnthen, Tirol, der Schweiz, Italien und Frankreich ebenso unterbrochen war, als bei uns nach den verschiedensten Richtungen hin.“

Diese Stürme treten am häufigsten in den Monaten October und November, dann im Jänner und Februar, also im Spätherbste und Spätwinter auf, und kommen aus West, und bewegen sich, sowie die sie begleitenden, ihnen eigentlich zu Grunde liegenden barometerischen Minima (tiefste Barometerstände), rasch über Europa in östlicher Richtung, selten nach Nord oder Süd, niemals nach West, mit einer mittleren Geschwindigkeit von 43 Kilometer pr. Stunde. Die Geschwindigkeit des Windes hängt auch viel von localen Ursachen ab.

Man war allgemein bis vor Kurzem der Meinung, dass die grossen, allgemeinen europäischen Stürme, die aus Westen kommend das mittlere Europa in jedem Winter viermal zu überwehen pflegen, an der westlichen Grenze Russlands erlöschen; doch ist durch die neuesten Untersuchungen (von Mohn, Mühry, Wojeikoff, u. A.) erwiesen worden, dass sich solche Stürme auch bis in das Innere von Russland, ja bis Ost-Sibirien fortsetzen. Besonders hat dieses A. Mühry an dem bereits erwähnten Sturme, der am 7. December 1868 stellenweise sehr verheerend das mittlere Deutschland überwehte, nachgewiesen. Mühry verfolgte diesen Sturm aus dem gleichzeitigen Stande des Luftdruckes, der Temperatur, der Bewölkung und der Windrichtung an

acht Orten: Petersburg, Moskau, Kastroma, Lugan, Slautust, Katharinburg (am Ural), Semipatalinsk und Barnaul (in Sibirien), in der Richtung des asiatischen Winter-Kältepoles, etwa bei Jakuzk. Dort angekommen oder in dessen Nähe scheinen diese Stürme die Richtung nach S.O. zu nehmen (Wojeikoff). Auch Mühry ist der Ansicht, dass die Bahnen dieser Stürme, wenn sie in das Innere des asiatischen Continentes, in das östliche Russland eindringen, aus der früheren Richtung von West oder Südwest in die Richtung nach Südost übergehen, also umbiegen. Es würde dieses eben andeuten, dass ein Depressions-Centrum, welches sich einem Orte von West her näherte, plötzlich nach Süden umbiegt. Eine Erklärung hievon werde ich später geben. Von einer Wirbelung oder Umwendung des von Mühry beobachteten Sturmes konnte Mühry nichts bemerken, sondern es zeugte vielmehr die übereinstimmende Lage der zahlreich durch den Sturm umgeworfenen Bäume, die nach Osten hinwiesen, auf eine gerade Gestalt der Sturmbahn. Nahezu allgemein ist aber jetzt die, besonders von Mohn vertretene Ansicht angenommen, dass die in Rede stehenden Stürme zur Klasse der Wirbelstürme gehören. Die für die Richtigkeit dieser Ansicht sprechenden Thatsachen werden wir bald kennen lernen. Die vereinzelte Thatsache, nämlich die Lage einzelner Bäume bei Wirbeln, welche Hunderte von Meilen umfassen, rasch fortschreiten, und durch die Unebenheiten des Terrains mannigfach abgeändert, gestört werden, kann nach meiner Meinung hier nicht entscheidend sein.

VII.

Die Cyclonen. Eine in gewisser Beziehung für sich abgeschlossene Gruppe von Stürmen bilden die Seestürme, die ohne Unterschied in neuester Zeit als Wirbelstürme aufgefasst werden, und nach Piddington mit dem Namen Cyclonen belegt werden. Dass viele Meteorologen auch die häufig aus solchen Stürmen sich entwickelnden oder aus ihnen sich fortsetzenden Landstürme, und namentlich die aus dem atlantischen Ocean auf die norwegischen, irischen und norddeutschen Küsten übersetzenden und ostwärts ziehenden Stürme als Wirbelwinde zu betrachten geneigt sind, wurde bereits im Vorhergehenden erwähnt.

Nach dieser Auffassung, die besonders Reye in seinem sehr beachtenswerthen Werke: „Ueber die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre mit Berücksichtigung der Stürme in der Sonnenatmosphäre“, lebhaft vertritt, haben jene kleinen, kreiselnden Wirbel, die an sonnigen stillen Sommertagen den Chaussée-Staub leicht emporheben, haben auch die Feuer- und Rauchsäulen bei grösseren Bränden und über thätigen Vulkanen, haben die gefürchteten Landhosen der afrikanischen Wüsten, die mit Wolken heissen Sandes die Karavanen überschütten, haben die zerstörenden Tornados der Vereinigten Staaten, welche in Wäldern durch umgerissene Bäume ähnlich ihren Weg bezeichnen, wie die Windhosen in den Fruchtfeldern, — haben alle diese, in

einer mehr weniger heftigen Luftströmung bestehenden Erscheinungen die Drehbewegung gemein, nur mit dem Unterschiede, dass in den Wirbelstürmen des Meeres, in den sogenannten Cyclonen, der Sturmwind annähernd in Kreislinien (richtiger in Schraubenlinien oder spiralförmig) um einen gemeinsamen Mittelpunkt, welcher selbst fortschreitet, sich bewegt. Diese kreisförmige oder Wirbelbewegung geht auf beiden Erdhälften gegen die Sonne vor sich, nämlich auf der nördlichen von Süd über Ost nach Nord und West, also dem Zeiger einer Uhr entgegengesetzt, von rechts nach links, dagegen auf der südlichen Halbkugel, wo die Sonne von Osten über Norden (hier den Aequator) nach Westen sich bewegt, von Süd über West nach Nord und Ost, also in demselben Sinne wie der Zeiger einer Uhr, von links nach rechts.

Reye sucht in seinem soeben erwähnten Buche den Nachweis zu liefern, dass die Cyclonen, die Teifuns im chinesischen und japanesischen Meere, die Hurricanes der Antillen, überhaupt die westindischen Orkane, die amerikanischen Tornados, die Wetterssäulen oder die sogenannten Land- und Wasserhosen (Tromben), und die Wirbelwinde gleichartige Erscheinungen sind, die sich im Grunde nur durch ihre Grösse, vorzüglich rücksichtlich der Bahnbreite unterscheiden. Auch Piddington stellt den Satz auf, dass nicht bloss von den Wirbelwinden und Wasserhosen bis zu den grösseren Tornados, sondern auch von

diesen bis zu den eigentlichen Wirbelstürmen oder Cyclonen eine vollständige Reihenfolge bezüglich ihrer Grösse sich aufstellen lässt.

Die Bahnbreite oder der Durchmesser der grössten Wettersäulen und amerikanischen Tornados kann bis zu $1\frac{1}{2}$ engl. Meilen betragen, andererseits gibt es Wirbelstürme von 1000 bis 30 engl. Meilen Durchmesser herab. Den Cyclonen des chinesischen Meeres, den fürchterlichen Teinfuns, schreibt Piddington noch einen Durchmesser von 60 bis 240 Seemeilen (oder englische Meilen) zu, während die kleineren Cyclonen der Bai von Bengalen, die Piddington mit den Land-Tornados vergleicht, und die in tropischen Gegenden, zumalen in Bengalen buchstäblich Alles zerstören, nur bis 1000 Yards (3000 Fuss) breit sind. Unter den amerikanischen Tornados kommen solche vor, die Landstriche von mehr als 5000 Fuss Breite verwüsten.

Wasserhosen wurden beobachtet mit Durchmesser von 2—200 Fuss und einer Höhe von 1500 Fuss, Landhosen mit Durchmessern, an ihrem unteren Ende, bis zu 1000 Fuss. Uebrigens ist der Durchmesser bei allen diesen Wirbelwinden sehr veränderlich und namentlich ist es von den grossen Wirbelstürmen auf dem atlantischen Ocean bekannt, dass mit ihrem Vorrücken in höhere Breiten ihr Durchmesser sich vergrössert, dafür ihre Intensität sich abschwächt.

Die mechanischen Wirkungen, selbst schon von kleinen Wettersäulen, die man auch mit dem Namen Landhosen belegt hat, sind erstaunlich. Leichte

Gegenstände werden hoch in die Luft getragen, Briefe und selbst Baumäste und Bretter sind wiederholt in meilenweiter Entfernung wiedergefunden worden, ja man hat grüne Blätter und Zweige mit einer Eiskruste bedeckt wieder zur Erde fallen sehen. Häufig sind Häuser zu Dutzenden zerstört, Bäume zu Hunderten abgebrochen oder entwurzelt worden, ja man liest, dass sogar ganze Dächer, starke Bäume hoch durch die Lüfte entführt wurden, dass Menschen, ja sogar Pferde und belastete Boote (entweder von ursprünglichen Wasserhosen oder von Landhosen, die beim Uebergange auf Flüsse oder Seen zu Wasserhosen werden) emporgehoben, und dass schwere Kanonen, belastete Eisenbahnwaggons von der Stelle gerückt wurden. So wird über die Windhose in dem uns nahe gelegenen Brünn am 13. October 1870, nach einem vorhergegangenen Gewitter (Spätgewitter), worauf unmittelbar eine ausserordentliche Schwüle und nach zwei Stunden ein von einem heftigen Strichregen begleiteter Sturm sich einstellte, berichtet: dass sie ganze Balken weit um sich schleuderte, grosse Verheerungen an Dächern und Baumpflanzungen anrichtete, Kohlenwagen mit einer Belastung von 200 Centnern in Bewegung setzte und einen unbeladenen, 120 Centner schweren Waggon, welcher am Ende eines Geleises stand, über die dort ungefähr 15 Zoll hoch vom Sturme aufgebogenen Schienen gehoben und noch beiläufig zwei Wagenlängen darüber hinaus geschleudert hat. Ein anderer Wagen wurde gleichfalls aus dem Geleise gehoben und auf

einen Kohlenwagen geschleudert, der zertrümmert wurde.

Am unschädlichsten scheinen die Wasserhosen zu sein, ausgenommen jene, die sich aus Landhosen bei ihrem Uebertritte auf grössere Wasserflächen entwickeln, wie man an der bekannten Wettersäule von Königswinter beobachtet hat, welche G. vom Rath folgendermassen beschreibt:

„In Bonn hatte man acht Tage lang vergebens sich nach Regen gesehnt, als endlich am 10. Juni 1858 um die Mittagszeit im Süden schwere Gewitterwolken aufstiegen, die sich in der Ferne unter Blitz und Donner entluden. Dort im Süden, bei Honnef, oberhalb Königswinter, bemerkte man um dieselbe Zeit (1 Uhr 20 Minuten etwa) zuerst eine 2000 Fuss hohe Staubsäule, unten von aufgewirbelten Staub- und Erdmassen umgeben, die bald den Rheinspiegel erreichte. Da erhob sich auf einer wohl 20 Schritt weiten Kreislinie schäumend das Wasser, in Kämme und Strahlen emporspringend gleich einer Krone, deren weisse Schaumstrahlen 20 bis 30 Fuss hoch aufschossen. Die innere Kreisfläche war zu einem Schilde aufgewölbt und mit Schaum bedeckt, einer flachen Insel vergleichbar. Beim Fortschreiten stieg das Wasser höher empor, und in der Nähe des linken Ufers war die Krone schon in eine 40 bis 50 Fuss hohe Wassersäule verwandelt. Bald zeigte sich auch vor graublauen Wetterwolken eine kegelförmige Wolkenspitze wie ein glänzender Degen am Himmel, und verlängerte sich sichtbar nach unten.

Sie war gegen die Spitze der rasch aufsteigenden Staubsäule gerichtet, in welche sich mittlerweile auf dem linken Rheinufer (bei Mehlem) die Wasserhose wieder verwandelt hatte. Diese Sandsäule überragte den Drachenfels weit an Höhe, mass also über 850 Fuss. Die Gewalt der Trombe wuchs, sie nahm eine erschreckende Gestalt an, so dass die Schiffe ihre Anker fallen liessen und selbst in Nieder-Dollendorf, 25 bis 30 Minuten entfernt, einzelne Bewohner aus ihren Wohnungen in's Freie eilten.

In starkem Bogen schritt sie wieder dem Rheine zu, und mit vergrösserter Gewalt sprang der Wirbel abermals auf das Wasser. Dieses schien weiss schäumend hoch aufzusieden, und plötzlich erhob sich aus dem wogenden Schaume eine Masse von Wasser und Dunst fast senkrecht in drei bis fünf Strahlen, deren mittlerer sich der weissen, degenförmigen Wolke näherte. Beide Spitzen trafen zusammen, „und so wurde das Wasser aus dem Strome in die Wolken gezogen“. Auf einer Untiefe des Rheines vereinigten sich die seitlichen Strahlen mit der Hauptsäule, die nun wie ein Riesen-Obelisk auf dem Rheine schwebte. Als sie bei Rhöndorf wieder das rechte Ufer erreichte, fielen die schwereren Wassertheile wie Fetzen herunter von der aufsteigenden Schaummasse, welcher dunkler Staub und Sand folgte, durch eine horizontale Linie scharf von ihr geschieden. Indess die Schaummasse gänzlich in den Wolken verschwand, näherte sich die Wettersäule dem Drachenfels. Ihre Gewalt nahm ab und ein wolkenbruchartig herab-

stürzender, mit Hagel gemischter Regen entzog sie endlich den Blicken des Beobachters. Vom Drachenfels aus jedoch sah man, wie die Säule vom Boden sich abhob und die aufgewirbelten Stoffe in den oberen, trichterförmig gestalteten Theil der Trombe aufgezogen wurden. Die ganze Erscheinung dauerte etwa 35 Minuten; die durchlaufene Bahn war 1300 Ruthen lang und demnach mit einer Geschwindigkeit von etwa 450 Fuss (140 Meter) per Minute durchlaufen worden.

Mehrere unbefangene Beobachter der Wasserkrone haben an derselben eine Drehung mit der Sonne wahrgenommen. An beiden Ufern war die Bahn des Fusses meistens durch niedergedrückte Saaten bezeichnet. Ihre Breite mochte 50 Schritt betragen, wuchs aber auf das Doppelte und Dreifache, wo vor Mehlem die Curve beschrieben wurde. Nur in der Mitte lagen die Halme genau mit dem Zuge, an den Seiten mehr der Mitte zugewandt. Hieraus und aus der schildförmigen Erhebung im Innern der Wasserkrone glaubt vom Rath auf eine Luftverdünnung im Innern des Zuges schliessen zu dürfen.“

Von den Cyclonen entwickeln jene von kleinerem Durchmesser mitunter die verhältnissmässig stärkste mechanische Gewalt. Dieses zeigen die Hurricanes der Antillen und die dem Wesen nach mit ihnen identischen Teifuns der chinesischen Küste. Ein solcher Teifun, der am 27. October 1856 auf den Philippinen (Asien) herrschte, zerstörte binnen sechs Stunden, bloss in Manilla, mehr als 3500 Häuser, und nach amtlichen

Berichten wurden in einem Umkreise von acht Wegstunden rings um die Hauptstadt über 10.000 Häuser ruinirt.

Im Juni 1822 wurden durch die von einer Cyclone herangetriebenen Meeresfluthen die Ganges-Mündungen überschwemmt und 10.000 Menschen kamen dabei um's Leben. Am 21. Mai 1833 wurden an der Mündung des Hooghly (in Ostindien) durch drei grosse Wogen 600 indische Dörfer zerstört, wobei 50.000 Menschen ertranken. Das Barometer fiel um 2 Zoll. Auch in Westindien kommen solche Sturmfluthen vor (Reye).

Um von den verheerenden Wirkungen grösserer Cyclonen eine annähernde Vorstellung zu erhalten, dazu dient die von einem Augenzeugen entworfene Schilderung des Orkans, der am 10. und 11. August 1831 auf Barbados, einer Insel von den Antillen in Westindien, wüthete.

„Um 7 Uhr Abends war der Himmel heiter und die Luft ruhig; diese Ruhe dauerte bis etwas nach 9 Uhr, wo der Wind aus Norden zu wehen anfang. Um halb 11 Uhr sah man ferne Blitze in N.N.O. und N.W. — Windstösse und Regenschauer von N.N.O., getrennt durch Windstillen, folgten dann bis Mitternacht, das Thermometer fiel während derselben auf 83° F. und stieg während der Windstillen auf 86°. Nach Mitternacht wurde das ununterbrochene Flammen der Blitze schrecklich und grossartig, und der Sturm brauste wüthend von N. und N.O. her. Aber um 1 Uhr am 11. wuchs die rasende Wuth des Windes, der Orkan wandte

sich plötzlich von N.O. nach N.W. und den dazwischen liegenden Strichen des Compass. Die oberen Regionen der Atmosphäre waren während dessen von ununterbrochenen Blitzen erleuchtet, aber diese lebhaften Blitze wurden an Glanz von den Strahlen electrischen Feuers, welche nach allen Richtungen hin explodirten, übertroffen. Etwas nach 2 Uhr ward das Heulen des Orkans, der von N.N.W. und N.W. hereinbrach, so, dass keine Sprache es zu beschreiben vermag. Lieutenant-Colonel Nickle, Befehlshaber des 36. Regiments, hatte unter einem Fensterbogen des unteren Stockwerks nach der Strasse hin Schutz gesucht und hörte wegen des Sturmes nicht das Einstürzen des Daches und oberen Stockwerks. Um 3 Uhr nahm der Wind ab, aber wüthende Stösse kamen abwechselnd aus S.W., W. und W.N.W.

„Einige Augenblicke hörten auch die Blitze auf, und die Dunkelheit, welche nun die Stadt einhüllte, war unbeschreiblich schrecklich. Feurige Meteore fielen nun vom Himmel, eines besonders von Kugelform und tiefrother Farbe, senkrecht aus einer bedeutenden Höhe. Diese Feuerkugel fiel ganz entschieden durch ihre eigene Schwere, nicht getrieben durch eine äussere Kraft. Als sie mit beschleunigter Geschwindigkeit sich der Erde näherte, wurde sie blendend weiss und von länglicher Gestalt. Als sie in Beckwirth-Square den Boden berührte, spritzte sie rings umher wie schmelzendes Metall und verlöschte augenblicklich. Ihre Gestalt und Grösse war die einer Lampenglocke, und das Herumspritzen bei dem Aufstossen gab ihr das Ansehen einer Queck-

silberkugel gleicher Grösse. Einige Minuten nach dieser Erscheinung sank das dumpfe Geräusch des Windes zu einem majestätischen Gemurmeln herab, und die Blitze, welche seit Mitternacht im Zickzack geleuchtet hatten, erschienen nun eine halbe Stunde lang mit neuer und erstaunlicher Thätigkeit zwischen den Wolken und der Erde. Die grosse Dunstmasse schien die Häuser zu berühren und sendete Flammen niederwärts, die schnell wieder aufwärts von der Erde zurückschlugen.

„Augenblicklich nachher brach der Orkan von Westen wieder herein mit unbeschreiblicher Gewalt, tausend Trümmer als Wurfgeschosse vor sich hertreibend. Die festesten Gebäude erbebten in ihren Grundmauern, ja die Erde selbst zitterte, als der Zerstörer über sie hinwegschritt. Kein Donner war zu hören, denn das grässliche Geheul des Windes, das Brausen des Oceans, dessen mächtige Wellen Alles zu zerstören drohten, was die anderen Elemente etwa verschonen mochten, das Gerassel der Ziegeln, das Zusammenstürzen der Dächer und Mauern, und die Vereinigung von tausend andern Tönen bildete ein Entsetzen erregendes Geräusch. Wer fern war von dieser Schreckensscene, kann keine Vorstellung haben von den Empfindungen, die sie erregte.“

„Nach 5 Uhr liess der Sturm einige Augenblicke nach, und da hörte man deutlich das Fallen der Ziegeln und Bausteine, welche durch den letzten Windstoss wahrscheinlich bis zu bedeutenden Höhen waren fortgerissen worden. Um 6 Uhr war der Wind S., um 7 Uhr S.O., um 9 Uhr schönes Wetter.“

„Sobald die Dämmerung die Gegenstände sichtbar machte, ging der Berichterstatter auf den Kai. Der Regen schlug so heftig herab, dass er die Haut verletzte, und so dicht, dass man nur bis zur Spitze des Dammes sehen konnte. Der Anblick war über alle Beschreibung erhaben. Die Wogen rollten so gigantisch herbei, als böten sie jeder Zerstörung Trotz; sowie sie aber am Kai sich brachen, verloren sie sich unter den Trümmern jeglicher Art. Balken, Schiffstau, Tonnen, Kaufmannsgüter bildeten eine zusammenhängende, undulirende Masse. Nur zwei Schiffe waren aufrecht, viele umgekehrt, oder lagen auf der Leeseite in seichtem Wasser.

„Vom Thurme der Kathedrale zeigte sich ein Bild allgemeiner Zerstörung; 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, welches Alles versengt und verbrannt hätte. Einige wenige stehen gebliebene Bäume, ihrer Blätter und Zweige beraubt, gewährten einen kalten, winterlichen Anblick, und die zahlreichen Landsitze in der Umgebung von Bridgetown, früher von dichten Gebüsch umschattet, lagen nun frei in Trümmern. Aus der Richtung, in welcher die Cocosnussbäume umgestürzt lagen, erkannte man, dass die ersten durch einen Nordnordost, die grössere Anzahl durch einen Nordwest entwurzelt worden waren.“

Dove fügt diesem Berichte hinzu, dass, als der Sturm am heftigsten wüthete, einem Neger im Garten

von Coddington-College electrische Funken herausprangen: so gross war die electrische Spannung der Atmosphäre. Reid nimmt desshalb an, dass der Grund, wesshalb auf St. Vincent ein grosser Theil der Waldbäume ausging, ohne umgeweht zu sein, vielleicht in diesem Uebermasse frei werdender Electricität zu suchen sei. Bemerkenswerth war ferner dieser Sturm gleich mehreren anderen durch salzigen Regen. Nämlich an der Nordspitze von Barbados brachen sich die Wogen fortwährend über einer Klippe von mehr als 70 Fuss Höhe. Dieses Meerwasser wurde vom Winde meilenweit in's Land geführt, so dass in den Weihern des Major Leacock alle Süsswasserfische starben, und in Bright Hall, 2 Meilen südsüdöstlich von jener Spitze, das Wasser noch mehrere Tage nach dem Sturme salzig schmeckte.

Ein Sturm von ungemein grosser Ausdehnung und Heftigkeit war der sogenannte Cap Verde- oder der Hatteras-Orkan am 7. September 1853. Die Länge der Bahn dieses Sturmes, welcher vom grünen Vorgebirge oder dem Cap Verde (Westküste von Afrika, 15° n. Br.) entsprang, den atlantischen Ocean quer durchschritt, an den Küsten der Vereinigten Staaten umbog, dann einerseits Neufundland, andererseits die britische Westküste bestrich, betrug 7272 englische oder 1454 geographische Meilen; der Sturm hatte also, da er zur Zurücklegung dieses Weges 284 Stunden oder 12 Tage benöthigte, eine Geschwindigkeit von 26 Meilen in der Stunde. Derselbe vernichtete von 142 Schiffen, die er

auf offener See, also nicht an den in Stürmen noch weit gefährlicheren Küsten, Felsen, Untiefen, traf, nicht weniger als 75 und beschädigte 46 stark, so dass nur 21 ohne Schaden davon kamen.

Reye hält dafür, dass die meisten ausgedehnten Stürme auf dem atlantischen Ocean afrikanischen Ursprungs sind. In der That ist die Westküste von Afrika in der heissen Zone eine so reiche Brutstätte von Stürmen, dass die grösseren davon recht gut auf dem atlantischen Ocean weiter schreiten und insbesondere auf dem, ein warmes, daher zum Verdunsten besser geeignetes Wasser führenden Golfstrome nach Westen gegen Amerika und von da nordöstlich an die europäischen Küsten weiter ziehen, richtiger gezogen werden können, immer neues Material zu ihrer Erhaltung und Erneuerung, nämlich Wasserdunst von dem Golfstrome schöpfend. Auf diesen Punkt werden wir später noch näher eingehen.

In einer viel kürzeren Zeit, so zu sagen mit Blitzesschnelle, dafür freilich auch auf einem enger begrenzten Raume, verrichten die amerikanischen Tornados ihr Zerstörungswerk. Denisson Olmsted beschreibt einen solchen Land-Tornado wie folgt: Als eine seltsame Wolke von fürchterlichem Aussehen, weiss wie ein dahinjagender Schneesturm, oder wie leichter Nebel und innerlich in heftiger Bewegung, überfiel der Sturm plötzlich mit Strömen von Wasser die zahlreichen Zuschauer. „Ein Stoss, ein Krach, und vorüber war er.“ Aber fast jeder Baum, den er auf offenem Felde traf,

war niedergeworfen oder abgebrochen, sechs Häuser und eine Anzahl Scheuern waren völlig zerstört, mehrere andere abgedeckt; auf den Feldern waren die Kornhalme zu Boden gedrückt und die ganze überstrichene Bahn bot einen gleichförmigen Anblick von Zerstörung und Verwüstung dar. Mit wenigen Ausnahmen waren die niedergestreckten Bäume, das Korn und die sonstigen mitgerissenen Gegenstände auf beiden Seiten nach der Bahnmitte hingewendet, während in der Nähe dieser Bahnmitte die Richtung der hingestreckten Objecte mit derjenigen des Sturmes zusammenfiel.

Von den See-Tornados liefert uns die beste, durch neuere Beobachtungen vielfach bestätigte Beschreibung ein altes Manuscript aus dem 17. Jahrhundert. Dieselbe lautet:-

„Die Tornados sind veränderliche Winde. Sie werden im Portugiesischen Travados genannt, aber am treffendsten von den Griechen Eknephias (aus den Wolken heraus); denn ihr sicherstes Vorzeichen ist eine dicke Wolke, die plötzlich über dem Horizonte aufsteigt und leicht in jenen Gegenden, wo die Luft allgemein klar und heiter ist, sichtbar wird.

