ANNALEN DER PHYSIK.

JAHRGANG 1827, NEUNTES STÜCK.

I. *Ueber die Hauptursachen der Temperatur-
Verschiedenheit auf dem Erdkörper; von Alexan-
der von Humboldt.*

(Auszug aus einer in der öffentlichen Versammlung der K. Akademie
hier selbst am 3. Jul. 1827 gehaltenen Vorlesung. *)

Vertheilung der Wärme auf dem Erdkörper ist seit vielen Jahren ein Haupt-Gegenstand meiner Untersuchungen gewesen: sie steht mit der räumlichen Verschiedenartigkeit der Producte, mit dem Ackerbau und dem Handelsverkehr der Völker, ja mit mehreren Seiten ihres ganzen moralischen und politischen Zustandes in der innigsten Verbindung. Die Zeiten sind vorüber, wo man sich mit unbestimmten Ansichten über die Differenz geographischer und physischer Klimate begnügte, und alle Modificationen der Temperatur bald schützenden Bergzügen, bald der Erhöhung der Erdoberfläche zuschrieb. Man hat nach und nach eingesehen, daß die merkwürdigen Abweichungen der Klimate, welche man in großen Länderstrecken, zwischen denselben Breite-Graden und in der-

*) Zunächst für Hörende geschrieben, hat diese Abhandlung nur den Zweck eine kurze und leicht zu folgende Uebersicht zu geben. Deshalb sind auch von dem Hrn. Verfasser, und noch mehr in diesem Auszuge, alle für einen solchen Zweck nicht passende Einzelheiten geflüßentlich übergangen. P.

selben Höhe über dem Meerespiegel wahrnimmt, nicht von dem kleinlichen Einflusse individueller Oertlichkeiten herrühren, sondern allgemeinen Gesetzen unterworfen sind, welche durch die Gestalt der Continental-Massen, durch ihre Umrisse, den Zustand ihrer Oberfläche, besonders aber durch ihr Stellungs- und Grössen-Verhältnisse zu den benachbarten Meeren bestimmt wird. Die relative Lage durchsichtiger und undurchsichtiger, tropfbar flüssiger oder fester Theile der Erdoberfläche modificirt die Absorption der, unter gleichen Winkeln einfallenden, Sonnenstrahlen, und mit ihr die Erzeugung der Wärme. Diese Umstände, die winterliche Bedeckung mit Eis und Schnee, welche den Continenten, und nur einem sehr kleinen Theile der Meere eigen ist, die Langsamkeit, mit welcher große Wassermassen sich erwärmen und erkälten; das Strahlen glatter oder rauher Oberflächen gegen einen wolkenfreien Himmel; die regelmäßigen Strömungen des Oceans und der Atmosphäre, welche Wasser und Luft aus verschiedenen Breiten und aus verschiedenen Tiefen und Höhen mit einander mischen, sind die Hauptmomente, von denen die Eigenthümlichkeiten klimatischer Verhältnisse abhängen. Demnach hat jeder Ort gleichsam ein zwiefaches Klima: eines, das von allgemeinen und fernen Ursachen, von der Stellung der Continental-Massen und ihrer Gestalt abhängt; ein anderes, welches specielle, nahe liegende Verhältnisse der Localität bestimmen.

Seitdem man angefangen hat, das Problem der geographischen Wärme-Vertheilung in seiner ganzen Allgemeinheit zu fassen, sind meteorologische Beob-

achtungen minder geistlos und zweckwidrig angestellt worden. Eine kleinere Zahl derselben führt jetzt zu bestimmten Resultaten; und Entdeckungen, welche in den letzten Jahrzehenden in den fernsten Theilen der Erde gemacht worden sind, haben den Gesichtspunkt allmählig erweitert. Physik und Geognosie sind nach und nach gleich wichtige Gegenstände aller grossen Land- und See-Reisen geworden. Um mit dem äussersten Norden zu beginnen, erwähne ich hier zuerst eines Mannes, den die gefährvollen und lästigen Beschäftigungen seines Berufs, des Wallfischfanges, nicht abgehalten haben, die feinsten meteorologischen und zoologischen Beobachtungen anzustellen. Herr Scoresby hat zwischen der vulkanischen Insel Jan-Mayen und dem von ihm entdeckten Theile von Ost-Grönland zuerst die mittlere Lufttemperatur der Polar-Meere bestimmt. Eine nordwestliche Durchfahrt suchend, ist es der englischen Regierung gelungen, der Erdkunde, der Klimatologie und der Kenntniss magnetischer Erscheinungen Dienste leisten zu lassen, welche ursprünglich dem Handelsverkehr der Völker verheissen waren. Parry, Sabine und Franklin haben aus mehrjährigen Erfahrungen die Temperatur-Verhältnisse der Luft und des Meeres bis Port-Bowen und Melville's Insel, also fast bis zum 75ten Breiten-Grade, mit einer Ausdauer erforscht, von der die Geschichte menschlicher Anstrengungen und muthigen Ankämpfens gegen die Elemente kaum ein ähnliches Beispiel aufweisen kann. Ein altes Vorurtheil, dem Cook's grosser Name zum Schutze diene, die Meinung, als sey der Südpol, einer allgemein verbreiteten Eisdecke wegen, unzugänglicher, als der

Nordpol, ist neuerlichst durch den Seefahrer Weddell zerstört worden. Die Entdeckung eines neuen Archipelagus, Süd-süd-östlich vom Feuerlande, hat zu einer Expedition Anlaß gegeben, auf welcher (weit jenseit zweier von dem russischen Kapitain Billingshausen aufgefundenen Sporaden) unter dem 74ten Grade der Breite Weddell ein völlig eisfreies Meer vor sich sah.

