Ueber die Ursachen der Veränderlichkeit des Wetters und die Möglichkeit seiner Vorausbestimmung.

Es ist unbedingt die schwierigste Aufgabe der Physik, die Wirkungen der Naturkräfte im Großen, wie sie sich namentlich in den Witterungserscheinungen zeigen, genügend zu erklären. Während der Physiker von denjenigen Thätigkeitsäußerungen der Naturkräfte, die er mit seinen Apparaten und auf seinem Zimmer nach Belieben hervorzubringen vermag, durch Versuche nach und nach die eigentlich wirkenden Ursachen ermitteln und allgemeinere Gesetze finden kann, ist ihm bei Beobachtung der Witterungserscheinungen nicht vergönnt, dieselben bis zu ihrem Ursprung zu verfolgen und alle die Umstände zu übersehen, die auf ihre Entstehung und weitere Entwickelung Einfluß gehabt haben. Hier ist der Weg, um hinter die Geheimnisse der Natur zu kommen, ungleich länger, mühevoller und unsicherer. Vor allen Dingen mußten erst durch regelmäßig und ununterbrochen lange Reihen von Jahren hindurch fortgesetzte Wetterbeobachtungen an möglichst vielen Orten und in den verschiedensten Regionen der Erde die Witterungsverhältnisse derselben hinreichend bekannt werden, ehe man mit einiger Sicherheit den Versuch machen konnte, alle die ermittelten Thatsachen an den sie verbindenden Faden der Theorie zu reihen. Wenn man berücksichtiget, daß erst im vorigen Jahrhundert der Anfang mit derartigen Beobachtungen gemacht worden ist, und nur in wenigen und nicht hinreichend von einander entfernten Orten, daß lange Zeit verging, ehe man die zweckmäßigste Art und Weise sie anzustellen kennen lernte, und die dazu nöthigen Instrumente anfangs theils fehlten, theils nicht den erforderlichen Grad von Zuverläßigkeit hatten, so kann es nicht auffallen, daß es erst in neuster Zeit gelungen ist, eine Theorie aufzustellen, welche nicht bloß Einzelnes erklärt, sondern auf Grund einfacher unzweifelhafter Naturgesetze die Witterungserscheinungen in ihrer Gesammtheit und ihrem innern Zusammenhange umfaßt. Wir haben sie hauptsächlich den Forschungen Dove's, des größten Meteorologen der Gegenwart zu verdanken, der sie im Jahre 1837 zuerst in ihrem ganzen Umfange bekannt machte. Seitdem ist sie von ihm und Andern durch zahlreiche Beobachtungen in den verschiedensten Gegenden der Erde geprüft, bestätigt und erweitert worden. Nach dieser Theorie sind es die Luftströmungen, die in der gemäßigten Zone, wie überall auf der Erde, auf die Witterungsverhältnisse den wesentlichsten Einfluß ausüben. Wollen wir also die Ursachen der Veränderlichkeit des Wetters kennen lernen, um daran die Frage nach der Vorausbestimmung desselben zu knüpfen, so werden wir uns zunächst mit dem Ursprung und der Natur der Winde bekannt machen müssen, so weit sie die gemäßigte Zone berühren.

Bekanntlich hat die Luft in höherem Grade wie jeder andre Körper die Eigenschaft, durch zunehmende Wärme ausgedehnt und leichter, bei abnehmender Wärme aber dichter und somit schwerer zu werden. Wenn demnach zwischen zwei mehr oder weniger ausgedehnten angrenzenden Räumen

der Erdoberfläche eine bedeutende Temperaturdifferenz statt findet, so wird eine Störung des atmosphärischen Gleichgewichts eintreten. Die kältere und schwerere Luft wird in horizontaler Richtung nach der Gegend hinströmen, wo sie in der mehr erwärmten und dadurch leichter gewordenen Luft einen geringeren Widerstand findet, während diese in die Höhe steigt, bis sie in eine Region kommt, wo sie Luft von gleicher Dichtigkeit findet. Dieser aufsteigende Strom wird dann oben seitlich nach der kälteren Umgebung abfließen und, allmählich abgekühlt und schwerer geworden, sich senken und mehr oder weniger weit entfernt von dem Orte seines Ursprungs die Erdoberfläche erreichen, so daß bei diesem Vorgange ein vollständiger Kreislauf statt findet, der so lange fortdauert, als die Ursache der atmosphärischen Gleichgewichtsstörung, nämlich die intensivere Erwärmung der betreffenden Stelle.

Von dieser doppelten Luftströmung kann man sich im Kleinen in bekannter Weise überzeugen, wenn man eine Kerzenflamme in verschiedener Höhe an der geöffneten Thüre anbringt, welche zwei ungleich erwärmte Räume mit einander verbindet. Die Bewegung der Flamme zeigt, daß die Luft unten aus dem kälteren Raume in den wärmeren strömt, während sie oben aus dem wärmeren in den kälteren abfließt.

In der Natur finden wir ein sehr instructives Beispiel zu dem beschriebenen Vorgange in den Land- und Seewinden, die sich auf den Inseln und an den Küstengegenden zwischen den Wendekreisen zeigen. Hier weht der Wind den Tag über von der See nach dem Lande, in der Nacht in umgekehrter Richtung, beide Winde durch eine Zeit der Windstille von einander getrennt. Die leicht erkennbare Ursache ist die ungleiche Erwärmung der See und des Landes durch die Sonne. Es ist eine bekannte Thatsache, daß der feste Erdboden durch die Sonnenstrahlen schneller und intensiver erwärmt wird als das Wasser, aber auch schneller sich wieder abkühlt. Bei Tage wird mithin die Luft über dem Lande mehr erwärmt als über dem Meere. Daher strömt die kältere und dichtere Seeluft nach dem Lande zu, wo sie in der dort mehr erwärmten und aufgelockerten Luft einen geringeren Widerstand findet, während diese in die Höhe steigt und oben wieder nach dem Meere zu abfließt. Gegen Abend wird die Temperaturdifferenz zwischen Land und Meer immer geringer, bis sie endlich ganz verschwindet und somit Druck und Gegendruck zwischen Land- und Seeluft gleich wird. Dann tritt für einige Zeit eine Windstille ein. Wenn dann mit Einbruch der Nacht die Luft über dem Lande kälter wird als die Seeluft, so erhebt sich allmählich der Landwind, und mit zunehmender Abkühlung des Landes und zunehmender Temperaturdifferenz zwischen Land und Seeluft wächst seine Intensität, bis sie bei Sonnenaufgang ihr Maximum erreicht. Mit steigender Sonne läßt er bald nach und räumt nach einer kurzen Windstille seinem Gegner das Feld.

