

U n t e r s u c h u n g e n

über die

Ursachen der Beugung der Isothermen.

Annahme eines Sphäroids von homogener Masse und gleicher Krümmung. Parallelismus der Isothermen, Isotheren und Isochimenen. Gleichheit der absorbirenden und emittirenden Kräfte in gleichen Breiten. Störende Ursachen verschiedener Ordnung, welche den normalen Parallelismus der Linien gleicher Wärme verändern.

Wenn die Oberfläche eines Planeten eine gleiche Krümmung hätte, wenn sie aus einer und derselben flüssigen Masse oder aus steinigen Schichten zusammengesetzt wäre, die homogen, gleichfarbig, gleichdicht wären, indem sie die Sonnenstrahlen auf gleiche Weise absorbirten, auf gleiche Weise gegen die Atmosphäre oder (ohne Atmosphäre) gegen die Himmels-Räume strahlten, so würden die *Isothermen* (Linien von gleicher Jahreswärme), die *Isotheren* (Linien von gleicher Sommerwärme) und die *Isochimenen* (Linien von gleicher Winterwärme) sämmtlich dem Aequator parallel sein. Auf dieser glatten und gleichartigen Oberfläche, sie sei flüssig oder fest, würden die geographischen Breiten, der Unterschied der Solstitial-Höhen und die Luft-Strömungen, welche durch die ungleiche Erwärmung der Oberfläche vom Aequator nach den Polen zu, durch die ungleichnamige Declination der Sonne und den Einfluss der Rotation der Erde auf die Geschwindigkeit der Luftkugeln erzeugt werden, endlich die Thätigkeit, welche seit Tausenden von Jahrhunderten das Innere eines Planeten, indem er erkaltete, ausgeübt hat, allein die Vertheilung der Wärme bestimmen.

Mit dieser allgemeinen Betrachtung, die weniger un-

fruchtbar ist, als man glauben könnte, muß die *theoretische Klimatologie* beginnen. Im gegenwärtigen Zustande der Oberfläche unseres Planeten und der Atmosphäre, die ihn umgiebt, haben die *isothermen Curven* ihren Parallelismus nur in der Nähe der heißen Zone beibehalten, und die Beugungen dieser Curven sind die Wirkung von *Störungen verschiedener Ordnungen*, die mehr oder minder mächtig sind, je nach der Gröfse der Oberfläche, welche sie afficiren.

Um die gemeinsame Thätigkeit dieser störenden Ursachen, welche den Nicht-Parallelismus der isothermen Linien und die Stellung ihrer *concaven* und *convexen Scheitel* bestimmen, von einander zu sondern, muß man jede Ursache für sich betrachten, und die Art und Gröfse ihrer fortdauernden oder, nach der Declination des Wärme erzeugenden Gestirns veränderlichen Effecte abschätzen. Diese Betrachtung führt darauf, die Störungen *verschiedener Ordnungen* zu classificiren, und läßt durchblicken, daß, nächst der partiellen Erhöhung des Bodens über dem Niveau der Meere, die mächtigste Ursache, welche die Temperatur der unter gleicher Breite liegenden Orte veränderlich macht, in der relativen Stellung der continentalen Massen und der Meere zu suchen ist, nämlich derjenigen Theile der Erdoberfläche, die, flüssig (aus beweglichen Kügelchen) und durchsichtig, oder fest und undurchsichtig, gleichmäfsig durch ihre absorbirende und emittirende Kräfte verschieden sind, d. h. durch die Quantität Licht, welche sie absorbiren, die Intensität von Wärme, die sie erzeugen und in ihrem Innern verbreiten, und durch den merklichen Verlust, dem die Ausstrahlung sie unterwirft. Diese Ausdehnungs- und Gestaltungs-Verhältnisse zwischen den undurchsichtigen Continental-Massen und den flüssigen oceanischen Massen bestimmen am meisten die Beugung der Isothermen, nicht allein, indem sie die Temperatur da, wo sie sich lokal entwickelt, modificiren, sondern auch, indem sie auf die atmosphärischen Strömungen einwirken, welche die Temperatur verschiedener Klimate vermengen und, —

in der Zone mittlerer Breiten, als Strudelwinde (vents de remous, Westwinde), den Passatwinden entgegengesetzt, durch die überwiegende Häufigkeit ihrer Richtung, — die Wintertemperatur aller westlichen Küsten der zwei Hemisphären mildern.

Die erste von allen Perturbations-Ursachen, welche den Parallelismus der Isothermen afficiren, ist die Ausdehnung und die Gestalt der Continente, ihre Verlängerung und ihre Verengung in verschiedenem Sinn. In diesen einleitenden Betrachtungen abstrahiren wir ganz von den Unebenheiten des Bodens, der Richtung der Gebirgsketten, dem Zustande der Oberfläche des Bodens, er möge nackt, steinig oder bedeckt sein, entweder mit Wüsten-Sand, Steppen-Rasen und Gras, oder mit dem Schatten der Wälder, deren appendikuläres System (die Blätter) die Temperatur der umgebenden Luft, durch den Effect der Strahlung, wie sehr dünne Plättchen erniedriget. Die Umstände, welche ich hier aufgezählt habe, gehören störenden Ursachen einer andern, secundären oder tertiären Ordnung an. Das Klima eines jeden Orts empfängt den mächtigsten Einfluss von der Configuration des ihn umgebenden Theils des Continents, von Verhältnissen, die einer bedeutenden Landzone gemeinschaftlich angehören. Diese allgemeinen Ursachen sind lokal modificirt durch die Richtung der benachbarten Berge (welche durch die Häufigkeit der niedersteigenden Strömungen schützend oder Kälte erzeugend sind), durch den Zustand der Oberfläche des unfruchtbaren, morastigen oder beholzten Bodens. Die Physik der Erde ist nur eine entstehende Wissenschaft, und es ist natürlich, dafs, indem von dem gehandelt wird, was man unbestimmt den Unterschied geographischer und physischer Klimate nennt (man müfste sagen: Abweichungen von dem Typus, welchen eine homogene und gleichmäfsig gekrümmte Oberfläche darbietet), zuerst mehr Aufmerksamkeit auf kleine lokale Ursachen, als auf Perturbations-Ursachen einer höhern Ordnung, gerichtet worden ist. Ueberdies ist uns diese Art die Klimate zu betrachten, von dem

berühmten Volk der Hellenen überliefert worden, deren Land, von Golfen und Meerarmen zerschnitten, von Bergketten in Bassins eingetheilt, gleichsam *gegliedert*, in dieser, der Entwicklung der Civilisation des Menschengeschlechtes so günstigen Gestaltung, nach einem kleinen Maafsstabe eine bewundernswürdige Mannigfaltigkeit von Klimaten darbot, und, wie Aegypten, unterm Einflufs lokaler Ursachen diejenigen verbar, welche der ganzen Zone, am südöstlichen Ende des Mittelländischen Meeres, angehören.

Klima in der allgemeinsten Bedeutung des Worts. Optische Modificationen der Atmosphäre. Fortpflanzung und Interferenz des Lichts. Analyse des Total-Effects der wärmeerregenden Einflüsse. Die Perturbations-Ursachen laufen alle in ihren Thätigkeiten auf die Idee einer Heterogenität im Verhältnifs zu den absorbirenden und emittirenden Kräften der Wärme hinaus. Unterscheidung zwischen den physischen Phänomenen, welche man dem Kalkul unterwerfen und durch mathematische Gesetze mit einander verbinden kann, und den Phänomenen, die man nur auf dem Wege der Induction und Analogie zu erreichen vermag. Methode, die partiellen Beobachtungen zu gruppiren, die numerischen Elemente der periodischen Bewegungen der Wärme auf der Oberfläche der Erde durch die Erfahrung zu bestimmen und empirische Gesetze zu entdecken, durch eine eigenthümliche Vertheilung der mittleren Resultate.