„Die Wolke wird wegen ihrer Kleinheit zuerst Olho-de-Boy (das Ochsenauge) genannt; doch nach so unmerklichem Beginn dehnt sie sich allmählig aus und zuletzt, das ganze Angesicht des Himmels mit einem Vorhang von Dunkelheit bedeckend, verursacht sie schreckliche Stürme, Donner und Blitz, und schwellt die tobende See empor zu den Wolken, welche sie in

Fluthen von Regen mit Gewalt niederdrücken. Der Regen fällt eher in grossen Cascaden und eimerweise als in Tropfen, manchmal zugleich mit Hagelsteinen von erstaunlichem Umfange. So veränderlich und unstät sind die Tornado-Winde, so wenig gehorchen sie einer bestimmten Regel, dass sie gewöhnlich im Verlaufe einer Stunde nach allen Strichen des Compasses umspringen, indem sie in solch plötzlichen und ungestümen Stössen blasen, dass ein Schiff, welches gerade an einer Seite umschlagen will, nicht weniger gefährlich an der anderen gefasst wird. Manchmal springen sie ohne Unterlass um, und manchmal wieder blasen sie ruckweise, so dass Ihr nach jedem Stosse eine vollkommene Windstille habt. Lasst eine Flotte von Schiffen so nahe segeln wie möglich, ohne dass sie aufeinander stossen, so werden sie verschiedene und entgegengesetzte Winde haben.“

„Besonders an den Küsten von Afrika kann man an einem und demselben Tage von vielen derselben beunruhigt werden, je eine halbe oder drei Viertelstunden lang. Unsere Seeleute begegnen den Tornados gewöhnlich vom 10. und 12. Grade n. Br. an, ebenso am Wendekreise des Steinbocks, nahe dem Vorgebirge der guten Hoffnung. Dort erhebt sich die verhängnissvolle Wolke nur wie ein kleiner Fleck in der Luft, und verschiebt sich dann selbst, gleich einem Teppich über dem Gipfel des Berges sich ausbreitend; und sie erspähend ziehen die Seeleute, selbst im ruhigsten Wetter, sogleich ihre Segel ein und treffen Vorsorge für den nachfolgenden

Sturm, welcher nicht lange nachher im Blitz und Wind niedersteigt und um so gefährlicher ist, weil er gleich mit äusserster Wuth beginnt und plötzlich, in einem Augenblicke, umspringt. Ihr habt eine verrätherische Windstille, einen fürchterlichen Sturm und im Verlaufe einer Stunde wieder klaren Himmel und die See spiegelt glatt.“

„Die Portugiesen verloren bei ihren Entdeckungen Ostindiens von zwölf Schiffen neun, welche durch das ungeheuere Ungestüm dieser plötzlichen Stösse kenterten. Diese Eknephias kommen nie in den Wintermonaten vor. Sie sind am heftigsten, wenn die Sonne dort dem Zenith nahe ist, und in der dortigen Regenzeit, wenn die Luft feucht ist und in grösserer Menge blähende Dünste liefert.“

VII.

Ueber Sturmwarnungen und Wettertelegraphie. Da die Stürme besonders an den Meeresküsten für die Schiffe, und durch die von solchen Stürmen an manchen, besonders flachen Küsten hervorgerufenen Fluthen den betreffenden Küstenbewohnern sehr gefährlich und Verderben bringend werden, so war man von dem Zeitpunkte an, als man durch die Erfahrungen vom Zusammenhange des Fallens des Barometers mit dem Herannahen eines Sturmes Kenntniss erlangt hatte, darauf bedacht, solchen Schiffen und Küstenbewohnern dieses Herannahen anzuzeigen oder zu signa-

lisiren und diese Schiffe hiermit zu warnen, damit sie nicht, bevor die Sturmesgefahr vorüber, in die See gehen und damit sie einen sicheren Hafen bei Zeiten aufsuchen.

Die Zeichen oder Allarmsignale, womit man die Stürme signalisirt, sind verschieden. In England bestehen sie aus einem Kegel und einem Cylinder (auch Trommel genannt) von mit Segeltuch überzogenem Weidengeflecht und werden auf den Masten der Leuchthürme angebracht. Der Kegel mit der Spitze nach oben zeigt einen Sturm von Norden, mit der Spitze nach unten einen Sturm von Süden an. Der Cylinder deutet auf einen Wirbelsturm. Während der Nacht ersetzen Laternen von Kegel- und Cylinderform die Tagsignale. — An den italienischen Küsten werden die Seeleute durch rothe Flaggen gewarnt, welche auf den Leuchthürmen der vorzüglichsten Hafenorte aufgehisst werden.

Dass die Aufpflanzung der Allarmsignale von einer grösseren Central-Station aus für einen grossen Bezirk, für ein ganzes Land mittelst des Telegraphen für die einzelnen Küstenpunkte und Hafenstationen angeordnet wird, versteht sich von selbst. Nicht so einfach ist es aber, auf der Centralanstalt für diesen Theil des Telegraphendienstes in die Kenntniss vom Herannahen eines Sturmes zu gelangen. Unsere Barometer tragen zwar eine Scala, wo für einen tiefen Stand des Quecksilbers Sturm angeschrieben ist; allein Sturm kommt an irgend einer Station nicht nur bei tiefem, sondern auch bei mittlerem, ja selbst bei hohem Barometerstande vor. Auch kommen Stürme bei allen Temperaturen und

Feuchtigkeitszuständen der Atmosphäre vor. Mit Wahrscheinlichkeit kann man das Hereinbrechen eines Sturmes an irgend einem Punkte und die Ausbreitung oder das Vorwärtsschreiten des ausgebrochenen Sturmes in irgend einer Richtung erst dann vorausbestimmen, wenn man die Barometerstände von vielen, über ein weites Gebiet vertheilten Stationen vergleicht. Zu solchen Vergleichen dienen die synoptischen Karten, auf denen die Vertheilung des Luftdruckes durch Linien, welche die Orte gleichen Luftdruckes mit einander verbinden, die sogenannten Isobaren, dann die Windesrichtungen durch gefiederte Pfeile an den einzelnen Beobachtungsstationen aufgezeichnet sind. Die Barometerstände an den einzelnen Stationen müssen natürlich auf das Meeres-Niveau reducirt sein, das heisst man muss mittelst der Höhenformel jenen Barometerstand berechnen, wie er beobachtet würde, wenn der Beobachtungsort am Meeres-Niveau läge.

Die synoptischen Karten geben über mehrere wichtige Thatsachen, die zugleich und zu allererst das Gesetz der Stürme näher kennen lernen liessen, Aufschluss und zwar:

A) Bei Stürmen ist eine grössere Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes vorhanden, und besteht an Sturmtagen irgendwo über einem gewissen Territorium eine durch den Barometerstand angezeigte auffallende Erniedrigung oder Depression des Luftdruckes, von welchem Orte des barometrischen Minimums

der Luftdruck nach allen Richtungen, allerdings nicht gleichmässig mit der Entfernung, zunimmt. Dort, wo sich die Isobaren am meisten zusammendrängen, oder, präciser ausgedrückt, wo der Unterschied des Barometerstandes zwischen zwei benachbarten Orten, bezogen auf die Einheit der Entfernung, d. i. die barometrische Steigung oder der barometrische Gradient (ähnlich der Steigung oder dem Gefälle einer schiefen Ebene), am grössten ist, wird die Ausgleichung des hier am meisten gestörten atmosphärischen Gleichgewichtes auch am heftigsten, am tumultuösesten, also der zu erwartende Sturm am stärksten sein. Den barometrischen Gradient erhält man, wenn man von einem bestimmten Orte ausgehend die Luftdruckdifferenz gegen einen zweiten Ort, der in der Richtung gegen das Minimum hin liegt, aufsucht und sie durch die Entfernung beider Orte dividirt.

B) Die in dieser Weise hervorgerufenen Luftströmungen bewegen sich in Spiralen um den Ort des kleinsten Luftdruckes, also wirbelförmig um ihn, und zwar dreht sich der Wirbel auf unserer nördlichen Halbkugel von rechts nach links, also dem Zeiger auf einer Uhr entgegengesetzt; auf der südlichen Halbkugel von links nach rechts im Sinne eines Uhrzeigers. Dem zufolge kommt der zu erwartende Wind, wenn ein Beobachter auf der nördlichen Erdhälfte nach dem Orte des kleinsten Luftdruckes hinsieht, immer zur Linken dieses Beobachters. Befände sich also die Stelle des niedrigsten Luftdruckes im Norden von uns, so hätten

wir einen Weststurm, d. i. einen Sturm von der linken Seite zu erwarten.

C) Wenn man mehrere solcher Karten für aufeinanderfolgende Sturmtage vergleicht, so zeigt es sich, dass der Ort des kleinsten Luftdruckes nicht auf derselben Stelle bleibt, sondern dass er sich fortbewegt, und zwar in Europa im Allgemeinen von Westen nach Osten mit ziemlich grosser Geschwindigkeit. Der anfängliche Weststurm wird daher bei diesem Fortrücken des barometrischen Minimums gegen Osten, etwa bis Petersburg, in einen Nordweststurm übergehen.

Bis zur Belagerung von Paris bildete dieses den Mittelpunkt eines solchen regelmässigen, von Le Verrier organisirten Telegraphendienstes. Jeden Morgen liefen auf der Sternwarte von 21 französischen und 42 auswärtigen, über fast ganz Europa vertheilten Stationen telegraphische Witterungsberichte ein, welche die im Sommer um 7 Uhr und im Winter um 8 Uhr früh angestellten Beobachtungen, nämlich Luftdruck, Temperatur, Richtung und Stärke des Windes, Zustand des Himmels und des Meeres an den Küsten, umfassten. Diese Nachrichten wurden sodann besonders im Interesse der Schifffahrt an 15 verschiedene Stationen telegraphisch mitgetheilt. Ausserdem wurden noch sämtliche in Paris eingelaufene Berichte in dem täglich durch die Post versendeten Bulletin international de l'Observatoire zusammengestellt und demselben eine Karte von Europa mit den Linien gleichen Luftdrucks beigegeben. Seit 17. Mai 1873 hat das Pariser

Observatorium wieder den Dienst der Witterungs-Telegramme übernommen. Gegenwärtig werden auch in anderen Staaten auf Grund der dort gesammelten telegraphischen Witterungsberichte synoptische Karten gezeichnet.

Ueber die Vorzeichen eines Sturmes auf offenem Meere und über die Verhaltensmassregeln für ein Schiff während eines Sturmes, über das Heraussegeln aus demselben und Anderes gibt Reye in seinem inhaltsreichen Werke in dem Capitel „Praktische Regeln für Seeleute“ gründliche Belehrung und Anweisung. Hier nur Einiges davon:

Da die Heftigkeit des Windes in einer Cyclone von aussen nach innen gegen das windstille Centrum mit dem ungewöhnlich tiefen Barometerstande, also gegen den luftverdünnten Raum wächst, so muss sich der Seemann zunächst über die Lage des Centrums orientiren, um dieses vermeiden zu können. Hierüber gibt im Allgemeinen das Buys-Ballot'sche Gesetz Aufschluss, wonach in einem Wirbelsturme, wenn man dem Winde den Rücken zukehrt, das Centrum genau zur Linken in der nördlichen, und genau zur Rechten in der südlichen Hemisphäre sich befindet. Am gefährlichsten ist der vordere, auf der nördlichen Halbkugel rechts gelegene Theil des Orkans, das sogenannte gefährliche Viertel, dem man ausweichen muss. Um aus der Cyclone herauszusegeln, muss das Schiff auf der nördlichen Erdhälfte seine rechte Seite (Steuerbord), in süd-

lichen Breiten seine linke Seite (Backbord) dem Sturmwinde zuwenden.

Befindet sich das Schiff vor einer Cyclone und ist es nicht schon zu spät, so kann es wenigstens dem allerschlimmsten, orkanartigen Theile aus dem Wege gehen, oder es muss, wenn es anders die See nicht halten kann, beidrehen. Wenn sich das sturmfreie Centrum gar nicht vermeiden lässt, so muss man das Schiff jedenfalls so zu drehen suchen, dass es den nachfolgenden Sturmwind nicht plötzlich von vorn bekommt, denn das ist im Sturme bekanntlich sehr gefährlich.

Piddington, dem wir diese Regeln verdanken, hofft, dass das „Cyclonen-Segeln“ in kurzer Zeit einen anerkannten Theil der Geschicklichkeit eines jeden guten Seemannes bilden werde. Er sagt unter Anderem: „Im südlichen indischen Ocean sind die Wirbelstürme jetzt manchen Capitainen wohlbekannt, und dieselben machen capitale Fahrten nach Indien und Australien, indem sie nach ihnen aussehen; finden sie einen solchen geeignet, um zur Nordseite seiner Bahn hinüberzugehen, so halten sie sich auf dieser Seite, welche ihnen einen stetigen und steifen westlichen Wind gibt, jedoch in solcher Entfernung vom Centrum, dass sie sicher vor dem Winde laufen können. Das nennt man dann einen Cyclonen-Ritt (taking a ride upon a Cyclone)“.

Theorie der Luftströmungen.

VIII.

Theorie der Winde. A. Mühry entwirft in wenigen grossen Zügen folgendes Bild oder Schema von der Circulation der Atmosphäre:

„Der äquatoriale Calmengürtel mit seiner hohen gleichmässigen Temperatur, mit seinen geringen und kaum anders als im täglichen Gange regelmässig schwankenden Luftdrucke, mit seiner permanenten, auch des Nachts fortdauernden Ascensions-Strömung, diesem Uebergange oder verticalen Zwischengliede des Passats in den oberen rückkehrenden Antipassat, mit seiner intensiven (positiven) Luftpolelectricität, mit seinem reichlichen Wasserdampf, beständigen Wolkenringe, selten fehlenden täglichen Regen und Gewittern ist gleichsam die peripherische Basis des meteorologischen Systems für eine jede der beiden Halbkugeln der Erde, während am Pole dessen centrale Spitze sich befindet und beide extreme Räume mittelst der allgemeinen Circulation in der Atmosphäre in einer Verbindung gehalten werden. Zur Zeit kann in der neueren Meteorologie für ziemlich allgemein anerkannt gelten, dass auf der Nordhemisphäre der Erdkugel im Winter zwei continentale Kälte-Pole sich bilden, ein westlicher oder amerikanischer, und ein östlicher oder asiatischer. Sie sind zu-

gleich die Windpole und werden dann von den Bahnen der Passate strahlenförmig umkreist, und zwar, indem diese unablässig schwankend nach der einen oder nach der andern Seite hin sich verschieben und in solcher Art und gerader Gestalt die Wetterwechsel bewirken und vertheilen. Wenn dereinst sicherer erwiesen sein würde, und wir zweifeln nicht daran, dass die hohen Cirrus-Wolken (Federwolken), deren grösste Höhe doch als bis zu 40.000 Fuss oder etwa 2 geographische Meilen reichend angesetzt werden kann, an der Ostseite der beiden winterlichen Kälte-Pole und Wind-Pole wirklich nicht Theil nehmen an der dort bestehenden Umwendung des Anti-Passats oder Anti-Polars, welche Wirkung ist der thermischen Aspiration, sondern dass jene sehr hohen, aus feinen Eiskrystallen und Blättchen bestehenden Wölkchen ihre normale, von der Erdrotation bestimmte Richtung ungeändert fortsetzen; so würde diess von nicht geringer Bedeutung sein für die Vorstellung, welche wir uns von der gesammten atmosphärischen Circulation zu bilden haben. Denn es würde daraus zu folgern sein, dass nicht die ganze Mächtigkeit der in beständiger Circulation begriffenen Atmosphäre es ist, welche auf dem Raume der tiefsten, durch Ausstrahlung sich bildenden Kälte ihren bestimmenden Ausgangs- und Rückkehr-Punkt anerkennt, sondern nur ein gewisser unterer Theil, und dass ein beträchtlicher höherer Theil der Atmosphäre darüber hinausgeht, und jenen Punkt für sich erst am Drehungspunkte der Erdkugel selbst, d. i. auch an der Central-Stelle der Halbkugel,

besitzt. Es würde darin ein neuer Beweis enthalten sein, dass wir uns die gesammte, oder doch beinahe die gesammte Atmosphäre als an der Circulation zwischen Aequator und Pol Theil nehmend zu denken haben, und ferner auch für die Vorstellung, dass die Ursache dieser universellen Circulation, wie es auch aus einer genaueren und rationellen Auffassung der längs dem Aequator auf dem Calmengürtel ihren Vorgang habenden Erscheinungen sich ergibt, nicht allein die Temperatur-Differenz ist, sondern weit mehr der Umschwung der Erde um ihre Axe, die Centrifugalkraft. Infolge dieser entsteht auf dem Kreise der grössten Drehungsgeschwindigkeit eine beständige, auch des Nachts fort-dauernde und aspirativ wirkende Ascension des herangezogenen Passatwindes oder Polarstroms, dessen aufwärts geführte Luft mit dem darin enthaltenen Wasserdampf, wieder hinuntersinken muss, diess aber nur auf den dem Pole näheren Breitenkreisen vermag, nach welchen sie bis schliesslich zum Drehungs-Pole in normaler Richtung aus Westsüdwest hinströmt; freilich indem zugleich in den untersten Schichten mannigfache, durch locale grössere oder geringere Temperatur-Differenzen bewirkte Ablenkungen erfolgen. Die Motivkraft ist auch hier eine aspirative, d. i. dem Compensations-Bedarfe für die von dort abgezogene Luft dienende.“

Betreffend die Theorien von den einzelnen Arten von Luftströmungen, die mit dem Namen Winde belegt werden, will ich mich an jene

Darstellung halten, wie sie sich eben in den neuesten Werken und Schriften über Meteorologie (Müller's Lehrbuch der kosmischen Physik, 1872; Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie) vorfinden. Ich werde mich nahezu wörtlich an dieselbe halten, weil es mir dann möglich sein wird, bei der Aufstellung meiner Theorie über die Luft- und Meeresströmungen in den von jenen Theorien abweichenden Punkten auf jene, ohne weitwendige Wiederholungen, mich einfach beziehen zu können.

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

Wie hier im Kleinen die ungleiche Erwärmung der beiden Räume Luftströmungen veranlasst, so ist auch die ungleiche stets wechselnde Erwärmung der Erdoberfläche und des über ihr schwebenden Luft-

meeres die Ursache der Luftströmungen, die wir Winde nennen. Auch im Grossen sieht man die Luft in den stärker erwärmten Gegenden aufsteigen und in der Höhe nach den kälteren abfliessen, während unten die Luft von den kälteren Gegenden den wärmeren zuströmt.

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

Dem eben Gesagten zufolge sind die Land- und Seewinde locale, an eine tägliche Periode gebundene

Erscheinungen, welche nur dann rein auftreten können, wenn sie nicht durch die allgemein herrschenden Luftströmungen gestört oder doch modificirt werden.

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

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

Zu den Ursachen, welche Luftströmungen, ja die heftigsten Stürme erzeugen können, ist auch eine schnelle Condensation des atmosphärischen Wasserdampfes zu zählen. Wenn man bedenkt, welch' eine ungeheure Wassermasse während eines Platzregens in wenigen Minuten zur Erde fällt, welch' ungeheures Volumen dieses Wasser eingenommen haben muss, als es noch in Dampfgestalt in der Atmosphäre schwebte, so ist klar, dass durch die plötzliche Condensation dieser

Wasserdämpfe eine bedeutende Luftverdünnung bewirkt wird und dass die Luft von allen Seiten her mit Gewalt in den verdünnten Raum eindringen muss, um so mehr, als da, wo die Condensation der Wasserdämpfe stattfindet, die Temperatur der Luft durch die frei werdende Wärme erhöht und dadurch ein kräftig aufsteigender Luftstrom erzeugt wird. Dass auf diese Weise, also gleichsam durch Saugen, häufig Winde, und namentlich Stürme erzeugt werden, dafür sprechen zahlreiche Erfahrungen. Wargentin bemerkt, dass der Westwind in der Regel zu Moskau eher als zu Abo beobachtet wird, obgleich letztere Stadt bedeutend westlicher liegt als Moskau; auch bläst dieser Westwind in Finnland oft eher als in Schweden.

Franklin erzählt, dass, als er zu Philadelphia eine Mondfinsterniss beobachten wollte, er daran durch einen Nordoststurm verhindert wurde, welcher sich gegen 7 Uhr Abends einstellte und den Himmel mit dichten Wolken überzog; er war überrascht, einige Tage nachher zu erfahren, dass der Sturm zu Boston, welches ungefähr 300 englische Meilen nordöstlich von Philadelphia liegt, erst um 11 Uhr Abends angefangen hatte, nachdem schon die ersten Phasen der Mondfinsterniss beobachtet worden waren. Indem er alle Berichte aus den verschiedenen Colonien mit einander verglich, bemerkte Franklin durchgängig, dass dieser Nordoststurm an verschiedenen Orten um so später sich eingestellt hatte, je weiter sie nach Norden lagen.

Es ist bekannt, dass zwischen Häusern der Wind oft in anderer Richtung weht als über den Gebäuden, weil durch diese die Windrichtung auf mannigfache Art modificirt wird. Gerade so wie die Häuser können aber auch Gebirge locale Störungen in der Windrichtung bewirken.

Oft sieht man die Wolken in anderer Richtung ziehen, als die ist, welche die Windfahnen zeigen, und oft ziehen die höheren Wolken in anderer Richtung, als die tiefer schwebenden, woraus hervorgeht, dass in verschiedenen Höhen Luftströmungen nach verschiedener Richtung stattfinden.“

Passatwinde und Moussons. „Als Columbus auf seiner Entdeckungsreise nach Amerika seine Schiffe durch einen beständigen Ostwind fortgetrieben sah, wurden seine Gefährten mit Schrecken erfüllt, weil sie fürchteten, nimmer nach Europa zurückkehren zu können. Dieser in den Tropen beständig von Osten nach Westen wehende Wind, welcher so sehr das Erstaunen der Seefahrer des 15. Jahrhunderts erregte, ist der Passatwind. Die Schiffer benutzen diesen Wind, um von Europa nach Amerika zu segeln, indem sie von Madeira aus südlich bis in die Nähe des Wendekreises steuern, wo sie dann durch den Passat nach Westen getrieben werden. Diese Reise ist so sicher und die Arbeit der Matrosen dabei so gering, dass die spanischen Seeleute diesen Theil des atlantischen Oceans den Frauengolf (el golfo de las Damas) nannten. Auch in der Südsee

weht dieser Wind; die spanischen Schiffer liessen sich durch ihn in gerader Linie von Acapulco nach Manilla treiben.

Im atlantischen Ocean erstreckt sich der Passatwind im Mittel bis zum 28., im grossen Ocean nur bis zum 25. Grade nördlicher Breite. In der nördlichen Hälfte der heissen Zone ist die Richtung des Passatwindes eine nordöstliche; je mehr er sich aber dem Aequator nähert, desto mehr wird seine Richtung rein östlich. Die Gränze des Passats ist auf der südlichen Halbkugel weniger genau bestimmt; dort aber hat der Passat eine südöstliche Richtung, die mehr und mehr östlich wird, je weiter er gegen den Aequator vordringt.

Diese Winde wehen rund um die ganze Erde, doch sind sie in der Regel erst 50 Meilen weit vom festen Lande entschieden merklich.

Da, wo der Nordostpassat der nördlichen und der Südostpassat der südlichen Hemisphäre zusammentreffen, combiniren sie sich zu einem rein östlichen Winde, der aber unmerklich wird, weil die horizontale Bewegung der durch die Intensität der Sonnenstrahlen stark erwärmten und deshalb mächtig aufsteigenden Luft eben durch diese verticale Bewegung neutralisirt wird. Es würde in diesen Gegenden eine fast vollkommene Windstille herrschen, wenn nicht die heftigen Stürme, welche die fast täglich unter Donner und Blitz stattfindenden Regengüsse begleiten, die Ruhe der Atmosphäre störten und das Wehen sanfter regelmässiger Winde unmöglich machten.

Die Zone, welche die Passatwinde der beiden Hemisphären trennt, ist die Region der Calmen.

Die Region der Calmen fällt, wie man sieht, nicht mit dem Aequator zusammen, sondern ihre Mitte liegt ungefähr 6 Grad nördlich von demselben. Während unserer Sommermonate ist der Gürtel der Calmen breiter und seine nördliche Grenze entfernt sich noch vom Aequator, während gleichzeitig auch die Region des Nordostpassates weiter nach Norden rückt.

Dass die Region der Calmen auf der nördlichen Hemisphäre liegt, rührt offenbar von der Configuration der Continente her.

Schon Halley hat die Grundursache der Passatwinde richtig erkannt. Die Luft, welche in den Aequatorialgegenden stark erwärmt in die Höhe steigt, erhebt sich über die kälteren Luftmassen zu beiden Seiten und strömt oben wieder nach den Polen hin ab. Dass aber der Passatwind auf der nördlichen Halbkugel nicht ein reiner Nord-, auf der südlichen Halbkugel nicht ein reiner Südwind, sondern vielmehr Nordost und Südost ist, das ist, wie Halley später zeigte, eine Folge der Umdrehung der Erde um ihre Axe.

Je näher ein Ort der Erdoberfläche den Polen liegt, desto langsamer wird er sich in dem während 24 Stunden zu beschreibenden Kreise fortbewegen, weil dieser Kreis um so kleiner ist, je weiter man sich vom Aequator entfernt. Demnach ist auch die Rotationsgeschwindigkeit der über der Erde ruhenden Luftmasse in der Nähe der Pole geringer als am Aequator. Wenn nun

eine Luftmasse aus höheren Breiten dem Aequator zugeführt wird, so gelangt sie mit geringerer Rotationsgeschwindigkeit über Ländern an, welche sich schneller von Westen nach Osten bewegen; in Beziehung auf diesen unter ihr sich fortbewegenden Boden hat also die Luft eine Bewegung von Osten nach Westen. Diese Bewegung combinirt sich mit der gegen den Aequator hin fortschreitenden Bewegung auf der nördlichen Halbkugel zu einem Nordost-, auf der südlichen aber zu einem Südostwinde.

Die in den Aequatorialgegenden aufsteigende Luft fliesst in der Höhe nach beiden Seiten hin ab, um sich nach den Polen hin zu ergiessen. Die Richtung dieses oberen Passats ist natürlich der des unteren gerade entgegengesetzt, sie ist auf der nördlichen Halbkugel eine südwestliche, auf der südlichen Halbkugel eine nordwestliche.