Wenn nun schon die ungleiche Erwärmung von Land und Meer ihren Ursprung so bestimmt bezeichnende Luftströmungen hervorbringt, so wird dies in noch weit höherem Maße der Fall sein, wo die Temperaturverschiedenheit so bedeutend ist wie zwischen der heißen — und den gemäßigten und kalten Zonen der Erde. In dem 47° breiten Gürtel zwischen den beiden Wendekreisen, wo die Sonne ihre Strahlen senkrecht herabsendet, erreicht die Erwärmung der Erdoberfläche und der sie berührenden Luftschicht einen höheren Grad als irgendwo anders. Hier steigt denn auch die erhitzte Luft in unausgesetztem Strome nach oben, und in den luftverdünnten Raum drängt unten die kühlere Luft nach, welche nördlich und südlich von dieser Region die Erdoberfläche bedeckt. Die aufgestiegene erwärmte Luft aber fließt, nachdem die Geschwindigkeit, mit der sie sich erhob, allmählich nachgelassen hat, in der Höhe nach der Gegend hin, wo durch das Fortströmen der kälteren Luft nach dem Aequator n eine momentane Luftverminderung statt gefunden hat, also in entgegengesetzten Richtungen nach

Norden und Süden. So gleicht die heiße Zone jenem geheitzten Zimmer, aus welchem oben die Luft durch die geöffnete Thür in den kälteren Raum nach außen fließt, während unten die kältere Luft ebenso unausgesetzt von daher wieder einströmt. Es entstehen demnach hier in der heißen Zone 2 Luftströmungen über einander nach entgegengesetzten Richtungen, von denen die untere der Polarstrom heißt, weil sie in der Richtung vom Pole nach dem Aequator hinweht, der obere Aequatorialstrom. Der Polarstrom weht also in der nördlichen Halbkugel von N., in der südlichen von S. nach dem Aequator hin, der über ihm schwebende Aequatorialstrom aber in der nördlichen Halbkugel von S. nach N., in der südlichen in umgekehrter Richtung. Wir wollen hier diese beiden Ströme nur für die nördliche Halbkugel verfolgen.

Der unten wehende Polarstrom müßte als Nordwind erscheinen, wenn nicht die Erde sich täglich um ihre Axe drehte und dadurch eine Aenderung der Richtung dieses Windes hervorgebracht würde. Bei der täglichen Drehung der Erde beschreibt jeder Punkt derselben einen Parallelkreis um die Erde, und da diese Kreise, je weiter vom Aequator entfernt, um so kleiner werden, so ist auch der Weg, den ein Punkt bei der Umdrehung in 24 Stunden macht, um so kürzer, und die Geschwindigkeit seiner Bewegung um so kleiner, je weiter er vom Aequator entfernt ist. Während ein Punkt des Aequators stündlich einen Weg von 225 Meilen beschreibt, beträgt dieser Weg für einen Ort, der unter 52° nördlicher Breite liegt wie Berlin nur 137 Meilen. Die Luft nun, welche die Erde umgiebt, nimmt ebenso wie die festen und flüssigen Bestandtheile der Erde an der Rotation derselben Theil, und behält diese rotirende Bewegung auch bei, wenn sie von einem Orte der Erde nach einem andern hinströmt, wie ein Mensch, der in einem Schiffe hin und hergeht, zugleich an der Bewegung des Schiffes Theil nimmt. Während aber die Luft von N. nach S. strömt, behält sie kraft des Beharrungsvermögens die Rotationsgeschwindigkeit bei, die sie an dem Orte hatte, von dem aus sie sich in Bewegung setzte; und da sie bei ihrem weitern Vordringen nach dem Aequator hin in Gegenden kommt, wo die Erde unter ihr mit größerer Geschwindigkeit sich von W. nach O. dreht, so muß sie gegen diese schneller bewegten Punkte der Erde zurückbleiben und ihnen in der Richtung von O. nach W. entgegenzuwehen scheinen, und die Verbindung dieser beiden Bewegungen von N. und O. zugleich muß die Erscheinung eines nordöstlichen Windes zur Folge haben.

Dieser Nord-Ostwind ist es, der innerhalb der ganzen nördlichen Hälfte der heißen Zone und noch etwas weiter bis zum 30. Grade der Breite über den Meeren mit unausgesetzter Regelmäßigkeit das ganze Jahr hindurch weht und unter dem Namen Passatwind bekannt ist.

Er ist aber auch in den gemäßigten Zonen vorhanden, dieser Polarstrom, nur zeigt er sich nicht in der Regelmäßigkeit und ununterbrochenen Dauer, wie in jenen Gegenden, wo er als Passatwind allein das Feld behauptet. Der Grund wird alsbald einleuchten, wenn wir erst den zweiten der genannten Luftströme, den Aequatorialstrom, auf seinem Wege nach dem Pole hin begleitet haben werden.

Wenn die Erde ruhte, würde er als Südwind zu uns herüberwehen. Nun nimmt er aber an der Umdrehung der Erde von West nach Ost Theil und kommt, während er zugleich nach Norden strömt, nach Orten, deren Rotationsgeschwindigkeit langsamer ist, als die, welche er aus der Gegend seines Ursprungs mitbringt. So wird er jedem später erreichten Orte immer mehr mit seiner ursprünglichen Geschwindigkeit voraneilen auf seiner Rotationsbahn von West nach Ost, d. h. er wird eine südwestliche Richtung annehmen und um so mehr westlich werden, je weiter er von Süden hergekommen ist.