Das Wort *Klima*, in seiner allgemeinsten Bedeutung, umfaßt alle die Modificationen der Atmosphäre, von denen unsere Organe auf eine merkliche Weise berührt werden, als da sind: die Temperatur, die Feuchtigkeit, die Veränderungen des barometrischen Drucks, der ruhige Zustand der Luft oder die Wirkungen ungleichnamiger Winde, die Ladung, d. i. die Quantität elektrischer Tension, die Reinheit der Atmosphäre oder ihre Vermengung mit mehr oder minder ungesunden Gas-Ausströmungen, endlich den Grad gewöhnlicher Durchsichtigkeit, jene Reinheit des Himmels, so wichtig durch den Einflufs, den sie nicht allein auf die Strahlung des Bodens, auf die Entwicklung der organischen Gewebe der Pflanzen und die Zeitigung der Früchte, sondern auch durch die

Gesammtheit der moralischen Eindrücke, welche der Mensch in den verschiedenen Zonen empfindet, ausübt. Wir haben uns hier darauf beschränkt, eine einzige optische Modification der Atmosphäre, die der *Fortpflanzung* des Lichts, zu nennen. Andere sind relativ, theils nach der veränderlichen Quantität des polarisirten Lichts, welches die Atmosphäre enthält, je nachdem sie mehr oder minder mit Dunstbläschen gesättigt ist, theils nach den Strahlen, die, aus einer gemeinsamen Quelle mit ungleicher Geschwindigkeit ausfließend, sich durch *Interferenz* zerstören, und nicht mehr geeignet sind, eine chemische Thätigkeit auszuüben. Diese Modificationen üben vielleicht auf unsere Organe Einfluss aus; allein ihr Einfluss ist bis jetzt so wenig erkannt worden, als der von der Intensität der magnetischen Kräfte, welche, nach den Breiten, der Ebbe und Fluth der täglichen Wärme und den Perturbationen des Nordlichts, veränderlich ist.

Von diesen zahlreichen und zum Theil unbekanntem Ursachen, welche dahin streben, die Klimate verschiedenartig zu machen, ist die Veränderung der Temperaturen, denen der Mensch in den verschiedenen Gegenden der Erde ausgesetzt ist, die mächtigste. Auch bedeutet „das Klima verändern“, in der gewöhnlichen Sprache, die Veränderung des gewöhnlichen atmosphärischen Eindrucks von warm und kalt. Die Betrachtungen, welche ich hier bezeichne und aus meinem (handschriftlichen) *Versuch einer Physik der Welt* entlehne, haben nur Bezug auf die Analyse des *Total-Effects der Wärme erzeugenden Einflüsse*.

Einen so zusammengesetzten Effect analysiren, heißt aufzählen, schätzen, so zu sagen einer jeden der Ursache ihr *Gewicht* geben, welche den ursprünglichen Parallelismus der Isothermen stören. Um einiges Licht auf das Phänomen der Vertheilung der Wärme auf der Erde zu werfen, welches aus der gemeinsamen Thätigkeit so vieler partiellen Ursachen hervorgeht, muß man (so gestattet es der gegenwärtige Zustand unserer Kenntnisse in der physischen Geographie) die Phäno-

mene in ihrer größten Allgemeinheit betrachten, sie auf die kürzeste Weise charakterisiren und Beispiele nur da hinzufügen, wo die Klarheit es gebieterisch fordert.

Wir haben weiter oben daran erinnert, dafs, wenn die Erde ein Sphäroid von homogener Masse wäre, auf dieser gleichfalls homogenen Oberfläche, sie möge flüssig oder fest sein, alle *Linien gleicher Wärme* mit dem Aequator gleichlaufend sein würden, weil die *absorbirenden* und *emittirenden* Kräfte des Lichts und der Wärme in gleicher Breite überall dieselben sein würden. Aus diesem mittlern und primitiven Zustande, der die Strömungen der Wärme im Innern und in der Hülle des Sphäroids oder die Fortpflanzung der Wärme durch Luftströmungen (wenn man sonst eine Atmosphäre um den Planeten nicht absprechen will) nicht ausschließt, geht eine mathematische Theorie aus. Sie bestimmt auf der als glatt angenommenen, von Plateaux und Bergketten entblößten Oberfläche, die relative Entfernung der Isothermen zu $n, 2n, 3n, \dots$ Grad vom Aequator; Entfernungen, die, für die correspondirenden (gleichnamigen) Isothermen, nicht dieselben auf beiden Seiten des Aequators sein würden, weil die südliche Hemisphäre einen längern Winter hat, und folglich mehr ausströmende Wärme verliert.

Alles, was die absorbirenden und strahlenden Kräfte in einigen Theilen der Oberfläche, die auf gleichem Parallel vom Aequator stehen, stört, bringt Beugungen in den isothermen Curven hervor. Die Beschaffenheit dieser Beugungen, der Winkel, unter welchem die isothermen Curven die Aequator-Parallelen schneiden, die Stellung der concaven oder convexen Scheitel im Verhältniß zum Pol der gleichnamigen Halbkugel, sind der Effect von *Wärme- oder Kälte erzeugenden Ursachen*, welche nach verschiedenen geographischen Längen ungleich wirken. Eine räsonnirende Kenntniß dieser Perturbations-Ursachen, ihres *Gewichts* oder relativen Uebergewichts, verbunden mit der Einsicht einer Karte, welche den ungleich absorbirenden und strahlenden Zu-

stand der Erdoberfläche mit Bestimmtheit darstellte, würde dahin führen, die Richtung, den Sinn der Beugung und die Gröfse der Bewegung einer isothermen Linie (von gleicher Jahres-Wärme) mit Approximation da vorher zu sagen, wo ihre Spur noch nicht durch die Beobachtungen der mittlern Temperatur bestimmt sein würde. Dieselbe Art Vorhersagung, gegründet auf die Analyse der Kälte- und Wärme erzeugenden Ursachen und auf die Schätzung ihres relativen Uebergewichtes, würde sich auch auf die *isotheren* und *isochimenen* Curven (Linien gleicher Sommer- und Winter-Wärme) anwenden lassen, das heifst, auf die Vertheilung einer Quantität Jahres-Wärme unter die verschiedenen Jahreszeiten.

Diese Vertheilung ist, um nur ein Beispiel anzuführen, sehr verschieden auf den Inseln und im Innern eines großen Continents; aber sie bietet auf jeder *isothermen* Curve Abweichungen eines gemeinschaftlichen Typus dar; Oscillationen, die zwischen engen Gränzen eingeschlossen sind. Die Theilung zwischen der Winter- und der Sommer-Wärme erfolgt nach bestimmten Verhältnissen, und überall, wo sich die mittlere Temperatur des Jahrs auf $9\frac{1}{2}^{\circ}$ oder 10° C. erhebt, wird man in Europa keine mittlere Wintertemperatur finden, die unter *Null* herabsinkt. Es genügt, in der größten Allgemeinheit gezeigt zu haben, dafs, — indem man zuvörderst einen Parallelismus der drei isothermen, isotheren und isochimenen Curven (Curven, die man eben so wenig verwechseln darf, als die Linien gleicher magnetischer Declination, Inclination und Intensität) unter sich und mit dem Aequator annimmt¹⁾, die Thätigkeit der *störenden* Ursachen, welche sich alle auf die Idee einer Heterogenität in Beziehung auf die absorbirenden und emitirenden Kräfte der Wärme reduciren und den Nicht-Parallelismus bestimmen, die Beschaffenheit der Beugun-

¹⁾ Man sehe meine Abhandlung über die Vertheilung der Wärme auf der Erde in den *Mémoires de la Société d'Arcueil*, T. III. pag. 529.