Dass in den oberen Luftregionen wirklich ein Passat weht, welcher dem unteren entgegengesetzt ist, lässt sich durch Thatsachen beweisen; so wurde z. B. am 25. Februar 1835 bei einem Ausbruche des Vulcans von Cosiguina im Staate Guatemala die Asche bis in die Höhe des oberen Passats geschleudert, der sie in südwestlicher Richtung fortführte, so dass sie auf der Insel Jamaica niederfiel, obgleich in den unteren Luftschichten der Nordpassat herrschte.

In grösserer Entfernung vom Aequator senkt sich der obere Passat mehr und mehr gegen die Erdoberfläche. Auf dem Gipfel des Pics von Teneriffa herrschen

fast immer Westwinde, während am Meeresspiegel der untere Passat weht.

Im indischen Ocean ist die Regelmässigkeit der Passatwinde durch die Configuration der Ländermassen, welche dieses Meer umgeben, namentlich aber durch den asiatischen Continent, gestört. Im südlichen Theile des indischen Oceans, zwischen Neuholland und Madagaskar, herrscht noch das ganze Jahr hindurch der Südostpassat, in dem nördlichen Theile dieses Meeres aber weht während der einen Hälfte des Jahres ein beständiger Südwest-, während der anderen Hälfte des Jahres ein beständiger Nordostwind. Diese regelmässig abwechselnden Winde werden Moussons oder Monsuns genannt.

Der Südwestwind weht vom April bis zum September, während der übrigen Monate des Jahres weht der Nordostwind.

Während in den Wintermonaten der asiatische Continent erkaltet, die Sonne aber in südlicheren Gegenden eine grössere Wärme erzeugt, muss natürlich ein Nordostpassat von dem kälteren Asien nach den heisseren Gegenden wehen. In dieser Zeit ist auch im indischen Ocean der Nordostpassat von dem Südostpassat durch die Region der Calmen getrennt.

Das Wehen des Südostpassats wird zwischen Neuholland und Madagaskar nicht gestört, in den nördlichen Theilen des indischen Oceans aber, in welchen im Winter ein Nordostwind geherrscht hatte, wird dieser in einen Südwestwind verwandelt, weil sich nun der asiatische

Continent so stark erwärmt und also eine Luftströmung nach Norden hin veranlasst, welche durch die Rotation der Erde in einen Südwestwind verwandelt wird.

In kleinerem Massstabe wiederholt sich die Erscheinung der Moussons an den Küsten von Oberguinea in Afrika und an der Westküste von Südamerika vom 5. Grade südlicher Breite bis zur Landenge von Panama.“

Winde in höheren Breiten. „Der obere Passat, welcher die Luft von den Aequatorialgegenden zurückführt, senkt sich, wie schon erwähnt wurde, immer mehr und erreicht endlich als Südwestwind den Boden; ausserhalb der Region der Passatwinde gehen daher die beiden Luftströmungen, welche die Luft von den Polen zum Aequator und vom Aequator zurück nach den Polen führen, nicht mehr über einander, sondern neben einander her, sie streben einander gegenseitig zu verdrängen; bald erlangt der Südwest, bald der Nordost die Ueberhand, und bei dem Uebergange aus einer dieser Windrichtungen in eine andere sehen wir die Zwischenwinde nach allen Richtungen der Windrose wehen.

Obgleich auch in höheren Breiten Südwest und Nordost die herrschenden Winde sind, so findet zwischen ihnen doch keine so regelmässige periodische Abwechslung statt wie bei den Moussons im indischen Oceane.“

Gesetz der Winddrehung. „Obgleich bei einer oberflächlichen Betrachtung in unseren Gegenden die Aenderungen in der Windrichtung ganz regellos zu sein scheinen, so haben doch aufmerksamere Beobachter schon

lange die Bemerkung gemacht, dass die Winde in der Regel in folgender Ordnung auf einander folgen:

Süd, Südwest, West, Nordwest, Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd.

Am regelmässigsten lässt sich diese Drehung des Windes während des Winters beobachten; die mit diesem Umschlagen zusammenhängenden Veränderungen des Barometers und des Thermometers hat Dove sehr schön mit folgenden Worten geschildert:

„Wenn der Südwest, immer heftiger wehend, endlich vollkommen durchgedrungen ist, erhöht er die Temperatur über den Gefrierpunkt; es kann daher nicht mehr schneien, sondern es regnet, während das Barometer seinen niedrigsten Stand erreicht. Nun dreht sich der Wind nach West, und der dichte Flockenschnee beweist ebenso gut den einfallenden kälteren Wind als das rasch steigende Barometer, die Windfahne und das Thermometer. Mit Nord heitert der Himmel sich auf, mit Nordost tritt das Maximum der Kälte und des Barometers ein. Aber allmählig beginnt dieses zu fallen, und feine Cirri zeigen durch die Richtung ihres Entstehens den eben eingetretenen südlicheren Wind, den das Barometer schon bemerkt, wenn auch die Windfahne noch nichts davon weiss und noch ruhig Ost zeigt. Doch immer bestimmter verdrängt der südliche Wind den Ost von oben herab, bei entschiedenem Fallen des Quecksilbers wird die Windfahne Südost, der Himmel bezieht sich allmählig immer mehr, und mit steigender Wärme verwandelt sich der bei Südost und Süd fallende Schnee

bei Südwest wieder in Regen. Nun geht es von Neuem an, und höchst charakteristisch ist der Niederschlag auf der Ostseite von dem auf der Westseite gewöhnlich durch eine kurze Aufhellung getrennt.“

Nicht immer lässt sich die Drehung des Windes so rein beobachten, wie es eben angeführt wurde, indem häufig ein Zurückspringen des Windes stattfindet; ein solches Zurückspringen wird aber weit häufiger auf der Westseite der Windrose beobachtet als auf der Ostseite. Eine vollständige Umdrehung des Windes in entgegengesetzter Richtung, nämlich von Süd nach Ost, Nord, West, wird in Europa höchst selten beobachtet.

Dove hat das Gesetz der Winddrehung auf folgende Weise erklärt:

Wird die Luft durch irgend eine Ursache von den Polen nach dem Aequator getrieben, so kommt sie von Orten, deren Rotationsgeschwindigkeit geringer ist, an solche Orte, welche eine grössere Rotationsgeschwindigkeit besitzen; ihre Bewegung erhält dadurch eine östliche Richtung, wie wir schon beim Passatwinde gesehen haben. Auf der nördlichen Halbkugel gehen deshalb die Winde, welche als Nordwinde entstehen, bei ihrem allmäligen Fortrücken durch Nordost in Ost über. Ist auf diese Weise ein Ostwind entstanden, so wird dieser, wenn die Ursache fort dauert, welche die Luft nach dem Aequator hintreibt, hemmend auf den Polarstrom wirken, die Luft wird die Rotationsgeschwindigkeit des Ortes annehmen, über welchem sie sich befindet, und wenn nun die Tendenz, nach dem Aequator zu strömen, immer

noch fort dauert, so springt der Wind nach Norden zurück und dieselbe Reihe von Erscheinungen wiederholt sich.

Wenn aber, nachdem die Polarströme eine Zeitlang geherrscht haben und die Windrichtung östlich geworden ist, Aequatorialströme eintreten, so wird der Ostwind durch Südost nach Süd umschlagen. Wenn die Luft von Süden nach Norden fortströmt, so gelangt sie mit der grösseren Rotationsgeschwindigkeit derjenigen Parallelkreise, welche dem Aequator näher liegen, an Orte, welche eine geringere Rotationsgeschwindigkeit haben; sie wird also der von Westen und Osten rotirenden Erdoberfläche mit noch grösserer Rotationsgeschwindigkeit gleichsam voraneilen, die südliche Windrichtung wird allmählig südwestlich und dann westlich werden müssen. Bei fort dauernder Tendenz der Luft, nach dem Pole zu strömen, wird der Wind alsbald wieder nach Süd zurückspringen, gerade so, wie der Ost nach Norden zurückspringt; wenn aber die Aequatorialströmung durch eine Polarströmung verdrängt wird, so schlägt der Westwind durch Nordwest nach Norden um.

Auf der südlichen Halbkugel muss der Wind in entgegengesetzter Richtung umschlagen.

Wo in den Tropen die Passatwinde wehen, gibt es an der Erdoberfläche selbst gar keine vollständige Drehung, die Richtung des Passats wird nur bei seinem Vordringen immer mehr östlich.

In der Region der Moussons findet im Laufe eines ganzen Jahres nur eine einzige Drehung statt. Man

sieht also, dass die Windverhältnisse der Tropen der einfachste Fall des Drehungsgesetzes sind.“

Ueber die Luftströmungen auf der nördlichen Erdhälfte gibt Dr. Hann in den Jahrbüchern der Wiener Akademie der Wissenschaften vom Jahre 1869 und 1871 die beste Darstellung. Dieselbe lautet nach einem Auszuge im „Naturforscher“ folgendermassen:

„Dass über dem Meere jenseits der polaren Ränder des Passatgürtels die Westwinde vorherrschen, war schon den frühesten Seefahrern bekannt. Da nun diese Winde, der rücklaufende Passat, auch über ganz Europa ihre Herrschaft ausdehnen, so musste die Frage aufgeworfen werden, wo diese einseitige Strömung zum Pole eine Compensation durch polare Strömungen finde. Schon im Jahre 1828 hat Dove die Vermuthung ausgesprochen, dass diess im Innern der Continente der Fall sein möge. Und in der That berechtigt die bis jetzt bekannte Häufigkeit der Luftströmungen zu dem Ausspruche, dass, wie über den Oceanen und über den Westseiten der Continente die Aequatorialströme, so im Innern und auf den Ostseiten der Festländer die polaren Strömungen überwiegen.

Eine Tabelle der Häufigkeit der Winde im Winter, aus 29 Stationen berechnet, zeigt ganz deutlich, wie in ganz Europa die Südströmung überwiegt, wie in West-Sibirien sich schon beide Ströme die Wage halten, und mit welch' entschiedenem Uebergewicht auf den Ostseiten der Continente die Polarströme auftreten.

Aber nicht nur die Häufigkeit der Winde, auch ihre Stärke zeigt ein Vorherrschen der Südströmungen an den Westseiten und der Polarströme an den Ostseiten der Continente. Denn wir finden

	Europa	Oestliches Nord-Amerika
Nordstürme	12·6	59·9,
Südstürme	70·2	20·2.

„Man ist der richtigen Auffassung von Naturvorgängen stets schon sehr nahe gekommen, wenn die Vorstellungen von denselben, die aus der blossen Zusammenstellung der Thatsachen resultiren, übereinkommen mit jenen, die wir aus physikalischen Principien von vorn herein deduciren können. Diess ist hier der Fall. Die grossen Festlands-Oberflächen erkalten im Winter durch Wärmestrahlung um so stärker, je weiter wir von ihren oceanischen Rändern aus in's Innere gehen und dabei an geographischer Breite gewinnen. Die Wärme bewahrende Dunsthülle wird beständig dünner, der trübe Wolkenhimmel der Uferländer klärt sich und die Erdoberfläche strahlt ungehindert durch die heitere, trockene Luft ihre Wärme in den Weltraum hinaus, für welche der immer kürzere Tag keinen Ersatz bieten kann. . . . Im Gegensatz hierzu walten über dem Meere und seiner nächsten Umgebung milde Temperaturen bis weit hinauf in polare Breiten. . . . Ueber den Meeren haben also die vom Aequator rückkehrenden warmen Strömungen ein offenes Feld, während ihnen auf den Continenten die schweren frostdichten Luftmassen im Wege stehen, welche selbst das Bestreben haben, in

niedere Breiten abzufließen. Da durch die Axendrehung der Erde alle Strömungen im Sinne der Meridiane auf der nördlichen Hemisphäre nach rechts abgelenkt werden, so ergiesst sich die über den Ozeanen rückströmende Äquatorialluft auch über die Westseiten der Continente . . . während die äquatorwärts abfließenden kalten Strömungen naturgemäss ihre freie Bahn im Innern und auf den Ostseiten der Continente finden und in Folge der Rotation zu Nordostwinden werden.“

„Dove hat gezeigt, dass die beiden fundamentalen Strömungen sich durch ihre Temperatur und durch ihren Einfluss auf den Luftdruck und die Witterung überhaupt scharf definiren lassen. Hoher Luftdruck und niedrige Temperatur sind für den Polarstrom ebenso bezeichnend, wie tiefer Barometerstand und hohe Wärme für den Äquatorialstrom. Der Unterschied in den mittleren Windverhältnissen der Ost- und Westseiten der Continente muss sich darum auch in den meteorologischen Windrosen derselben aussprechen, ja wir dürfen hoffen, durch dieselben noch zu einer schärferen Charakteristik der differirenden Witterungs-Systeme zu gelangen.“

Die in der Original-Abhandlung ausführlich mitgetheilten Tabellen enthalten die Temperatur und Luftdruck-Abweichungen, welche auf den verschiedenen Stationen den einzelnen Windrichtungen entsprechen, und zeigen, dass, während in West-Europa der kälteste Wind im Winter der Nordost ist, in West-Sibirien der Nordwind und in Ost-Asien der Nordwestwind die

niedrigste Temperatur besitzt. Und eine ähnliche Wanderung macht der wärmste Punkt der Windrose, er geht von Südwest durch Süd nach Südost. Die barische Windrose ist einem ähnlichen Gesetze unterworfen, der höchste Barometerstand geht nämlich, von Europa nach Ost-Asien gerechnet, von Nordost durch Nord nach Nordwest, und der geringste Luftdruck geht in derselben Reihenfolge der Stationen von Südwest nach Südost.

„Die extremen Punkte für die Richtungen des wärmsten und leichtesten Windes, sowie die des kältesten und schwersten Windes sind hiernach:

	Temperatur		Luftdruck	
	Maximum	Minimum	Maximum	Minimum
Westküste	S.W.	N.O zu O.	N.O. zu O.	S.W. zu S.
Ostküste	S.O. zu S.	N.W. zu N.	N. zu W.	S.S.W.

„Durch die Lage des Meeres werden an den Ostküsten besonders die Ostwinde modificirt: sie werden wärmer und leichter, das Barometer fällt schon, sobald sich der Wind über Nord nach Nordost wendet, indem gleichzeitig die Temperatur die mittlere übersteigt. Die Westseite der Windrose, welche dem Aequatorialstrom angehört, erweist sich hingegen constanter. . . .

„Würden alle Winde gleich oft wehen, was nicht der Fall ist, so wäre der Effect davon auf die Mitteltemperatur verschieden auf den West- und Ostküsten: dort würde die Wärme sinken, hier steigen. . . . Würden z. B. an der Nord- und Ostsee und in Mittelddeutschland alle Winde gleich oft wehen, so würde die Mitteltemperatur des Winters um 0.65 Grade sinken; würde

dieser Fall in Ost-Asien und im östlichen Nord-Amerika eintreten, so würde sich die Mittelwärme um 1 Grad und 1.9 Grad erhöhen. In Wirklichkeit wäre aber der Einfluss weit bedeutender, denn mit dem Abnehmen der Aequatorialströmung in Europa würden die südlichen wie die nördlichen Winde kälter werden, und mit dem Seltenerwerden der Polarströme an den Ostküsten würden die Süd- und Nordwinde wärmer. Denn die vorherrschende Luftströmung modificirt in ihrem Sinne auch die Temperatur jedes anderen Windes, welcher ja schon eine Luftmasse von bestimmter Temperatur antrifft und durch die Mischung mit derselben seine Charakterzüge abschwächt.“

„Wie bedeutend würde erst die Aenderung im Klima Europas sein, wenn es die Windverhältnisse Ost-Asiens überkäme. Der Winter der Mandschurei würde über Deutschland herrschen und die Elbe bei Hamburg nach dem Vorbilde des Amur in der zweiten Maihälfte seine Eisfesseln sprengen. Glücklicherweise ist diess nicht zu besorgen, so lange die Erde von West nach Ost sich umwälzt.

„Aber mit der geänderten Lage der Axen der thermischen und barischen Windrose ist der Unterschied der Witterungssysteme der West- und Ostküsten noch nicht erschöpft. Die verschiedene Lage zur See ist besonders für die Richtung der Regenwinde einflussreich. Wie eine Tabelle überzeugend darthut, in welcher die Anzahl der Regentage bei den verschiedenen Winden im Winter zusammengestellt ist, kommen die

Niederschläge überall von der See her, und die West- und Ostseiten der Regenwindrosen vertauschen völlig ihre Rollen an den entgegengesetzten Seiten der Continente. Der trockenste Wind ist in Europa der Nordost, in Peking, Toronto (Canada) der Nordwest. . . .

„Wenn man die Ursachen der convexen Krümmung der Isothermen an den Westküsten und der concaven Krümmung an den Ostküsten aufzählt, so muss man sicherlich der entgegengesetzten Richtung der vorherrschenden Luftströmung eine bedeutendere Rolle zuerkennen, als gewöhnlich geschieht. Die Wirkung der Erdrotation ist es, welche die warmen rückkehrenden Strömungen des Meeres und der Luft veranlasst, sich an und über die Westseiten zu ergiessen, während an den Ostseiten der ungehinderte Abfluss der kalten Luft des Binnenlandes erfolgt. Der grosse Temperatur-Unterschied der europäischen und amerikanischen Ufer des atlantischen Oceans unter denselben Breitengraden ist somit nicht allein auf den Golfstrom und noch weniger auf die Sahara zurückzuführen, wie französische Meteorologen gerne wiederholen, er ist nur ein specieller Fall einer allgemeineren Erscheinung.“

„Beim Uebergang vom Winter zum Sommer findet eine durchgreifende Aenderung sowohl in der Häufigkeit der verschiedenen Windrichtungen, als auch besonders in ihren Temperatur-Verhältnissen statt. Diese Aenderung ist begründet in der Umkehrung der Temperatur-Differenz zwischen Meer und Festland. Im Winter bilden sich über den nördlichen Theilen beider Continente

Kälte-Centren, von welchen aus kalte Luftströme an den Westseiten als Nordost-, an den Ostseiten als Nordwest-Winde ausgehen. Aber die Häufigkeit derselben ist sehr ungleich im Westen und Osten. Denn an den Westseiten findet vornehmlich der Zufluss der warmen äquatorialen Luftströmungen, an den Ostseiten der Abfluss der polaren Luft statt. Diess bedingt einen grossen Gegensatz in den Temperaturverhältnissen der West- und Ostküsten der beiden Continente.

Im Sommer hingegen werden die inneren Theile des Festlandes Wärme-Centren, so dass die Temperatur unter demselben Parallelgrade landeinwärts zunimmt, und diess verursacht eine Verminderung des Luftdruckes über den continentalen Räumen. Diese barometrischen Minima werden die Anziehungspunkte für die kühlere Luft der umgebenden Meere, und es entsteht eine allgemeine Tendenz in der Richtung der Luftströmungen vom Meere auf's Land. Die Seewinde sind aber jetzt kühle Winde geworden, die Landwinde aus dem Innern des Continentes warme Winde. Die beiden Seiten der thermischen Windrose vertauschen beinahe völlig ihre Eigenschaften; nur die Richtungen S.S.O., S., S.S.W. bleiben in beiden Jahreszeiten warme Winde, N.W., N.N.W. und N. kalte Winde.

In Europa, das schon im Winter vorwiegend Seewinde aus S.W. und W. gehabt, ist die Aenderung im Sommer weniger belangreich, nur wird die Windrichtung mehr nördlich, und der klimatologische Effect ist, im

Gegensatz zum Winter, nun eine, wenn auch schwache Depression der mittleren Temperatur.

Ost-Asien, das im Winter ein so entschiedenes Vorherrschen der trockenen, kalten Landwinde aus N.W. gezeigt hat, unterliegt aber beim Uebergang in den Sommer einem ebenso entschiedenen Wechsel seiner Windverhältnisse, indem die kühlen, nassen Seewinde aus O., S.O., S. das Uebergewicht erlangen. Der klimatische Effect besteht in einer Wärmeerniedrigung, und da schon eine solche, nur in noch höherem Grade, im Winter durch das Vorherrschen des Polarstromes stattgefunden hat, so erklärt sich hieraus völlig die niedrige Temperatur der Ostseite des alten Continentes.

Im östlichen Amerika ist die Aenderung nicht so radical, und zwar aus zwei Ursachen: der viel geringeren Ausdehnung der Landflächen, die noch dazu im Norden durch grosse Süsswasserbecken und Meerbusen durchbrochen sind, und dem Vorhandensein des grossen mexikanischen Golfes im Süden. Die vorwiegende Windrichtung, die schon im Winter mehr westlich als nördlich war, wird nunmehr südwestlich; die Ost- und Südostwinde vom atlantischen Ocean erlangen keine grosse Häufigkeit. Die Süd- und Südwestwinde sind zwar Regenwinde, können aber die Temperatur nicht in derselben Masse herabdrücken, wie die eigentlichen Seewinde aus Ost und Südost an den Küsten Ost-Asiens.

Im Osten Amerikas vollzieht sich demnach kein solcher Wechsel zwischen einem Continentalklima des Winters und einem Seeklima des Sommers, wie ihn

Asien erleidet, beide Extreme gelangen nicht zu so einseitiger Entwicklung. Dagegen erscheint Amerika als das Land grosser und häufiger Wärmewechsel, was wohl mit der ziemlich gleichmässig entwickelten Herrschaft nördlicher und südlicher Luftströmungen zusammenhängt. Aehnlich verhält es sich in Sibirien, während Europa wegen seiner constanteren Windrichtung auch weniger häufige Wechsel der Temperatur darbietet. “

XI.

Theorie des Föhn. Erst mit Hilfe der in neuerer Zeit entstandenen, durch den Arzt J. R. Mayer im Jahre 1842 begründeten mechanischen Wärmetheorie, welche die Wärme als eine vibrirende, oscillirende oder schwingende Bewegung der Körper-Moleküle auffasst*), war es möglich, in die Entstehung des warmen und trockenen Gebirgs-Windes, welcher unter dem Namen Föhn bekannt ist, eine nähere Einsicht zu erlangen. Um diese Theorie von der Entstehung des Föhn dem Verständnisse näher zu bringen, erscheint der Hinweis auf zwei wohlbekannte Thatfachen nothwendig und zwar: 1. Luft erkaltet, während sie sich ausdehnt, und 2. Luft erwärmt sich, während sie verdichtet wird.

G. Adolph Hirn machte als der Erste von der mechanischen Wärmetheorie eine Anwendung auf die Meteorologie, zunächst der Gebirge.

*) Meine Physik, S. 12—18. (Wien 1872, bei Gerold's Sohn.)

A. Mühry gibt in der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie (1870, Nr. 23 u. 24) einen Auszug von der in französischer Sprache erschienenen Schrift Hirn's, welchen Auszug mit den einschlägigen Bemerkungen Mühry's wir im Folgenden wiedergeben:

„Die Mitwirkung der Gebirge“, sagt G. Adolph Hirn, „als eines Widerstandes oder als Wegweisers der atmosphärischen Bewegungen, begreift sich leicht und a priori. Aber diess ist bei weitem nicht die vorzüglichste Wirkung, welche die Reliefbildung unserer Erdkugel auf die atmosphärischen Erscheinungen ausübt. Sie hat noch eine andere, weit wichtigere und denkwürdigere Wirkung, deren Analyse der modernen Wissenschaft angehört, und welche noch heute ganz neu ist. Wir werden hier auf eine unerwartete Weise die mechanische Theorie der Wärme hinzutreten sehen, welche bereits so manche andere Zweige der physikalischen Wissenschaften mit einem hellen Lichte beleuchtet hat, und werden finden, dass sie mehrere der lange Zeit dunkelsten Punkte in der Physik der Erde auf die fasslichste Weise uns erklärt.

„Jedermann weiss, dass es auf den Höhen der Gebirge kälter ist als im Unterlande, und dass es ebenso sich verhält in der freien Atmosphäre, was auch die Luftfahrten erwiesen haben. Auch weiss Jedermann, dass wenigstens im Allgemeinen auf den Gebirgen mehr Regen und Schnee fällt als in den Tiefebene, welche Eigenthümlichkeit aber nicht auch in der freien Atmo-

sphäre sich findet, und welche man nicht etwa dadurch erklären kann, dass man sagt, die Gebirge seien für die Wolken anziehend.

„Man begreift sehr wohl, dass bei völlig ruhiger und klarer Luft jede horizontale Schicht in verschiedenen Höhen der Atmosphäre eine besondere Temperatur annehmen und bewahren kann, dass diese Temperatur am wärmsten ist an der Oberfläche des Bodens, wo die Sonnenstrahlen fast vollständig absorbiert werden, und dass sie nach oben hin abnehmend ist, im Verhältniss wie man höher steigt, wobei mitwirkend ist die Abnahme der Dichte der Lufthülle, wodurch die Ausstrahlung der Wärme auch zunehmend weniger gehindert wird. Indessen wie kommt es, muss man fragen, dass man dieselbe in verticaler Richtung erfolgende Abnahme der Temperatur nicht nur bei ruhiger Luft bemerkt, sondern auch dann, wenn die Atmosphäre durch Luftströmungen von oben zu unten gekehrt wird, und so alle Schichten unter einander gemischt werden müssen? Wie kommt es, dass dann die wärmere Luft des Unterlandes rasch mit einem Luftstrome das Gehäng einer Gebirgskette hinauf getrieben, dort als eine kalte Briesse sich darstellt? Wie kommt es ferner, dass dieselbe Luft, wenn sie mit demselben Luftstrome an der anderen Seite der Gebirgskette wieder in das Tiefland hinunter sinkt, hier wieder als eine warme Luft sich darstellt? Wie kommt es endlich, dass unermessliche Massen Luft, welche auf dem hohen Kamme erkaltet waren bis zu 25° oder 30° C. unter dem Frierpunkt,

dennoch, nachdem sie als Winde schräg niedergesunken sind, nicht um uns her jene Kälte verbreiten?

„Offenbar bedarf diess einer Erklärung; die für die ruhige und klare Luft gegebene genügt hier nicht, denn bei jenem Verhalten ist die Luft niemals ruhig und auch nur selten klar. Nun gestatten uns aber die ersten Elemente der neuen Thermodynamik die Erklärung zu vervollständigen, und eine Reihe von Problemen der Meteorologie, die lange dunkel gewesen sind, mit einem Male zu lösen.