Wenden wir uns zu der gemäßigten Zone, so finden wir eine große Zahl von Punkten, wo die bisher für unveränderlich gehaltene mittlere Temperatur gemessen worden ist. Astronomen in Neu-Holland und am Fuße des indischen Himalaya, katholische und evangelische Missionarien in Macao, Van-Diemens-Land und der Gruppe der Sandwich-Inseln haben neue Thatfachen geliefert, um die nördliche und südliche, die östliche und westliche Hemisphäre (also die wasser- und ländereichsten Theile der Erde) in der heißen und gemäßigten Zone mit einander zu vergleichen. Eben so ist das Verhältniß der Wärme unter dem Aequator und den beiden Wendekreisen bestimmt worden. Diese numerischen Elemente sind als Fixpunkte besonders wichtig, weil sie wie die Zone des wärmsten Meer-Wassers (zwischen 25° und 24°,5 R.) in der Folge der Jahrhunderte dazu dienen können, die viel bestrittene Temperatur-Veränderlichkeit unsers Planeten zu prüfen.

Ich muß hier erinnern, daß klimatologische Bestimmungen in dem südlichsten Theile der gemäßigten Zone, zwischen den Parallel-Kreisen von 28° und 30°, lange vermißt worden sind. Diese Weltgegend bildet gleichsam ein Mittelglied zwischen dem eigent-

lichen Palmen-Klima und der Zone, in welcher, nach westlichen Sagen, die Menschheit zuerst (lange dem Mittelmeere, in Vorder-Asien und Iran) zu geistiger Bildung, zu Anmuth der Sitten und schaffendem Kunstgefühle erwacht ist. Niebuhr's, Nouet's und Contel's Beobachtungen in Aegypten, meines unglücklichen Freundes Ritchie's Beobachtungen in der Oase von Murzuk, waren ihrer örtlichen Verhältnisse wegen nur dazu geeignet, mißleitende Resultate zu geben. Das große und klassische Werk über die Canarischen Inseln, welches wir Hrn. Leopold v. Buch verdanken, hat auch diese Lücke ausgefüllt, so wie seine Reise nach Lappland und nach dem nördlichsten Vorgebirge unsers Erdtheils zuerst die Ursachen klar entwickelt hat, welche in der Scandinavischen Halbinsel, jenseit des Polarkreises, die Strenge der Winterkälte mildern, den Quellen die Temperatur erhalten, welche ihnen tiefere Erdtichten gegeben haben, und die Grenzen des ewigen Schnees und der verschiedenen Baumarten, unter Einfluß des Continental- und Küsten-Klimas, ungleich erheben.

Folgen wir dem Meeresstrome, welcher das große Thal des Atlantischen Oceans von Osten gegen Westen durchschneidet, so finden wir in der neuen Welt, von dem russischen Amerika und den Ansiedelungen kanadischer Jäger bis an den Plata-Strom und das südlichste Chili, in einer Länge von mehr als 1500 geographischen Meilen, reiche Quellen der Belehrung fast unerwartet eröffnet. Es sind nicht mehr fremde Naturforscher, die uns mittheilen, was sie bei dem kurzen Aufenthalte in wald- oder grasreichen Ebenen, wie auf dem besetzten Rücken der Cordilleren

flüchtig erforscht haben; von der mittleren Temperatur einzelner Wochen und Monate braucht man nicht mehr auf die mittlere Temperatur des Jahres zu schließen; überall geht von den Einwohnern selbst gründliche und vollständige Belehrung aus.

Die executive Gewalt der Vereinigten Staaten von Nord-Amerika läßt seit 5 Jahren, zwischen dem 28ten und 47ten Grade der Breite, zwischen dem Missury und den Alleghanis, zwischen dem See Michigan und der Küste von Pensacola, auf einem Flächenraume von 24000 Quadratmeilen, an siebenzehn verschiedenen Punkten, wo militairische Besatzungen stehen; täglich dreimal meteorologische Beobachtungen anstellen, aus denen sich die mittlere Temperatur der Tage, der Monate und des Jahres ergibt. Diese Beobachtungen, von dem General-Staabs-Arzte der Armee, Herrn Lovell, berechnet, sind in zwei Abhandlungen auf Kosten der Nord-Amerikanischen Regierung herausgegeben, und an alle wissenschaftliche Institute in Europa vertheilt worden *). Wenn nach diesem schönen Beispiele, in dem östlichen Theile unseres alten Continents, in dem weitausgedehnten, der halben Mondfläche gleichen Raume zwischen der Weichsel und der Lena, in wohl ausgewählten Punkten, ähnliche unter sich vergleichbare Thermometer-Beobachtungen, auf Befehl und Kosten eines mächtigen Monarchen, gemacht würden: so müßte in wenigen Jahren die ganze Klimatologie eine neue und verbesserte Gestalt gewinnen.

*) Ein Auszug aus dieser Arbeit, deren Mittheilung ich der Güte des Hrn. v. Humboldt verdanke soll den Lesern nächstens überliefert werden. P.

Der Eifer, welcher die Vereinigten Staaten von Nord-Amerika beleelt, ist in dem jetzt erst frei gewordenen spanischen Amerika mit gleicher Lebhaftigkeit erwacht. Zeitschriften, die in Bergstädten bis zu 9000 Fuß Höhe gedruckt werden, geben täglich, in der ungeheuern Ausdehnung von 28° nördlicher bis 40° südlicher Breite, den Stand des Thermometers, Barometers und Hygrometers, nach genauen, in Paris und London angefertigten, Instrumenten an. So ist die nun vollendete politische Revolution dieser Länder nicht bloß ihrem eigenen Wohlfande und dem Erwerbsfleisse von Europa ersprießlich geworden; sie wird auch unbezweifelt, je nachdem die Bevölkerung zunimmt, und sich wissenschaftliche Kultur über so viele Berggehänge und Hochebenen verbreitet, zu einer gründlicheren Kenntniß der höhern Schichten der Atmosphäre führen. Ganze Provinzen erheben sich dort zu der Höhe des Actua und Pic's von Teneriffa, inselähnig im Lustmeere. Wo im alten Continente der reisende Physiker, der ewigen Schneegränze nahe, sein Zelt aufschlägt, da liegen hier volkreiche Städte.