gen und die Stellung der concaven und convexen Scheitel der Curven gleicher Jahres-, Sommer- und Winterwärme durch Raisonement verfolgt werden können. Ohne hier auf eine mathematische Genauigkeit Anspruch zu machen, kann man in Erinnerung bringen, daß der Gang, den ich andeute, um die Kenntniß der empirischen Gesetze in der Vertheilung der Wärme auf der Erdoberfläche zu vervollkommen, indem die *Perturbations-Ursachen* der *primitiven Gestalt* der isothermen Curven, eine nach der andern untersucht werden, dem Gange analog ist, welchen die Astronomen anwenden, wenn sie den mittlern Ort eines Planeten von dem Effect der Ungleichheiten seiner Bewegung nach und nach verbessern. Es scheint mir fast unnöthig, daran zu erinnern, daß, wenn ich mich in diesen Betrachtungen der Ausdrücke *Primitiv-Gestalt*, *Normal-Gestalt*, bediene, dies nur geschieht, um den Ausgangspunkt einer theoretischen Supposition zu bezeichnen, den *mittlern Zustand* des Parallelismus der Wärme-Curven in Beziehung auf den Aequator, ohne zu behaupten, daß die Homogenität der Oberfläche und des Innern des Erd-Sphäroids der erste Zustand eines Planeten oder eines planetarischen Nebelflecks, der sich condensirte, gewesen sein müsse.

Die meisten Natur-Erscheinungen zeigen zwei verschiedene Theile: den einen, welchen man einem genauen Kalkül unterwerfen, den andern, den man nur auf dem Wege der Induction und Analogie erreichen kann. So kann die mathematische Theorie der Wärme-Vertheilung die Phänomene verbinden, welche die Zunahme der Temperatur im Innern der Erde in verschiedenen Tiefen, der Verlust, welchen die als homogen angenommene Oberfläche durch die Strahlung von den Polen bis zum Aequator erleidet, darbieten; so kann sie den Beugungen der *geo-isothermen* Schichten folgen, da, wo sie sich durch Erhebung von Plateaux, nicht von einzelnen Gipfeln, in ungleichen Entfernungen vom Mittelpunkt der Erde finden. Die Geometer können analytische Ausdrücke für die Curven suchen, welche die Variationen

der Temperatur von Stunde zu Stunde darstellen, nach den verschiedenen Monaten des Jahres und unter verschiedenen Breiten, so weit diese regelmäßigen Veränderungen auf einer Oberfläche, deren absorbirende und emittirende Kräfte constant sind, von der Sonnenhöhe, dem Incidenz-Winkel der Strahlen, der Dauer ihrer Wirksamkeit nach der GröÙe der halbtägigen Bögen, dem Effect der Strahlung auf der als homogen angenommenen flüssigen oder festen Oberfläche abhängen; allein in diesem Labyrinth von Perturbations-Ursachen, welche gleichzeitig wirkend, die Effecte in zwei, unter einem und demselben geographischen Parallel gestellten Abtheilungen der Erdoberfläche vorstellen, ist es Sache des Physikers, die Resultate einer mathematischen Theorie mit den sorgfältig gesammelten Thatsachen zu vergleichen; in den mit Unterschied gewählten Lokalitäten unter dem Einfluß völlig entgegengesetzter Umstände (auf den östlichen Küsten und den westlichen, auf Inseln und im Innern der Continente, im Schatten dicker Wälder und in mit Rasen bedeckten Ebenen, in Mitten von Morästen oder wenig tiefen Seen und an öden wüsten Stellen) den *Total-Effect* zu messen, d. h. die mittlere Temperatur des Jahres, der Jahreszeiten und der Stunden, die des täglichen *Maximum* und *Minimum*; die Lage des Scheitels oder Culminationspunktes der jährlichen Temperatur-Curven in Bezug auf die zwei Solstitien zu bestimmen; und durch die Vergleichung der, unter denselben Breiten, unter dem Einfluß entgegengesetzter Umstände gesammelten *numerischen Elemente*, das zu entwickeln, was in dem *Total-Effect* einer jeden Störungs-Ursache angehört. Den Physikern gebührt es, empirisch zu bestimmen, ich will nicht sagen, die bestimmte Quantität der partiellen Einflüsse, wohl aber die *Gränz-Zahlen*, zwischen denen die Effecte schwanken, welche jeder Einfluß auf die Veränderung der mittlern Temperaturen des Jahres, des Winters und des Sommers ausübt.

Seit einem halben Jahrhundert hat man unter den verschiedenen Klimaten Temperatur-Beobachtungen auf-

gehäuft, ohne die Gesetze zu erkennen, deren treuer Ausdruck sie sind, Gesetze, die sich nur kund geben können, wenn man die Thatsachen nach theoretischen Betrachtungen gruppirt. Um sie mit Erfolg finden zu können, muß man hier, wie im Allgemeinen bei allen Arbeiten der Physik, Chemie, Pflanzengeographie oder Geologie, den Effect jeder Ursache zu isoliren wissen, und nach und nach von einfachen Phänomenen zu den Effecten der entgegengesetzten Kräfte übergehen. Ueberall, wo in den Problemen der Natur-Philosophie der Conflict von so vielen veränderlichen, nicht hinreichend genug umgränzten Ursachen der Analyse entschlüpft, kann man, — die partiellen Beobachtungen gruppirend und *empirische Gesetze* suchend, wie sie sich durch eine eigenthümliche Anordnung der *mittlern Resultate* kund geben, — bis zu einem gewissen Punkte, und, ohne sich mit einer Genauigkeit brüsten zu wollen, welche die Verwicklung der Phänomene nicht zu erreichen erlaubt, die strenge Methode der Geometer nachahmen.

Coefficienten der stündlichen Veränderungen der Temperatur. Entfernung der promeridianischen und postmeridianischen Epochen, in denen man beobachten müßte, um durch das mittlere Resultat einer einzigen Stunde die mittlere Temperatur des Jahres zu erhalten. Harmonie, welche diese Entfernung (von $11^h 11'$ bis $11^h 14'$) unter verschiedenen Graden der Breite (zwischen den Parallelen von 45° und 56°) darbietet. — Die halbe Summe der mittlern Temperaturen von zwei gleichnamigen Stunden ist, bis auf einen Centesimal-Grad nahe, gleich der mittlern Temperatur des ganzen Jahres. Curve der täglichen Temperatur, betrachtet in den Theilen, welche auf beiden Seiten des Scheitels liegen. — Periodische Effecte der Wärme, welche sich in der Monats-Curve kund geben. Symmetrische Zu- und Abnahmen, im Verhältniß zur Solstitial-Distanz. Mittlerer Tag, der in vier Abtheilungen die vier Jahreszeiten darstellt. Tage, welche die mittleren Temperaturen des Jahres repräsentiren.