„Wie alle Gase und Dämpfe ist auch die atmosphärische Luft (mit ihrem Wassergase) ein vorzüglich elastischer Körper. Das Volumen, das ein Gewichtstheil Luft einnimmt, z. B. ein Kilogramm Luft, wird bekanntlich allein bestimmt durch die Temperatur und durch den Druck, unter welchem dieser Lufttheil zu jeder Zeit sich befindet. Wenn man den Druck vermehrt um das Doppelte, bei gleichbleibender Temperatur, so wird man das Volumen sich verringern sehen um die Hälfte, wenn man dagegen den Druck vermindert um die Hälfte, so wird man das Volumen zunehmen sehen um das Doppelte, z. B. wenn man einen Luftballon von 100 Liter Gehalt mit nur 50 Liter Luft anfüllt, und wenn man dann diesen Ballon auf einen Berg bis ungefähr 5400 Meter Höhe bringt, so sieht man ihn nach und nach sich aufblähen, nach Massgabe wie man höher steigt, und auf dem angegebenen Punkte wird er sich von jener eingefüllten Luftmenge vollständig ausgedehnt zeigen. Aus diesem Verhalten ergibt sich aber, dass die Expan-

sion eines Gases Veranlassung gibt zu einer Zunahme von Arbeit, dass dagegen die Compression eines Gases einen Verbrauch von mechanischer Arbeit erfordert. Nun aber lehrt der erste Satz der Thermodynamik, dass jene Zunahme von Arbeit bei der Expansion sich überträgt auf das Gas durch eine genau entsprechende Minderung der Wärme (wie bei der Luftpumpe), und dass dagegen jener Verbrauch von Arbeit bei der Compression sich überträgt auf das Gas durch eine genau entsprechende Production von Wärme. Mit anderen Worten, jener Satz lehrt uns, dass die Temperatur eines Gases sich erniedrigt oder aber sich erhöht im Verhältnisse zu der Arbeit, welche im ersteren Falle, d. i. bei der Expansion, hervorgebracht wird, im anderen Falle aber, d. i. bei der Compression, verbraucht wird.

„Vielleicht kann man auch schon sagen, im ersten Falle, bei der Expansion, wird Wärme in Arbeit verwandelt, d. h. moleculare Bewegung geht über in Bewegung der Masse als Ganzes, dagegen im anderen Falle, bei der Compression, wird mechanische Arbeit in Wärme verwandelt, d. h. Bewegung der Masse als Ganzes geht über in moleculare Bewegung. Endlich mit noch anderem Ausdruck, bei der Expansion von Luft wird mechanische Arbeit producirt auf Kosten der Wärme (diese wird gleichsam latent), dagegen bei der Compression wird Wärme producirt (diese wird gleichsam wieder frei) auf Kosten der Arbeit.

„Noch mehr, fährt der Verfasser fort, der Satz lehrt uns die Temperatur zu bestimmen, welche jedes

Gas annimmt für jede Aenderung des Drucks, welchen es erfährt, vorausgesetzt auch in gleichem Zeitraume, weil doch die Wärme immer an die kühlere Umgebung sich auszugleichen im Begriffe ist. Wenn wir in dem gewählten Beispiele annehmen, die Luft in unserem Ballon habe anfangs 20° C. Temperatur, und er werde dann in 5400 Meter Höhe getragen, ohne dass ihm gestattet werde, auf Kosten benachbarter Körper sich zu erwärmen, so lehrt uns der Calcul, dass Luft um nahe 54° C. erkalten würde, dass also deren Temperatur auf -34° C. sinken würde. Umgekehrt, wenn auf einer Luftfahrt und in einer Erhebung, wo das Barometer bis 380^{mm} gefallen wäre, wir unseren Ballon von 100 Liter Gehalt füllen mit der oberen dünnen Luft von -34° C. Temperatur, und wenn wir ihn dann hinreichend rasch in das Tiefland zurückbrächten, wo das Barometer auf 760^{mm} stände, so würde die Temperatur der Luft im Ballon sich erwärmt zeigen, in Folge der Verdichtung, von -34° wieder auf 20° C.

„Das eben Vorgetragene genügt schon einigermaßen für alle jene anscheinend so schwierigen Fragen, welche uns entgegen getreten waren. Luft, welche auf eine oder die andere Weise aus den unteren Regionen der Atmosphäre hinauf geführt wird in die höheren Regionen, producirt dadurch, dass ihr Volumen zunimmt, eine mechanische Arbeit und erkaltet. Umgekehrt, Luft, welche aus den oberen Regionen in die unteren geführt wird, verzehrt dadurch, dass ihr Volumen verringert wird, eine Arbeit und erwärmt. Wir

sehen nun klar, dass die atmosphärischen Bewegungen, indem sie fortwährend die Luftschichten verschiedener Höhen mischen, nicht etwa auch deren Temperaturen mischen und so in der ganzen Masse einen Mittelgrad hervorbringen, sondern im Gegentheil, dass sie die Ursache (genauer gesagt eine der Ursachen) sind von der Abnahme der Temperatur in den oberen Gebirgsregionen. Auch verstehen wir nun klar, welche Bedeutung die Gebirge, oder besser gesagt die Gebirgsketten, in der Atmosphäre ausüben.

„Die Luft des Tieflandes, in Bewegung gesetzt durch eine Störung des Gleichgewichts im Druck, welche Störung statthaben kann selbst in mehreren hundert geographischen Meilen Entfernung — diese bewegte Luft, sagen wir, wenn sie gezwungen wird, dem Gehänge einer Gebirgskette aufwärts zu folgen, erfährt dabei zunehmend mit der Höhe einen geringeren Druck, sie gewinnt also an Volumen, sie producirt Arbeit, verbraucht dabei aber Wärme, sie erkaltet. Nehmen wir ein Beispiel aus der Nähe: Gesetzt, in den Ebenen des inneren Frankreichs, im S.S.W. gelegen, stehe das Barometer auf 750^{mm}, in dem Vogesen-Gebirge, im Pass, genannt ‚die Schlucht‘, gleichzeitig auf 650^{mm}; einer der fundamentalen Sätze der Thermodynamik lehrt uns, dass, wenn jene Luft (trocken gedacht) bei dem Drucke von 750^{mm} eine Temperatur besass von 12° C., so würde diese nun fallen auf 0°, wenn der Druck bei ihrer Ankunft im Pass ‚der Schlucht‘ gemindert wäre um 100^{mm}; freilich wenn wir in der Wirklichkeit eine geringere

Abnahme der Lufttemperatur wahrnehmen, z. B. nur um 6°C ., so ist der Grund davon einfach der, dass die Luft unterwegs Wärme aufgenommen hat, theils von der Sonne, theils durch die Leitung vom wärmeren Erdboden. Jene Luft werde nun weiter und zwar abwärts sich senkend geführt in das tieferliegende Rheinthal des Elsass, dann wird der Druck wieder vermehrt werden, z. B. von 650^{mm} auf 740^{mm} , und durch diesen Vorgang allein würde auch deren Temperatur wieder steigen um 10°C . Demzufolge also sind es durchaus nicht die Gebirge, welche die Luft erkalten machen, wie man so oft sagen hört, sondern im Gegentheil, es ist die Luft, welche die Gebirgshöhen erkaltet (genauer an der Windseite) und ihnen Wärme entzieht, indem sie deren Seiten entlang aufwärts klimmt.

„Und jetzt können wir auch nicht länger irgend eine Schwierigkeit darin finden, zu verstehen die Einwirkung der Gebirge auf die Bildung der Wolkenhülle und der Regen, wir können sie erklären durch dasselbe Princip der Thermodynamik.

„Bekanntlich ist das Wassergas durchsichtig und unsichtbar wie die Luft, selbst die klarste Atmosphäre enthält immer davon, wenn auch in sehr verschiedenen Mengen; und die Temperatur ist es, welche bestimmt, wie viel Wasserdampf oder Gas ein gegebenes Volumen Luft aufnehmen kann, ohne dass jenes Gas als Nebel sichtbar wird, d. h. die Gestalt annimmt von unendlich feinen Kügelchen, zu Wasserstaub wird. Z. B. ein Cubik-

Meter Luft, wenn saturirt mit Wassergas, enthält bekanntlich davon bei 36° C. Temperatur 43.2 Gramm; aber nachdem sie abgekühlt ist bis auf 0° , bleiben nur noch 5.7 Gramm, das Uebrige hat sich verdichtet und ausgeschieden als Nebel oder Wolken u. s. w. Denken wir uns eine Atmosphäre schon stark beladen mit Wassergas, aber noch klar über dem ebenen Tieflande; wenn diese Luft in Folge einer fernen Störung im Gleichgewichte des Druckes unter der Gestalt von Luftströmen vom Tieflande aus auf die Höhe der Vogesenkette getrieben wird, was ereignet sich dann? Diese Luft wird dann, wie schon angegeben ist, erkalten, weil sie, höher gelangend einem geringeren Drucke ausgesetzt, sich ausdehnt, damit eine mechanische Arbeit verrichtet; sie wird nach Massgabe des erhaltenen Wassergases mehr und mehr ihrem Saturasionspunkte sich nähern (wobei jedoch als Mitfactor verzögernd wirkt die fre werdende latente Wärme des Wassergases), sie wird endlich sich trüben und flüssiges Wasser ausscheiden. Aber später, nachdem die Luft weiterziehend den Gebirgskamm überschritten haben wird, und indem sie schräg in das Tiefland sinkend (also einen Windfall darstellend) von Neuem sich verdichtet, wird sie wieder erwärmen und die Wolken werden sich wieder auflösen. So erklärt sich einfach ein Phänomen, das man sehr oft in Gebirgen wahrnehmen kann; während in weitem Umfange der Landschaft der Himmel klar ist, sind doch die Höhen der Gebirge mit dichten Wolken bedeckt, welche dort unbeweglich zu verweilen scheinen.“

Mühry bemerkt hierzu Folgendes:

Was wir noch vermissen, ist dreierlei: 1. die Vorstellung vom allgemeinen geographischen Windsysteme, d. i. von der allgemeinen beständigen atmosphärischen Circulation, unterhalten von den zwei fundamentalen Luftströmen, dem Passat und dem Anti-Passat, oder dem Polarstrome und Anti-Polarstrome, welche auf unseren Breiten nebeneinanderliegende Bahnen haben, damit seitlich schwanken, so dass zu jeder Zeit von dem einen oder von dem anderen jener beiden Luftströme ein Gebiet und ein Gebirge überweht wird; — 2. die Vorstellung, dass das Motiv beider Luftströme ein aspiratives ist, also vor ihnen befindlich zu denken ist (nicht aber als ein propulsives und also als im Rücken befindliches); eine Ungleichheit der Erdoberfläche, eine Gebirgserhebung, erscheint dann ähnlich wie am Grunde eines Flusses eine unebene Bodenstelle; die grossen mächtigen Luftströme ziehen, oder richtiger werden gezogen, hoch darüber hin, und ihre untere Luftschichte muss an der entgegenstehenden Windseite das Gehäng hinaufgezogen werden, an der anderen Seite, an der Leeseite, wieder herabsinken; demnach wäre rathsam, den Vorgang an der Windseite zu nennen die „Wind-Ascension“ *), den Vorgang an der Leeseite aber die „Wind-

*) Dieser Ausdruck unterscheidet auch deutlich genug den in der freien Atmosphäre selbstständig sich ereignenden sehr langsamen Vorgang der täglichen „Ascensionsströmung“ (dem „courant ascendant“), welche Folge ist der Erwärmung der untersten Schicht der Atmosphäre und nur Luftpartikel

Descension“ oder „Windfall“ (wie schon früher geschehen ist); — 3. die Vorstellung, dass bei der auf der Höhe der Windseite, in Folge der Luftausdehnung, im ascendirenden Winde entstehenden Erkaltung und Wolkenbildung als Mitfactor, und zwar als die Erkaltung und den Niederschlag verzögernd, mitwirken muss die freiwerdende latente Wärme (wenigstens ist diese Mitwirkung vom Verfasser nicht ausdrücklich erwähnt).

Von den weiteren Folgerungen, welche zunächst für die Meteorologie der Gebirge sich ergeben, mag hier einige zu ziehen und zu äussern schon versucht werden.

1. Wir sehen nun deutlicher, dass der Föhnwind betrachtet werden muss nur als eine örtliche quantitative Steigerung eines allgemeinen in den Gebirgen an der Leeseite fortwährend sich ereignenden Vorganges, d. i. der „Wind-Descension“, oder des Windfalls, welche Steigerung hervortritt bei stürmischem Wehen in bestimmter räumlicher Beschränkung, wo die bei der Wind-Descension allgemein erfolgende Wärmeproduction örtlich anomal vermehrt wird; was am wahrscheinlichsten dadurch geschieht, dass bei besonderer Configuration der Gebirge die Condensation des Luftstroms von den Seiten her vermehrt wird, also in convergirender Thalbildung. Der Ausdruck „Föhn“ wäre daher auch zu gebrauchen als allgemeine terminologische Benennung für eine Windart, welche in mehreren Ge-

langsam, gleichsam schwimmend, aufwärts führt, so lange deren grössere Erwärmung vorhält; ihr entspricht des Nachts die langsam erfolgende „Descensionsströmung“.

birgen der Erde an der Leeseite, örtlich begrenzt, zuweilen als ein stürmischer, wärmerer und trockener Windfall vorkommt. Diess ist freilich nichts ganz Neues.

Bisher ist aber weit weniger beachtet geblieben der Vorgang, welcher in dem das Gebirge überhin ziehenden Luftstrome, an der andern Seite, d. i. an der Windseite, stattfindet, also bei der „Wind-Ascension“. Jedoch die schon in den regelmässig aufgenommenen Beobachtungen enthaltenen Thatsachen stimmen völlig überein mit der von dem Verfasser dargelegten Theorie; da sie stärker auftreten müssen bei stürmischen Bewegungen, so findet man sogar die genauen numerischen Werthe enthalten in jeder Darlegung von Föhnfällen, nämlich betreffend die dann an der Windseite auf dem Kamme der Schweizer Alpen entstehende beträchtliche Erkaltung im S.W. Strome, verbunden mit starken Niederschlägen als Wolken, Regen und Schnee, und diess in grossem Contraste stehend zu dem gleichzeitigen Verhalten an der Leeseite. Wir können nun sicher sein in der Erklärung und sagen, bei der Wind-Ascension an der Windseite entsteht der Verlust an Wärme dadurch, dass die bergan gezogene untere Schicht des Luftstroms, indem sie, rasch Abnahme des Drucks erfahrend, als elastischer Körper sich ausdehnt, so eine mechanische Arbeit verrichtet, und dazu Wärme verbraucht, wie bei der Luftpumpe, während die Wind-Descension eine Wiederholung in der grossen freien Natur darstellt des Vorgangs bei einem Blasebalg,

indem mit Wiederherstellung der Dichte auch wieder höhere Wärme entsteht mit Verbrauch, oder auf Kosten, von Arbeit. Indessen ist noch hinzuzufügen und in Rechnung zu ziehen, dass in der Höhe die Erkaltung tiefer erfolgen würde, wenn nicht das enthaltene Wassergas vor seinem Uebergange in den flüssigen Zustand latente Wärme ausgeben müsste.

2. Wohl zu beachten ist, dass die beiden einander entgegengesetzten fundamentalen Luftströme oder Passate, von denen auf unseren Breiten immer je einer das Gebirge überwehen muss, nicht allein durch ihre Richtung, sondern auch durch mehrere entgegengesetzte Eigenschaften von einander sich unterscheiden, und dass demgemäss deren Wirkung in den Gebirgen einigermaßen verschieden sich äussern muss, z. B. im mittleeren Europa, wo zu einer Zeit entweder der continentale N.O. Passat herrschend ist, oder der oceanische S.W. Anti-Passat, muss der erstere, weil er weit weniger Wassergas enthält, mit stärkerer Erkaltung auf einem Gebirgskamme ankommen, denn Niederschläge und damit Freiwerden der latenten Wärme mangeln dabei, als an der anderen Seite der weit feuchtere S.W. Anti-Passat liefern kann, welcher ausserdem im Winter an sich schon der wärmere ist. Nun wird auch noch erklärlicher die wahrgenommene Thatsache, dass der Polarstrom auch im Sommer, wo er bekanntlich, weil von continentaler Herkunft, im Unterlande der wärmere wird, in grösserer Höhe der Gebirge doch auch als der kältere sich erweist. Ja es wird nun sehr wahrschein-

lich, dass auf den hohen Gebirgskämmen immer die Temperatur tiefer sinken muss, bei stärkerem Wehen eines der beiden Passate als bei Calmen, zumal bei heiterem, sonnigem Himmel; und diess ist wirklich bestätigt gefunden durch die Erfahrung, namentlich bei dem denkwürdigen Aufenthalte, mit regelmässigen Beobachtungen, während eines ganzen Jahres auf dem St. Theodul-Pass, in 10.260 Fuss Höhe. Diess bildet eben einen so denkwürdigen Gegensatz zu dem Verhalten auf dem polarischen Winter-Kältepole, wo umgekehrt die tiefste Kälte entsteht bei heiterer Calme, durch Ausstrahlung der Wärme, mit allen Winden aber (sie sind oceanischer Herkunft) wärmere Luft kommt.

3. Bisher hatte man annehmen müssen, aus der Erwägung, dass die Atmosphäre ihre Temperatur mitgetheilt erhält von der Erdoberfläche, und dass demnach mit der Erhebung der Erdoberfläche auch die Temperatur-Verhältnisse der Luft sich erheben müssen, und ferner aus der sicheren Erfahrung, dass in den Gebirgen auf den breiteren und massigeren Bodenerhebungen die mittlere klimatische Temperatur als höher sich erweist denn auf den schmalern Bodenerhebungen — es werde im Allgemeinen die Temperatur der Luftschichten über dem Gebirgsboden eine etwas wärmere. Die solcher Annahme zu Grunde gelegten Thatsachen waren und bleiben richtig; indessen ergibt es sich nun, dass dabei ein Factor ausser Rechnung gelassen war, welcher im entgegengesetzten Sinne wirkt und stark genug, um das Ergebniss geradezu umzukehren, so dass

nun als Gesetz gelten muss, die Lufttemperatur ist im Allgemeinen auf den Gebirgshöhen kälter als in der freien Atmosphäre, in gleicher verticaler Erhebung, wenigstens beginnend in einer gewissen Höhe, d. i. etwas unterhalb des Wolkengürtels. Freilich, directe Vergleichen waren und sind hier nicht thunlich; die Befunde der Luftschiffer, wenn auch möglichst exact und zahlreich aufgenommen, sind für eine genaue Vergleichung völlig ungenügend; jedoch bezeugt das richtige Verhalten schon allein der so anhaltend die Gebirgseiten umhüllende Wolkengürtel, während gleichzeitig ringsum in weitem Umfange über der Landschaft der Himmel wolkenlos sich darstellt. Indessen nun erst ist unwiderleglich zu folgern, aus dem besseren Verständnisse des beständigen Vorganges, welcher kurz als „Wind-Ascension“ bezeichnet werden kann, darin bestehend, dass beständig je einer der beiden fundamentalen Luftströme die eine Seite eines Gebirges schräg aufwärts gezogen wird, wobei unter dem zunehmend geringer werdenden atmosphärischen Drucke die elastische Luft sich ausdehnt und für diese Arbeit Wärme verbraucht oder verwandelt, — es sei wenigstens an der zeitigen Windseite der Gebirge, und beginnend etwa in der Höhe des Wolkengürtels, die Lufttemperatur auf den Gebirgshöhen kälter als in gleicher verticaler Höhe in der freien Atmosphäre.

Schon vor Erscheinen der Schrift von Hirn ging die Ansicht der überwiegenden Anzahl der Forscher über den Föhn dahin, dass derselbe ein feuchter Aequa-

torialstrom sei, welcher bei seinem Uebergange über die Alpen die hohe Temperatur und die Trockenheit des Föhnwindes annimmt.

An diese Ansicht sich anlehnend entwickelte Dr. Hañn eine förmliche Theorie aller Föhnwinde (Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie Nr. 23 von 1869. Naturforscher Nr. 9 von 1869). Dieselbe lautet:

„Wenn man einen Ballon, mit trockener Luft gefüllt, vom Gipfel des Montblanc zum Spiegel des Genfer-Sees hinabschleudern könnte, so würde die eingeschlossene Luft bloss in Folge des wachsenden Druckes der atmosphärischen Schichten bis auf $36\cdot5^{\circ}\text{R.}$ erwärmen, während der Ballon, dessen Hülle dem Druck nachgiebig, aber für Wärme undurchdringlich vorausgesetzt wird; auf $0\cdot6$ seines früheren Volumens zusammenschrumpfen würde. Liessen wir ihn wieder zum Montblanc aufsteigen, so würde er mit seinem ursprünglichen Volumen seine anfängliche Temperatur wieder erlangen, d. h. um $36\cdot5^{\circ}\text{R.}$ erkalten.

„Diesen Gesetzen unterliegt aber auch ein breiter mächtiger Luftstrom, dem ein langer, hoch und steil aufgerichteter Gebirgswall in den Weg tritt. Indem er an seinen Abhängen emporsteigt zum verminderten Drucke der Kammhöhe, erkaltet er, gewinnt aber seine ganze frühere Wärme wieder, wenn er jenseits in dasselbe Niveau hinabgesunken ist. Da er aber die für Wärme undurchdringliche Hülle unseres Ballons entbehrt, und er jenseits schon eine Luft von bestimmter niedrigerer Temperatur antrifft, mit der er sich mengt,

so wird die theoretisch geforderte Temperatur von der wirklichen mehr oder weniger differiren; am wenigsten aber in der Mitte des Gebirgszuges, denn dort versehen die rechts und links herabstürzenden und gleichfalls sich erwärmenden Luftmassen die Rolle einer wärmebewahrenden Hülle. Je steiler dieser centrale Theil in die Tiefe stürzt, je abgeschlossener die tief eingeschnittenen Thalgründe sind, desto besser bewahren sie dem luftigen Katarakt seine Wärme.

„Wir haben bisher den Luftstrom trocken vorausgesetzt; ist er feucht, so ändert sich an der Windseite des Gebirges der Vorgang dadurch, dass der Luftstrom beim Emporsteigen und Erkalten einen Theil seines Dampfgehaltes als Regen oder Schnee absetzen muss. Diess aber hat zur Folge, dass der feuchte Luftstrom weniger erkaltet, als sein trockener Vorgänger, denn für jeden Verlust an Wasserdampf gewinnt er dessen gebundene latente Wärme, die ihm einen Theil des Temperaturverlustes wieder ersetzt. Er hat darum am Kamm des Gebirges einen Wärmeüberschuss vor dem trockenen Winde voraus, und da er beim Hinabstürzen zur Sohle die gleiche Temperaturzunahme erfährt, so wird er auch als ein heisserer Wind in den Thalgründen ankommen. Ja er wird hier als ungewöhnlich warmer Wind gefühlt werden, ohne dass er jenseits durch seine Temperatur sich besonders bemerkbar gemacht hätte. Man wundert sich dann und fragt sich erstaunt, woher die hohe Wärme stammen möge. Diese Verwunderung erscheint um so gerechtfertigter, als dieser Luftstrom

mit seiner ungewöhnlichen Wärme eine grosse Trockenheit verbindet. Sobald man von der Identität des Luftstromes auf beiden Seiten des Gebirges überzeugt ist, hat diese Trockenheit allerdings nichts Sonderbares mehr; denn da er aus so grosser Höhe herabkommt, hat er den grössten Theil seines Dampfgehaltes verlieren müssen, und sein Thaupunkt kann im günstigsten Falle die Temperatur auf der Höhe des Gebirgskammes erreichen, während er unten mit so hoher Wärme ankommt und keine Zeit hat, sich mit neuen Dämpfen zu sättigen. Für den ersten Augenblick aber liegt es näher, Hitze und Trockenheit (wie von Desor geschehen) direct von tropischen, hocharwärmten, dürrn Festlandsräumen abzuleiten, als in der feuchten, mässig warmen Luft von drüben den heissen, trockenen Wind diesseits wieder zu erkennen. Eine Eigenschaft aber enthüllt bei näherer Betrachtung unzweifelhaft den Zusammenhang — die hohe Wärme und die Trockenheit unseres Luftstromes ist streng beschränkt auf die inneren centralen Thäler des Gebirgszuges, über dem er herabkommt, und verliert sich gegen das Vorland hinaus. Indem diese Eigenschaften an das Gebirge gefesselt sind, weisen sie auf ihren Ursprung hin.

„Föhnwinde oder Sciroccos sind somit Erscheinungen, die im Allgemeinen jedem Gebirge zukommen können, und beiden Abhängen desselben, falls es nicht an feuchten, warmen Luftströmen fehlt, die dasselbe zu Zeiten in entgegengesetzten Richtungen quer überströmen. — Die interessantere Folgerung, dass auch die

Südseite der Alpen zu Zeiten ihren „Nordföhn“ haben müsse, als der Wirklichkeit entsprechend nachzuweisen, ist der Zweck dieses Aufsatzes.“

— Wild hat bereits das Vorkommen eines solchen Nordföhns angegeben, wenn der Aequatorialstrom erst in Norwegen nach Europa kommt, dort durch nördliche Strömungen zurückgedrängt wird, und als Nordwestwind von Norden nach Süden über die Alpen schreitet. Aus den meteorologischen Beobachtungen von — Dürer weist nun Hann für Lugano während vier Winter das Vorkommen ähnlicher warmer und trockener Winde nach, welche stets von Norden wehen. Gegen die Vermuthung, dieser nördliche warme Wind sei ein reflectirter südlicher, spricht die Thatsache, dass auch auf den Höhen ein Nordwind weht und in der Nordschweiz der Wind ein nordwestlicher ist. Ebenso wenig fehlt die charakteristische Eigenschaft des Föhns, dass in den Vorländern, hier z. B. in Mailand, sowohl die hohe Wärme, als die grosse Trockenheit dieser Winde fehlt. Die besten Aufschlüsse über ihre Föhnnatur geben aber die Scirocostürme vom 31. Jänner bis 2. Februar 1862 und vom Dezember 1863, über welche — Dürer sehr specielle Beobachtungen zu Villa Carlotta am Comosee mit gleichzeitigen Aufzeichnungen anderer Stationen der Südalpen und auf dem St. Gotthardt veröffentlicht hat.