So wie Afrika, in neueren Zeiten, für einen an Palmen-Formen armen Welttheil erkannt worden ist, während es die Alten auf Münzen und Denkmählern als Palmenreich symbolisirten; so haben auch die letzten Entdeckungsreisen unsern Glauben an eine stets gleichförmige Tropenhitze in den afrikanischen Wüsten sonderbar modificirt. Von Murzuk in Fezzan aus reisend (einer Oase, in der Ritchie und Lyon, wahrscheinlich *wegen des in der Luft schwebenden wärmestrahrenden Sandes*, im Schatten, 5—6 Fuß über

den Boden, mehrere Sommer-Monate hindurch, das Reaumur'sche Thermometer um 5 Uhr Morgens zwischen 24° und 26° , Mittags zwischen 38° und 43° (gesehen haben) starb Dr. Oudney vor Kälte, mitten in Afrika, an der Gränze von Bornu, unter dem 13ten Breiten-Grade, zu Ende Decemb. in einem Lande, das nach Barometer-Messungen nicht 1200 Fuß über dem Meerespiegel erhaben ist. Man behauptet, Wasserföhläuche, welche Oudney's Caravane trug, seyen in derselben Nacht gefroren gewesen; doch hat mir Clapperton's Reisegefährte, Major Denham, den ich nach seiner Rückkehr vom See Tchad um mündliche Erläuterungen gebeten, erzählt, daß am Morgen, einige Stunden nach dem Tode des Dr. Oudney, die Luft-Temperatur nicht unter $7\frac{1}{2}$ Grad gewesen sey. In Süd-Amerika, dem Aequator näher, bei Bogota und Quito, habe ich, trotz der großen kälterzeugenden Wirkung der Strahlung hoher Ebenen, Wasser noch nicht in 8500 und 9000 Fuß Höhe mit Eis bedeckt gesehen. In den handschriftlichen Tagebüchern des jungen Beaufort, der vor Kurzem im oberen Senegal ein Opfer seines wissenschaftlichen Eifers geworden ist, finde ich, unter 16 Grad Breite, das Thermometer im Schatten, an demselben Tage, auf 36 Grad in der Mittagsstunde, und auf 12 Grad am frühen Morgen. So tief sinkt nie die Luft-Temperatur in Amerika in der Ebene unter demselben nördlichen Parallelkreise. Als ich im vorigen Jahre der Akademie einen ausführlichen Bericht über die vortrefflichen Arbeiten von Ehrenberg und Hemperich vorlegte, habe ich bereits der Kälte erwähnt, welcher diese gelehrten Reisenden in der Wüste von

Dongola, unter 19 Grad Breite, ausgesetzt waren. Nordwinde gelangten bis in diese südliche Tropen-Gegend, und im December sank das Thermometer bis 2°,5 R. über dem Gefrier-Punkte herab, also volle 12 Grad tiefer, als es, nach sorgfältig von mir gesammelten Erfahrungen, je unter derselben Breite, in Westindien, beobachtet wurde. Man ist erstaunt, nicht etwa am äußersten Rande der Tropen-Zone, sondern mitten in derselben, Afrika, in seinen Wüsten, kälter als das vegetationsreiche Amerika zu finden. Die eigentlichen Ursachen dieses sonderbaren Erkältungs-Processes (vielleicht Wärmestrahlung des Bodens durch trockne Luft gegen einen wolkenfreien Himmel, plötzliches Ausdehnen beim Ergießen feuchter Luftschichten in diese trockene Luft, Herabsinken der oberen Theile der Atmosphäre) sind bis jetzt nicht hinlänglich ergründet worden.

Es ist allgemein bekannt, daß mehr als zwei Drittheile unseres Planeten von einer Wasserhülle bedeckt werden, die durch Berührung mit der Atmosphäre den wichtigsten Einfluß auf das Klima der Continental-Massen ausübt. Wasser, von den Sonnenstrahlen getroffen, erwärmt sich nach anderen Gesetzen, als die feste Erdrinde. Verschiebbarkeit der Theilchen, aus denen man sich das Flüssige zusammengelezt vorstellt, erregen Strömungen und ungleiche Vertheilung der Temperatur. Durch Strahlung erkältet und verdichtet, sinken die Wassertheilchen zu Boden. Lustreifen, Erklimmen von isolirten Bergspitzen, und in das Meer herabgelassene thermoskopische Apparate haben die Schnelligkeit der Wärme-Abnahme bestimmt, welche, von unten nach oben in

der Atmosphäre, von oben nach unten in dem Ocean und in Süßwasser - Seen, zu verschiedenen Jahreszeiten, Statt findet. Geschöpfe, denen beide Elemente zum Aufenthalte dienen, finden daher, auf jeglichem Punkte der Erde, im luftförmigen und im tropfbaren Elemente, die heterogensten Klimate schichtenweise übereinander gelagert. In der Tiefe des Meeres, unter dem Aequator, wie in den Alpen-Seen der gemäßigten Zone, herrscht fortwährend ein bestimmter Kälte-Grad, der, bei welchem das Wasser seine größte Dichtigkeit erlangt. Ellis's, Forster's und Saussure's Versuche sind jetzt unter allen Zonen und in allen Tiefen wiederholt worden; aber was wir über die niedrigste Temperatur der Luft und des Meerwassers, wie über die größte Wirkung der Wärme-Strahlung, zwischen den Wende-Kreisen wissen, dient zum unumstößlichsten Beweise, daß die Kälte, welche dort nahe am Meeresboden herrscht, von einer Strömung herrührt, die in den Tiefen des Oceans sich von den Polen zu dem Aequator richtet, und die unteren Wasserschichten der südlichen Meere erkaltet, wie in der Atmosphäre der obere Luftstrom, der sich vom Aequator gegen die Pole ergießt, die Winter-Kälte der nördlichen Länder mildert.

Sandbänke werden, wie der unsterbliche Benjamin Franklin zuerst gelehrt hat, früher durch das Thermometer, als durch das Senkblei erkannt. Es sind submarinische Insel-Theile des Meer-Bodens, welche die elastischen Kräfte nicht über den Wasserspiegel erheben konnten. Auf dem Abhange der Untiefen, durch Stofs ansteigend, mischen sich die unteren kälteren Wasserschichten mit den oberen war-

meren. So verräth dem Schiffer plötzliche Meereskälte die nahe Gefahr. Durch ihre Temperatur wirken die Untiefen auf die darüber stehende Luft, in der sie Nebel und weitgelehene Gruppen von Wolken erzeugen.