Auf dem Wege nach dem Pole aber, durch den Aufenthalt in den kalten Höhen, verliert sich der Grund seiner Erhebung, die Wärme, immermehr; zugleich verengt sich der Raum, durch den er

weht, nach den Polen hin; die Luft wird zusammengedrängt, dichter, schwerer, und der Aequatorialstrom, der zwischen den Wendekreisen kaum die Gipfel der höchsten Berge streifte, senkt sich immer tiefer und tiefer zum Boden herab. Endlich erreicht er in der gemäßigten Zone, bald mehr bald weniger nördlich, den Boden selbst und begegnet hier erst dem Polarstrome. Zwischen beiden beginnt nun der endlose Kampf, der das Charakteristische der gemäßigten Zone ist. Entweder strömen sie, sich bald dieses, bald jenes Bett wählend, einseitig vorherschend, nebeneinander vorbei, oder sie begegnen einander unter größeren oder kleineren Winkeln, dadurch ihre Richtung ändernd, zuweilen auch stauen sie sich, indem sie einander grade entgegenwehen und dadurch Windstillen hervorbringen, denen dann gewöhnlich Stürme folgen, wenn einer oder der andre gewaltsam durchbricht. Dieser Kampf beider Ströme ist nun die Ursache der eigenthümlichen Witterungsverhältnisse der gemäßigten Zone, dieses fortwährenden Wechsels entgegengesetzter Zustände, wie ihn die heiße Zone nicht kennt. Ihm danken wir es, daß unsre Winterkälte von Zeit zu Zeit gemildert wird durch die Luft südlicher wärmerer Länder, die uns der Aequatorialstrom zuführt. Er ist aber auch die Ursache, daß uns im Frühjahre die Freude an dem Erwachen der Natur so oft durch die eisige Kälte verdorben wird, die mit dem Polarstrome aus Gegenden zu uns kommt, wo die Sonne noch nicht die Kraft hatte, das Eis zu brechen und den Schnee zu schmelzen.

Wie aus diesem Begegnen beider Luftströmungen alle die verschiednen Windrichtungen aus allen Himmelsgegenden hervorgehen können, wie bei dem Wechsel dieser Windrichtungen trotz aller scheinbaren Zufälligkeit doch eine gewisse Regelmäßigkeit in der Aufeinanderfolge derselben stattfindet und stattfinden muß — dies nachgewiesen zu haben, ist das besondre Verdienst Doves. Nach diesem Gesetz nämlich, welches man das Drehungsgesetz nennt, dreht sich der Wind auf der nördlichen Halbkugel im Durchschnitt in der Richtung des Sonnenlaufes d. h. von S. über W. und N. nach O., in der südlichen umgekehrt. Die Thatsache selbst war schon früher ziemlich bekannt; jetzt ist sie durch zahlreiche Beobachtungen aus verschiedenen Gegenden der nördlichen sowohl als der südlichen Halbkugel als ein allgemeines Gesetz anerkannt. Die theoretische Begründung, wie sie Dove giebt, hier mitzutheilen, würde zu weit führen. Ich beschränke mich auf Folgendes: Wir haben vorhin gesehen, daß und in welcher Weise durch die Rotation der Erde der Polar- und Aequatorialstrom aus ihrer ursprünglichen Richtung abgelenkt werden, wie Ersterer aus N. allmählich in NO. und O., letzterer aus S. in SW. und W. übergeht. Die noch übrigen Mittelrichtungen, die südöstlichen und nordwestlichen Winde, entstehen bei Verdrängung des einen Stromes durch den andern. Wenn nämlich der nördliche Strom zum Ostwind geworden ist, und es gelingt seinem südlichen Gegner ihn zu durchbrechen, so entsteht aus der vereinigten Richtung beider der Südostwind. Eben so wird, wenn der Aequatorialstrom in Folge seiner Ablenkung durch die Rotation der Erde zum Westwind geworden, durch den nun eindringenden Nordwind zuerst die mittlere Windrichtung aus NW. hervorgebracht. Erst wenn der Polarstrom seinen Gegner vollständig verdrängt hat, tritt er in seinem wahren Charakter als Nordwind auf, sowie aus ähnlichem Grunde der SO. in den rein südlichen Wind übergeht. Es ist nicht schwer einzusehen, daß bei diesem Vorgang die Windfahne in der angegebenen Weise sich von O. über S. und W. nach N. drehen muß.

Jedoch nur dann tritt diese Regelmäßigkeit in dem Uebergang der Windrichtungen in einander ein, wenn einer der beiden Hauptströme in ungestörtem Verlauf über weitere Räume und allmählich als herrschender Wind durchdrängt. Wenn aber der Südstrom nicht Kraft genug hat, den zum Ostwind gewordenen Polarstrom vollständig zu verdrängen, wird der östliche Wind zurückspringen in einen

nördlichen. Ebenso wird ein Schwanken zwischen W. und S. die Folge sein, wenn der Polarstrom den herrschend gewordenen Südstrom nicht ganz zu durchbrechen vermag. Außerdem bilden auch die Sturmwinde eine Ausnahme, welche, wie jetzt erwiesen ist, nichts anders sind als kolossale Wirbel des Aequatorialstroms, deren Kreise oft einen Durchmesser von 50 — 100 Meilen haben. Hierauf näher einzugehen, muß ich verzichten, sowie auch auf die Erklärung, warum die Drehung des Windes im Ganzen trotz aller Abweichungen von der Regel doch weit häufiger nach dem angegebenen Gesetze statt finden muß als im entgegengesetzten Sinne.

Für unsern Zweck genügt es nachgewiesen zu haben, daß der häufige Wechsel des Windes, wegen dessen die gemäßigte Zone als die Region der veränderlichen Winde bezeichnet wird, seinen Grund in dem Nebeneinander der beiden genannten Luftströme hat, die bis dahin übereinander flossen. Es ist nun auch zu zeigen, in wiefern dadurch die Witterungsverhältnisse bestimmt werden. In Hinsicht auf die Temperatur ist der Einfluß der Windrichtung leicht einzusehen. Führen uns ja doch alle Winde der Nordseite die Luft kälterer Länder zu, während die Winde der Südseite vom SO. bis zum W. dem wärmeren Aequatorialstrome angehören. So oft also einer dieser Ströme durch den andern verdrängt wird, muß auch eine Temperaturänderung eintreten. Von den Ausnahmen, die hierbei vorkommen, wird später die Rede sein.

Aber der Grad der Luftwärme ist es nicht allein, der die Beschaffenheit des Wetters bestimmt. Wir rechnen dazu, abgesehen von den mehr als Ausnahmen vorkommenden Wettererscheinungen, als Stürme und Gewitter, die ich hier übergehen muß, vornehmlich das Aussehen des Himmels, ob er heiter und klar, ob Wolken und Nebel uns die Sonne verdecken, ob es regnet oder schneit. Alle diese Zustände hängen von dem jederzeit in der Luft in größerer oder geringerer Menge vorhandenem Wasserdampf ab und stehen mit den Luftströmungen, wie wir sehen werden, im engsten Zusammenhang.