Beim Scirocosturm 1862 erreichte zu Villa Carlotta die Trockenheit am 1. Februar am Nachmittage 12⁰/₀; die Temperatur ist noch um 6 Uhr Abends

21·9° C. und am 2. um 6 Uhr Morgens schon 19·1° C.; die Windrichtung ist Nordost und das Barometer steigt um 9 Millimeter. In Mailand war kaum eine Erwärmung oder Minderung der Feuchtigkeit fühlbar, aber in den südlichen Alpenthälern ist sie überall aufgetreten. Derselbe Luftstrom, der sich auf der Südseite der Alpen durch seine Trockenheit auszeichnet, erschöpft sich auf ihrer Nordseite in heftigen Niederschlägen. Zu Wilten bei Innsbruck beträgt die Regenmenge der drei Tage 36 und zu Salzburg 24 Linien, während in Chur am 31. Jänner 40 Linien Regen fallen. Es herrscht auch hier ein warmer (Aequatorial-) Wind. Seine Richtung ist auf der Nordseite der Alpen nordwestlich. — Und ganz ähnlich sind die Verhältnisse bei dem Scirocco vom 12. bis 14. Dezember 1863.“

Das wechselnde, entgegengesetzte Verhalten der beiden Abhänge des centralen Alpenzuges je nach der Richtung des ihn überströmenden Windes tritt sehr schön hervor in der Periode vom 7. bis 18. November 1867. Am 9. herrscht ein Sciroccosturm im Süden; die Nordseite ist gleichzeitig ebenfalls warm, aber feucht; die Windrichtung im Allgemeinen nördlich. Die Temperaturerhöhung und Trockenheit in Südtirol und an den oberitalienischen Seen bis Aosta ist sehr bedeutend. Am 14. kehrt sich das Verhältniss um, es treten südliche Winde ein. Vom 14. bis 19. regnet es in ganz Oberitalien, während im Norden zu gleicher Zeit von Bludenz bis Martigny der Föhn weht und die Trockenheit örtlich im Tagesmittel auf 30 bis 40% herabsinkt.

Die meteorologischen Vorgänge vom 7. — 18. November 1867 sind somit die trefflichste Illustration für die Behauptung Hann's, dass der Scirocco der Südalpen (wenigstens im Winter, da er nur in dieser Jahreszeit untersucht worden) nichts Anderes ist, als ein umgekehrter Föhn. Da die warmen, feuchten Luftströme nun in der Regel von Süd heraufkommen, und ihre Umwandlung in Nordwinde viel seltener ist, so ist auch der Föhn in der Nordschweiz eine häufigere Erscheinung als im Süden der Scirocco.

„Aus der im Eingange dieses Aufsatzes gegebenen Darstellung der Entstehung der Föhn- und Sciroccophänomene am Fusse eines hohen Gebirgswalles ergibt sich mit Nothwendigkeit folgendes Gesetz der gleichzeitigen Wärmeabnahme und nach oben an beiden Abhängen des Gebirges zur Zeit eines Föhnwindes: an der Windseite des Gebirgszuges muss die Temperaturabnahme nach oben sehr merklich verzögert sein, in Folge des stetigen Wärmezufusses durch die Condensirung des Wasserdampfes beim Emporsteigen und Erkalten der Luft; auf der Lee- oder Föhnseite des Gebirges hingegen muss zur selben Zeit die Wärmezunahme nach unten sehr rasch sein, wegen der raschen Erwärmung der Luft beim Hinuntersinken.

„Ich habe die gleichzeitige Temperaturvertheilung in vertikaler Richtung an beiden Abhängen der Alpen während der Dauer von vier Scirocco- und Föhnstürmen untersucht, und die Resultate stimmen vollständig überein mit den Forderungen der Theorie.“

XII.

Theorie der Stürme. Dieselbe ist ganz neuen Datums und dürfte am verständlichsten und bündigsten durch Mohn in seiner Arbeit: „Untersuchungen über den Verlauf und die Ursachen der europäischen Stürme“ zur Darstellung gekommen sein.

Es wurde schon früher bemerkt und bei den Sturmwarnungen näher nachgewiesen, dass bei Stürmen eine drehende Bewegung der Luft um das Centrum des barometrischen Minimums oder des niedrigsten Luftdruckes stattfindet. Ueber die Entstehung jener drehenden Bewegung äussert sich Mohn (nach der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie Bd. VI.) wie folgt:

Die Bewegung der Luft wird verursacht durch den Unterschied ihres Druckes an verschiedenen Orten. Jener Druckunterschied indessen, welcher in verschiedenen Höhen über der Erde stattfindet, ist, als eine Folge der immer wirkenden Schwere, ein Gleichgewichtszustand, welcher keine Bewegung herbeiführt.

Ein Gleichgewichtszustand würde fortbestehen, wenn die Temperaturvertheilung auf der ganzen Erde dieselbe bliebe, so dass der Luftdruck, in gleichen Erhebungen über dem Meeresspiegel, überall derselbe bliebe.

Die Druckunterschiede, welche die Luftbewegung verursachen, sind diejenigen, welche in derselben Schichte (in demselben Niveau) stattfinden.

Es sind diejenigen, welche durch die isobarometrischen Linien dargestellt werden, die den Luftdruck

am Meeresspiegel in einem gegebenen Zeitpunkte veranschaulichen.

In Folge der Druckunterschiede strebt die Luft von der Stelle des grösseren Druckes zu jener des geringeren, d. i. senkrecht zu den Linien gleichen Druckes. Dadurch ergibt sich ein Bestreben der Luft, sich gegen das Barometer-Minimum zu bewegen.

Die Schnelligkeit der Luftströme ist bestimmt durch die Grösse des Druckunterschiedes. Je grösser dieser ist, je schwächer die Barometersteigerung, desto grösser wird die Geschwindigkeit.

Dazu kommt die Wirkung der Axendrehung und Kugelgestalt der Erde, der zufolge jeder sich längs der Erdoberfläche bewegend Körper auf der nördlichen Halbkugel ein Bestreben zu einer Drehung nach rechts hat. Das Maass dieses Bestrebens per Stunde ist das Product aus 15^0 mit dem Sinus der Breite. Es ist dasselbe in allen Bewegungsrichtungen, in jedem Azimuth.

Diese zwei Kräfte, welche in jedem Moment auf die Luft wirken, geben ihrer Bewegung eine Richtung, welche zwischen der Steigung und der der isobarometrischen Linien liegt. Daraus folgt unmittelbar durch geometrische Construction die Wirbelbewegung um die Maxima und Minima des Luftdruckes.

Um die Maxima des Luftdruckes herum hat die Luftbewegung eine Componente, welche sie von diesem Maximum wegschiebt, und eine, welche sie seitwärts zieht. Von der Zeit an, wo eine solche Bewegung beginnt, fliesst die Luft beständig längs der Erdoberfläche

von dem Orte weg, wo der Luftdruck sein Maximum hat. Dieser Ort muss folglich Luft von oben herabziehen und die Bewegung des spiralförmigen Abflusses ist im Zusammenhange mit einem herabsteigenden Luftstrom.

Um die Barometer-Minima hat die Luftbewegung eine Componente, welche sie gegen das barometrische Minimum hin-, und eine Componente, welche sie seitwärts zieht. Die erste bewirkt einen beständigen Luftzufluss von allen Seiten gegen das Centrum der Barometer-Depression. So lange dieses unverrückt bleibt und so lange der Luftdruck im Centrum nicht zunimmt, muss die Luftbewegung im Gebiete des Mittelpunktes aufsteigend sein. Wenn aber der Druck im Centrum zunimmt oder das Centrum sich verrückt, so bedeutet diess, dass die zusammenfliessenden Ströme zum Theil wenigstens dazu dienen, die Leere auszufüllen, welche durch die Barometer-Erniedrigung angedeutet wurde.

Wenn man die Karten betrachtet, so ergibt sich, dass die Bewegung der Centra der Barometer-Depression sich derart vollzieht, dass der Luftdruck am vorderen Rande zur selben Zeit abnimmt, während er am hinteren Rande zunimmt. Indem der Druck für den Augenblick am schwächsten im Centrum der Depression selbst ist, wirken Kräfte, welche ein Streben haben, den Luftdruck zu erniedrigen, eine Luftverdünnung zu verursachen, am vorderen Rande; und am hinteren Rande wirken Kräfte, welche ein Bestreben haben, den Druck zu vermehren, eine Luftverdichtung herbeizuführen.

Um die Erklärung dieser Erscheinung zu finden, müssen wir in erster Linie die Kräfte suchen, welche das Sinken des Druckes bewirken, denn die Vermehrung des Druckes auf dem hinteren Rande kann vielleicht unmittelbar der Wirkung der Luft zugeschrieben werden, welche gegen den Ort des sinkenden Luftdruckes hinfließt. Als bekannte Ursachen des Sinkens des Barometerstandes kann man die folgenden anführen:

1. Die Bewegung der Luft längs der Erdoberfläche. Wie jeder andere flüssige Körper übt auch die Luft in Bewegung einen geringeren seitlichen Druck aus als die Luft in Ruhe. Der dynamische Druck ist geringer als der statische. Diess erklärt den schwachen Druck, welcher bei der drehenden Bewegung stattfindet, wo die Geschwindigkeit der Luft gewöhnlich ziemlich beträchtlich ist. Um die Stellen hohen Luftdruckes herum ist dagegen der Wind schwach.

2. Die Wärme der Luft. Je wärmer die Luft ist, desto leichter und desto mehr verdünnt ist sie, wenn sie sich frei ausdehnen kann.

3. Die Feuchtigkeit der Luft. Je mehr Wasserdünste die Luft enthält, desto leichter ist sie verhältnissmässig, weil die Dämpfe leichter sind als die atmosphärische Luft. Die Quantität der Wasserdämpfe, die in der Luft enthalten sind, entspricht der Lufttemperatur, da die Verdunstung und die Dampfcapacität der Luft mit der Temperatur zunehmen.

4. Die aufsteigende Bewegung der Luft. Diess ist bewiesen worden durch die Erfahrungen, die man in den

Bergwerken gemacht hat, da das Aufsteigen der Luft dort die Ursache einer Verminderung des Luftdruckes ist.

5. Die Verdichtung der Wasserdämpfe. Diese ist begleitet von der Entwicklung der latenten Wärme der Dämpfe, wodurch die Temperatur der Luft zunimmt und die Dichte der Luft in der Wolkenregion sich vermindert.

6. Regen und Schnee. So lange als die verdichteten Dämpfe in der Luft schweben als Wolken oder als Regen (Schnee), üben sie vermöge ihres Gewichtes einen Druck aus. Aber in dem Moment, als der Regen oder Schnee zur Erde fällt, fällt der Druck, den die Dämpfe ausübten, hinweg und die Atmosphäre, befreit von einem Theile ihrer Elemente, wird minder dicht.

Alle Meteorologen sind darin einig, dass die obigen Ursachen jedesmal mitwirken, das Barometer-Minimum hervorzubringen, welches zwischen den beiden Passaten besteht. Aber es sind dieselben Ursachen, welche sich am vorderen Rande einer Wirbelbewegung zeigen. Zur Seite der heftig bewegten Luft haben wir Luftströmungen, welche aus südlichen Gegenden ankommen und welche von dort eine grössere Wärme und in ihrem Gefolge eine beträchtliche Menge Wasserdampf mitbringen. Am vorderen Rande des Raumes, in welchem die Wirbelbewegung stattfindet, befindet sich aber die leichteste Luft; die gegen das Centrum gerichtete Componente der Bewegung ruft eine nach aufwärts gerichtete Strömung der Luft hervor und es ist somit die warme und feuchte Luft, welche vorzugsweise aufzusteigen

genöthigt ist. Durch die aufsteigende Bewegung dehnt sich die Luft aus und kühlt sich ab, und ihre Dampfcapacität nimmt ab. In einer gewissen Höhe hat die Abkühlung den Thaupunkt erreicht: da beginnt die Verdichtung der Dämpfe, die Bildung der Wolken. Während derselben wird die latente Wärme der Dämpfe frei, sie gibt der Luft dieser Regionen eine höhere Temperatur, als sie in ruhiger Atmosphäre gehabt hätte und die Verdünnung, welche die Luft deshalb erfährt, dient zur Vermehrung der Kraft des aufsteigenden Stromes. Die Spannung der von der Luft mitgerissenen Dämpfe ist endlich vernichtet, wenn der durch die Verdichtung gebildete Regen oder Schnee zur Erde fällt.

Wenn man einen Vergleich anstellt zwischen den Calmen des Aequators und den Wirbel- oder Sturmbewegungen, findet man zwei Umstände, welche besonders für die letzteren günstig sind. Die Passate sind gegen den Aequator gerichtet, d. i. gegen den Theil der Erde, der die grösste Wärme hat. Sie bewegen sich auch zwischen divergirenden Meridianen in Betten von wachsender Breite, wo sie mehr und mehr an Terrain gewinnen in dem Maasse als sie vorrücken. Die Winde des vorderen Randes der Wirbelbewegungen gehen aus niedrigeren Breiten gegen höhere, von wärmeren Regionen in kältere, sie sind auch der Abkühlung preisgegeben sowohl wegen ihrer Bewegung längs der Erdoberfläche als auch wegen ihrer aufsteigenden Bewegung, was eine vermehrte Condensation mit den begleitenden Wirkungen bedingt. Ueberdiess bewegen sich die Luft-

strömungen in den Wirbelbewegungen in Betten, welche sich mehr und mehr verengen, ein Umstand, der zur aufsteigenden Bewegung mitwirkt.

Wie viel von den schliesslichen Wirkungen man einer jeden der zusammenwirkenden Ursachen zuschreiben muss oder inwiefern sie genügen zur Erklärung der Gesammterscheinung, das ist eine Frage, welche man gegenwärtig durch die Rechnung nicht lösen kann. Ich muss nur die Aufmerksamkeit auf den Einfluss lenken, den die Wasserdämpfe auf die ganze Erscheinung haben.

Um uns zu erklären, wie diese verschiedenen Ursachen dazukommen das Maximum ihres Einflusses derart auszuüben, dass das Sinken des Barometerstandes an einem Punkte erfolgt, der gewöhnlich östlich vom wirklichen Centrum der Depression gelegen ist, können wir folgende Betrachtungen anführen.

Die Winde, welche an östlich vom Centrum gelegenen Punkten wehen, sind der Süd und der Südost. An einem Punkte, welcher beiläufig in der Mitte zwischen dem Centrum und dem Umfange der Wirbelbewegung gelegen ist, hat man Winde, welche seit ihrem Entstehen, da sie in das Gebiet der Wirbelbewegung eintraten, im Süden des Mittelpunktes sich befanden, und welche der Spiralbewegung folgend, nach S.S.O. abgelenkt wurden, nachdem sie früher als W.S.W., S.W., S.S.W. geweht hatten. Diese Winde gehören unter allen Regionen, aus denen die Wirbelbewegung ihre Luftströmungen bezieht, den wärmsten an, sie kommen aus Gegenden von denen wir eben gesehen haben, dass sie

die Behälter für die Wasserdämpfe bilden und es sind auch die Winde, welche ebenso vermöge ihrer Eigenthümlichkeiten, welche sie mitbringen, als vermöge der beträchtlichen Wirkung der Condensation des Wasserdampfes am wirksamsten sind, um ein Sinken des Barometers zu bewirken, wenn sie sich zu einer entsprechenden Höhe erhoben haben. Diese Winde haben hinreichend Zeit sich zu erheben und es sind diejenigen, welche den grössten Breitewechsel erfahren. Diese Bedingungen sind nicht auf so bestimmte Weise erfüllt für die Winde, welche näher am Umfange der Wirbelbewegung wehen. Die Winde, welche dann näher dem Centrum wehen, kommen aus mehr westlichen Gegenden, sie sind auch kälter und erfahren während ihrer Fortbewegung in die Region der Wirbelbewegung hinein einen geringeren Breitewechsel.

Eine genaue Einsicht in die Karten macht ersichtlich, dass der Wind an der Stelle, wo das Barometer am schnellsten sinkt, vorzüglich aus Süden weht und nur mit sehr geringer Ausnahme aus S.O. und S.W. Denkt man sich die Luft von allen Seiten in spiralförmigen Bahnen dem Centrum der barometrischen Depression zuströmend, so wird das Barometer am vorderen Rande des Wirbels am raschesten sinken und an jenem Punkte, gegen welchen sich das Centrum der Depression hinbewegt, wird der Wind — übereinstimmend mit dem, was die Erfahrung lehrt — eine südliche Richtung haben.

Während nun so der Luftdruck am vorderen Rande der Wirbelbewegung in der Abnahme begriffen ist,

fließt am hintern Rande die Luft gegen das Centrum der Depression, um es zu füllen. Diese Luft kommt aus nördlicheren Gegenden, sie ist also verhältnissmässig kalt und kann nur eine geringe Menge Wasserdampf enthalten. Sie kommt nach und nach in immer tiefere Breiten, wodurch sie sich erwärmt und eine grössere Capacität für Wasserdampf bekommt. Den Winden am hintern Rande mangeln also zum grössten Theile die Bedingungen, welche ein Sinken des Barometerstandes bewirken und auf dieser Seite des Centrums der Depression kann eine Verdichtung durch die zufließende Luft eintreten. Gegen das Centrum hin verengen sich die Trajectorien der Luftströmungen und da ist es wahrscheinlich, dass eine aufsteigende Bewegung eintritt. Da die Luft nur eine geringe Menge Wasserdampf enthält, so kann die eintretende Verdichtung nicht beträchtlich sein, weder durch ihre Menge noch durch ihre Wirkung. Dort, wo eine steile Küste die Winde des hinteren Randes zu einem schnellen Aufsteigen zwingt, kann der Regen oder Schnee beträchtlicher werden und so eine Zunahme des Sinkens des Barometerstandes im Centrum und eine Verzögerung der Bewegung des Centrums nach Osten verursachen. Nach der so eben vorgeführten Theorie wird die Verschiebungsbewegung des Centrums der Depression durch den Gegensatz betreffs der Eigenthümlichkeiten der Winde zwischen dem vorderen und hinteren Rande hervorgerufen.

Die Luftströmungen, welche am vorderen Rande der Wirbelbewegung aufsteigen, breiten sich nach aller

Wahrscheinlichkeit aus, wie diess der Fall ist in der Gegend der Calmen und werden die Quelle absteigender Strömungen. Ihre Bewegung nach aussen gegen den Umfang der Wirbelbewegung erklärt sich durch die Vertheilung des Druckes in den oberen Regionen der Atmosphäre, wo die Dichte der Luft die geringste ist an Stellen, unter welchen sie an der Erdoberfläche die grösste ist, d. h. über Stellen hohen Luftdruckes. Die Luft, welche hier herabsteigt, hat im Voraus den grössten Theil ihrer Wasserdämpfe abgegeben, sie wird während ihrer absteigenden Bewegung trocken. In den hohen Regionen ist sie einer starken Abkühlung durch Strahlung ausgesetzt und kann so an der Erdoberfläche als sehr kalte Luft ankommen.

Mit der hier vorgetragenen Theorie können wir die Unregelmässigkeiten in dem Wege und in der Stärke der Sturmbewegungen, welche wir oben bezeichnet haben, erklären.

Die Mittelpunkte der Depression, wie sie auf den Karten dargestellt sind, haben im Mittel die grösste Geschwindigkeit auf dem atlantischen Ocean, bevor sie die Küste von Norwegen erreichen und ihre Bewegung ist ein wenig nach Norden gerichtet. Auf diesem Theile ihres Zuges haben sie die Gegenden mit der grössten Dampfmenge im Süden, und diese konnte so schnell und so leicht an den vorderen Rand gebracht werden, dass im Norden der vom Centrum nach Osten gezogenen Linie das stärkste Sinken des Barometers stattfindet. Die beträchtliche Wirkung, welche die Westküste von

Norwegen ausübt um die Luftströme zum Aufsteigen zu zwingen, wirkt ebenfalls mit, dass ein schnelles Fallen des Barometers am vordern Rande, eine grössere Geschwindigkeit des Depressions-Centrums und ein Fallen des Barometers im Centrum selbst eintritt. Wenn der Mittelpunkt der Depression über der skandinavischen Halbinsel angelangt ist, steht das Barometer im Centrum am tiefsten und die Condensationen, welche auf dem hinteren Rande an der Westküste Norwegens eintreten und deren Einfluss zu der Wirkung auf der Seite des vorderen Randes hinzutritt, vermindern den Druck im Centrum und streben, es auf seinem Wege nach Osten zurückzuhalten. Auf diese Weise erfolgt die Fortbewegung der Depressions-Mittelpunkte in diesen Gegenden langsamer. Die Region, aus der die Wasserdämpfe herbeigezogen werden, befindet sich jetzt in einer grösseren Entfernung vom Centrum. Die Dämpfe werden mit den Südwestwinden aus fernerer Gegenden herbeigeführt und der grösste Fall des Barometers findet im Süden der Linie statt, welche vom Centrum nach Osten geht. Wenn endlich die Depressions-Mittelpunkte nach Russland gelangt sind, üben die Kälte und die geringe Dampfmenge des Continentes ihre Wirkung auf die Ostseite aus, der Zufluss der Dämpfe findet aus entfernteren Gegenden statt, sie kommen zum Theil vom mittelländischen, zum Theil vom schwarzen Meere, aber sie sind gezwungen über grosse Landstrecken zu ziehen, wo sie sich in der Masse verdichten, als sie nach Norden getragen werden. Das Sinken des Luftdruckes wird

schwächer und findet mehr südlich vom Centrum statt; die Mittelpunkte wandern ziemlich schnell, aber entschieden nach Süden und der Druck nimmt unaufhörlich im Centrum zu, in dem Masse als sich die Depression mehr und mehr verliert. Auf diese Art können wir die krummlinigen Sturmbahnen, welche ihre Hohlseiten nach Süden und Westen gekehrt haben, durch die Vertheilung der Temperatur und des Wasserdampfes über Europa erklären. Die Mittelpunkte der Depression haben eine balancirende Bewegung um jene Partie herum, wo die Temperatur am höchsten und die Menge des Wasserdampfes am beträchtlichsten ist, d. h. um das südliche und westliche Europa. Die Richtung der Bewegung wird dadurch bestimmt, dass der Rand, welcher seine Winde aus diesen Gegenden bezieht, der vordere, d. h. der östliche wird.

Unter den am meisten auffallenden Ausnahmen von dem allgemeinen Zuge der Mittelpunkte der Depression wollen wir etwas genauer folgende untersuchen. In der Nacht vom 1. auf den 2. December 1867 ging ein Depressions-Mittelpunkt von Norwegen südlich zum Kattegat, wo er sich mit einem anderen verband, welcher von der Nordsee in nordöstlicher Richtung kam. Zur selben Zeit fiel das Barometer im Centrum stark, von 728 Mm. bis 718 Mm. Die Wasserdämpfe hatten in Deutschland ein Maximum, das sich von Süden nach Norden ausdehnte, vom adriatischen Meere bis zur Ostsee. Die preussischen Stationen meldeten am Morgen des 2. December einen sehr starken Regen während der

Nacht. Das Thermometer stieg in Deutschland, besonders gegen Süden (Tirol). Von mehreren Schweizerstationen meldete man Föhnstürme in diesen Tagen.

Vom 23. zum 26. Jänner 1868 ging ein Depressions-Centrum, begleitet von einem heftigen Sturme vom atlantischen Ocean nach dem Norden Schottlands gegen die norwegische Küste. In diesen Tagen war die Dampfspannung am grössten auf dem atlantischen Ocean und dem mittelländischen Meere, während sie im mittleren und östlichen Europa gering war, wegen der ausnehmend tiefen Temperatur, die in diesen Gegenden herrschte. Zur selben Zeit war der Luftdruck sehr hoch im Nordosten von Europa und in Sibirien. Die verhältnissmässig geringe Entfernung der Region des grössten und kleinsten Luftdruckes verursachte einen grossen Sturm an der norwegischen Küste. Im nördlichen Norwegen wehte ein heftiger Südoststurm vom Lande her mit heiterem Himmel und einer Kälte von $-16^0 - 20^0$. Der kalte Meernebel war ausgebreitet auf dem Meere um das Nordcap, so weit man sehen konnte. Auch auf der Süd- und Westküste war der Sturm sehr heftig. Sein Weg über Schottland ist von A. Buchan beschrieben. Die kalte und trockene Luft am Ostrande der Sturmbewegung bewegte sich langsam, nur 20 bis 30 Kilometer in der Stunde, gegen die norwegische Küste. Aus demselben Grunde hörte die Bewegung des Centrums auf, bevor es die norwegische Küste erreichte, und der luftverdünnte Raum füllte sich in der Weise, dass der Punkt des schwächsten Druckes am 26. Jänner in's

nördliche Eismeer gerückt war, wo der Luftdruck während dieser ganzen Zeit sehr gering gewesen. Am 24. Jänner Abends war der Luftdruck im Centrum am geringsten mit 717 Mm. Zur selben Zeit stieg das Barometer stark im östlichen Russland und Sibirien, und die Temperatur war in diesen Gegenden sehr tief. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es der aufsteigende Strom im Mittelpunkt der Depression war, von dem ein grösserer Theil auf Sibirien als kalter und trockener Strom herabgestiegen war, welcher den hohen Barometerstand bewirkte und auch die Ursache davon war, dass das Depressions-Centrum sich verlor, bevor es die norwegische Küste erreichte. Dieser Sturm gibt auch ein sehr lehrreiches Beispiel des Einflusses, welchen die kalte und trockene Luft im Innern des Festlandes ausübt, die Sturmbewegungen, welche von Westen kommen, aufzuhalten und zu vernichten.