Als man noch wenig über die Verbreitung der Wärme auf dem Erdkörper nachgedacht hatte, glaubte man das Klima zweier Orte nach den Extremen beurtheilen zu können, welche die Sommer- und Wintertemperaturen erreichen. Diese Ansicht der Dinge hat sich noch in der Volkmeinung erhalten; von den Physikern ist sie längst als unrichtig aufgegeben worden; denn wenn auch unbezweifelt die Extreme einzelner Tage und Nächte in gewissem Verhältnisse zu der mittleren Temperatur des Jahres stehen, so ist doch (und dieser Umstand hat den wichtigsten Einfluß auf das Gedeihen der Gewächse und den Gesundheitszustand der Menschen), bei einem und demselben Grade mittlerer jährlicher Temperatur, die Vertheilung der Wärme unter die verschiedenen Jahreszeiten auffallend verschieden. Den Typus dieser Vertheilung, nach Maafsgabe der Himmelsstriche und Höhen, habe ich sorgfältig zu bestimmen gesucht. Sollen aber vergleichende Resultate in Zahlen übersichtlich gegeben werden, so müssen sie die mittlere Temperatur jedes Monats, in der Voraussetzung einer arithmetischen Reihe, aus den zwei Extremen eines jeglichen Tages hergeleitet, enthalten. Diese Methode befolgte zuerst Reaumur im Jahre 1755; er verglich den Ertrag zweier Kornernnten, nicht (wie Herschel) mit Zahl und Gröfse der Sonnensflecke und Sonnensackeln, sondern mit der Quantität - Wärme,

welche die Cerealien während ihrer Vegetationszeit empfangen. Viele Arbeiten sind in den letzten Jahren darauf gerichtet gewesen, die Stunde zu bestimmen, deren mittlere Temperatur zugleich die des ganzen Jahres ausdrückt. Ich erwähne hier nur der Beobachtungen, welche auf Hrn. Brewster's rühmliche Veranstaltung in Schottland auf dem Fort Leith angestellt worden sind. Man hat die Nachtwachen eines Militärpostens dazu benutzt, ein Thermometer, zwei ganze Jahre lang, von Stunde zu Stunde beobachten zu lassen und aus der Masse dieser Beobachtungen, die man unter anderen Parallelkreisen wiederholen sollte, ist berechnet worden, daß in der Breite von Edinburg eine einzige tägliche Beobachtung, Morgens um 9 Uhr 13 Minuten, Abends um 8 Uhr 27 Minuten genügen würde, die mittlere jährliche Wärme zu bestimmen *). Unter den Monaten geben dieses wichtige Resultat April und October; es sey denn (und diese von Leopold v. Buch zuerst aufgefundenen Thatsache hängt mit merkwürdigen Modificationen der obern Luftströme zusammen), daß durch örtliche Ursachen, wie auf der Insel Gran Canaria, das Maximum der Wärme verspätet und in den October versetzt würde.

Wenn ich oft in diesem Vortrage der, in den beiden letzten Jahrzehnden schnell vermehrten, Zahl meteorologischer Beobachtungen erwähne; so will ich

*) Ein Resultat, welches von dem wahren nicht um $\frac{1}{2}$ Grad des Reaumur'schen Thermometers abweicht, erhält man auch durch das Mittel aus zwei Stunden gleicher Benennung. *Results of the therm. obs. made at Leith Fort every hour of the day and night during the years 1824 and 1825 p. 19.*

keinesweges darauf hindeuten, als sey die Vervollkommnung der Klimatologie vorzugsweise auf eine solche Vermehrung gegründet. Hier, wie in allen Aggregaten empirischer Kenntnisse, die zu früh Wissenschaften genannt worden sind, kommt es „auf ein denkendes Begreifen der Natur,“ auf eine richtige Ansicht dessen an, was aus den wohlgeordneten Einzelheiten gefolgert werden darf. Versuchen wir nun das Problem der Temperaturvertheilung in seiner ganzen Allgemeinheit zu fassen, so können wir uns planetarische Wärme entweder (wie im gegenwärtigen Zustande der schon oxydirten, erharteten Erdrinde) als Folge der Stellung gegen einen Wärme erregenden Centralkörper denken; oder aber (wie im ersten Zustande des Zusammenrinnens aufgelöseter dunstförmiger Stoffe) als Folge von inneren Oxydationsprocessen, Niederschlägen, chemisch veränderten Capacitäten oder electro-magnetischen Strömungen. Mannichfaltige geognostische Phänomene, deren ich bereits in einer anderen Abhandlung gedacht habe, deuten auf eine solche Entwicklung innerer, von dem Planeten selbst erregter Wärme hin. Dazu hat der geistreiche Astronom und Physiker, Hr. Arago, neuerlichst die Zweifel, welche man gegen die, den Bergwerken beider Welttheile eigenthümliche, Wärme erhoben hat, durch neue Versuche über tief erbohrte Quellwasser (sogenannte artesische Brunnen) auf das Vollkommenste widerlegt *). Je größer die Tiefe ist, aus welcher die Wasser aufsteigen, desto wärmer sind sie befunden worden. Hier ist aller Verdacht von nieder sinkenden, sich verdichtenden und also

*) Diese Ann. Bd. 76. S. 452.

wärmeentbindenden Luftschichten entfernt; hier sind Menschiennähe und Wirkung bergmännischen Gelauchtes nicht zu fürchten. Die Wasser bringen die Wärme mit sich, welche sie durch lange Berührung mit den Gesteinmassen, in verschiedenen Tiefen erhalten haben.