Auch hierbei, wie bei Entstehung der Winde, ist die Wärme die letzte Ursache. Durch sie wird bewirkt, daß das Wasser verdunstet, d. h. daß die Theilchen an seiner Oberfläche in den luftförmigen Zustand übergehen und innerhalb der Atmosphäre sich ausbreiten. So schwindet allmälig das Wasser, welches man in einem offnen Glase in die freie Luft stellt, so trocknet die nasse Wäsche, so trocknen in heißen Sommern Gräben und Tümpel aus. Das Wasser, welches sich hier verliert, findet sich in der Luft wieder als Wasserdampf, freilich unsichtbar, denn es ist durchsichtig geworden, wie die Luft, ja die Luft ist um so durchsichtiger, je mehr Wasserdampf in ihr vorhanden ist, nicht aber je trockner sie ist. Zwar findet diese Metamorphose des Wassers bei jedem Wärmegrade, auch unter dem Gefrierpunkte, statt, aber sie geht um so rascher vor sich, und die Menge des gebildeten Dampfes ist um so größer, je wärmer die Luft und das Wasser. Die Verdunstung hat aber ihre Grenze. Jedem Temperaturgrade entspricht eine bestimmte äußerste Menge Dampf. Ist dieses Maximum erreicht, ist die Luft mit Dampf gesättigt, wie man sagt, so hört die Verdunstung auf, so lange die Temperatur dieselbe bleibt. Nimmt die Wärme zu, so beginnt die Dampfbildung aufs neue, die Menge des Dampfes wächst, bis die Luft das der gegenwärtigen Temperatur entsprechende größere Maximum von Dampf erhalten hat. Findet aber eine Abkühlung statt, so enthält die Luft mehr Dampf, als sie bei diesem niedrigeren Wärmegrade haben kann. Die Folge ist, daß ein Theil des Dampfes den luftförmigen Zustand verläßt und in den flüssigen zurückkehrt; d. h. er wird niedergeschlagen. Doch entstehen nicht sogleich Wassertropfen, sondern der sich niederschlagende Dampf geht erst durch einen mittlern Zustand hindurch, indem er Dunstbläschen bildet, die aus einer wässrigen Hülle bestehen und mit Luft gefüllt sind. Sind viele solcher Dunstbläschen in der Luft vorhanden, so verliert sie ihre

Durchsichtigkeit und wird trübe, oder es entstehen Nebel und Wolken. Bei weiterer Abkühlung ziehen sich diese Dunstbläschen in Wassertropfen zusammen, die sehr häufig schon den Nebeln beigemischt sind, und es entstehen je nach den Umständen Regen, Schnee, Graupeln oder Hagel. Nur selten ist die Luft mit dem ihrer Temperatur entsprechenden Maximum von Wasserdampf erfüllt. Daher kann sie sich oft um viele Grade abkühlen, ohne daß ein Niederschlag als Regen erfolgt. Erst dann geschieht dies, wenn die Wärme der Luft bis zu dem Grade gesunken ist, für welchen die vorhandne Dampfmenge das Maximum bildet.

Das Verhältniß nun des wirklichen in der Luft vorhandenen Dampfes zu dem bei der herrschenden Temperatur möglichen bestimmt den Grad der Feuchtigkeit und wird durch die Hygrometer gemessen und in Prozenten der dem Maximum entsprechenden Dampfmenge angegeben. Die Luft heißt trocken, wenn sie weit vom Sättigungspunkte entfernt ist, um so feuchter aber, je näher sie ihm ist. Diese Begriffe „feucht und trocken" sind also durchaus relativ. Dieselbe Menge Dampf, der Luft bei verschiedenen Temperaturen beigemischt, kann sie bei hohen Wärmegraden trocken, bei niedrigen feucht erscheinen lassen. Denn da die Luft um so mehr Dampf aufnimmt, je wärmer sie ist, so kann an einem heißen sonnenhellen Sommertage, wo uns die Luft ganz frei von Feuchtigkeit scheint, die absolute Menge Dampf 3 — 4 mal so groß sein, als an einem regnichten Wintertage; aber sie ist in jenem Falle viel weiter von ihrem Maximum entfernt und kann daher nicht so leicht einen Niederschlag bilden.

Und so wie im Sommer die absolute Menge des verdunsteten Wassers bei weitem größer ist als im Winter, so zeigt sich dieser Unterschied nothwendig auch in Gegenden, deren Temperaturen in ähnlicher Weise differiren wie bei uns Winter und Sommer. Ueber demjenigen Theile der Erdoberfläche, wo die Strahlen der Sonne den höchsten Grad der Wärme hervorbringen, also zwischen den Wendekreisen, muß demnach auch die Luft die größte absolute Menge von Dampf aufnehmen, in den kältesten Gegenden die wenigste.

Hierin liegt nun der Grund, warum der Charakter des Wetters auch in Hinsicht auf Bewölkung und Niederschläge so sehr von der Windrichtung abhängt. Der nördliche Strom enthält seinem Ursprunge gemäß nach dem angegebenen Gesetze das wenigste Wasser in Dampfform, der südliche das meiste. Auf dem Wege von der Gegend ihrer Entstehung bis zu uns muß sich dann noch der Feuchtigkeitszustand derselben bedeutend ändern und zwar in entgegengesetztem Sinne. Bei dem Aequatorialstrome, der uns die heiße dampfreiche Luft der tropischen Zone zuführt, muß, während er auf seinem Wege nach Norden immer mehr sich abkühlt, der darin enthaltene Dampf dem Sättigungspunkt immer näher kommen, d. h. die Luft wird immer feuchter, der Dampf schlägt sich endlich in Regengüssen nieder, die meist über weit ausgedehnte Strecken, als Landregen sich ausbreitend, die Bahn dieses Luftstromes bezeichnen.