Was die Frage über den Ursprung der Depressions-Mittelpunkte anbelangt, so ist diese zum Theil schon im Vorhergehenden behandelt worden, indem die Verrückung der Mittelpunkte in einer fortwährenden Luftverdünnung am vorderen Rande der Sturmbewegung besteht. Man muss annehmen, dass dieselben Ursachen, welche hier wirken, auch bei der Entstehung des Depressions-Mittelpunktes thätig sind. Es scheint indess sehr schwierig, mit Sicherheit zu bestimmen, wie in einzelnen Fällen die Sachlage gewesen. Die Karten des norwegischen Sturm-Atlas zeigen einige Beispiele der Bildung von Depressions-Mittelpunkten innerhalb ihrer

Grenzen. Am 1. December 1867 Abends sind die isobarmetrischen Linien über Tirol, der Schweiz und Süd-Frankreich sehr zusammengedrängt. Der Wind ist in Frankreich starker Süd. Die Temperatur steigt sehr stark in der Schweiz und in Tirol, von wo Föhn gemeldet wird. Das Barometer fällt rapid. Am folgenden Morgen befindet sich das Minimum des Luftdruckes bei Toulon. Am selben Tage (2. December) Abends zeigt sich ein vollkommen entwickelter Depressions-Mittelpunkt über Ober-Italien, dieses Centrum hält sich während der folgenden Tage über Italien und wandert dann langsam nach der Türkei. Es ist begrenzt durch sehr gewundene Isobaren, sein Weg ist langsam und unregelmässig. Vermittelst der vorliegenden Beobachtungen ist man nicht im Stande, den Ursprung dieses Depressions-Centrums zu erklären. Es scheint, dass der Einfluss der Alpen, durch welche aufsteigende Strömungen im Südwind erzeugt werden, eine Hauptursache dabei gewesen sei.

Der Sturm von Lofoten bietet ein anderes Beispiel. Derselbe begann mit einem Depressions-Centrum, welches am 30. März 1871 Abends sich an der Westküste Norwegens in der Breite von Finmarken zeigte. Dass das Centrum nicht aus Westen oder Nordwesten vom nördlichen Eismeere kam, wurde dargethan durch Beobachtungen von drei Fahrzeugen, welche sich zu der Zeit im Nordosten von Jan-Mayn befanden. Es kam nicht von Island, Schottland oder Vard, also nicht aus Gegenden im Westen, Südwesten oder Osten. Die vorher-

gehenden Tage waren im nördlichen Eismeere sehr stürmisch gewesen. Wenn die Stürme diessmal diese Gegenden heimsuchten und Europa ruhig war, so geschah es, weil die grösste Dampfmenge gegen Norden angehäuft war, nämlich über Irland und dem Meere im Westen. Von dort breiteten sich beträchtliche Dampfmengen über dem Meere zwischen Island, Schottland und Norwegen aus, wo Südwestwind vorherrschte. Der Dampf, welcher durch diese Winde in höhere Breiten getragen wurde, traf im Eismeere mit dem fortwährenden Barometerfall zusammen, welcher dort seit dem 28. März Abends stattfand und am 30. März Abends seinen Höhepunkt erreichte in dem ausserordentlichen Sinken, welches die Ursache dieses wüthenden Sturmes war. Die Heftigkeit, mit welcher die Westwinde gegen die steile Nordküste Norwegens stürzten und die Luft mit ihren Dämpfen zum Aufsteigen zwangen, eine Kraft, für welche der Regen und Schnee ein Zeugniß gaben, war ohne Zweifel eine Hauptursache des Barometerfalles. Mittlerweile beobachtete man auf dem Schiffe „Isbjorn“ ein Nordlicht in Südost, nämlich in der Richtung, wo der Depressions-Mittelpunkt gelegen war.

Die einflussreiche Rolle, welche nach dem Vorhergehenden der Wirkung des Wasserdampfes zugeschrieben werden muss sowohl für die Bildung als für den Weg der Sturmbewegungen, führt unsere Gedanken auf den Golfstrom, dessen Gewässer, welche während des Winters wärmer sind als die Luft, Dämpfe entwickeln, deren Menge in einem Verhältnisse zur Luftwärme

steht, welches ihrer Verdichtung günstig ist. Von Schottland richtet sich die Wärmeaxe des Golfstromes gegen N.N.O. der Küste von Norwegen entlang. Von da aus vermindert sich die Meerestemperatur langsam gegen Island und Jan-Mayn.

Es ist festgestellt durch die Karten der allgemeinen Bewegungen in der Atmosphäre, dass ein grosser Theil der Sturmbewegungen, welche von Westen nach Europa kommen, ihren Ursprung in Newfoundland haben, wo die warmen Luftströme und die grosse Dampfmenge des Golfstromes die kalten Ströme der Baffinsbay treffen. Die grösste Anzahl der Depressionen des Barometers sind an der Nordseite des Golfstromes zu erwarten; denn sie haben ihre Dampfreservoirs an ihrer Südseite. Die warme Luft und die Dämpfe werden durch Süd- und Südwestwinde des Golfstromes bis an den östlichen Rand der Sturmbewegung getragen, wo das fortwährende Sinken des Barometers den Mittelpunkt der Depression nach sich längs des Nordrandes des Golfstromes gegen Osten zieht. Man muss desshalb die grösste Menge der Wirbelbewegungen und folglich auch die meisten Stürme in den höchsten Breiten suchen, wie es auch in schönster Weise die Sturm-Statistik von Maury zeigt.

Im Norden des Golfstromes befindet sich somit die Zone, in welcher die Wirbelbewegungen hauptsächlich ihren Weg einschlagen, wenn sie sich den Westküsten Europas nähern. Diese sind an dem Südrande der Wirbelbewegung gelegen, der Südwest herrscht vor.

Die Drehung des Windes geht in den meisten Fällen nach dem Dove'schen Gesetze vor sich, eine Erscheinung, die ebenfalls dem Südrande der Wirbelbewegungen angehört. Dagegen geht am Nordrande der Wirbelbewegungen die Drehung gegen die Sonne vor sich. Wir finden auch, dass diess in den arktischen Regionen Europas und Amerikas Regel ist, sowohl für die Stürme als für die Winde. In diesen Gegenden kommen die Stürme auch hauptsächlich von der Nord- und Nordostseite, entsprechend dem Wege der Mittelpunkte der Depression, welcher südlich von diesen Gegenden liegt.

Auf dem Hauptwege, den die Depressions-Mittelpunkte verfolgen, liegt Island. Mit seinen hohen Schneebergen, welche in die Wolkenregion ragen, ist es direct den warmen Strömen, welche mit ihren Dämpfen vom Golfstrom herkommen, im Wege. Die Ergebnisse dieser Sachlage sind in sehr lehrreicher Weise angegeben in dem Buche von A. Buchan: „Mean pressure of the atmosphere“.

„Die Südwestwinde sind während des Winters in Reykjavik am häufigsten. Sie sind gezwungen, aufzusteigen und ihre Dämpfe auf Island zu condensiren, und daraus ergibt sich eine durchschnittliche Verminderung des Luftdruckes, verursacht durch die Entstehung von zahlreichen Depressions-Mittelpunkten oder durch die Verstärkung, welche sie auf ihrem Wege über Island erhalten. Diese Abnahme des Luftdruckes breitet sich bis zum Nordcap aus, wo schon das Festland von Europa

seine Wirkung ausübt, indem seine kalten Ströme in den luftverdünnten Raum eindringen. Die Nord- und Nordwestwinde sind während des Winters beinahe ebenso häufig als die Südwinde, ein Zeichen, dass Island sehr nahe dem mittleren Zuge der Depressions-Centra gelegen ist, indem seine Winde beinahe ebenso oft dem Nord- als dem Südrande der Wirbelbewegungen angehören.“

Dieselbe Wirkung wie Island übt auch die Südseite von Grönland aus, aber in viel geringerem Grade. Es ist kein Zweifel, dass ein grosser Theil der Stürme, die das Eismeer durchziehen, um Norwegen heimzusuchen, den Ursprung in diesen Gegenden und nicht in Newfoundland hat.

Ich habe oft schon Gelegenheit gehabt, die Wirkung der kalten und trockenen Luft auf den Weg der Sturmbewegungen zu prüfen, und diese Kenntnisse bei dem Systeme der Sturmwarnungen an die Häfen Norwegens zu verwerthen. Wenn es in Norwegen sehr kalt ist, erreicht ein Depressions-Mittelpunkt, welcher von Schottland kommt, Norwegen kaum, sondern lenkt nach Südost in die Nordsee oder das Meer südlich von Norwegen ab. In solchen Fällen entgeht Norwegen dem Sturme, oder hat einen starken Nordost, während die Ostküste Englands sich hart bedroht sieht. Manchmal, wenn die Kälte im südlichen Norwegen ist, geschieht es, dass eine Sturmbewegung sich am Cap Stat theilt, so dass die eine nach Norden und Nordost über Finmarken geht, die andere auf die Nordsee hinabzieht, und der

mittlere Theil Norwegens ziemlich ruhiges Wetter bewahrt.

Was die amerikanischen Stürme anbelangt, welche von Buchan und Loomis so gut beschrieben wurden, so kann man die meisten ihnen eigenthümlichen Erscheinungen nach den eben ausgesprochenen Ideen erklären. Während ihre Centra sich im Innern des Landes befinden, nimmt ihr vorderer Rand aus dem Golf von Mexiko seine Dämpfe, welche einen langen Weg über das Land zu machen haben, bevor sie die Gegend erreichen, wo ihre Wirkung auf den Luftdruck am grössten ist. Wenn sich aber das Centrum der Ostküste nähert, kommen die Winde und Dämpfe in ausgedehnter Weise vom atlantischen Ocean und dem Golfstrome, die Condensation wird stärker und der Druck nimmt im Centrum ab, indem die Wirbelbewegung zunimmt. Die Nordwestwinde am Hinterrande aus den kalten arktischen und continentalen Gegenden stürzen sich in das Centrum der Barometer-Erniedrigung mit vermehrter Kraft und der Schneesturm entwickelt sich mit aller Gewalt. Die Luft, die über dem Centrum und dem vorderen Rande aufgestiegen war, stürzt sich ganz leicht auf den hinteren Rand, wo der Einfluss des Festlandes auf die Temperatur die Luft an der Erdoberfläche zusammenzieht, so dass der Sturm am hinteren Rande noch verstärkt wird. Die grossen Temperatur-Gegensätze am Vorder- und Hinterrande bei den amerikanischen Stürmen haben ihre Ursache in der Wirkung, welche die Lage des Festlandes auf die Winde, die über das Land wehen, immer ausübt.

Einerseits kommen die Winde vom mexikanischen Golf, andererseits von einer der kältesten Gegenden der Erde, vom arktischen Amerika her. Der Hinterrand der europäischen Stürme erhält im Gegentheil seine Winde vom Meere.

Vergleichung der Stürme in der gemässigten und in der tropischen Zone.

Die tropischen Stürme sind im Wesentlichen von derselben Natur wie die von Nord-Amerika und Europa. Sie haben ein Centrum, wo das Barometer am tiefsten ist und um welches herum der Wind eine drehende Bewegung hat, deren Richtung auf den verschiedenen Hemisphären verschieden ist.

Der Durchmesser der tropischen Stürme ist sehr klein. Diess kommt daher, weil das Bestreben der Luft, nach rechts (oder links) abzuweichen, vermöge der Erddrehung in niedrigen Breiten sehr gering ist, indem es im geraden Verhältnisse zum Sinus der Breite steht. Die Componente, welche die Luft gegen den Mittelpunkt der Depression hintreibt, ist verhältnissmässig stark im Vergleich zu der, welche sie seitlich treibt. Darum trifft man auch bei den tropischen Stürmen ein viel grösseres Bestreben des Windes, in der Richtung der Barometersteigung zu wehen, nur in der Nähe des Centrums trifft man eine mehr tangentielle Richtung. Die Luftmolecüle, die durch den Luftdruck von aussen gegen den Mittelpunkt hingetrieben werden, kommen nur sehr

wenig seitwärts her und der Durchmesser der wirklich sich drehenden Partie wird gering, während sonst im Allgemeinen die Bewegung gegen das Centrum gerichtet ist.

Die stark convergirende Bewegung bewirkt in den tropischen Gegenden einen starken aufsteigenden Strom. Im Centrum und an einigen Stellen um das Centrum existirt die horizontale Luftbewegung gar nicht, man hat in diesem Raume Windstille. Der gewaltige aufsteigende Strom ist begleitet von einer grossen Menge Wasserdampf. Während die Dampfspannung bei europäischen Wirbelstürmen 5 Mm. bis 8 Mm. ist, kann sie in den tropischen Gegenden, in der warmen und gesättigten Luft, wie man sie bei Orkanen trifft, 30 Mm., also einen vier- bis sechsfachen Werth erreichen. Daher kommt die ausserordentliche Stärke des aufsteigenden Stromes, welche sich auch durch heftige electriche Ausbrüche in der Masse der angehäuften Wolken, die sich täglich über dem centralen Theil des Orkans lagert, offenbart. Es ist klar, dass die barometrische Steigung bei diesen Stürmen ausserordentlich gering wird, die geringe Steigung bestimmt die grosse Geschwindigkeit des Windes. Die Verschiebungsbewegung der tropischen Stürme ist ebenfalls abhängig von dem Gegensatze zwischen dem vorderen und hinteren Rande. Aber dieser Gegensatz ist wenig beträchtlich und die Verschiebung des Centrums ist gering im Vergleiche mit jener in höheren Breiten. Oft ist kein Unterschied zwischen dem Vorder- und Hinterrande und das Centrum bleibt unbeweglich.

Nach Buchan sind in West-Indien die Zustände, unter denen Orkane ihre Entstehung finden, selten, daher auch die Seltenheit dieser Meteore. Die Gegend, wo die Luft am wärmsten und wo der meiste Wasserdampf ist, ist dann nördlich von den Antillen und östlich von Florida gelegen. Das Depressions-Centrum entsteht östlich von den Antillen, bewegt sich in schwingender Bewegung um das Maximum der Dämpfe, geht zuerst nach West, dann nach Nord, und endlich wie ein ausser-tropischer Sturm nach Ost. Der Rand, welcher seine Dämpfe aus der Region des Dampf-Maximums bezieht, wird der vordere.

Sowie sich die Sturmbewegungen in höhere Breiten erheben, wird das Streben, nach rechts sich zu drehen und in der Richtung der Barometersteigung zu wehen, grösser und es wächst der Umfang der Sturmbewegung. Diess geschieht am rapidesten auf dem nach Norden gehenden Zuge. In der Masse, als die Mittelpunkte nach Osten abweichen, wird der Gegensatz zwischen dem vorderen und hinteren Rande deutlicher und die Geschwindigkeit des Centrums nimmt zu.

Wie in dieser Abhandlung mehrere Male erwähnt wurde, gehören die Wasserdämpfe in Betreff der Luftbewegung zu den einflussreichsten Elementen. Es ist daher sehr zu wünschen, dass die Publication der meteorologischen Beobachtungen auch die Dampfspannung umfasse, wenigstens die Stände des trockenen und feuchten Thermometers, was nicht immer der Fall ist. Karten, welche die Vertheilung des Wasserdampfes auf der Erd-

oberfläche darstellten, ähnlich den Temperaturkarten von Dove und den Isobaren von Buchan, wären von grossem Nutzen. Man könnte dann die normalen Beziehungen des Wasserdampfes zum Luftdruck, Temperatur und Wind erkennen, und jede Unregelmässigkeit und ihre Wirkungen erfahren. Ausserdem würden die Intensität des Regens und des Schnees, nämlich die Regenhöhe per Stunde, das Verhältniss zu den anderen meteorologischen Elementen und die Variationen der letzteren in kurzen Zwischenräumen, die Aenderungen in der Atmosphäre und ihre gegenseitigen Einwirkungen aufklären. Dazu sind Stationen mit registrirenden Apparaten nöthig, worunter der Udometer nicht fehlen darf. Je mehr man solche Stationen errichtet und je rascher deren Beobachtungen publicirt werden, desto mehr wird das Studium der unregelmässigen Bewegungen der Atmosphäre Fortschritte machen. Diese Studien, von denen der Erfolg der angenommenen Systeme der Sturmwarnungen abhängt, werden von der grössten Wichtigkeit für das praktische Leben sein. Die Untersuchung der Vertheilung des Wasserdampfes scheint in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit der Vorherbestimmung des Wetters des folgenden Tages von grosser Bedeutung zu sein.

Während barometrische Maxima in der Regel längere Zeit über einem Orte verweilen, sind die barometrischen Minima beständig in rascher Fortbewegung über die Erdoberfläche begriffen. Ueber Europa bewegen sie sich fast stets in östlicher Richtung, selten nach

Nord oder Süd und niemals nach Westen. Im Mittel von 33 Fällen findet Mohn als mittlere Bewegungsrichtung $E 6^{\circ} S$, als mittlere Geschwindigkeit 43 Kilometer per Stunde.

Die barometrischen Minima zeigen eine grosse Schnelligkeit ihrer Fortbewegung bei ihrer Ankunft an den Westküsten von Europa; ihre Geschwindigkeit vermindert sich auf dem Wege über Skandinavien, in Russland wird diese Geschwindigkeit wieder sehr beträchtlich. Eine grössere Regelmässigkeit zeigt sich, wenn man nur die östliche Componente der Bewegung der Centra berücksichtigt; sie vermindert sich in dem Masse, als die Minima vom Meere gegen das Innere des Continents sich bewegen. Während die Bahnen der barometrischen Minima über Nord-Europa sehr regelmässig ohne Ausbuchtungen verlaufen, sind sie im Süden von Europa sehr irregulär gestaltet.

Indem sich die barometrischen Minima auf der Erdoberfläche mit veränderlicher Schnelligkeit und Richtung fortbewegen, bleibt auch die Grösse des Minimums selbst nicht unveränderlich. Der mittlere Druck im Centrum der barometrischen Depression war für den arktischen und atlantischen Ocean 732.5 Mm.; für Skandinavien und Deutschland 728.4; für Russland 739.8. Im Allgemeinen ergibt sich aus den Karten, dass die barometrischen Minima abnehmen, sowie sie bei ihrem Fortschreiten nach Osten in Russland, d. h. in's Festland eindringen. Diese Verminderung der baro-

metrischen Depressionen bei ihrem Eindringen in das Festland ist eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung.

Die barometrischen Minima befinden sich, wie gesagt, in einer fortschreitenden Bewegung, und zwar auf unserem Gebiete von West nach Ost. Es besteht nun ein wesentlicher Unterschied zwischen ihrer vorderen und hinteren Seite. Was die Windstärke betrifft, so ergibt sich aus den Karten folgendes Verhältniss der Zahl der Stürme:

Auf die vordere Partie kommen 25, auf die hintere Partie 35, auf die rechte südliche Seite der Depression 38, auf die linke nördliche 22 Stürme. Auf der rechten Seite erfolgt die Aenderung der Windrichtung in dem Sinne S.O., S., S.W., W., N.W., auf der linken Seite in entgegengesetzter Richtung von O. über N.O. nach N. und N.W.

Denken wir durch das Centrum der Depression eine Linie von S.S.W. nach N.N.E. gezogen, so zeigen die beiden Theile folgendes contrastirendes Verhalten:

Vordere Seite.

Windrichtung: O., S.O., S., S.W., W.; im Allgemeinen ist also die Windrichtung eine südliche.

Das Barometer fällt.

Die Temperatur, Feuchtigkeit und Bewölkung nehmen zu, es finden starke, anhaltende Niederschläge statt.

Hintere Seite.

Windrichtung: W., N.W., N., N.O., O.; im Allgemeinen ist also die resultirende Windrichtung nördlich.

Das Barometer steigt.

Die Temperatur fällt, ebenso vermindert sich der Dampfgehalt, der Himmel hellt sich auf, die Regen hören auf.

Es ist das der bekannte Unterschied der beiden entgegengesetzten Seiten der Windrose, wie ihn Dove zuerst genauer nachgewiesen und durch die contrastirenden Eigenschaften eines südlichen äquatorialen und eines nördlichen polaren Luftstromes erklärt hat.“

XIII.

Theorie der Cyclonen nach Reye. Reye gibt in seinem wiederholt erwähnten Werke folgende Erklärung der Wirbelstürme:

„Wie in den Wirbelwinden und Wettersäulen der verticale, in den meisten Fällen aufsteigende Luftstrom das Ursprüngliche ist, indem er das Heranströmen der Luft zum Fusse, die Abnahme des Luftdruckes, die rasche Bildung von Regen- und Gewitterwolken verursacht und die grössten mechanischen Wirkungen hervorruft: so auch in den Wirbelstürmen. Darauf weist uns auch die ungeheure Menge von Luft hin, welche unten in den Cyclonen allmähig gegen die luftdünne Mitte heranströmt; denn die allermindestens $420\frac{1}{3}$ Millionen Cubikmeter Luft per Secunde, welche tageslang in den Cuba-Orkan eingeströmt sind, können nicht vom Meere verschlungen, sie müssen vielmehr in der Nähe des Centrums aufgestiegen sein. Darauf weisen uns endlich die ausgedehnten Wolkenmassen hin, von

denen die Cyclonen überdeckt sind, und die gewaltigen Regenmengen, die fortwährend aus ihnen herabstürzen. Namentlich diese Regenmengen wären ganz unerklärlich, wenn man die Annahme nicht gelten lassen wollte, dass sie in Form von durchsichtigem Wasserdampf mit der aufsteigenden Luft zu den stets sich erneuernden Wolken emporgetragen werden. Von Jedem aber, der die Gleichartigkeit der erzeugenden Ursachen bei den Wettersäulen und den Wirbelstürmen leugnen will, ist der Nachweis einer bestimmten Grenze zu leisten, wo erstere aufhören und die letzteren beginnen. — Wir werden sehen, dass das Vorhandensein eines starken aufsteigenden Luftstromes im Innern der Cyclonen auch deren Drehungssinn und ihre fortschreitende Bewegung sehr einfach erklärlich macht.

Nur in zwei wichtigen Punkten bedingt die Grösse der Cyclonen eine Abweichung von den Vorstellungen, welche unserer Erklärung der Wirbelwinde und Wettersäulen zu Grunde liegen. Wenn wir bei letzteren von der Voraussetzung eines labilen Gleichgewichts-Zustandes in der Atmosphäre ausgehen durften und mussten, so wird uns diese Voraussetzung für die vielen Tausend Quadrat-Seemeilen der Meeresfläche, welche zugleich oder nach und nach von einem grossen Wirbelsturme betroffen werden, nicht mehr gestattet sein. Und wenn wir zuerst bei Olmsted's Rohrbrand-Wirbelwinden und dann überhaupt bei den Wettersäulen die bald unmerkliche, bald sehr rasche und einmal nach rechts, ein andermal nach links gehende Drehbewegung und ebenso

die fortschreitende Bewegung den Unebenheiten des Bodens und überhaupt ungleichen Verhältnissen rings um den Fuss des Wirbels zuschreiben durften, so ist auch dieses bei Cyclonen von oft tausend Seemeilen Durchmesser und auf offenem Meere nicht mehr zulässig. Dagegen dürfen und müssen wir voraussetzen, dass die untersten Luftschichten im Wirbelsturm und rings um denselben stark mit Wasserdämpfen geschwängert und in den Sommermonaten auch verhältnissmässig stark erwärmt sind.

Lassen wir zunächst die Frage nach der Entstehung der Cyclonen bei Seite, um uns über die Fortdauer einer schon vorhandenen Rechenschaft zu geben, und gehen wir dabei von der Thatsache aus, dass im Innern derselben ein sehr umfangreicher und starker Luftstrom gen Himmel steigt. Die Luft muss bei diesem Aufsteigen, weil sie zugleich um die Cyclonen-Axe rotirt, mehr oder weniger steile Schraubenwindungen beschreiben. Erinnern wir uns, dass dieser aufsteigende Luftstrom z. B. im Cuba-Orkan der untersten, 100 Meter hohen Luftschicht mindestens $420\frac{1}{3}$ Millionen Cubikmeter Luft in jeder Secunde entführte. Da der Luftdruck nach oben hin abnimmt, so dehnen diese Luftmassen sich allmählig aus und kühlen sich zugleich ab; ihr Wasserdampf muss deshalb, sobald sein Sättigungspunkt erreicht ist, sich nach und nach zu Nebel und Wolken verdichten. Wahrscheinlich zeigen uns die losen, fliegenden Sturmwolken unten die zuerst gebildeten nebelartigen Niederschläge, weiter oben aber verdichten sich immer grössere Mengen.

des mitgerissenen Wasserdampfes zu compacten Wolkenmassen, welche selbst in grosser Ferne wie eine düstere, unheilvolle Bank erscheinen. Die zugleich frei werdende latente Wärme des Dampfes verlangsamt die Abkühlung der aufsteigenden Luft, dehnt diese aus und beschleunigt dadurch ihr Emporsteigen. Zugleich erweitert der schon unten sehr breite Luftstrom sich nach allen Seiten, wie auch aus der Thatsache hervorgeht, dass die fliegenden Storm-scuds sich in Spiralwindungen von der Cyclonen-Axe entfernen. In einer uns unbekannten Höhe fliessen diese aufsteigenden Luftmassen nach Verlust des grössten Theiles ihres Dampfgehaltes, der als Regen zu Boden fällt, seitlich ab und breiten so den durch sie gebildeten und stets erneuerten Wolkenteppeich aus bis weit über die Grenzen der Cyclone. Was aber wird unten an der Meeresoberfläche vorgehen?