Diese denkwürdigen Beobachtungen lehren, wie, unabhängig von der Schiefe der Ekliptik im frühesten gleichsam jugendlichen Zustande der Planeten, Tropentemperatur und Tropenvegetation unter jeglicher Zone entstehen und so lange fortdauern konnten, bis durch Wärmestrahlung aus der erhärteten Erdrinde, und durch allmälige Ausfüllung der Gangklüfte mit heterogenen Gesteinmassen, sich ein Zustand bildete, in welchem (wie Fourier in einem tiefsinnigen mathematischen Werke gezeigt hat) die Wärme der Oberfläche und des Luftkreises nur von der Stellung des Planeten gegen einen Centralkörper, die Sonne, abhängt. Wir überlassen es gern anderen Physikern zu entscheiden, wie tief unter der oxydirten und erhärteten Erdrinde die geschmolzenen, flüssigen Massen liegen, welche sich in die Oeffnungen noch jetzt thätiger Vulkane ergießen, die Continente und den Meeresboden periodisch erschüttern und durch Klüfte in Granit und porphyrartigem Gesteine heiße Mineralquellen emportreiben. Die Tiefe unserer Bergwerke ist zu gering, um aus der ungleichen Wärmezunahme, welche man bisher darin beobachtet hat, ein Problem befriedigend in Zahlen aufzulösen, welches die Neugier der gleichsam auf einem Felsengewölbe wohnenden Menschen beschäftigt. Hier genügt es, daran zu erinnern, wie die neueren Ansich-

ten der Physiker und Geognosten, und zwar der beobachtenden, nicht leer-hypothesirenden Geognosten, den alten Mythos vom Pyrophlegeton und von Hephästos allverbreiteter Werkstätte ins Leben zurückgerufen haben.

Wird ein planetarischer Weltkörper von elastischen Luftschichten umflossen, und ist die alternde oxydirte Erdrinde mit fast überall geschlossenen oder ausgefüllten Klüften, durch lange Ausstrahlung der Wärme, in den Zustand des Gleichgewichts zwischen dem Empfangen und Verlieren, dergestalt gelangt, daß seine äußere Temperatur und die Verschiedenheit der Klimate nur von der Stellung gegen die Sonne, gegen einen größeren in permanentem Lichtproceß begriffenen Centralkörper, herrühren; so kann man in größter Allgemeinheit des Problems die Temperatur eines jeden Ortes als allein abhängig von der Art betrachten, wie sich der Einfluß der Mittagshöhe der Sonne äußert. Diese Höhe bestimmt zugleich die Größe der halben Tagbögen; die Dicke der Luftschichten, welche von den Sonnenstrahlen durchstrichen werden, ehe sie den Horizont erreichen; die Menge der absorbirten oder erwärmenden Strahlen (eine Quantität, welche mit der Größe des Einfallwinkels rasch zunimmt); endlich die Zahl der Sonnenstrahlen, welche, mathematisch betrachtet, ein gegebener Horizont empfängt. Die Wärmeerzeugung kann demnach, wo es auf ein Mehreres oder Minderes ankommt, als von der erleuchteten Erdoberfläche ausgehend betrachtet werden. Die Absorption, welche die Sonnenstrahlen bei ihrem Durchgange durch den Luftkreis erleiden, oder (anders zu reden) die Wärme-

erzeugung durch Lichtschwächung ist überaus gering, doch bemerkbar auf dem Ocean, wo ich in großer Entfernung von den Küsten, selbst dann, wenn das Wasser kälter als die Atmosphäre war, die Temperatur der letzteren, zur Mittagszeit, mit der Sonnenhöhe habe zunehmen sehen *).

Neuere Untersuchungen **) haben gezeigt, daß es in beiden Welttheilen unter dem Aequator, dessen mittlere Lufttemperatur sich auf 22°,2 Reaumur erhebt, nicht merklich heißer ist, als in 10 Grad nördlicher und südlicher Breite. Nach dem Commentar des Geminus zu dem astronomischen Gedichte des Aratus ***) glaubten einige griechische Physiker, die Temperatur der Wendekreise übertreffe sogar die des Aequators. Arago hat mit großem Scharfsinne durch zahlreiche optische Versuche dargethan, daß von der senkrechten Incidenz an, bis zu einem Zenitabstande von 20 Graden, die Menge des zurückgeworfenen Lichtes (und von dieser Menge hängt die mindere Erwärmung des erlichteten Körpers ab) fast dieselbe bleibt. Wenn ich die mittleren jährlichen Temperaturen mit einander vergleiche, so finde ich, daß, im westlichen Theile des alten Continents, die

*) Hr. Arago hat mich zuerst auf diese merkwürdige Wirkung der Lichtabsorption im Luftkreise aufmerksam gemacht. *Con. des tems pour 1828. p. 225.*

**) Vergl. mein *Essai politique sur l'île de Cuba* 1826. T. II. p. 79—92, wo ich die von Hrn. Atkinson (*Mem. of the Astron. Soc. Vol. II. p. 137—138.*) erregten Zweifel beseitigt zu haben glaube. (Man sehe auch diese *Ann. Bd. 84. S. 165.*
.. P.)

***) *Isig. in Aratum cap. 13. Strabo Geogr. lib. II. p. 97.*

Temperaturen von Süden gegen Norden abnehmen: von 20 bis 30 Grad Breite um $3^{\circ},2$ Reaumur; von 30 bis 40 Grad Breite um $3^{\circ},6$; von 40 bis 50 Grad Breite um $5^{\circ},7$; von 50 bis 60 Grad Breite *) wiederum nur um $4^{\circ},4$. In beiden Continenten ist die Region, wo die Wärmeabnahme am schnellsten ist, zwischen dem 40sten und 45ten Grade der Breite zu suchen. In diesem Resultate stimmt die Beobachtung auf eine merkwürdige Weise mit der Theorie zusammen; denn die Variation des Quadrats des Cosinus, welches das Gesetz der mittleren Temperatur ausdrückt, ist die größtmögliche bei 45 Grad Breite. Dieser Umstand hat, wie ich schon an einem andern Orte erinnert habe, wohlthätig auf den Kulturzustand der Völker gewirkt, welche jene milden, von dem mittleren Parallelkreise durchschnittenen Gegenden bewohnen. Dort grenzt das Gebiet des Weinbaues an das Gebiet der Oelbäume und der Orangen. Nirgend anders auf dem Erdboden sieht man (von Norden gegen Süden fortschreitend) die Wärme schneller mit der geographischen Breite zunehmen; nirgend anders folgen schneller auf einander die verschiedenartigsten vegetabilischen Producte, als Gegenstände des Garten- und Ackerbaues. Diese Heterogenität belebt die Industrie und den Handelsverkehr der Völker.