Der Polarstrom dagegen, der schon von seinem Ursprung her weniger Dampf mitbringt, wird trockner, je weiter er nach Süden vordringt, indem die steigende Wärme den in ihm enthaltenen Dampf immer weiter von seinem Maximum entfernt, d. h. von dem Zustande, in welchem ein Niederschlag erfolgen kann. Während also die Winde des Aequatorialstroms, also alle Winde, welche aus den Richtungen zwischen S. und W. kommen, meistens warmes, aber regnichtes Wetter und bedeckten Himmel bringen, verdanken wir den nördlichen, nordöstlichen und östlichen Winden, die dem Polarstrom angehören, vorzugsweise das schönste trockne Wetter, aber auch im Winter die größte Kälte. Recht auffallend zeigt sich diese Eigenschaft des Polarstromes in denjenigen Gegenden der heißen Zone, wo er als Passatwind unausgesetzt weht, und wo es viele Jahre hindurch so gut wie gar nicht regnet

und der Himmel stets heiter ist. Hierbei kann ich nicht unerwähnt lassen, daß die Eigenthümlichkeiten dieser beiden Luftströmungen durch die geographische Lage eines Ortes und die Jahreszeiten Modifikationen erleiden. Dies zeigt sich namentlich bei den östlichen Winden in Deutschland. Im Sommer pflegen sie vorzugsweise heitres Wetter und die heißesten Tage zu bringen, während sie im Winter zwar auch trocken, aber die kältesten Winde sind. Es hat dies seinen Grund darin, daß sie über die nach Osten hin immer weiter sich ausbreitenden Ebenen Rußlands und Asiens zu uns her wehen, die im Sommer heißer und trockner, im Winter kälter als unsre Gegend sind. Umgekehrt verhält es sich mit dem Aequatorialstrom. Im Winter zeigt er noch unverkennbar seinen Ursprung, durch das Thauwetter und die größere Wärme, die mit ihm zugleich eintreten. Im Sommer aber sind die Westwinde in der Regel die kühlsten. Wenn nehmlich der Aequatorialstrom durch die Rotation der Erde aus seiner Richtung abgelenkt als Westwind zu uns weht, so hat er, wie Dove nachgewiesen, seinen Ursprung in der Gegend Westindiens und muß, ehe er den Kontinent Europas erreicht, seinen Weg über das breite Becken des atlantischen Oceans nehmen, von wo er die im Sommer kühlere, im Winter wärmere Seeluft mitbringt.

Noch in andrer Weise wirken die Winde bestimmend auf die Beschaffenheit des Wetters ein. Wenn nämlich der eine der beiden Hauptströme durch den andern verdrängt wird, wenn die nördlichen Winde den südlichen folgen und umgekehrt, so findet bei diesem Uebergang nothwendig im Anfang eine Vermischung der kalten Luft des Polarstromes mit der warmen dampfreichen Luft des südlichen Stromes statt. Bei jeder Vermischung aber von 2 Luftmassen verschiedener Temperatur muß der allemal vorhandene Wasserdampf eine Verdichtung erleiden. War die wärmere Luftmasse mit Dampf gesättigt, so genügt die geringste Abkühlung, einen Niederschlag als Regen oder Schnee zu bewirken, der dann auch allemal erfolgt. War aber der Dampf noch weit vom Sättigungspunkt entfernt, so wird wenigstens ein Theil desselben als Nebel oder Wolken niedergeschlagen; der Himmel trübt sich, wenn er vorher heiter war. Dieser Uebergang findet an der Ost- und an der Westseite der Windrose statt d. h. wenn der Polarstrom zum Ostwind geworden, so wird er dann gewöhnlich vom südlichen Strom verdrängt, und umgekehrt, wenn der letztere als Westwind längere Zeit geweht, so räumt er seinem nördlichen Gegner das Feld. Es ist ein wesentlicher Unterschied, wo dieser Uebergang stattfindet. An der Ostseite, also gewöhnlich bei heiterem Wetter, wie es die Ostwinde meistens bringen, zeigt sich die Ankunft des leichteren Südwindes erst in den höheren Regionen, theils durch Bildung streifiger Wolken, die man Federwolken nennt, theils unmittelbar durch die Richtung, in der diese Wolken ziehen. Gewöhnlich dauert es einige Zeit, manchmal Tage lang, ehe der südliche Strom von oben herab den nördlichen ganz verdrängt. Beim Uebergang an der Westseite aber findet das Eindringen des schwereren Nordstromes in den untersten Schichten der Atmosphäre statt, und ist dann auch meistens gleichzeitig von einem Niederschlag als Regen oder Schnee begleitet, dem aber bald, wenn die Windfahne sich von NW. nach N. wendet, heiteres Wetter zu folgen pflegt. Niederschläge sind also gewöhnlich mit beiderlei Uebergängen verbunden; denen der Westseite folgt aber meist heitres, denen der Ostseite trübes, regnichtes Wetter.

Ich glaube nunmehr aus der Theorie der Witterungserscheinungen das Erforderliche mitgetheilt zu haben, um darauf die Beantwortung der Frage gründen zu können, ob es möglich ist, das Wetter mit Sicherheit voraus zu bestimmen. So lange man, wie ehedem und auch jetzt noch zum Theil, die Ursachen des Wetters in den Phasen des Mondes oder in der Stellung der Planeten, wie bei dem Knauerschen 100jährigen Kalender, zu finden glaubt, hat man allerdings eine Grundlage zur