Unter der emporsteigenden Luftsäule, in welcher durch die freigewordene Wärme des verdichteten Wasserdampfes eine höhere Temperatur herrscht als in ihrer Umgebung, muss der Luftdruck niedriger sein als ringsum. Zu dieser Verdünnungsstelle strömt von allen Seiten, jedoch den vorhandenen Spiralwindungen des Sturmwindes folgend, die Luft heran, anfangs langsam, dann schneller und immer schneller, weil von aussen her der grössere Luftdruck sie treibt. Die Thatsache, dass der Sturmwind um so stärker wüthet, je näher man dem luftdünnen Centralraume kommt, wird hierdurch verständlich. Zugleich dehnt die einströmende Luft allmählig sich aus, z. B. bis um ein Zwanzigstel ihres

anfänglichen Volumens, wenn das Barometer in der Cyclone um $1\frac{1}{2}$ Zoll gefallen ist. So kommt es, dass ihr Dampfgehalt manchmal schon an der Meeresfläche anfängt sich zu verdichten; die Wolken hängen im Innern der Cyclone tief auf das Meer hernieder oder, wie wir im Berichte der Arkona lasen, „Meer und Wolken scheinen sich zu verschlingen“. Diese Ausdehnung der Luft und die mit ihrer Geschwindigkeit und Annäherung an das Centrum doppelt rasch wachsende Centrifugalkraft bewirken, dass die einströmende Luft, noch ehe sie die Cyclonen-Axe wirklich erreicht hat, aufzusteigen beginnt, so einen windstillen oder nur von schwächeren und unregelmässigen Winden erfüllten Centralraum sturmfrei lassend. Ueber einer weiten ringförmigen Fläche, nicht über einer vollen Kreisfläche steigt die Cyclonenluft allmähig, durch ihre Dampfwärme beschleunigt, empor.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir hervorheben, dass manchmal im Centrum eines Wirbelsturmes der Himmel sich aufklärt, während ringsum schwere Wolken sich aufthürmen. So finden wir in Thom's Bericht über die Exmouth-Cyclone vom Mai 1840 (im südlichen indischen Ocean) die folgende Stelle, nachdem zuvor eine grausige Windstille von einer vollen Stunde geschildert ist, in welcher das Quecksilber in der Barometerröhre ganz verschwand: „Um 12 Uhr 20 Minuten (gegen Ende der Windstille) erschien die Sonne auf wenige Minuten und verschwand alsdann, worauf ein schauerlich hohles, entferntes Poltern oder Gerumpel

folgte. Nach wenigen Minuten erhielten wir einen schrecklichen Windstoss aus S.S.O., der das Schiff völlig auf die Seite legte“. Auch im Mauritius-Orkan von 1840 wurde während der Windstille blauer Himmel und auf einige Minuten auch die Sonne sichtbar, während der Sturm ringsum in 10 Minuten Abstand tobte. In dem von Reid veröffentlichten Journal des Schiffes Atlas lesen wir d. d. 14. December 1831: „26° 10' s. Br., 54° 11' ö. L. Um 6 Uhr Abends wurde der Sturm schrecklich, die Masten schwankten wie Weiden, jeden Augenblick sahen wir ihrem Fortgange entgegen. Um 7 Uhr legte sich der Ost-Wind und die Wolken (sky) brachen auf von N. gegen O. Dieses dauerte kurze Zeit, worauf der Sturm oder Orkan eben so wüthend von N.W. bis S.W. losging, von Blitz und Regen begleitet“. Piddington hat verschiedene ähnliche Fälle zusammengestellt; so von zwei Tornado-Cyclonen und namentlich von der Bengalischen Cyclone im October 1849, bei welcher während der zweistündigen centralen Windstille die Sterne sehr klar oben strahlten, inmitten einer dicken Nebelbank ringsum. Im Ganzen aber scheint diese Helle im Centrum, obgleich die Spanier für sie den besonderen Namen „Auge des Sturmes“ besitzen, doch sehr selten einzutreten.

Die rings um das stille Centrum aufsteigenden Luftströme werden so lange fort dauern, als genügende Mengen Wasserdampf mitgerissen werden, um bei ihrer Verdichtung die Luft zu erwärmen und so empor zu treiben. Denn die bewegende Kraft in den Wirbelstürmen

ist diejenige der Wärme, welche durch Condensation atmosphärischen Wasserdampfes frei wird.

Alle Thatsachen sprechen für diese Erklärung der Cyclonen, durch welche vor Allem die rasende Gewalt der Orkane und die ungeheuren Regenmengen, die in ihnen zur Erde fallen, unserem Verständnisse näher rücken. Sie macht auch begreiflich wesshalb die Cyclonen vorzugsweise in den Sommermonaten und am heftigsten über Oceanen und in der heissen Zone auftreten; denn hier und in jenen Monaten enthalten die unteren Luftschichten die grösste Menge Wasserdampf. Die Abnahme des Luftdruckes und die Zunahme der Windgeschwindigkeit nach innen hin, sowie die centrale Windstille sind vorhin schon erklärt worden. Auch über die unregelmässigen, heftigen Windstösse, die in Orkanen vorherrschen und von den Seeleuten besonders gefürchtet werden, können wir uns jetzt Rechenschaft geben.

Jeder Seemann weiss, dass beim Herannahen eines heftigen Regenschauers regelmässig starke Böen oder Windstösse sich fühlbar machen; und auch auf dem Lande, zumal bei Gewittern, erlebt man häufig genug derartige Stürme im Kleinen. Offenbar reissen die schweren und dichten Regentropfen eine Menge Luft mit herab, die vor dem Schauer her heftig nach aussen strömt. Nun ist es sehr wahrscheinlich, dass in Cyclonen der aufsteigende Luftstrom die Regentropfen gleich nach ihrer Bildung zunächst mit emporträgt, bis sie in solcher Menge sich anhäufen, dass sie mit Gewalt sich

einen Weg nach unten bahnen. Diese fallenden Wassermassen drängen mit viel grösserer Gewalt, als ein gewöhnlicher Regenschauer, unten die Luft nach allen Seiten fort; sie verstärken die Sturmgewalt an der einen Seite zu der eines plötzlichen Windstosses, während sie dieselbe auf der entgegengesetzten Seite vielleicht bis zur momentanen Windstille mässigen, auf den übrigen Seiten aber die Richtung des Sturmwindes mehr oder weniger ändern. Hiemit stimmt auch die Thatsache überein, dass die Richtung dieser Böen, welche, wenn einmal gebildet, weithin sich erstrecken können, bedeutenden Schwankungen unterliegt.

Die im Wirbelsturm aufsteigenden Luftmengen müssen, wie schon oben gesagt, in einer uns unbekannten Höhe seitlich abfliessen. Wenn sie nun auch andere daselbst befindliche Wolkenmassen vor sich herschieben mögen und wenn auch dieses Abfliessen in einem sehr grossen Umkreise stattfindet, so ist es doch wahrscheinlich, dass dadurch der Luftdruck am äusseren Rande der Cyclone, wenn auch nur wenig, erhöht wird. Diese Folgerung aus unserer Theorie der Wirbelstürme wird durch mehrfache Beobachtungen bestätigt. So sagt Redfield: „Die Beobachtung hat gezeigt, dass den meisten unserer Winterstürme ein hoher Barometerstand vorhergeht“; und die von ihm veröffentlichte, über 40 Stunden sich erstreckende Barometer-Curve des Kriegsschiffes Vincennes für den Teifun der Bonin-Inseln (27.—29. Oct. 1854) zeigt sehr deutlich dieses Anschwellen des Luftdruckes vor und hinter dem Orkan,

obwohl dasselbe nur etwa eine Linie betrug. Ein anderes interessantes Beispiel gibt Reid. Derselbe befand sich am 1. October 1848, während auf der Westhälfte des atlantischen Oceans nach Newfoundland hinauf ein Sturm tobte, im Postdampfer Medway auf der Osthälfte desselben Oceans. Bei schönem Wetter erhielt das Schiff eine zuerst westliche Dünung, welche zunahm, und am genannten Tage das Schiff im 46. Grad n. Br. und 14. Grad w. L. nahezu aus Norden traf. Reid beobachtete selbst aufmerksam diesen Wogengang, weil er schon vermuthete, dass derselbe von einem sehr entfernten Sturme herrühre. „Während nun der Orkan an der Westseite des atlantischen Oceans wüthete, stiegen zwei Barometer an Bord des Medway einen halben Zoll über ihren gewöhnlichen Stand, und lieferten so einen weiteren Beweis, dass der Luftdruck gerade jenseits der Grenze von Wirbelstürmen steigt.“

Zur Lösung der Frage: „Wie entstehen die Wirbelstürme?“ liefert uns die Beobachtung leider sehr wenig Anhaltspunkte, obgleich wir manchmal ziemlich genau angeben können, wo und wann sie entstehen. So fand Reid, dass der Orkan am 10. September 1846 zwischen den Inseln Trinidad, Margarita, Grenada und Tobago sich gebildet haben müsse. Auf Trinidad fiel an jenem Tage das Barometer auf 29“, 86, und es wurde gegen Norden viel Donner und Blitz wahrgenommen; in Tobago war vor dem 11. das Wetter ungewöhnlich unruhig (boisterous) und der Wind veränderlich, auch regnete es stark am 10. Am 11. verursachte dieser

Sturm auf Barbados und den östlichen Antillen einigen Schaden; doch wehte er, während er nordwärts nach Portorico zu sich bewegte, nicht sehr heftig, sondern nur als gewöhnlicher Sturm. Während er aber fortrückte, wuchs seine Stärke, bis er ein wüthender Orkan wurde. — Ueber den Wirbelsturm vom 18. bis 21. Januar 1860 wird uns berichtet, dass am 17. beinahe rings um die Gegend, wo er entstand, Blitze beobachtet wurden, und dass daselbst das Wetter schwül und drückend war bei leichten Winden. — Piddington hat uns ferner zwei Berichte von Schiffen überliefert, die in der Bai von Bengalen sich innerhalb erst entstehender, heftiger Cyclonen befanden. Wir erfahren daraus, dass am Himmel dichte, tief hängende Wolken sich sammelten, dass es blitzte und in Strömen zu regnen anfang, und dass der Wind in heftigen, immer stärker werdenden Stößen blies. Piddington gibt uns endlich noch den folgenden, aus Peltier's Buch über die Tromben entlehnten Bericht vom Entstehen eines Sturmes:

„Dem Dr. Leymerie verdanke ich den Bericht von einer Trombe, welche er am 2. September 1804 an Bord des Kutters *Le Vautour* wahrnahm. Dieses Schiff segelte mit Kaperbriefen und kam von Cayenne der afrikanischen Küste zu; sie waren nicht weit von Gambia, als dieses Meteor stattfand. Ehe die Trombe sich bildete, herrschte Todtenstille. Der vorhergehende Tag war sehr heiss gewesen und seit dem Morgen hatte sich der Himmel mit zahlreichen dicken Wolken bedeckt. Der Kutter jagte ein englisches Sklavenschiff, als sie plötzlich

eine Wassersäule von etwa 100 Metern sahen, die aus der See sich erhob und aufstieg, um sich mit einer, aus einer Wolke sich herabsenkenden Dunstsäule zu vereinigen. In diesem Augenblicke hörte die Windstille auf und der Sturm (*tempête*) begann heftig zu wehen. Wir haben Dr. Leymerie's Ausdruck Wassersäule beibehalten, obgleich wir überzeugt sind, dass sie nicht von flüssigem Wasser, sondern, wie wiederholt gezeigt, von Wasser in Form dichten Dampfes gebildet wurde. Diese Säule war durch und durch leuchtend; sie hatte ein phosphorescirendes Aussehen und war leicht gelb oder wie ein Hirschkalb gefärbt. Die See selbst war jenen Tag leuchtend und das Schiff liess einen langen Feuerstrich hinter sich. Diese Trombe, sowie der sie begleitende Sturm dauerten vierzehn Stunden und verursachten zahlreiche Schiffbrüche an jenen Küsten. Sie endeten erst am folgenden Tage um 4 Uhr Morgens, so dass sie etwa um 2 Uhr Nachmittags begonnen hatten und einen grossen Theil der Nacht andauerten.“

Auch der Antigua-Orkan vom August 1837 war, wie der oben mitgetheilte Bericht des Capitain Seymour vermuthen lässt, vielleicht aus einer grossen Wasserhose entstanden; bei anderen Cyclonen mag zuerst die rasche Bildung ausgedehnter Gewitterwolken einen starken aufsteigenden Luftstrom hervorgerufen haben; oder auch es mag durch das Vordringen kalter Luftströme in der Wolkenregion eine bedeutende und umfangreiche Störung des atmosphärischen Gleichgewichtes eingetreten sein. Genug, Ursachen lassen sich schon finden, welche unter

günstigen Umständen das erste Emporsteigen der warmen und feuchten unteren Luftschichten in grossem Massstabe veranlassen. Nach der Stelle, wo dieses stattfindet, strömt dann die benachbarte Luft von allen Seiten heran, um ebenfalls aufzusteigen, und der Wasserdampf bewirkt, dass diese Bewegung so bald kein Ende nimmt.

Aber muss nicht auf diese Weise ein centripetaler Sturm an der Erdoberfläche sich bilden? Keineswegs. Sondern wenn unter den aufsteigenden Luftmassen der Luftdruck sich sehr vermindert und der so entstehende Verdünnungsraum ausgedehnt ist, so muss allemal eine wirkliche Cyclone entstehen. Dieses ist eine Folge der Rotation unseres Erdkörpers, wie unseres Wissens zuerst Belt hervorgehoben hat. Zur Erläuterung nehmen wir beispielsweise an, die Luft ströme allseitig aus einer Entfernung von 120 Seemeilen oder zwei Graden des Erdmeridians zur Verdünnungsstelle heran, und zwar anfangs wirklich centripetal. Befindet sich alsdann dieser luftdünne Centralraum auf der nördlichen Erdhälfte, so ist er der Erdaxe näher, als die aus Süden, und weniger nahe, als die aus Norden heranströmenden Luftmassen, und die Geschwindigkeit, mit der er um die Erdaxe rotirt, ist folglich kleiner als diejenige der südlichen und grösser als die der nördlichen Luftströme. Die südlichen müssen desshalb dem Centrum nach Osten zu voraneilen, und die nördlichen hinter demselben nach Westen hin zurückbleiben; und trotz ihrer anfänglichen centralen Bewegung werden diese Luftströme nicht in Radien dem Centrum sich nähern, sondern in Spiralen,

welche von N. über W. nach S. und O., also gegen die Sonne sich winden. Die nachrückenden Luftmassen folgen diesen Windungen, haben aber wegen ihrer Centrifugalkraft und weil der Einfluss der Erdrotation fort dauert, beständig die Tendenz, sie der Kreisform zu nähern, so dass es begreiflich ist, wenn bei ausgedehnten Cyclonen die centripetale Bewegung sehr zurücktritt gegen die um das Centrum kreisende. — Befindet sich das Verdünnungs-Centrum auf der südlichen Erdhälfte, so müssen die allseitig anströmenden Luftmassen aus gleichen Gründen im Sinne N., O., S., W. oder wie ein Uhrzeiger das Centrum umkreisen.

Die von der Erdrotation herrührenden Geschwindigkeits-Componenten der zuströmenden Luft sind übrigens von vornherein gar nicht so unbedeutend, wie man vielleicht annehmen möchte. Befindet sich z. B. das Verdünnungs-Centrum im 20. Grad n. Br., so hat in 120 Seemeilen Entfernung die Luft im Süden eine um 10 Seemeilen grössere und im Norden eine um 11 Seemeilen kleinere Geschwindigkeit nach Osten hin als das Centrum; jene Geschwindigkeits-Unterschiede betragen sogar 20 und 21 Seemeilen per Stunde, wenn das Centrum auf dem vierzigsten Breitengrade sich befindet.

Ohne Zweifel befördert die so entstehende Wirbelbewegung das Andauern und Wachsen der centralen Luftverdünnung und damit zugleich die oft wochenlange Dauer der Cyclonen. Könnte die Luft ohne Wirbelbewegung direct von allen Seiten der Verdünnungsstelle

zuströmen, so würde daselbst 1 bis zu 2 Zoll niedrigerer Barometerstand sich wohl nicht lange erhalten können, auch würden die feuchteren unteren Luftschichten bis auf grosse Entfernungen hin bald erschöpft sein und die latente Wärme des Dampfes würde nach kurzer Zeit aufhören, in Wirksamkeit zu treten. Die amerikanischen Tornados und wohl auch die kleineren See-Tornados bieten uns Beispiele von derartigen, wenn auch äusserst heftigen, doch nach wenigen Seemeilen Weges endenden, kleineren Orkanen, in denen die Drehbewegung weit weniger merklich ist als in grossen Cyclonen. Dass sie schwächer ist, rührt daher, dass der Einfluss der Erdrotation auf die Bewegung der zuströmenden Luft um so geringer wird, je kleiner der Durchmesser der Verdünnungsstelle ist. Die See-Tornados treten zudem vornehmlich in der Nähe des Aequators auf, wo jener Einfluss ohnehin schwächer ist. Denn befände sich z. B. das Centrum der Verdünnung auf dem Aequator selbst, so würde in den zuströmenden Luftmassen gar keine Tendenz zur Drehung vorhanden sein; vielmehr würden sowohl die von Norden als auch die von Süden aus 120 Seemeilen Entfernung zuströmenden Luftmassen nach Westen zu hinter dem Centrum zurückbleiben, jedoch nur mit der unbedeutenden Geschwindigkeits-Differenz von $\frac{4}{7}$ Seemeilen per Stunde. Auch die bekannte Thatsache, dass innerhalb der ersten fünf Grade nördlicher wie südlicher Breite kaum jemals Cyclonen, sondern nur Wasserhosen und allenfalls Tornados beobachtet worden sind, findet in diesem man-

gelnden Antrieb zur Drehbewegung eine ebenso einfache wie ausreichende Erklärung.“

XIV.

Nach Reye's eigenem Geständnisse lässt diese seine Theorie der Wirbelstürme noch sehr viele Fragen offen und zwar über das Umbiegen der Orkanbahnen, über den Einfluss des Festlandes und der Passate auf die Wirbelstürme, über die wahre Form der Cyclonenbasis und über die Regelwidrigkeit mancher Sturmbahnen.

Auf diese und noch andere Fragen, namentlich auf die Frage über die Entstehung der ganz unregelmässigen, jeder kreisenden Windbewegung gerade zuwiderlaufenden, bald von dieser bald von jener Seite her dem Schiffe verderbenbringenden Windstösse; ferner auf die Frage über den Ursprung und über den Ort der Entstehung dieser auf die Meeresfläche so wuchtig herabstürzenden Luftmassen, die als trocken gedacht werden müssen, um nämlich neuen Wasserdampf von dem Meere abheben und mit ihm im sturmfreien Centrum wieder emporsteigen zu können, ferner auf die Frage über die Entstehung der electrischen Erscheinungen und über den Barometerfall und über noch manches Andere dürfte meine Theorie der Luft- und Meeresströmungen, die ich in einem Separat-Abdrucke dieser meiner beiden Vorträge entwickeln werde, befriedigende Antwort geben.

Es erscheint aber hier am Platze, auch die von Dr. Hann erhobenen Bemerkungen über die von Reye vertretene Theorie der fortwährenden Erneue-

rung des barometrischen Minimums im vorderen Theile einer Cyclone anzuführen, die (nach der Zeitschrift der österreichischen Gesellschaft für Meteorologie Bd. VIII, Nr. 7) folgendermassen lauten:

„Es ist der Condensations-Process, der hier am intensivsten stattfindet, der durch die frei werdende Verdunstungswärme einen kräftigen aufsteigenden Luftstrom, eine Luftverdünnung erzeugt. Was Mohr in treffender Weise von den Hagelwettern und Gewittern angeführt hat, dass sie auf eigenen Füßen laufen, das gilt hiernach wohl noch zutreffender von den Wirbelstürmen. Es sind längs ihres Weges Spannkkräfte aufgehäuft in der Atmosphäre in Form von Wasserdampf, die Wirbelstürme setzen sie in lebendige Kraft um, oder besser gesagt, die Wirbelstürme können ihren Weg in der Atmosphäre nur dorthin nehmen, wo sie diese Spannkkräfte aufgehäuft finden. Wie eine solche Ansicht mit einem Male helles Licht werfen würde auf die meisten Eigenthümlichkeiten der Sturmbahnen in tropischen und ektropischen Breiten, darauf wollen wir hier nicht näher eingehen. Mit Recht betont Hr. Reye, dass kaum eine andere Theorie im Stande wäre, die ungeheuere mechanische Kraftleistung der Cyclonen so natürlich zu erklären. Aber gerade, weil diese Ansicht über die Ursache der Luftverdünnung im vorderen Theile eines Wirbelsturmes die meisten Erscheinungen so ungezwungen erläutert, wäre es wünschenswerth, sie in evidenter Weise zu begründen und über jene That-

sachen sich Klarheit zu verschaffen, welche ihr widersprechen oder doch zu widersprechen scheinen.

Hr. Mohn, der zuerst die Rolle, welche der Niederschlagsprocess in den Cyclonen spielt, eingehend erörtert hat, drückt sich noch vorsichtiger aus über die Ursachen der Barometer-Depression im Sturm-Centrum als sein Nachfolger Reye. Er führt deren sechs an, darunter auch den Condensations-Process. Aber nur wenn man diesem letzteren die Hauptrolle zuweisen darf, erklären sich alle Erscheinungen so einfach, wie in Reye's Buche. „Die bewegende Kraft in den Wirbelstürmen ist die der Wärme des verdichteten Wasserdampfes.“

„Man darf nun nicht die Augen verschliessen vor den Thatsachen, welche dieser Annahme im Wege stehen. Es ist nicht unsere Absicht, sie hier möglichst vollzählig anzuführen, wir wollen nur nebenbei auf einige aufmerksam machen. Warum bilden sich Barometer-Minima nicht bei allen Niederschlägen nach dem Maasstabe ihrer Intensität und Ausdehnung? Die intensiveren Niederschläge des Sommers sollten doch stärkere Minima erzeugen als die schwächeren des Winters, die Barometer-Minima werden aber umgekehrt gegen den Sommer hin immer unbedeutender. Es dürfte sich aber kaum nachweisen lassen, dass die Niederschläge des Sommers immer von beschränkterer Ausdehnung seien als die des Winters. Ich will ferner den Fall erwähnen vom 2. und 3. December 1872, als ein barometrisches Minimum an der Westküste von Frankreich ganz regelrecht nach dem Gesetze von Buijs

Ballot einen heftigen Süd Sturm in den Ostalpen erzeugte. Während desselben fiel am Südabhange der Alpen eine ungeheure Niederschlagsmenge, nördlich von den Alpen war die Witterung trocken und heiss; es herrschte Föhnwetter. Warum entstand in Folge dieser enormen Niederschläge über ganz Kärnten, Krain, Görz, dem nördlichen Venetien und Süd-Tirol wenigstens kein secundäres Minimum, warum stürzte im Gegentheil die Luft mit grösster Kraft in die nördlichen Alpenthäler herab? Es ist nicht gestattet anzunehmen, dass jenes Minimum im atlantischen Ocean durch noch heftigere Niederschläge erzeugt worden sei.“

„Je evidenter der Nachweis einer Luftverdünnung und eines dadurch bewirkten Sinkens des Barometers bei einem Niederschlage von Krönig und Reye geführt worden ist, um so schwerer erklärlich wird das Verhalten dieses Instrumentes besonders unter den Tropen. Die ungeheueren Niederschläge während der Regenzeit stören nicht die regelmässige tägliche Oscillation. „Bemerkenswerth ist es,“ sagt Gerolt, dass die tropischen Gewitter, ungeachtet sie viel stärker sind als in Europa, gar keinen Einfluss auf die Quecksilbersäule des Barometers ausüben. Dagegen beobachtet man ein tägliches regelmässiges Fallen und Steigen.“ Und die Regenschüden der Tropenzone darf man durchaus nicht als local ansehen, wenn sie über dem Gürtel, welcher eben Regenzeit hat, sich Tag für Tag wiederholen. „Am Rio Negro,“ sagt Humboldt, „regnet es fast das ganze Jahr, December und Jänner ausgenommen. Ich stellte in

S. Carlos Beobachtungen über die Regenmenge an, die in einer gegebenen Zeit fällt. Ich sah zu verschiedenen Zeiten in 2 Stunden 7·5″, in 3 Stunden 18″, in 9 Stunden 48·2″ Regen fallen. Da es unaufhörlich fort regnet, der Regen ist fein aber sehr dicht, so können in diesen Wäldern jährlich wohl nicht unter 90—100 Zoll Wasser fallen.“ Wir führen diese Stelle an, weil sie die verbreiteten gleichmässigen Aequatorialregen über einem flachen Terrain schildert, während man bei den sündfluthartigen Regen an der Westseite der ostindischen Ghats oder zu Cherrapunjee etwa ihre locale Beschränktheit einwenden könnte. Diess müssten die Orte der tiefsten absoluten Barometer-Minima sein, wenn dieselben durch Niederschläge veranlasst werden könnten.

Bevor man also auf diesem Principe der neueren Sturmtheorie weiter baut (Buijs Ballot's Gesetz und die praktischen Folgerungen sind aber davon unabhängig), scheint es uns unumgänglich nöthig, sich über die Widersprüche klar zu werden, und wo möglich sie aus dem Wege zu räumen.“

„Der Zweck dieser Zeilen sollte aber nicht ein rein negativer sein, wir wollten im Gegentheile zunächst auf eine Erscheinung aufmerksam machen, welche eine treffliche Illustration für einen von Hrn. Mohn theoretisch dargestellten Vorgang bildet. In den „Storm-Atlas“ des norwegischen meteorologischen Institutes S. 18 und noch deutlicher in einem eben erschienenen kleinen Lehrbuche der Meteorologie desselben Verfassers befindet sich eine

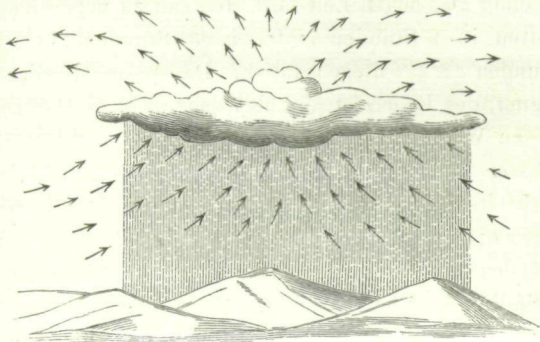


Fig. 1. Luftcirculation über einer Regenwolke nach Mohn.

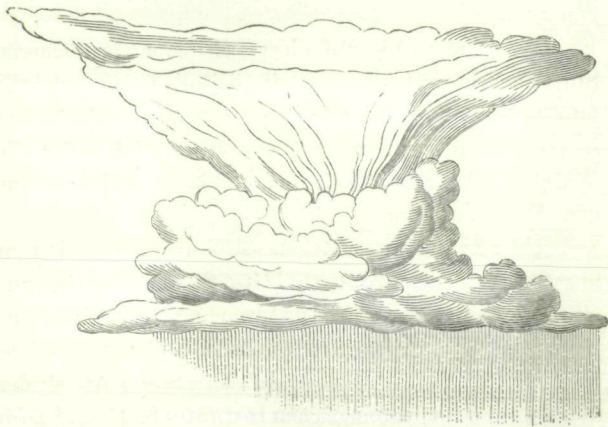


Fig. 2. Gewitterwolke, Cumulostratus mit einem Cirrostratusschirm.

Zeichnung, welche die Luftcirculation um eine Regenwolke darstellt nach dem vorhin angegebenen Principe.