Wir besitzen bereits durch die neuern Arbeiten des Herrn Schouw die numerischen Elemente der stündlichen Temperatur-Veränderungen für drei Orte: Padua, Leith und Apenrade, zwischen den Parallelen von 45° und 56° gelegen, auf 28000 partielle Beobachtungen ge-

gründet, die von den Herren Toaldo, Chiminello, Brewster und Neuber sehr mühselig gesammelt worden sind. Die Gleichförmigkeit der progressiven Zu- und Abnahme in einer so ausgedehnten Zone ist außerordentlich merkwürdig. Man kennt die Coefficienten, mit denen man, zwischen den genannten Parallelen, die Mittelzahl jeder Stunde des Tages und der Nacht auf das Mittel der aus den stündlichen Beobachtungen hergeleiteten Temperaturen der Monate oder des ganzen Jahres reduciren kann. Diese Möglichkeit einer genauen Reduction hat für den praktischen Gebrauch sehr viel Werth, wenn der Beobachter nicht in der Lage ist, den Stand des Thermometers in den Stunden des *Maximum* und des *Minimum* der täglichen Temperatur aufzuzeichnen. So groß ist die Gewalt der aus einer sehr großen Masse von Beobachtungen (z. B. von 28000 für Padua, Leith und Apenrade) gezogenen Mittelzahlen, daß ich, trotz des Unterschiedes einer ganzen Stunde, welchen diese drei Punkte der Lombardei, Schottlands und Dänemarks, im Verhältniß zu den absoluten Epochen, deren Temperatur, der Morgen und der Abend, genau die des ganzen Jahres vorstellt, darbieten, die Entfernung der Morgen-Epoche von der Abend-Epoche, bis auf drei Minuten überall gleich groß finde. Die vor- und nachmittägigen Epochen, an denen man beobachten müßte, um durch das mittlere Resultat einer einzigen Stunde die Mitteltemperatur des ganzen Jahres zu erhalten, sind in Padua um 11^h 14', in Leith um 11^h 12', und in Apenrade um 11^h 11' von einander entfernt.

Ein anderes numerisches Resultat, dessen erste Kenntniß man Herrn Brewster verdankt, und das ich in 12000 stündlichen Beobachtungen von Padua, und 8700 stündlichen Beobachtungen von Leith bestätigt finde, besteht in Folgendem: Die halbe Summe der mittleren Temperatur von zwei Stunden gleicher Benennung ist, bis auf einen Centesimal-Grad nahe, gleich der Mittelzahl des ganzen Jahres. Für Schottland geht diese Differenz sogar nur bis auf 0^o.2. Man erstaunt beim ersten Blick

über die Allgemeinheit dieses Gesetzes. Die gleichnamigen Stunden sind sehr ungleich entfernt von der Stunde des *Maximum* der Tages-Temperatur, und die Stunden gleicher Wärme (man könnte, dem Gebrauch der Astronomen in der Bestimmung der wahren Zeit analog, sagen, die *correspondirenden Thermometer-Höhen*) geben für jeden Ort eine Epoche, die von der des Maximum sehr verschieden ist. Damit die halbe Summe von zwei Ordinaten gleicher stündlicher Benennung, nämlich von zwei Ordinaten der Curve der Tages-Temperatur zu homonymen Stunden gehörend, merklich gleich sei dem Mittel aller Ordinaten, oder der halben Summe der größten und kleinsten Ordinate, müssen zwischen dem 45° und 56° der Breite, (um nicht über die in den drei Orten, für die man eine so bedeutende Menge stündlicher Beobachtungen gesammelt hat, beobachteten Thatsachen hinauszugehen), die *Curven der Tages-Temperatur* eine nicht unmerkliche Compensation in den auf beiden Seiten des Scheitels liegenden Theilen darbieten.

Wenn wir von den periodischen Wirkungen der Tageswärme zu den Veränderungen der mittlern Temperaturen der Monate übergehen, so finden wir ein sehr verschiedenes Verhältniß zwischen den, in gleicher Entfernung von der *größten* Ordinate stehenden Ordinaten. Nach den nützlichen und mühsamen Berechnungen, welche Herr Bouvard mit 20jährigen Pariser Beobachtungen angestellt hat, correspondiren die größten und kleinsten Wärmegrade dem 15. Juli und 14. Januar, und stehen folglich (bis auf einen Tag) sechs Monate von einander. Sie retardiren um 25 Tage jeder vom Sommer- und Winter-Solstitium. Ich will bei dieser Gelegenheit bemerken, daß die Zunahmen und Abnahmen der Wärme so symmetrisch sind, daß nicht allein März und November, zwei gleich weit vom Juli entfernte Monate, welche das Maximum der Monats-Temperatur ($18^{\circ},61$) darbieten, merklich dieselbe Mittel-Wärme haben ($6^{\circ},48$ und $6^{\circ},78$); sondern ich finde auch, um kleinere Theile der Jahres-Curve zu bezeichnen, daß ein Tag der ersten De-

cade des März (der 5. März) genau dieselbe Temperatur ($5^{\circ},67$) hat, wie ein Tag der dritten Decade des November (der 24. November). Nun aber beträgt die Entfernung dieser zwei Tage in Beziehung auf den Scheitel der Curve (15. Juli) auf beiden Seiten 132 Tage. Das sind also *correspondirende Thermometer - Höhen*, deren halbe Summe die Epoche des Maximum oder den Culminationspunkt der Jahres-Curve giebt; das beweist (wenn man sich des Theorems der halben Summe der homonymen Stunden erinnert), dafs die kleinen periodischen Tages-Inflectionen dieser Curve von einer Beschaffenheit sind, welche von der Inflection der ganzen Curve sehr verschieden ist. Wenn man für einen einzigen Ort (z. B. Leith oder Padua) 24×365 oder 8760 stündliche Beobachtungen besitzt, welche während eines Jahres angestellt worden sind, so kann man sie auf drei Weisen anwenden:

1) indem man die Jahres-Curve durch 8760 Ordinaten gehen läfst, dergestalt, dafs sie eine gekrümmte Curve wird;

2) indem man die Curve des *mittlern Tages* durch 24 Ordinaten der Stunden zieht, deren jede das Mittel von 365 homonymen Ordinaten ist;

3) indem man die Jahres-Curve zieht, in welcher die periodischen Tages-Inflectionen unterdrückt sind durch den einfachen Gebrauch der 365 Ordinaten der mittlern Temperatur der Tage oder der 12 Monats-Ordinaten.

Da die Wärme des mittlern Tages des Jahres aus den Temperaturen aller homonymen Stunden des Jahres besteht, so folgt daraus, dafs die mittlere Ordinate einer jeden dieser drei Curven dieselbe Gröfse gewährt, wie die der mittlern Jahres-Temperatur. Die Flächenräume dieser Curven sind gleich. Der *fingirte oder mittlere Tag* stellt, so zu sagen, in vier Abtheilungen, die Jahreszeiten vor; er hat im Morgen seinen Frühling, seinen Sommer, der durch die Stunde des Maximum der Wärme in zwei gleiche Theile getheilt ist, seinen Herbst und in der Nacht seinen Winter. Eben so wie die mittlern Temperaturen

des ganzen Jahres durch die Monate April und October repräsentirt sind, eben so repräsentiren auch die Stunden von 9 Uhr Morgens und 8 Uhr Abends ungefähr die mittlere Temperatur des Tages. Doch halten diese Analogien, welche einige Physiker auf das Ansehen des Himmels und der Wolken, und auf den hygrometrischen und elektrischen Zustand der Luft ausgedehnt haben, eine strenge Prüfung in Bezug auf mathematische Verhältnisse nicht aus; sie lassen sich nicht auf die Beschaffenheit der zwei Curven des mittlern Jahres und des mittlern Tages anwenden. Die Krümmung der vom Gipfel gleichweit abstehenden Abtheilungen ¹⁾ ist in der ersten merklich dieselbe, dagegen in der zweiten dieser Linien sehr verschieden.

Störende Ursachen, eine nach der andern oder übereinander gelagert betrachtet. Solares Klima und wirkliches Klima. Mittel, um das zu isoliren, was im Total-Effect durch den Mangel an Homogenität der Erdoberfläche erzeugt wird. Art der Betrachtung der Wirksamkeit der ungleichen Lokal-Vertheilung der absorbirenden und emittirenden Kräfte auf die Oscillation der Curven gleicher Wärme. Empirische Gesetze des Erd-Magnetismus in den drei großen Erscheinungen der Inclination, Declination und Intensität, verglichen mit den empirischen Gesetzen der Vertheilung der Wärme auf der Erde. Veränderungen in der Gestalt, welche man im Verlauf der Jahrhunderte bei den drei isothermen, isotheren und isochimnen Curven beobachten wird; die beiden letzten dieser Curven sind merklichen Veränderungen mehr unterworfen, als die Curven gleicher Jahreswärme.