Berechnung des zukünftigen Wetters, woraus man es eben so gut für die nächste Woche, wie für ein ganzes Jahrhundert von Tag zu Tag angeben kann. Schade nur, daß sich diese Voraussetzungen und die darauf gegründeten Prophezeiungen nicht bewährt haben. Jetzt, wo wir die wahren Ursachen des Wetters und seiner Unbeständigkeit kennen, da wir wissen, welche große Menge von Umständen darauf Einfluß haben, Umständen, deren Vorhandensein zu erkennen uns größtentheils unmöglich ist, müssen wir mit Bestimmtheit aussprechen, daß auf Grund der Theorie eine Vorausbestimmung des Wetters, die auf Zuverläßigkeit Anspruch macht, auch nur für eine Stunde, geschweige denn für Monate und Jahre eine absolute Unmöglichkeit ist. Denn wer vermöchte, um aus der Vielheit der hier zu berücksichtigenden Umstände nur einige hervorzuheben: wer vermöchte sich einen Ueberblick zu verschaffen über das Gewirr von Luftströmungen in unsrer Atmosphäre, deren keine ihr Bett unverändert beibehält? wer möchte im Stande sein aus theoretischen Gründen anzugeben, wie lange der augenblicklich bei uns herrschende Wind sich behaupten wird, wie lange dann der, welcher an seine Stelle tritt. Wer kann wissen, in welchem Zustand der Feuchtigkeit die Luft sich nicht nur in der Nähe der Erdoberfläche befindet, wo es uns allerdings unsre Hygrometer sagen, sondern auch in jenen Regionen über uns, in welche wir mit unsern Instrumenten nicht reichen, und wo sich meistens die Niederschläge bilden — wie endlich die Temperaturverhältnisse in jenen Höhen gegenwärtig sind und wie sie sich später ändern werden; denn davon hängt es ja ab, ob der vorhandene Wasserdampf sich in Wolken, Regen oder Schnee zusammenzieht, oder ob er die Luft klar und durchsichtig läßt. Wäre es möglich, Alles dieses zu wissen, zu beobachten, zu berechnen, von wem hätten wir es eher zu erwarten, als von Denjenigen, die die gegenwärtige Theorie der Witterungserscheinungen selbst aufgestellt und die Begründung und Ausbildung derselben zu einer Hauptaufgabe ihres Lebens gemacht haben. Sie sind aber nicht nur weit entfernt davon, mit Wetterprophezeiungen hervorzutreten, sondern haben vielmehr die Möglichkeit derselben entschieden in Abrede gestellt, wie denn einer unserer größten Physiker, Arago, sich hierüber in folgenden Worten äußert: Wie bedeutend auch in Zukunft die Fortschritte der Wissenschaft sein mögen — die wahrhaft Sachverständigen werden niemals sich mit Wetterprophezeiungen befassen.

Wollen wir uns mit solchen Vorausbestimmungen begnügen, die nicht auf unbezweifelbare Gewißheit Anspruch machen, so gewährt die Theorie dazu wohl einigen Anhalt, jedoch nur, wenn man sich darauf beschränkt, den muthmaßlichen Verlauf eines beginnenden, oder in seinen unmittelbaren Vorboten sich ankündigenden Wetters anzugeben. So können wir, um nur ein Beispiel anzuführen, auf Grund des Drehungsgesetzes mit einiger Wahrscheinlichkeit hoffen, daß, wenn nach lange anhaltendem Westwinde, die Windfahne sich über NW. nach N. zu wenden anfängt, das vorher trübe regnichte Wetter ein Ende nehmen und der Himmel sich aufklären wird, weil das Durchdringen des trockneren Polarstromes zu erwarten ist. Und wenn nach heiterem Wetter, wie es der zum Ostwind gewordene Polarstrom meist bringt, die Fahne sich nach SO. und darüber hinausdreht, so ist wahrscheinlich, daß der südliche Strom zur Herrschaft kommen und Regen oder wenigstens bedeckten Himmel bringen wird. Aber die Theorie lehrt auch, durch wie vielerlei Einwirkungen, die für uns nicht wahrnehmbar sind, jene Erwartungen und Hoffnungen oft genug getäuscht werden können. So können wir denn einer Regel keinen besonders hohen Werth beilegen, die so viele Ausnahmen hat, wenn die Umstände, unter denen die Ausnahmen zur Geltung kommen, sich gänzlich unsrer Beobachtung und Berechnung entziehen.

Auf denselben Gesetzen, nach denen wir aus der Drehung der Windfahne in den angegebenen Fällen eine nahe bevorstehende Aenderung des Wetters vermuthen, beruht auch die wetterprophetische

Eigenschaft des Barometers. Ursprünglich zunächst zu dem Zweck construirt, den Druck der atmosphärischen Luft nachzuweisen und das Gewicht derselben durch die Höhe der von ihr getragenen Quecksilbersäule zu messen, zeigte es bald, daß der Druck der Luft nicht bloß in verschiedenen Höhen ungleich sei, wie man der Theorie zufolge erwarten mußte und durch Messungen auf Bergen auch bestätigt fand, sondern daß auch an einem und demselben Orte die Höhe der Quecksilbersäule nicht fest und veränderlich ist, sondern immerwährenden Schwankungen unterliegt. Man fand auch bald, daß diese Schwankungen in einem gewissen Zusammenhange mit der Witterung stehen. Und als Otto von Guericke, der Erfinder der Luftpumpe, im Jahre 1660 aus dem auffallend niedrigen Stande seines Barometers einen Sturm vorhersagte, der bald darauf eintrat, glaubte man in diesem Instrument das unfehlbare Mittel gefunden zu haben, das bevorstehende Wetter zu erkennen, und die Bezeichnung desselben als Wetterglas, so wie die zu dem Zweck eingerichtete Skala mit ihren verschiedenen Arten des Wetters haben ihren Ursprung schon in jener Zeit. Aber schon längst hat die Erfahrung bewiesen, daß diese Wetterskala keinen Werth hat, daß es nicht auf die absolute Höhe des Quecksilbers ankommt, sondern nur das Steigen und Fallen desselben für die Vorausbestimmung des Wetters unter Umständen von Bedeutung ist. Worin diese Schwankungen des Barometers ihren Grund haben und in welchem Zusammenhang sie mit dem Wetter stehen, darüber war man länger als anderthalb Jahrhunderte in Ungewißheit, bis uns erst die gegenwärtige Theorie der Witterungserscheinungen auch darüber Aufschluß gegeben hat. Darnach ist der wechselnde Zustand der Wärme die Ursache dieser Schwankungen, indem dadurch die Luft bald dünner und somit leichter, bald dichter und schwerer wird. In den Gegenden der Erde, wo Jahr aus Jahr ein derselbe Wind weht, und die Temperaturwechsel nur von dem Stande der Sonne abhängen, ist auch das Steigen und Fallen des Barometers so regelmäßig, daß man, wie Humboldt sagt, aus der Höhe des Quecksilbers die Stunde des Tages bestimmen könnte. Wo aber, wie bei uns, durch die häufig wechselnden Winde so bedeutende unregelmäßige Temperaturänderungen bewirkt werden, ist es natürlich, daß die Barometerhöhe hauptsächlich durch die herrschenden Winde bestimmt wird. Denn da der Polarstrom die kältere und schwerere Luft bringt, der südliche wärmere und daher leichtere, so wird bei den Winden, die dem ersteren Strome angehören, also bei den nordwestlichen, nördlichen und östlichen das Quecksilber höher stehen, als bei den Winden des Aequatorialstroms. Ein bedeutenderes Steigen oder Fallen des Barometers wird demnach anzeigen, daß der eine der beiden Luftströme von dem andern verdrängt wird. Dieser Wechsel findet nur an der West- und Ostseite der Windrose statt, d. h. wenn bisher West- oder Ostwinde geweht hatten. Wenn demnach bei Ostwinden das Barometer fällt, so zeigt dies das Eindringen des südlichen Stromes an, dessen Luft, weil sie wärmer und leichter ist, einen geringern Druck auf das Quecksilber ausübt, während das Steigen desselben bei Westwinden die Ankunft des schwereren Polarstroms verkündet. Im ersten Falle also hätten wir nach der Regel trübes und regnichtes, im zweiten Falle heiteres Wetter zu erwarten.