*) Im östlichen Theile des Neuen Continents sind die Abnahmen der mittleren Temperatur

von 20° bis 30°		5°	Reaumur.
30°	40°		5°·7
40°	50°		7°·2
50°	60°		5°·8

Es ist hier der Ort, zu erinnern, daß partielle tägliche und monatliche Temperaturveränderungen, bei der Beweglichkeit des Luftkreises, durch Herbeiführung kalter oder warmer Luftschichten, durch die mehr oder minder elektrische Spannung, durch die Wolkenbildung oder Dunstzerstreuung, kurz durch eine fast unabsehbare Menge variabler Ursachen, die in der Nähe und Ferne wirken, bestimmt werden. Leider hat das Studium der Meteorologie in einer Zone beginnen müssen, wo die Verwicklung der Ursachen, wo Zahl und Intensität perturbirender Kräfte am größten sind. Wenn je die freiere Kultur des menschlichen Geistes, wie man es gegenwärtig erwarten darf, einen ihrer Hauptsitze unter den Wendekreisen anschlägt; so ist vorauszusetzen, daß man dort, bei dem einfachen Gange der Erscheinungen, deutlich erkennen werde, was hier, im Spiel gleichzeitig wirkender, streitender Kräfte, lange verborgen geblieben ist. Von den Einfachen ist es leicht zu dem Zusammengesetzten überzugehen, und eine wissenschaftliche Meteorologie kann man sich als von den Tropen nach dem Norden zurückkehrend denken. Unter dem Palmenklima führt ein schwacher Ostwind immerdar gleich erwärmte Luftschichten herbei. Das Barometer zeigt, wie der Gang der Magnetnadel, die Stunde des Tages an. Erdererschütterungen, Stürme und Donnerwetter stören die kleine, aber periodische Ebbe und Fluth des Luftmeeres nicht. Die veränderte Abweichung der Sonne und die dadurch in ihrer Stärke modificirten obern Luftströme vom Aequator gegen die Pole bestimmen den Anfang der Regenzeit und der elektrischen Explosionen, welche

beide zu regelmässigen Epochen eintreten. Nach der Richtung des Wolkenzuges kann der Reisende sich fast wie nach der Magnetnadel orientiren; und in der trockenen Jahreszeit würde in vielen Gegenden der Tropenwelt die Erscheinung eines Gewölks am dunkelblauen Himmel die Bewohner eben so in Erstaunen setzen, als uns der Fall eines Aërolithen, oder des rothen Polarschnees, als den Peruaner das Krachen des Donners, oder als alle Bewohner tropischer Ebenen ein Hagelwetter. Diese Einfachheit und Regelmässigkeit meteorologischer Erscheinungen läßt eine leichtere und glücklichere Einsicht in ihren Causalzusammenhang erwarten.

So lange Beobachtungen über magnetische Inclination, Declination und Intensität der Kräfte in den Reiseberichten zerstreut lagen, und man dieselben noch nicht durch magnetische Linien vereinigt hatte, konnte die Lehre von der Vertheilung des Erdmagnetismus keine bedeutende Fortschritte machen. Auf diese Analogie gelüßt, hat man angefangen, durch sorgfältige Benutzung vereinzelter Thatfachen, die verwickelte Lehre von der Verbreitung der Wärme zu vereinfachen. Orte, die eine gleiche mittlere Wärme des Jahres, des Sommers oder des Winters haben, sind durch Curven miteinander verbunden worden. So ist das von mir im Jahre 1817 entwickelte System *isothermer Linien* *) entstanden; welche die Parallelkreise unter anderen Winkeln als die isochimonen und isothermen Linien durchkreuzen. Sie

*) *De la distribution de la chaleur sur le globe* in *Mém. de la Soc. d'Arcueil* T. III.

steigen gegen den Aequator herab, weil man im östlichen Asien und im östlichen Theile von Nordamerika, auf gleichen Höhen über dem Meerespiegel, in einer südlicheren Breite die Temperatur suchen muß, welche in unserem mittleren Europa weiter gegen Norden hinauf gefunden wird. Der merkwürdige Umstand, daß die höchste Kultur des Völkerstammes, zu dem wir gehören, sich unter fast gleichen Breiten in der gemäßigten Zone an zwei entgegengesetzten Küsten, der östlichen des neuen Continents und der westlichen des alten, angesiedelt hat, mußte auf die Ungleichheit der Wärme unter denselben Parallelkreisen früh aufmerksam machen. Man fragte, um wie viel Thermometergrade der alte Continent wärmer, als der neue sey, und erkannte erst spät, daß die isothermen Linien von der Breite von Florida bis zu der von Labrador hin nicht mit einander parallel laufen, daß die östlichen und westlichen Küsten von Nordamerika fast so verschieden, als die von Westeuropa und Ostasien sind. Gestalt und Gliederung der Continentalmassen und ihr Verhältniß zu den nahen Meeren bestimmen vorzüglich die Inflexion der isothermen Linien, die Richtung der gleich warmen Zonen, in welche man sich den ganzen Erdball getheilt vorstellen kann. Das Vorherrschen der Westwinde in den gemäßigten und kalten Himmelsstrichen begründet den Unterschied der Klimate an den Ost- und Westküsten ein und desselben Continents. Die westlichen Winde, welche man als Gegenwirkungen der tropischen Passatwinde betrachtet, gelangen zu einer östlichen Küste, wenn sie im Winter den vorliegenden, mit Schnee und Eis bedeckten