Ich habe in dem vorstehenden schnellen Ueberblick der

¹⁾ Die bewundernswerthe Regelmäßigkeit der Vertheilung der Wärme zwischen die verschiedenen Theile des Jahres (eine Regelmäßigkeit, welche sich in den Mittelzählen von 10, 15 oder 20 Beobachtungs-Jahren zu erkennen giebt) ist von der Art, daß die Tage, welche die mittleren Temperaturen des Jahres repräsentiren:

in Ofen	mit dem 18. April und 20. October
in Mailand	mit dem 13. - und 21. -
in Paris	mit dem 22. - und 20. -

correspondiren.

v. H.

der auf die Wärmevertheilung auf der Erde Bezug habenden Probleme die Werthe unterschieden, welche die Analyse erreichen kann, und die, welche, da sie nur durch empirische Gesetze verbunden sind, nichts desto weniger fähig sind, nach einer sehr strengen Methode untersucht und gemessen zu werden. Die Hauptkennzeichen dieser Methode bestehen darin, alle Probleme der Wärmevertheilung auf der Oberfläche unseres Planeten auf Inflectionen gewisser Linien (gleicher Jahres-, Sommer- und Winterwärme) zu reduciren; die Verhältnisse der Lage dieser Linien unter sich und mit den Meridianen und den Aequator-Parallelen festzusetzen; einen primitiven *Normal-Zustand* des Parallelismus auf einer homogenen Hülle anzunehmen, die in allen ihren Punkten dieselben emittirenden und absorbirenden Kräfte der leuchtenden und dunkeln Wärme besitzt; dann die Wirkungen der Perturbations-Kräfte, zuvörderst eine nach der andern, und dann zusammen, zu betrachten, — Wirkungen, welche die Gleichheit und das Gleichgewicht dieser Kräfte in den Systemen von Punkten gleicher Entfernung vom Aequator verändern, und welche, indem sie den Parallelismus der Isothermen, Isotheren und Isochimenen zerstören, einer jeden dieser Linien eine eigenthümliche Gestalt geben.

Dies sind die *störenden Ursachen der Form*, welche, um mich eines von Mairan¹⁾ und Lambert²⁾ eingeführten Ausdrucks zu bedienen, das *solare Klima* (die Wirkungen der periodischen Bewegung der solaren Wärme) modificiren und es auf das *reelle Klima* zurückbringen. Eine mathematische Theorie kann die Beziehungen der ungleichen Stellung der Theile der Oberfläche gegen die Sonnenstrahlen vom Aequator nach dem

¹⁾ *Mém. de l'Academie.* 1719. p. 133. und 1765. p. 145—210.
v. H.

²⁾ *Pyrometrie, oder von dem Maafse des Feuers.* 1779. p. 342.
v. H.

Pole, die Zunahme (nach Verhältniß des Quadrats des Cosinus der Breite), welche von der Schiefe und der ungleichen Dauer der Strahlenwirkung abhängt, erklären, wenn man die Erde als aus einer homogenen Masse bestehend und von Atmosphäre frei annimmt. Vergleicht man, ich sage nicht die absolute Wärmemenge, sondern die Verhältnisse, welche diese Menge unter sich in verschiedener Breite und in verschiedenen, durch die mathematische Theorie des *solaren Klimas* bedingten Theilen des Jahres darbietet, mit den Verhältnissen und den numerischen Elementen, welche die Beobachtung des *reellen Klimas* giebt, so kommt man darauf, näherungsweise das zu scheiden, was bei der allgemeinen Wirkung durch den Mangel an Homogenität der Oberfläche, durch die ungleiche Vertheilung der absorbirenden und emittirenden Kräfte erzeugt worden ist. Bevor diese erste *Sonderung* gemacht sein wird, kann die Prüfung der störenden Ursachen des Parallelismus, welche die Linien gleicher Wärme über eine homogene Hülle afficiren, nur empirisch sein. Die Gesamtwirkung ist durch die Mischung der Temperaturen verschiedener Breiten, welche die Winde herbeiführen, hervorgebracht worden; durch die Nähe der Meere, welche weite Behälter einer wenig veränderlichen Wärme sind; durch die Neigung, die chemische Natur, die Farbe, die Strahlungskraft und die Ausdünstung des Bodens; durch die Richtung der Gebirgszüge, die Form der Länder, ihrer Massenerhebung und ihrer Erstreckung gegen die Pole; durch die Schneemenge, welche sie während des Winters bedeckt; endlich durch ihre Eismassen, welche sich wie circumpolare Continente bilden, deren abgelöste und durch die Strömung fortgetriebene Eisblöcke oft das pelagische Klima in der gemäßigten Zone verändern. Ich habe weiter oben auseinandergesetzt, wie man, bei einer zweckmäßigen Gruppierung der durch Vergleichung der numerischen Elemente erhaltenen Data bei gleichen Entfernungen vom Aequator, unter den entgegengesetztesten Umständen, jede partielle, störende Ursache ausscheiden und der Schätzung ihres *Werthes* nähern kann. Die Be-

trachtungsweise findet hier in der Art statt, wie man sie bei der Berechnung sehr zusammengesetzter physischer Phänomene anzustellen pflegt. Indem ich unter 32 Mitteltemperaturen, die ich bis in einer Höhe von 5000 Mètres über dem Meeresspiegel beobachtet habe, die an dem Abhange der Andes-Cordilleren liegenden Orte von denen in Mitten der ungeheueren Plateaux unterschied, habe ich, wie ich dies schon an einem anderen Orte zeigte¹⁾, für diese letzteren eine jährliche Wärmezunahme gefunden, die wegen der nächtlichen Strahlung nicht über $1\frac{1}{2}^{\circ}$ bis 2° des hunderttheiligen Thermometers hinausgeht.

Ich habe vorzugsweise ein Beispiel der Tropengegend angeführt, weil hier, wo die lebhaften Kräfte der Natur mit einer bewundernswerthen Regelmäßigkeit sich begränzen und aufwiegen, es sehr leicht ist, eine einzelne störende Ursache auszuschneiden und den mittleren Zustand der Atmosphäre, den Typus ihrer periodischen Variationen zu erkennen. Man muß jede Ursache anfangs so betrachten, als bestände sie allein, dann prüfen, welche von ihren Wirkungen, indem man sie vereint, sich modificiren, sich verringern oder *zugleich wirken*, wie in den kleinen Undulationen, die zusammentreffen. Wenn die Ursachen einzeln wirken, so kann man sie nach der Natur ihrer Eigenthümlichkeit als solche zusammenfassen, je nachdem sie die mittlere Temperatur eines Ortes, in Vergleich mit einer bestimmten Menge geschmolzenen Eises, erhöhen oder vermindern. Faßt man aber zwei Ursachen zusammen, so ist die Gröfse der Wirkung nach schwerer zu erkennenden Gesetzen modificirt. Die Ausdünstung eines Seebeckens z. B. ist eine Kälte-erzeugende Ursache, ihre Wirkung wird vermehrt durch die Winde, die den Wasserspiegel berühren; wenn aber diese zugleich eine Luft mit sich führen, deren Temperatur die des Wassers übertrifft, so wird die Wirkung der Kälte-erzeugenden Ausdünstung durch die überwie-

¹⁾ Siehe meine Abhandlung über die Isothermen in den *Mém. de la Société d'Arcueil*. T. III. p. 583. v. H.

gende Wirkung des Wärme-erzeugenden Windes aufgehoben, und das Endresultat ist eine Erwärmung der Temperatur, die man der durch die Ausdünstung geminderten Wirkung des Windes zuschreiben muß. — Auf gleiche Weise bringt auch eine leichte Wolkenschicht zu gleicher Zeit zwei entgegengesetzte Wirkungen hervor, indem sie die Wirkung der Sonnenstrahlung und auch den Wärmeverlust vermindert, den die Erdoberfläche durch die Ausstrahlung erleidet.