Wir erkennen hier dieselbe Wetterregel wieder, die vorhin als eine Folge des Drehungsgesetzes aufgestellt wurde. Während wir aber dort auf die Beobachtung der Windrichtung angewiesen waren, stützen wir uns hier auf das Steigen und Fallen des Quecksilbers. Beide zeigen dasselbe an, nämlich die Verdrängung des einen Luftstroms durch den andern, und was wir daraus schließen, ist in Beiden dasselbe. Aber die Angaben des Barometers sind zuverläßiger, als die der Windfahne, welche oft den zufälligen Schwankungen lokaler Strömungen ausgesetzt ist. Ferner kann die Fahne nur die Windrichtung in den untersten Schichten der Atmosphäre angeben, während das Barometer die Gegenwart des leichteren Aequatorialstroms durch den verminderten Luftdruck bemerkt, wenn er noch in den höheren

Luftschichten schwebt, in welche die Windfahne nicht reicht. In dem Falle also, wenn der nördliche Strom durch den südlichen verdrängt wird, was bei östlichen Winden zu geschehen pflegt, kann das Fallen des Barometers zuweilen selbst auf Tage die möglicherweise bevorstehende Witterungsänderung verkünden, während die Windfahne noch nichts davon weiß, weil das Verdrängen des nördlichen Stromes durch den südlichen von oben herab geschieht und einige Zeit bedarf. Das Eindringen des kälteren und schwereren Polarstroms in den zum Westwind gewordenen südlichen Strom geschieht aber unten an der Erdoberfläche und wird daher gleichzeitig von Windfahne und Barometer angezeigt, wie alsdann auch die etwa stattfindende Witterungsänderung gleichzeitig eintritt. Unter gewissen Umständen also kann das Barometer wohl als Wetterprophet gelten, indem es zuweilen den Windwechsel einige Zeit voraus verkündet. Daß aber daraus nicht immer die nach der Regel erwartete Witterungsänderung folgt, ist früher schon bemerkt worden. Eben so giebt auch das Barometer, so lange es fest und unveränderlich auf seiner Höhe sich hält, keine Auskunft darüber, wie lange das gegenwärtige Wetter Bestand haben wird. Von weit höherem Werthe sind die Dienste, welche dieses Instrument dem Seemann leistet, indem es ihm durch ein plötzliches und ungewöhnlich tiefes Sinken die Nähe eines Sturmes verkündet, weil während eines solchen in der Entfernung von vielen Meilen rings um den eigentlichen Schauplatz seiner Thätigkeit das Gleichgewicht der Atmosphäre in hohem Grade gestört wird. Hierauf jedoch näher einzugehn, gestattet die Zeit nicht.

Wenden wir uns zu einem andern Wetterpropheten ungleich ehrwürdigeren Alters als das Barometer, der von jeher den Menschen in so vielen ihrer Angelegenheiten als treuer Rathgeber gedient hat, der ihnen sagt, wenn sie pflanzen, säen, den Acker düngen, die Schafe scheeren, sich selbst die Haare abschneiden, Ader lassen, schröpfen, purgiren sollen und dergleichen mehr. Warum sollte der Mond, der so vieles weiß, nicht auch über das Wetter Auskunft geben können. Schon Griechen und Römer haben ihre Regeln zur Vorausbestimmung des Wetters vom Monde hergenommen, und so ist es geblieben bis auf unsre Tage. Die Physiker aber, besonders die Meteorologen, haben viel zu viel Respekt vor so uralten Erfahrungen, um sie nicht gehörig zu berücksichtigen, und sie haben deshalb die Sache der gründlichsten und mühevollsten Prüfung unterworfen. Denn die Möglichkeit irgend eines Einflusses des Mondes auf die Witterung abzuleugnen, ging nicht wohl an, der bekannten wissenschaftlich wohlbegründeten Erfahrung gegenüber, daß durch die Anziehung des Mondes Ebbe und Fluth bewirkt wird. Aus 20 — 30jährigen meteorologischen Beobachtungen mehrerer Orte in Deutschland und Frankreich wurde durch Vergleichung der mittleren Barometerstände, der Anzahl der Regen- und heitern Tage, der mittleren Temperaturen mit den verschiedenen Mondphasen ausgerechnet, wie weit sich der Einfluß des Mondes in diesen Beziehungen erstreckt. Die Resultate, die übrigens bei den verschiedenen Beobachtungsreihen in den Zahlen nicht vollständig übereinstimmen, sind in der Hauptsache folgende: Das Barometer macht während eines Mondumlaufes eine regelmäßige Schwankung, deren Maximum und Minimum um etwa ½ Linie differiren. Somit ist also der Einfluß des Mondes auf den Luftdruck im Vergleich mit den großen Schwankungen, die durch Wind und Wasserdampf hervorgebracht werden, und die sich bis auf 20 Linien erstrecken, höchst unbedeutend. Ebenso ist es mit seinem Einfluß auf die Zahl der Regen- und heitern Tage. Denn geregnet hat's nach diesen Beobachtungen bei allen Phasen, bei Vollmond sowohl wie bei Neumond, beim ersten wie beim letzten Viertel, und ebenso ist auch die Zahl der heitern Tage unter sie so vertheilt, daß keine zu kurz kommt. Doch soll nicht in Abrede gestellt werden, daß ein gewisser Unterschied sich gezeigt hat. Aber wie klein ist er im Vergleich mit der langen Zeit, nach welcher er erst einigermaßen übereinstimmend bemerkbar