„Diese Zeichnung, welche wir hier reproduciren, hat uns sogleich die Erinnerung an eine im Sommer so häufig auftretende Wolkenform wachgerufen. Wir geben eine kleine annähernde Skizze derselben (die Variationen dieses Typus sind unzählig), welche wohl auch jedem Leser sogleich das oft gesehene Bild lebhaft vor Augen führen wird. Wir haben uns viele Jahre hindurch mit Vorliebe der Beobachtung über die Bildung der Gewitter hingegeben und haben stets beobachten können, dass die mächtig angeschwollenen Cumulusmassen vor dem Ausbruch des Gewitters stets ihre obersten Kuppen verflachen und sich mit einem höheren, dünnen Wolkenschirme (einer echten Cirrostratuswolke) bedecken. Dieser Wolkenschirm wächst von unten aus den dichten Cumulusmassen empor, sobald der Niederschlag beginnt oder sehr heftig wird. In einer 1863 in den Schriften des österreichischen Alpenvereines Bd. I erschienenen Abhandlung: „Die Nachmittagsgewitter in den Alpenthälern“ haben wir diesen Vorgang ausführlicher geschildert und auch zu erklären gesucht. Es heisst dort unter Anderem: „Mit der zunehmenden Verdichtung und Vergrösserung der Cumuli geht eine Veränderung in ihnen vor. Ihre Kuppen, früher dicht geballt und abgerundet, verflachen sich, wallen gleichsam über und verwandeln sich in eine gleichförmige, streifige, dünne, immer weiter nach allen Seiten sich ausdehnende höhere Wolkendecke, die ober dem dunklen

dichten Wolkenballen wie ein breiter Schirm ruht. Es ist interessant zu beobachten, wie schnell sich diese Wolkendecke oft weit hinweg vom eigentlichen Herde des Gewitters ausbreitet und mit ihrem streifigen trübweissen Schleier den grössten Theil des Himmels einnimmt.“

„Diese Cirrostratusdecke bildet sich regelmässig über den sehr angeschwollenen Haufenwolken (Cumulostratus). Wie die Wolkenmasse sich verdichtet, steigt die Luft durch die frei gewordene Wärme des verdichteten Wasserdampfes erwärmt über der Wolke von Neuem in die Höhe, um sich oben auszubreiten und nach allen Seiten hin abzufließen, wobei sie sich wieder abkühlt, beständig einen Theil ihrer Feuchtigkeit niederschlägt und so eine höhere, dünnere verbreitete Wolkenschichte bildet.

„Während dieser Umwandlung der Wolkenformen in Folge des stärkeren Niederschlages erstreckt sich dieser als Regen allmählig durch die tieferen Luftschichten bis zum Boden; man sieht erst einzelne graue Streifen, dann dichte Regensäulen niedergehen und alsbald beginnt auch der Donner zu rollen.“

„Die Nachmittagsstunden zwischen 2 und 5^h sind die Zeit, während welcher der Ausbruch dieser Gewitter am häufigsten erfolgt. In ihrer Verbreitung sind sie beschränkt, bei der Ruhe der Atmosphäre, die ihre Ausbildung begünstigt, verweilen sie über dem Orte ihrer Entstehung und toben sich über einigen Thälern und Gebirgstheilen aus. Eine oder zwei Stunden nach dem Ausbruche des Gewitters rollt der Donner schon in längeren Pausen; der dunkle Regenschleier, der die

Gebirge verhüllte, löst sich wieder in einzelne Streifen auf; die schweren Wolkenmassen sind in verwaschenen, eintönig grauen Nimbus übergegangen. Electriche Entladung und schwerer Regen hören endlich ganz auf. Klar und im tiefen feuchten Blau erscheinen wieder die Gebirgsgipfel über den Nebelstreifen der Thäler. Bloss die bewegungslose, weithin den Himmel verschleiernde Cirrostratus-Decke mahnt noch an den Aufbruch der Elemente, der auf einem kleinen Umkreise stattgefunden hat. Die Sonne geht getrübt unter, aber mit Einbruch der Nacht schimmern schon die helleren Sterne durch die dünne Dunstschichte.“

„Diess ist eine getreue, auf zahlreichen Beobachtungen beruhende Schilderung unserer localen Alpengewitter. Ganz ähnlich hat auch Bates am Amazonas-Strom die hohe unbewegliche Cirrostratus-Wolke über dem Gewitterherd geschildert. Sie ist unzweifelhaft das Product des Emporsteigens der Luft über dem Niederschlagsherd. Aber die untere Luftcirculation findet nach unseren Erfahrungen in etwas anderer Weise statt, als Mohn sie theoretisch darstellt. Unter der Gewitter- und Regenwolke stürzt kalte Luft herab, darin hat Mohr vollkommen Recht. Die kühle Luft strömt auf allen Seiten unten an der Erdoberfläche vom Gewitterherd nach aussen, das Zuströmen findet erst in grösserer Höhe statt, wahrscheinlich in der des Condensationsherdes. Wie oft haben wir beobachten können, wie die Ränder der unteren schweren Wolkenmassen rasch nach aussen anwachsen und Wolke an Wolke von aussen

sich ansetzte. Einen von allen Seiten gegen das Gewitter gerichteten Wind hat wohl noch Niemand beobachtet. Bekannt ist die Erscheinung, dass, wenn eine allgemein herrschende Luftströmung ein vorüberziehendes Gewitter bringt, sich bei dessen Eintreten der Wind verstärkt, kurz nach dem Vorübergange des Gewitters tritt aber einige Zeit Windstille ein, erst nach Verlauf längerer Zeit wird der allgemein herrschende Wind, der das Gewitter brachte, hinter demselben wieder fühlbar.

Die Gewitter- und die Hagelwetter besonders sind unzweifelhaft grösstentheils der Process der Wiederherstellung des Gleichgewichtes der übereinander lagernden atmosphärischen Schichten, ein Product der auf- und niedersinkenden Ströme, der Wärmeausgleichung zwischen den oberen und unteren Luftschichten.

Die Wirbelstürme sind diess in noch erhöhterem Maasstabe, aber in wie weit die Entstehung der barometrischen Minima in deren Centrum von dem aufsteigenden Luftstrome und der Condensation des Wasserdampfes abhängig ist, das ist ein noch unerledigter Gegenstand, der des sorgfältigsten Studiums werth erscheint.

Gegenüber diesen Einwendungen fand sich Reye veranlasst Folgendes zur Vertheidigung seiner Theorie hervorzuheben:

„In meinem Buche über die Wirbelstürme habe ich alle wesentlichen Erscheinungen, welche diese gewaltigen Meteore begleiten, zu erklären gesucht durch den

im Innern emporsteigenden, mächtigen Strom feuchter und erwärmter Luft. Für die Existenz dieses aufsteigenden Luftstromes konnte ich zahlreiche Beweise anführen; für einen der am genauesten untersuchten Orkane, denjenigen von Cuba (4. bis 7. October 1844), dessen orkanartiger innerer Theil einen Durchmesser von 500 englischen oder mehr als 100 geographischen Meilen hatte, konnte ich sogar die Stärke des aufsteigenden Stromes berechnen, und nachweisen, dass durch ihn die Luftmasse der Cyclone von $5\frac{1}{3}$ zu $5\frac{1}{3}$ Stunden völlig erneuert wurde. An der Meeresfläche strömen, wie die sorgfältigen Beobachtungen von Redfield, Thom, Piddington, Meldrum, Buys-Ballot, Mohn u. A. gelehrt haben, die wasserdampfreichen untersten Luftschichten in Spiralwindungen dem Centrum zu, wobei sie allmählig ihre rasende Geschwindigkeit erhalten; sie steigen dann empor und erkalten, weil sie wegen Abnahme des Luftdruckes sich ausdehnen; der mitgeführte Wasserdampf verdichtet sich deshalb zu den mächtigen Wolkenmassen, von denen jede Cyclone bis weit über ihre Grenzen hinaus überdeckt ist und stürzt aus diesen in heftigen Regengüssen hernieder; zugleich dehnt die freiwerdende latente Wärme dieses Dampfes die aufsteigende Luft noch stärker aus und vermehrt ihren Auftrieb. Ich bezeichnete deshalb die Wärme des verdichteten Wasserdampfes als die bewegende Kraft in den Wirbelstürmen; diese letzteren könnte man mit Recht die ersten und mächtigsten Dampfmaschinen der Erde nennen.“

„Der aufsteigende Luftstrom kann nur so lange andauern, als eine Temperatur in Folge der freigewordenen Dampfwärme diejenige der umgebenden Luftschichten durchschnittlich übersteigt. Wegen dieser höheren Temperatur aber muss der Luftdruck unter dem aufsteigenden Strome geringer sein als ringsum an den Rändern der Cyclone. In letzter Linie halte ich demnach, wie zuerst Espy, den Condensations-Process für die Ursache des niedrigen Barometerstandes innerhalb der Wirbelstürme. Dass barometrische Minima auch auf andere Weise entstehen können, z. B. durch den warmen Aequatorial-Strom oder durch directe Erwärmung der Luft über wasserlosen Wüsten und Steppen, will ich damit nicht in Zweifel ziehen; auch möchte ich keineswegs behaupten, dass jede rasche Bildung von ausgedehnten Wolkenmassen ein barometrisches Minimum zur Folge haben müsse.

Gegen diese Erklärung der Abnahme des Luftdruckes in Cyclonen hat nun Herr Dr. Hann den sehr beachtenswerthen Einwand erhoben: „Warum bilden sich Barometer-Minima nicht bei allen Niederschlägen nach dem Maasstabe ihrer Intensität und Ausdehnung?“ Zugleich führt derselbe verschiedene Thatsachen an, die mit jener Erklärung in Widerspruch zu stehen scheinen. Gerne mache ich Gebrauch von einer Einladung mich in der Zeitschrift für Meteorologie über diese von gewichtiger Seite geltend gemachten Bedenken auszusprechen. Verständigen wir uns vor Allem über den Standpunkt, von welchem aus sie aufzufassen sein dürften.“

„Die Grundlage für meine Erklärung der Wirbelstürme bildet, abgesehen von dem massenhaften Beobachtungs-Materiale und von ihrer Gleichartigkeit mit den gewöhnlichen Wirbelwinden und Wettersäulen, das Spannungsgesetz feuchter atmosphärischer Luft. Dieses Gesetz und die übrigen Ergebnisse meiner Rechnungen stützen sich auf keinerlei Hypothesen, sondern sind ebenso zuverlässig wie die durch zahlreiche Messungen festgestellten Spannungs- und Wärmegesetze des gesättigten Wasserdampfes und der Luft. Auch Hr. Hann hält Krönig's und meinen Nachweis einer Luftverdünnung bei der Wolkenbildung für evident; jene durch Rechnung sichergestellten Gesetze bilden deshalb einen unbestrittenen Ausgangspunkt für unsere Erörterung.

Von diesem Standpunkte aus betrachtet, treffen aber die Einwände des Hrn. Dr. Hann die von mir vertretene Erklärung der Barometer-Minima in Cyclonen durchaus nicht; denn dieselbe beruht ja eben auf jenen unbestrittenen Gesetzen. Wie das Fallgesetz seine Gültigkeit behält, obgleich weder die grünen Zweige von den Bäumen, noch die Wolken vom Himmel herabfallen, so auch das Spannungsgesetz feuchter Luft und was aus ihm gefolgert wird, obgleich manche ausgedehnte und starke Niederschläge kein barometrisches Minimum zur Folge haben mögen. Derartige Thatsachen beweisen nur, dass es Ursachen gibt, welche trotz jenes Gesetzes die Bildung eines Minimums an der Stelle des Niederschlages verhindern. Wir wollen einige solche Ursachen

unter besonderer Berücksichtigung der in jenem Artikel hervorgehobenen Thatsachen anführen.

Wenn der warme und relativ feuchte Aequatorialstrom durch den kälteren Polarstrom an der Erdoberfläche verdrängt wird und nach oben hin ausweicht, so werden seine Luftmassen durch die Expansion und durch die Berührung und Mischung mit kälterer Luft sich abkühlen; es können in Folge dessen ausgedehnte Niederschläge eintreten und doch wird das Barometer nicht fallen, sondern steigen, weil kalte, schwere Luft an die Stelle der warmen, leichteren tritt. Der Umstand, dass der Temperatur-Unterschied des polaren und des äquatorialen Stromes bei uns im Winter grösser ist als im Sommer, mag mit dazu beitragen, dass in unseren Breiten die Barometer-Minima trotz schwächerer Niederschläge im Winter stärker sind als im Sommer; doch ist ausserdem wohl zu beachten, dass der Wasserdampf, wenn er in Form von Schnee sich niederschlägt, viel mehr Wärme an die Luft abgibt, als wenn er sich bloss zu Regen verdichtet. In der heissen Zone, wo diese Unterschiede wegfallen, scheinen die Barometer-Minima der wärmeren Monate die stärkeren zu sein; wenigstens kommen dort die Cyclonen-Minima fast nur in den heissen Monaten vor.

Sehr starke Niederschläge ohne ein Sinken des Barometers können ferner eintreten, wenn die Luftschicht, in welcher der Wasserdampf sich condensirt, nicht nach oben hin, sondern seitlich abfliesst und sich beständig von einer anderen Seite her erneuert; das Ge-

wicht der ganzen Luftsäule, welche auf das Quecksilber drückt, kann sich in diesem Falle nicht wesentlich vermindern. Ich glaube, dass ein solcher Fall am 2. und 3. December 1872 am Südabhange der Alpen eintrat. Wie Herr Hann bemerkt, wurde damals ganz regelrecht durch ein barometrisches Minimum, welches an der französischen Westküste herrschte, ein heftiger Süd Sturm in den Ostalpen erzeugt. Die Luft strömte demnach vom Mittelmeere gegen die Alpen heran und musste diese überschreiten, ihr Wasserdampf verdichtete sich beim Aufsteigen zum Hochgebirge zu Wolken, und diese überschütteten ganz Kärnten, Krain, Görz, das nördliche Venetien und Süd-Tirol mit enormen Regemengen. Aber trotz der frei gewordenen Wärme des Wasserdampfes entwich die Luft nicht nach oben hin, sie bildete nicht eine hohe Säule warmer Luft, unter welcher ein secundäres barometrisches Minimum hätte auftreten können, sondern weil nördlich von den Alpen der Luftdruck geringer war, so stürzte sie als trockener, heisser Föhn in die nördlichen Alpenthäler hinab. Ihre Wärme kam schliesslich dem Minimum im atlantischen Ocean zu gute, wenn sie dasselbe überhaupt erreichte. Diese Erklärung der Witterungsverhältnisse vom 2. und 3. December 1872 steht, wie ich glaube, in Uebereinstimmung mit Herrn Hann's eigener Auffassung des Föhnwindes.“

„Bei dieser Gelegenheit möchte ich nochmals betonen, dass Espy sehr im Irrthum war, wenn er behauptete, überall, wo in zufällig emporgehobenen Luft-

massen sich Wasserdampf verdichte, sei die frei werdende Verdunstungswärme gross genug, um die Luft zum weiteren Aufsteigen zu zwingen. Vielmehr beweisen meine Rechnungen, dass für die Bildung eines aufsteigenden Stromes eine mehr oder minder rasche Abnahme der Lufttemperatur mit der Höhe unbedingt erforderlich ist. Wenn am 2. und 3. December 1872 diese Temperaturabnahme in den Alpen nicht gross genug war, so musste die ihres Wasserdampfes entledigte Luft trotz der ihr mitgetheilten Wärme sich herabsenken, sobald die Bodenverhältnisse sie nicht mehr zwangen, emporzusteigen.“

„Wenn über einem gebirgigen Lande die Abnahme der Lufttemperatur nach oben hin so gering ist, dass ein Luftquantum, wenn es ohne Zuführung von Wärme in eine höhere Region versetzt wird, kälter wird als seine neue Umgebung und desshalb wieder herabzusinken strebt, so werden dennoch an sonnigen Gebirgsabhängen aufsteigende Luftströme sich bilden müssen. Denn durch die Berührung mit dem warmen Boden nimmt die Luft eine höhere Temperatur an, als die in gleichem Niveau über den Thälern befindliche Luft, und diese Erwärmung dauert fort, während sie am Gelände emporsteigt. Die aufsteigende Luft kann sich jedoch unter der genannten Voraussetzung nur wenig über den Kamm des Gebirges erheben und folglich keine beträchtliche Abnahme des Luftdruckes hervorrufen; sie muss seitlich entweichen, und mit ihr müssen die Wolken, welche

sich etwa aus dem mitgeführten Wasserdampfe bilden, sich seitlich ausbreiten.“

„Vielleicht findet in dieser Bemerkung die von Herrn Hann citirte Notiz Gerolt's über die mexikanischen Gewitter ihre Erklärung. Gerolt erzählt, dass die meisten dieser Gewitter sich in den geheimnissvollen Werkstätten der Riesengebirge Popocatepetl und Izataccihuatl bilden; „von dort ziehen die gewitterschwangeren Wolken unter stetem Donnern aus, um sich in den umliegenden Gegenden zu entladen. In der Regenzeit ziehen sich diese Gewitter gegen Nordwest in das Thal von Mexiko, in der Regel Nachmittags; auf der anderen Seite der Gebirgskette aber, nach dem südlichen Abhange des Popocatepetl hin, ergiessen sich die Regenströme gewöhnlich etwas später gegen Abend in die tiefer gelegene Ebene“. Der kegelförmige Gipfel des Popocatepetl liegt 10.246 und der nur $\frac{1}{2}$ Stunde lange zerrissene Kamm des Izataccihuatl 8330 englische Fuss höher als Mexiko; und dass gerade an solchen Gebirgsgipfeln leicht Wolken sich bilden, lehrt in Uebereinstimmung mit der vorstehenden Erörterung die Erfahrung aller Gebirgsländer. „Bemerkenswerth ist, dass diese tropischen Gewitter, ungeachtet sie viel stärker sind als in Europa und namentlich in Deutschland, gar keinen Einfluss auf die Quecksilbersäule des Barometers ausüben;“ allerdings bemerkenswerth, aber nach dem vorhin Gesagten dennoch, wie mir scheint, ganz begreiflich.

Was Gerolt von dem ungestörten Gange des Barometers sagt, bezieht sich noch dazu auf Mexiko, nicht aber auf den 20 Stunden entfernten Popocatepetl, wo die Gewitterwolken sich bilden. Es kann ja sein, dass auf den Gebirgsgipfeln, wo der Wasserdampf sich zu Wolken condensirt, zugleich der Luftdruck abnimmt; aber desshalb braucht doch das Barometer nicht auch dort, wo 20 Stunden entfernt die Wolken sich entladen, zu sinken. Auch die Wolkenmassen der Wirbelstürme thürmen sich nicht bloss über dem luftdünnen Centralraum empor, sondern, um mit Thom zu reden: „Hunderte von Meilen weit auf allen Seiten des Wirbels lagert eine dichte Wolkenschicht, welche in Strömen und ohne Unterbrechung Regen ausgiesst“. Nicht wo es regnet, sondern wo sich ohne äusserliche Wärmeentziehung Wolken bilden, muss die Luft sich nothwendig ausdehnen.“

„Aber auch durch Wärmeentziehung können sich Wolken bilden, wenn nämlich die Luft durch Leitung oder Strahlung sich abkühlt; und auch in diesem Falle kann ein Sinken des Barometers nicht die Folge sein. Die schweren kalten Nebel, welche beim Eintritt des Winters unser Klima so unerfreulich machen, indem sie oft Wochen lang die Thäler der Schweiz, die ganze Rheinebene und (als tiefschwebende Wolken) einen grossen Theil von Mittel- und Norddeutschland des Sonnenlichtes berauben, entstehen auf diese Weise. Gar oft habe ich mich in Zürich auf dem Uetliberge des prachtvollen Schauspieles dieses Wolkenmeeres erfreut,

wenn die Nebelschicht sich tief herabgesenkt hatte und ihre Dicke 1500 Fuss nicht überstieg. Alles ringsum war überdeckt von einem bald glatten, bald wunderbar wogenden Meere weissen Nebels, der das Sonnenlicht oft blendend zurückwarf; nur die höheren Berggipfel, der Jura, Rigi, Pilatus, und vor Allem die schneeweisse langgestreckte Kette der Alpen ragten daraus hervor, und das Ganze überdeckte ein reiner, tiefblauer Himmel.

Trotz aller angeführten Fälle, in denen sich Wolken bilden, ohne dass deshalb das Barometer fällt, stimme ich Herrn Hann gerne darin bei, dass ein Land, über welches fortwährend ausgedehnte und heftige Regenmassen sich ergiessen, zugleich ein Ort des tiefsten Barometerstandes sein müsse. Herr Hann scheint das Gebiet des Rio Negro, wo es nach Humboldt's Angabe fast das ganze Jahr, mit Ausnahme von December und Jänner, regnet, für ein solches Land zu halten, und vielleicht steht ja auch dort das Barometer niedriger als an anderen Orten von gleichem Niveau; aber wegen der weiteren Angaben Humboldt's kann ich diese Meinung nicht theilen. Humboldt sagt: „Da es unaufhörlich fortregnet (der Regen ist fein, aber sehr dicht), so können, glaube ich, in diesen Wäldern jährlich nicht wohl unter 90 bis 100 Zoll Wasser fallen“. Diese Regenhöhe ist nur etwa $4\frac{1}{2}$ mal so gross wie diejenige Berlins und überhaupt Norddeutschlands, wobei sehr zu beachten ist, dass es in Berlin keineswegs 10 Monate lang regnet. Aber nehmen wir an, Humboldt habe sich geirrt, und es regne am Rio Negro nicht 100, sondern 200 Zoll

jährlich; das gäbe auf 10 Regenmonate vertheilt stündlich $\frac{1}{3}$ Linie oder täglich $\frac{2}{3}$ Zoll, wobei von „Regenfluthen“ und „ungeheuren Niederschlägen“ doch wohl keine Rede sein kann. Dass Humboldt zu verschiedenen Zeiten in 2 Stunden 7·5“, in 3 Stunden 18“, in 9 Stunden 48·2“ Regen hat fallen sehen, war offenbar ihm selber kein Beweis dafür, dass es überall am Rio Negro 10 Monate lang mit dieser Heftigkeit regne, er hätte sonst die jährliche Regenhöhe zu 2400 bis 3600 Zoll angegeben. Die Luftverdünnung, welche durch die latente Wärme der 200 Zoll Regen allmählig hervorgerufen wird, kann sich ebenso allmählig während der 10 Regenmonate ausgleichen, so dass sie auf den Barometerstand wohl kaum Einfluss übt.

Auch bei localen Gewittern, selbst wenn dieselben sehr starke Niederschläge hervorrufen, scheint die zugleich erfolgende Luftverdünnung sich sehr rasch auszugleichen, weil die Condensationsstellen einen verhältnissmässig sehr kleinen Raum in unserem ungeheueren Luftmeere einnehmen.“

„Gewiss lässt meine Erklärung der Wirbelstürme noch sehr viele Fragen offen; ich selbst habe darauf hingewiesen, dass namentlich über das Umbiegen der Orkanbahnen, über den Einfluss des Festlandes und der Passate auf die Wirbelstürme, über die wahre Form der Cyclonenbasis und über die Regelwidrigkeit mancher Sturmbahnen weitere Forschungen sehr zu wünschen seien. Aber gerade die Erklärung des aufsteigenden Luftstromes und der unter ihm vorhandenen Barometer-

Depression beruht auf so sicheren physikalischen Gesetzen, dass ich glaube, jede ihr scheinbar widersprechende Erscheinung wird schliesslich sogar zu ihrer Bestätigung dienen.

Ich benutze diese Gelegenheit zur Aufklärung eines kleinen Missverständnisses. Herr Dr. Hann hält den Grund, welchen ich für die Erweiterung der Wirbelstürme bei ihrem Uebergange in höhere Breiten anführe, für unzureichend; er sagt: „Die relative Feuchtigkeit kann hiefür nicht massgebend sein, wie Reye glaubt, denn sie ist über den Meeren und Küsten kaum nach den Breitengraden verschieden“. Der von mir angeführte Grund jener Verbreiterung ist die Abnahme der absoluten (nicht der relativen) Feuchtigkeit mit zunehmender Breite, also die durch Beobachtungen festgestellte Thatsache, dass der Thaupunkt in der gemässigten Zone tiefer liegt als unter den Tropen.“

Soweit die Gegenbemerkungen des Herrn Reye auf die Einwendungen des Herrn Dr. Hann gegen einige Punkte der jedenfalls sehr geistreichen Theorie des Ersteren.

Schlusswort.

Ich hätte somit den jetzigen Stand der Lehre von den verschiedenen Luftströmungen, die wir

Winde und Stürme nennen, des Näheren auseinander-gesetzt, und somit auch ein bedeutendes Capitel, wohl das wichtigste aus der Meteorologie, in ziemlich erschöpfender Weise einem Kreise bekannt gemacht, der dieser jungen, hoffnungsvollen Wissenschaft bis jetzt, vielleicht mehr weniger ferne gestanden ist, der aber schon vermöge seines Vereinszweckes: „Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse“ zur regen Theilnahme an dieser Wissenschaft berufen ist.

Dieser jüngste Zweig der Naturwissenschaft, die Meteorologie, hat zwar in verhältnissmässig sehr kurzer Zeit schon grosse Fortschritte gemacht, ist jedoch, wie selbstverständlich, bei weitem noch nicht, auch nicht im Capitel über die Luftströmungen, trotz der vorne aufgeführten geistreichen Theorien hierüber, namentlich jene von Dove, Hann, Mohn, Reye, dessen ausgezeichneten, ungemein interessanten Werkes im Vorhergehenden schon wiederholt gedacht worden ist, u. A., zu einem festen Abschlusse gelangt, und gibt es hierin, nicht minder auch in den übrigen Capiteln der Meteorologie, noch Vieles aufzuhellen, näher zu begründen, ja selbst zu berichtigen.

Dieses mit Zuhilfenahme gewisser, bisher wenig oder gar nicht berücksichtigten physikalischen Factoren zu versuchen, habe ich mir in einer demnächst (bei C. Gerold's Sohn) erscheinenden Broschüre, welche das von mir in diesem Jahrbuche Veröffentlichte vollständig enthalten wird, zur besonderen Aufgabe gemacht, auf

welche aufmerksam zu machen, ich mir hiermit erlaube*).

*) Auf diese Abhandlung reflectirende P. T. Vereinsmitglieder wollen wegen deren Bezug zum ermässigten Preise sich an den Verfasser direct wenden.