Was die Wirkung betrifft, welche die störenden Ursachen auf die Form der Isothermen durch die ungleiche locale Vertheilung der absorbirenden und emittirenden Kräfte der Oberfläche ausüben, so kann man sie auf folgende Weise erkennen: jede Ursache, die einzeln auf einen Punkt a einer dieser Linien wirkt, vermehrt oder vermindert die mittlere Temperatur dieses Punktes a ; sie nähert oder entfernt sich, so zu sagen, vom Aequator, und läßt ihn in der Meridianrichtung bei seiner Breitenveränderung *oscilliren*. Nehmen wir nun an, daß die durch den Verein aller Ursachen bestimmte Abweichung der südlichen und nördlichen Excursionen die Breite dieses Punktes (um nicht von der Bewegung eines Punktes zu reden, der in der Wirklichkeit auf der Erdoberfläche unbeweglich ist) in einer gewissen Größe des Meridianbogens mehr nordwärts verschoben, oder nehmen wir an, daß der Verein aller störenden Ursachen die Temperatur von a erhöht und sie so zu einer isothermen Linie gesellte, die dem Aequator näher liegt; so wird ein Theil dieser Linie nordwärts steigen müssen, indem sie in demselben Größenverhältniß der Breite zunimmt, wie wir anfangs voraussetzten, daß der Punkt a in seiner scheinbaren Bewegung nach Süden oscillire. So nimmt, durch die Veränderung der absorbirenden oder emittirenden Kräfte und durch die ungleiche Einwirkung gewisser Theile der Erdhülle auf ein System von Punkten in der Nähe einer isothermen Linie, diese Linie Biegungen mit concaven und convexen Scheiteln an. Eben so geht durch eine ähnliche Wirkung, durch die

Vereinigung von Umständen, welche die Temperatur von Europa, d. h. des Westendes des Alten Continents erhöhen, die Isotherme des 13ten Centesimalgrades durch Mailand und den Mittelpunkt von Frankreich unter $45\frac{1}{2}^{\circ}$ der Breite, während man an der Ostküste Asiens und Amerikas zu Peking und in Pensylvanien, um sie zu finden, bis $39\frac{1}{2}^{\circ}$ der Breite herabsteigen muß.

Ich habe die Uebersicht der Grundsätze gegeben, die ich bei der Untersuchung über die Wärmevertheilung auf der Oberfläche unseres Planeten für die geeignetsten gehalten habe, um durch Erfahrungssätze Erscheinungen zu verbinden, die so veränderlich und verwickelt sind; ich habe zu zeigen gesucht, wie man durch eine eigenthümliche Methode (nach der man die numerischen Resultate gruppirt, und die Ursachen dieser zusammengesetzten Wirkungen in betrachtender Analyse trennt) das erlangen kann, was der strengen Anwendung einer mathematischen Theorie entgeht. Die Erscheinungen des Erdmagnetismus in seinen drei großen Aeußerungen, der Declination, Inclination und Intensität sind erst seit der Epoche in allgemeine Gesetze zusammengefaßt worden, seitdem man anfang, Linien durch diejenigen Punkte der Oberfläche zu ziehen, die gleichzeitig dieselben magnetischen Eigenschaften haben, und die Beugungen dieser Linien, ihre Verhältnisse zu den Parallelen des Aequators und ihre Bewegungen im Laufe der Jahrhunderte zu verfolgen.

Eben so ist es gewiß, daß sehr beträchtliche Veränderungen in der Beschaffenheit der Erdhülle sich zutragen haben, sowohl durch den Fortschritt menschlicher Vereine, wenn sie sehr zahlreich und thätig wurden, als auch durch geologische, wegen der außerordentlichen Langsamkeit ihrer Wirkungen fast unbemerkbare Ursachen, welche dem Mangel an Gleichgewicht zugeschrieben werden, das durch den Kampf der Elemente und der Kräfte noch keinesweges erreicht worden ist. Analoge Veränderungen müssen in einem langen Zeitraume (doch nicht in einer periodischen Wiederkehr, wie bei der

Bewegung der magnetischen Curven) die Linien gleicher Jahres- und Sommerwärme umwandeln. In Gallien, Germanien und dem nördlichen Theile der Neuen Welt, wo, unter der Aegide freier und kraftvoller Verfassungen, die Bevölkerung und die intellectuelle Kraft der Gesellschaft so wunderbare Fortschritte machen, haben dieselben Theile der Erde nicht dieselbe isotherme Breite beibehalten. Wenn, vermittelt der Wirkung grosser geologischer Ursachen, in einem Theile des Continents das im Allgemeinen statt findende Vorherrschen gewisser Winde bedeutend verändert würde, so würde dadurch auch die Barometerhöhe und die Menge der condensirten Dünste modificirt werden. Die physische Geographie hat, wie das Weltsystem, ihre *numerischen Elemente*, und diese Elemente werden in dem Maasse immer mehr vervollkommnet werden, als man die That-sachen ordnet, um aus dem Conflict partieller Störungen die allgemeinen Gesetze zu ziehen.

Ursachen, welche die Temperatur erhöhen oder verringern. Allgemeine Classification nach der Natur ihrer positiven oder negativen Vorzeichen. Nachtheile dieser abstrahirten Classification. Betrachtung des gegenwärtigen Zustandes des von elastisch-flüssigen und nicht elastischen Schichten eingehüllten Erdglobus.

Wenn man mitten in einem und demselben Continent bei gleicher Entfernung vom Aequator, mithin unter dem Einflusse eines und desselben *solaren Klimas*, Stellen findet, deren Mitteltemperatur bedeutend höher oder niedriger ist, als die Mitteltemperatur angränzender Stellen, so ist der Physiker bei Untersuchungen der Ursachen dieser Erscheinung gezwungen, sich der Gesammtheit der Wärme oder Kälte erzeugenden Wirkungen zu erinnern, die durch die Vertheilung gewisser Unebenheiten auf der Erdoberfläche, und durch die besondere vorherrschende Richtung der Luftströme entstanden sein können. Durch den Vergleich der Gesammtheit dieser möglichen Wirkungen, die man nach ihren *positiven oder negativen Vorzeichen* classificirt, mit der wirklichen Topographie der

Gegend, welche wärmer oder kälter ist, als die unter denselben Breitengraden liegende angränzende Gegend, sucht man die Aufgabe zu lösen.

Unter den Ursachen, welche die mittlere Jahrestemperatur einer Gegend erhöhen, zeigen sich zunächst: die Nähe einer Westküste in der gemäßigten Zone; die Configuration eines Continents in Halbinseln und Binnenmeere; das Stellungsverhältniß eines Theiles des Continents, sowohl zu einem Eis-freien Meere, das sich über den Polarkreis hinaus erstreckt, als auch zu einer Masse continentaler Länder von beträchtlicher Ausdehnung, die zwischen gleichen Meridianen unter dem Aequator oder in einem Theile der heißen Zone liegen; das Vorherrschen von Süd- und Westwinden, die vom Westende eines Continents der gemäßigten Zone kommen; Gebirgszüge, die als Schutzwehr dienen gegen Winde, welche aus kältern Gegenden wehen; Mangel an Sümpfen und Holzung eines dürrn Sandbodens.