Continent bereits durchstrichen haben; dagegen führen zu westlichen Küsten (in Europa, wie in Neucalifornien und Nootka) westliche Winde Luftschichten herbei, die sich im strengsten Winter in Berührung mit der großen oceanischen Wasserfläche erwärmt haben. Nach diesen Ideen habe ich die genauere Kenntniss der niedrigsten Temperatur, zu welcher das atlantische Meer ausserhalb den Golfströme, zwischen dem 40ten und 50ten Grade der Breite, (also in den Breiten von Spanien, Frankreich und Deutschland) herabsinkt, einer besonderen Untersuchung werth gehalten. Ich habe gefunden, dass im Monate Januar das Meerwasser in 40° Breite nicht unter 10°,7; in 45° Breite nicht unter 9°,8 herabsinkt. Der allgemein verehrte Geograph von Ostindien, Major Rennell, der sich seit dreissig Jahren mit der Richtung der Strömungen im atlantischen Ocean beschäftigt und mir bei meinem neuesten Aufenthalte in England einen Theil seiner handschriftlichen Materialien mitgetheilt hat, findet für 50 Grad Breite, also in der Zone des nördlichen Deutschlands, eine Wintertemperatur des Meerwassers, welche die Luftschichten selbst in dem glücklichen Klima von Marseille im Januar nicht erreichen. Wenn die relative Ausdehnung von Asien und Nordamerika, von der Südsee und dem nördlichen atlantischen Ocean anders wäre, als sie jetzt ist, so würde, durch ungleiche Erwärmung der festen und flüssigen Theile der Erdoberfläche, das ganze System der Winde in der nördlichen Hemisphäre, sowohl ihrer Richtung, als ihrer Stärke nach, verändert werden.

Unser Europa verdankt ein milderer Klima seiner Erdstellung (seinem Positionsverhältnisse gegen das nahe Meer) und seiner gegliederten Gestalt. Europa ist der westliche Theil des alten Continents und hat also den großen, schon an sich kältemindernden und dazu noch vom Golfstrom theilweise erwärmten atlantischen Ocean in Westen. Zwischen den Meridianen, in denen Europa sich hinstreckt, fällt die Aequatorialzone nicht in das Becken des Oceans, wie südlich von dem eben deshalb kälteren Asien. Der Welttheil, der unter allen den größten Theil des tropischen Klima's genießt, das sandbedeckte Afrika, ist so gelegen, daß Europa von den Luftschichten erwärmt wird, welche, über Afrika aufsteigend, sich von dem Aequator gegen den Nordpol ergießen. Ohne die Existenz des mittelländischen Meeres würde der Einfluß des nahen Afrika's auf Temperatur und geographische Verbreitung von Pflanzen und Thieren noch wirksamer seyn. Der dritte Hauptgrund des milderer Klima's von Europa liegt darin, daß dieser Welttheil sich weniger weit gegen den Nordpol erstreckt als Amerika und Asien, ja daß er dem größten Busen eisfreien Meerwassers gegenüberliegt, den man in der ganzen Polarzone kennt. Die kältesten Punkte der Erde, neuerlichst uneigentlich Kältepole genannt, fallen nicht wie der sonst so scharfsinnige Brewster in der englischen Bearbeitung meiner Abhandlung von den isothermen Linien zu beweisen gesucht hat, mit den magnetischen Polen zusammen. Das Minimum der mittleren jährlichen Temperatur der Erdoberfläche liegt, nach Capitain Sabine's Untersuchungen, im Nordwesten von Melville's-Inseln,

im Meridian der Behrings-Straße, wahrscheinlich in 82 bis 83 Grad Breite. Die Sommergrenze des Eises, welche zwischen Spitzbergen und Ostgrönland sich bis zum 80sten und 81sten Grade zurückzieht, findet sich überall zwischen Nova-Zembla, den Knochen-Inseln von Neu-Sibirien und dem westlichsten amerikanischen Eiscap, schon im 75sten Grade der Breite. Selbst die Wintergrenze des Eises, die Linie, auf welcher die Eisdecke sich unserm Welttheile am meisten nähert, umgiebt kaum die Bären-Insel. Vom scandinavischen Nordcap, welches ein südwestlicher Meeresstrom erwärmt, ist die Fahrt zum südlichsten Vorgebirge von Spitzbergen selbst im strengsten Winter nicht unterbrochen. Das Polareis vermindert sich überall, wo es frei abfließen kann, wie in der Baffins-Bay und zwischen Island und Spitzbergen. Die Lage des atlantischen Oceans hat den wohlthätigsten Einfluß auf die Existenz jenes, für das Klima von Nord-Europa so wichtigen, Eis-freien Meerwallers in dem Meridian von Ostgrönland und Spitzbergen.

Dagegen häufen sich im Sommer die, aus der Baffins-Bay und Barrows-Straße südlich getriebenen Eisberge in dem großen Mittelmeere an, welches die Geographen mit dem Namen der Hudsons-Bay bezeichnen. Diese Anhäufung vermehrt so sehr die Kälte in dem benachbarten Continent, daß man in der Factori York und bei der Mündung des Hayes-Flusses, nach Capitain Franklin's neuesten handschriftlichen Berichten, in einer Breite mit Nord-Preussen und Curland, am Ende des Augusts und im Anfange des Septembers, beim Brunnengraben, in 4 Fuß Tiefe, überall Eis findet. Die nördlichsten und südlich-

sten Grenzen des festen Polareises, das heißt die Sommer- und Wintergrenzen, von deren Lage die Temperatur der nördlichen Continentalmassen abhängt, scheint in den historischen Zeiten, wie gründlichere Untersuchungen endlich gelehrt haben, wenig verändert worden zu seyn. Der schädliche Einfluß, welchen kleine, isolirte, durch Strömungen zuweilen bis in die Nähe der Azoren getriebene, Eismassen auf das Klima von Europa ausüben sollen, gehört zu den Mythen, die von den Physikern ausgehen und sich unter dem Volke verbreiten, wenn die Physiker längst aufgehört haben, ihnen Glauben beizumessen.