wird. Wenn nämlich zusammengerechnet wird, wie viel Regentage der ganzen Beobachtungsreihe auf jeden Tag des Mondumlaufs, vom Neumond an gerechnet, kommen, so findet Eisenlohr aus seinen 30jährigen Karlsruher Beobachtungen, daß die meisten Regentage nämlich 189 auf den 14. Tag also den Vollmond fallen, die wenigsten, nämlich 153 auf den 28. oder Neumond, also in 30 Jahren nur ein Unterschied von 36 Tagen. Bei Schübler, Bouvard, Quetelet und andern ist als der Tag der größten Regenmenge der 11te, 12te oder 13te angegeben, also wenigstens nahe am Vollmond, die geringste mit Eisenlohr ziemlich übereinstimmend am 28ten, 29ten oder 1. Fassen wir, die kleinen Differenzen in diesen Angaben übergehend, das Resultat im Allgemeinen zusammen, so würde der meiste Regen zur Zeit des zunehmenden Mondes entweder beim Vollmonde selbst oder kurz vorher fallen, der wenigste bei Neumond, ein Resultat, das der gewöhnlichen Meinung, nach welcher der zunehmende und namentlich der Vollmond gewöhnlich heiteres Wetter bringen soll, gradezu widerspricht. Aber abgesehen davon, was hilft es uns für Vorausbestimmung des Wetters zu wissen, daß in 30 Jahren circa 30, also in 1 Jahr 1 Regentag mehr auf den Vollmond als auf eine andre Mondphase kommt. Uebrigens haben sich die namhaftesten Physiker unsrer Zeit dahin ausgesprochen, daß die erwähnten Resultate zum größern Theil sich aus den bis jetzt bekannten Naturgesetzen nicht erklären lassen und auch Gründe vorhanden sind, die Zuverläßigkeit und Beweiskraft derselben zu bezweifeln d. h. daß auch jene schwachen Spuren vom Einfluß des Mondes auf die Witterung noch in Frage gestellt werden müssen.

Von allen Vorurtheilen in Betreff des Mondes ist am meisten verbreitet der Glaube an die Veränderung des Wetters beim Mondwechsel, und es könnte scheinen, als wenn er durch die eben mitgetheilten Resultate noch nicht widerlegt würde. Aber es ist bei Durchforschung jener vieljährigen Beobachtungen auch darauf geachtet und die vollständige Grundlosigkeit jenes Glaubens daraus nachgewiesen worden. Und es bedarf gar nicht einmal jahrelanger Beobachtungen, um sich davon zu überzeugen. Wer sich nur die Mühe giebt, ein Paar Monate lang im Kalender wöchentlich einmal nach der Zeit des Mondwechsels zu sehn, wird bald finden, selbst wenn er der Einwirkung des Mondwechsels gutmüthig noch einen Tag vor und nach demselben überläßt, daß das Wetter sich ändert, ohne sich nur im mindesten um den Mond zu kümmern, wie es ohne ihn regnet und heiter ist.

Nur mit wenigen Worten will ich noch der großen Menge von Wetterregeln gedenken, die namentlich unter den Landleuten sehr verbreitet sind und wohl auch dort ihren Ursprung haben. Viele davon sind willkührliche Verbindungen von Dingen, die in gar keinem Zusammenhange mit einander stehn wie z. B. die vielen Regeln, welche das zukünftige Wetter oder den Ausfall der Ernte von den beweglichen Festen, wie Fastnacht, Ostern, Himmelfahrt, Fronleichnam abhängig machen, obgleich diese Tage innerhalb eines Zeitraums von 5 Wochen jährlich wechseln. Andre gründen sich wohl auf richtige Beobachtungen und lassen sich dann auch aus den bekannten Naturgesetzen erklären. Nur muß man es mit der Zeit nicht zu genau nehmen, wie z. B. die Regel von den 3 sogenannten Eismännern: Pancraz, Servaz und Bonifaz richtig ist, wenn man sie dahin verallgemeinert, daß bis in die Mitte Mai noch häufig Rückfälle der Kälte vorkommen, die in der That fast in ganz Europa beobachtet werden. Jedenfalls sind aber auch die besten dieser Regeln voll Ausnahmen, und es fehlt durchaus jeder Anhalt, um in den einzelnen Fällen zu entscheiden, ob die Regel oder die Ausnahme zur Geltung kommen wird.

Doch sind auch diese Volkserfahrungen, so absurd sie zum Theil sind, von einem unsrer verdientesten Meteorologen, dem bereits erwähnten Eisenlohr, einer sorgfältigen Prüfung unterworfen

worden, indem er sie mit den in Karlsruhe in den Jahren 1780 — 1846, mit Ausnahme einiger zwischenliegenden Jahre, regelmäßig geführten Witterungsbeobachtungen verglich. Es zeigte sich dabei, daß von den 93 geprüften Wetterregeln nur 9 richtig zu nennen sind, insofern nämlich die Zahl der Ausnahmefälle kleiner ist als die der regelmäßigen. Etwa 11 sind ziemlich zuverläßig, d. h. die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens beträgt 50%; die übrigen alle sind durchaus werthlos.

Was endlich die immer wieder von Zeit zu Zeit auftauchenden Versuche anbetrifft, das Wetter für ganze Monate von Tag zu Tag vorauszubestimmen, wie wir sie vor mehreren Jahren einige Monate hintereinander in der Zeitung lasen, so haben sie sich ebenso lächerlich gemacht, wie alle früheren Versuche der Art. Nicht eher würde man im Stande sein, dergleichen Voraussagungen zu machen, als bis durch die Erfahrung nachgewiesen wäre, daß nach einem gewissen Zeitraume die Wettererscheinungen sämmtlich genau in derselben Ordnung wiederkehren. Bis jetzt hat noch Niemand behauptet, diese Entdeckung gemacht zu haben, und sie wird auch nie gemacht werden.

Die Erfahrung vermag demnach ebenso wenig wie die Theorie den Schleier zu heben, der uns auch hier die Zukunft deckt. Das große Verdienst aber hat sich die Theorie erworben, die Unmöglichkeit solcher Vorausbestimmungen für den Verständigen auf das Evidenteste dargethan und damit zugleich aufs Neue gezeigt zu haben, wie alles menschliche Wissen Stückwerk ist und stets bleiben wird.