Die Kälte erzeugenden Ursachen sind: die Erhebung eines Ortes über dem Meeresspiegel, ohne zu bedeutenden Hochebenen zu gehören; die Nähe einer Ostküste in den hohen und mittleren Breiten; die Configuration eines busenlosen Continents, das sich nach den Polen hin bis zu ewigen Eismassen (ohne Dazwischenlage eines offenen Meeres) erstreckt, oder, das zwischen gleichen Meridianen, wie die Gegend, deren Klima untersucht wird, je nach der Benennung der Erdhälfte im Süden oder Norden, ein Aequatorial-Meer ohne festes Land hat; Gebirgszüge, deren Richtung den Zufluß warmer Winde verhindert, oder die Nähe isolirter Piks, welche häufig längs ihres Abhanges nächtlich absteigende Luftströme verursachen; ungeheuere Wälder, häufige Sümpfe, die kleine unterirdische Gletscher bis in die Mitte des Sommers bilden; ein bezogener Himmel, der in der heißen Jahreszeit die Strahlenwirkung verhindert, oder ein klarer Winter-Himmel, der die Wärmeausströmung befördert.

Bei der Aufzählung der Ursachen, welche die Ge-

stalt der Isothermen verändern, könnte man dieselbe Classification der Wirkungen nach entgegengesetzten Zeichen befolgen; aber diese Classification würde den Nachtheil haben, daß sie zusammengesetzte Erscheinungen trennt, die verschiedenartig modificirt, auch verschiedenartig wirken, die ihre Wirkungen im Zusammenhange mit andern ändern, und deren Einfluß auf die Wärmemenge, welche ein Punkt der Erde in dem Zeitraume eines Jahres erhält, und auf die Vertheilung dieser Menge in die verschiedenen Jahreszeiten, nicht gleich ist. Analoge Betrachtungen, die in der Einheit der Natur begründet sind, welche die innige Vereinigung aller physischen Phänomene ist, das Resultat aller sich durchdringenden, bekämpfenden und wechselseitig aufwiegenden Kräfte, müssen uns bewegen, eine Classification in zwei Reihen entgegengesetzter Zeichen aufzugeben. Wir müssen die vorziehen, welche ihren Ursprung in der Betrachtung des Zustandes des Erdglobus hat, der von Schichten elastischer Flüssigkeiten, von einem Luftoccean umhüllt ist, dessen Grund theilweise die Meeresoberfläche, theilweise ein von Gebirgen durchzogenes, kahles und sandiges, oder mit Vegetation bedecktes Land bildet. Wir wollen kurz aus dem allgemeinsten Gesichtspunkte den dreifachen Einfluß des Bodens, des Meeres und der Luft auf die Wärmevertheilung betrachten, der in den Systemen gleich weit vom Aequator abstehender Punkte so verschieden ist. Durch die Natur der Entwicklung, welche diese Abhandlung zum Inhalt hat, darauf hingewiesen, einige gleiche, verschiedenartig gruppirte Ursachen anzugeben, kann ich den Schein einer häufigen Wiederholung von Ausdrücken nicht vermeiden, die sich auf die absorbirende und emittirende Kraft der Körper, so wie auf das Uebertragen der Wärme durch Strömungen beziehen. Wir müssen uns hier mit der Analyse der Gesamtwirkungen beschäftigen, mit einer Art von Untersuchungen, welche der Mangel an aller Methode und die Sucht, kleinen Lokalumständen das zuzuschreiben, was der Configuration der großen Continentalmassen angehört, lange Zeit so unbestimmt und so

unfruchtbar gemacht hat. Es kommt vor allem darauf an, mit Klarheit die Thatsachen zu bestimmen, deren wohlbedachte Verbindung zu einer gründlichen Erkenntnis der empirischen Gesetze führt. Ich werde mich auf einige Beispiele beschränken, die mir weite Landreisen in dem Innern der beiden Continente, im Norden und Süden vom Aequator durch mehr als 72 Breitengrade und in der verschiedensten Erhebung über dem Meeresspiegel dargeboten haben.

I. Einfluss des Bodens.

Klimatologie der Ebenen. Allgemeine Uebersicht der Ausdehnung, der gegenseitigen Stellung und Configuration der Continente. Lüfte fester, continentaler, undurchsichtiger, und flüssiger, pelagischer, durchsichtiger Theile. Vorherrschende Weitenausdehnung und Gleichartigkeit der Oberfläche der Meeresbecken. Die Hauptursache der Beugung der Linien gleicher Wärme auf der Erde ist die gegenseitige Stellung der durchsichtigen und undurchsichtigen Massen. Gränzformen, Configuration der Continente. Wasser- und Land-Hemisphäre. Zweifache Weise, nach der Länge und Breite, die gegenseitige Anhäufung der Land- und Meeresmassen zu betrachten. — Configuration in zusammenhängenden und gegliederten Massen. Einfluss dieser Formen auf das Klima und die mehr oder minder schnelle Entwicklung des Menschengeschlechts. — Klimate der Inseln und Küsten im Gegensatz der Klimate im Innern weiter Continente. — Stellung des Maximum der Festlandmassen im Verhältniß zum Aequator und den Meridianen. Richtung der Längengrade der continentalen Massen. — Ihr Einfluss auf das vorherrschende Uebergewicht und den Normalzustand der Winde, die in der heißen Zone Ostwinde und jenseits der Tropenzone Westwinde sind. Betrachtung der physischen Geographie hinsichtlich der Vertheilung der undurchsichtigen Massen auf der Oberfläche unseres Planeten. Gesteigerte Küstenentwicklung gegen sehr weite Meere. Wiederholung der Dreiecksgestalt. Busen von Guinea und Arica. Mittlere Nordgränze der Continente. Zusammenhang von Festländern (Cordillere-Kette) durch alle Zonen in Meridianrichtung in einer Weite von 136 Breitengraden. — Numerische Verhältnisse der Gruppierung der Aequatorial-Länder. — Strahlenwirkung. Temperatur der Continente, im Vergleich mit der Temperatur der oceanischen Atmosphäre in der heißen Zone. — Einfluss der geographischen Vertheilung der Völker, welche eine Europäische Cultur haben, auf den Fortschritt der Klimatologie. Die Abnahme der mittleren Temperaturen vom Aequator nach dem Pole ist zwischen den Parallelen des 40° und 45°

am schnellsten, weil die Veränderung des Quadrats des Cosinus das Gesetz der Temperatur ausdrückt. Wichtigkeit dieser Landzone auf die Industrie ackerbaureibender Völker. — Zustand der Bodenoberfläche nach seiner Farbe, seiner Durchgangsfähigkeit für die Wärme, seiner vegetabilischen Armuth und Fülle, seiner gewöhnlichen Trockenheit oder Feuchtigkeit. Dürre Wüsten. Steppen und Savanen. — Wälder. Dreifache Wirkung der Holzungen, durch Bedeckung des Bodens gegen die Sonnenstrahlung, durch Erzeugung einer wasserreichen Ausdünstung in Folge ihrer Lebensthätigkeit und der ausdünstenden Transpiration der Blätter, oder durch Vervielfachung der rückstrahlenden Oberfläche in Folge der weiten Ausdehnung eben dieser appendiculären Organe. — Bodenfeuchtigkeit, stagnirende Wasser, holzreiche oder freie Sümpfe. Flüsse.