Finden sich unter denselben Breiten-Graden, wo in dem nördlichen Europa noch Garten- und Ackerbau getrieben werden, in Nordamerika und Nordasien nur sumpfige, moosbedeckte Länder, so äußert dagegen die kräftige Wärmestrahlung von Inner-Asien, zwischen den fast parallelen Bergketten des Himalaya, des Zungling und des Himmelsgebirges (eine Gegend, über welche Klaproth's geographische Untersuchungen viel Licht verbreiten) den glücklichsten Einfluß auf die asiatische Bevölkerung. Die ewige Schneegrenze liegt am nördlichen Abhange des Himalaya 4000 Fuß höher als am südlichen Abhange, und die physikalische Erklärung, welche ich von dieser sonderbaren Erscheinung gegeben *), ist durch neue Messungen und Beobachtungen in Ostindien, nach Hrn. Colebrooke's Berichte, bestätigt worden. Millionen von Menschen tibetanischer Abkunft und

*) *Annales de Chimie et de Physique* T. III. p. 297. | T. IX. p. 310. T. XIV. p. 5.

düsterer, religiöser Gemüthsstimmung bewohnen volkreiche Städte, da, wo, bei einer minderen Ausdehnung und minderen Continuität der Hochebenen, Felder und Städte, das ganze Jahr hindurch, in tiefem Schnee vergraben seyn würden.

Wie die Strömungen des Luftmeeres durch die veränderliche Abweichung der Sonne und durch die Richtung der Bergketten, an deren Abhänge sie herableiten, vielfach modificirt werden, so führen auch die Strömungen des tropfbaren Oceans die wärmeren Wasser niedriger Breitengrade in die temperirte Zone. Ich brauche nicht in Erinnerung zu bringen, wie die von den Passatwinden immer gleichförmig bewegten Wasser des atlantischen Oceans, gegen den vorstehenden Damm der Landenge von Nicaragua getrieben, sich nordwärts wenden, in den Golf von Mexiko wirbelnd umhertreiben, durch den Kanal von Bahama ausfließen, sich als ein Strom warmen Wassers erst nordöstlich gegen die Bank von Neu-Foundland, dann südöstlich gegen die Gruppe der Azoren hinbewegen, und, wenn sie vom Nordwestwinde begünstigt werden, Palmenfrüchte der Antillen, mit französischen Weinen gefüllte Fässer aus verunglückten Schiffen, ja selbst lebendige Esquimaux aus Ost-Grönland mit ihren ledernen Böten nach Irland oder nach den Hebriden, oder nach den Küsten von Norwegen führen. Der vielgereiste Astronom Herr Sabine, der, vor Kurzem aus den Polarländern zurückkehrend, Pendelversuche im Golf von Guinea, auf der afrikanischen Insel St. Thomas, anstellte, hat mir erzählt, wie Fässer von Palmenöl, die bei dem Cap Lopez, etwas südlich vom Aequator, durch Schiff-

bruch verloren gingen, erst von dem Aequatorial-, und dann vom Golfstrom getrieben, den atlantischen Ocean zweimal, von Osten gegen Westen und von Westen gegen Osten, in 3 und 50 Grad nördlicher Breite, durchschnitten haben und an den schottischen Küsten glücklich angelangt sind. Das wohlerhaltene Zeichen des afrikanischen Eigenthümers liefs keinen Zweifel über die Richtung, welche die Fässer genommen hatten.

Wie hier Aequatorial-Wasser im atlantischen Ocean durch den Golfstrom nördlich geführt werden, so habe ich in dem stillen Meere, und zwar in der südlichen Hemisphäre, einen Strom erkannt, der längs dem Littoral von Chili und Peru kälteres Wasser hoher Breiten unter die Wendekreise führt. In diesem Strome habe ich das Reaumur'sche Thermometer, im Hafen bei Trukillo, im September bis $12^{\circ},8$; im Hafen von Callao bei Lima zu Ende Novembers bis $12^{\circ},4$ sinken sehen. Ein junger überaus kenntnißvoller dänischer Seeofficier, der Baron Dirckinck v. Holmsfeldt, hat auf meine Bitte dieses sonderbare, so lange Zeit unbeobachtete Phänomen im Jahre 1825 zu verschiedenen Jahreszeiten von Neuem untersucht. Er fand mit Reaumur'schen Thermometern, welche Hr. Gay-Lussac und ich sorgfältig verglichen hatten, bei dem Hafen Callao das Meerwasser im August wiederum $12^{\circ},6$; im März $15^{\circ},7$; während daß, ausserhalb der Meeresströmung bei dem Vorgebirge Paríña, das ruhige Meer wie gewöhnlich unter solchen Breiten die große Wärme von 21 bis 22 Grad zeigte. Es ist hier nicht der Ort, zu entwickeln, wie dieser Strom kälteren Wassers,

welcher die südliche Schifffahrt von Guayaquill nach Peru und von Peru nach Chili erschwert, in einigen Monaten von der Garua, das heisst, von den Dünsten, welche die Sonnenscheibe fortwährend verschleiern, in seiner Temperatur modificirt wird, und wie er das Klima der Peruanischen Ebenen erkaltet.

So wie jedes Bestreben des Menschen nach einem wissenschaftlichen Bogreifen von Naturerscheinungen sein höchstes Ziel nur in dem klaren Erkennen unserer eigenen Natur erreicht; so führt auch die Untersuchung, deren Hauptmomente uns hier beschäftigt haben, zuletzt auf die Art, wie klimatische Verhältnisse sich in dem Charakter, dem Kulturzustande, vielleicht selbst in der Sprachentwicklung einzelner Völkerstämme, offenbaren. Hier ist der Punkt, wo die große Lehre von der Vertheilung der Wärme über den Erdkörper sich an die Geschichte der Menschheit anknüpft, und wo eben deshalb das Problem außerhalb des Gebietes einer rein physikalischen Empirie fällt,

II. *Ueber die Harze; von Otto Unverdorben.*

Unter Harze verstehe ich hier, nach der gewöhnlichen Bedeutung, starre, in Wasser unlösliche, organische Körper, die, geschmolzen, sich in Fäden ziehen lassen und beim Erkalten nicht krySTALLISIREN. Solche Körper, welche schon vor ihrem Schmelzpunkte sich zersetzen, habe ich der Analogie nach mit aufgenommen,