Die Auffassung der großen Züge der Natur, welche die Oberfläche des Erdglobus charakterisiren, wo diese in unmittelbare Berührung mit der Atmosphäre tritt und sich über den Ocean erhebt, ist zugleich die Angabe der Ursachen, welche durch die Configuration der Continente und die ungleiche Vertheilung der die Wärme absorbirenden und emittirenden Kräfte die Klimaten-Verschiedenheit erzeugen. Die Ausdehnung desjenigen Theiles der Oberfläche, welcher trockenes Land ist, bildet noch nicht den vierten Theil der Ausdehnung, welche die Meere einnehmen; es ist demnach keinem Zweifel unterworfen, daß die Gesamttemperatur der Atmosphäre, die man als das Resultat aller einzelnen Temperaturen der Erdoberfläche betrachten kann, bei weitem mehr durch die Meeresbecken, durch die flüssigen, nicht elastischen und durchsichtigen Theile, als durch die festen, continentalen und undurchsichtigen bestimmt wird. Unter diesem Gesichtspunkte, der sich nur auf die Ausdehnung der thätigen Oberfläche erstreckt, haben die Kenntnisse, die wir seit fünf und zwanzig oder dreißig Jahren von der Temperatur des Oceans in seiner oberen Schicht unter verschiedenen Breiten, in verschiedenen Jahreszeiten, zu Tages- und Nachtstunden erwarben, vorzüglich zum Fortschritt der *Klimatologie* beigetragen. Wenn der flüssige (pelagische) Theil auf einer größeren Anzahl von Punkten thätig ist, so wirkt

er auch viel gleichmäßiger durch die Gleichartigkeit seiner Oberfläche und die Gleichartigkeit der Beugung, welche er in dem Zustande eines stabilen Gleichgewichts behält. Hieraus ergibt sich, und diese allgemeine Betrachtung über den Contrast der continentalen und oceanischen Theile muß allen andern vorangehen, daß beim Verfolg der Richtung der Linien gleicher Wärme über die Oberfläche eines großen Meeres, das zwei Continente trennt, hier die Beugung dieser Linien weniger bedeutend und viel regelmäßiger ist, und daß diese Linien selbst von der ursprünglichen Coincidenz mit den Parallelen des Aequators hier weniger abweichen werden, als auf der Oberfläche der Continente. Ich habe anderen Orts in einer vor Kurzem erschienenen Arbeit¹⁾ die mittleren Jahrestemperaturen der verschiedenen nördlichen Zonen des Atlantischen Oceans, zwischen dem 25sten und 45sten Breitengrade, mit der Temperatur der in Osten und Westen benachbarten continentalen Theile verglichen; ich habe gezeigt, daß die westlichen Theile der Alten Welt unter denselben Breiten merklich dieselben Temperaturen haben, als die Oberfläche des Atlantischen Oceans in einer Längenausdehnung von 1200 Meilen, wenn man nämlich jene warme Meeresströmung ausnimmt, die unter dem Namen des *Golf-Stromes* bekannt ist. Die plötzliche und in concaver Spitze einspringende Beugung der Isothermen vom 14ten bis 21sten Grade fängt erst an den Ostküsten Nord-Amerikas an, oder in den Theilen diesseits der Alleghanen sind die den Breiten von 30°, 35°, 40° und 45° entsprechenden mittleren Jahrestemperaturen 19°,4; 16°,0; 12°,5 und 8°,2 Cent., während sie auf dem Becken des Atlantischen Oceans 21°,2; 18°,8; 16°,7 und 14°,0 sind. Das eigenthümliche Klimasystem dieses Beckens zwischen den eben genannten Breiten, gehört demnach vielmehr dem Klimasysteme des Westendes des Alten Continents an, als dem des Ostendes Amerikas.

¹⁾ *Relat. Histor.* T. III. p. 526.

Unter den Ursachen, die, bei einer viermal kleineren Ausdehnung der Erdoberfläche als der Meeresfläche, dem Boden der Continente einen überwiegenden Einfluss auf die Beugung der Isothermen geben, ist die allgemeinste und wirksamste die Undurchsichtigkeit, die Dichtigkeit und der Cohäsionszustand der festen Theile im Gegensatz zur Durchsichtigkeit, Durchstrahlungsfähigkeit, und der Beweglichkeit der flüssigen Theile. Nach der Erhebung der Hochebenen und Gebirge, wovon wir in dieser Untersuchung ganz absehen, nehmen die physischen Eigenthümlichkeiten, die wir angeben, unter den störenden Ursachen den ersten Rang ein. Bei gleichem Einfallswinkel der Strahlen, bei einem gleichen Mengenverhältniß zwischen dem absorbirten und reflectirten Lichte unter der Voraussetzung eines Horizontes von bestimmter Größe dringt das Licht nicht so tief in undurchsichtige Massen; die Fortpflanzung der Wärme ist in dem Innern der festen Substanzen und in den durchsichtigen, flüssigen Massen, deren Theile verschiebbar sind, sehr verschieden. In den ersteren undurchsichtigen bleibt eine große Wärmemenge in den der Oberfläche zunächst liegenden Schichten angehäuft. Diese eigenthümliche Modification der absorbirenden und emittirenden Kräfte verursacht auch bei den festen Körpern eine weit größere Ausdehnung der periodischen (täglichen und jährlichen) Temperaturwechsel. Hieraus folgt, wir wiederholen es, daß die gegenseitige Stellung der undurchsichtigen, festen oder continentalen Massen und der durchsichtigen, flüssigen oder pelagischen Massen (unter der Voraussetzung einer continentalen Oberfläche von gleicher Krümmung, wie die des Meeres) die Hauptursache ist, welche in den größten Weiten auf die Vertheilung der Erdwärme auf den hygrometrischen Zustand der Luft und die Winde einwirkt.

Was wir so eben mit dem Namen: *relative Stellung der dunkeln und der durchsichtigen Massen* bezeichneten, kann in Beziehung stehn sowohl auf die Areal-Oberfläche einer jeden Masse, oder auf die überwiegenden Ausdehnung, welche eine derselben auf einem bestimm-

ten Theile der Erde einnimmt, als auch auf die Gestalt ihrer Gränzen (derjenigen Linien, welche durch die beiderseitigen Berührungspunkte gehen), mithin auf die Configuration der Continente selbst. Diese beiden Betrachtungsarten, die wir hier nur andeuten, sind von der höchsten Wichtigkeit für die physische Geographie. Die erstere führt zu der Unterscheidungen von einer *Wasser- und einer Continental-Hemispähre*, d. h. der relativen Anhäufung von Land im Norden und im Süden vom Aequator oder (wenn man die Erdoberfläche durch eine Ebene, die durch die Rotations-Axe geht, theilt) zwischen den Meridianen von 20° westlicher und 140° östlicher Länge, also denen des Cap Verde und der Mündung des Amur-Flusses. Diese beide continentalen Anhäufungen bilden im Gegensatz mit jenen ungeheuren pelagischen Weiten, die in der südlichen und westlichen Hemispähre im Verhältniß zu Europa fast gar kein Land haben, zugleich die Temperatur, die Trockenheit und die Richtung der Strömungen der Atmosphäre, welche die Oberfläche der Erde bedeckt. In der zweiten Betrachtungsweise, welche die Vertheilung oder relative Stellung der dunkeln und durchsichtigen, festen und flüssigen, continentalen und pelagischen Theile zum Gegenstande hat, abstrahiren wir von der Vergleichung des *Areals*, von dem Uebergewicht der Massen in dieser oder jener Gegend der Erde, wir untersuchen nur die Natur der Gränzen zwischen den festen und flüssigen Theilen, die Conture oder die *Configuration* der Continente, indem wir bei dieser letztern Bezeichnung alles ausschließen, was sich auf Hochbildungen und Ungleichheiten der Oberfläche in vertikaler Richtung bezieht.

Die Configuration des Landes im Verhältniß zu der Art seiner Berührung mit dem Ocean, wirkt auf die Milde oder Rauheit des Klimas, so auch seit der ersten Errichtung menschlicher Vereine und seit der Völkerwanderung auf die mehr oder weniger rasche Entwicklung der Bildung, je nachdem eine Continentalform reich an Meerbusen oder so zu sagen *gegliedert* ist, indem

sie häufige Einsprünge und Verlängerungen zu Halbinseln in ihren Conturen darbietet (wie der Westen Europas, wie Italien, Griechenland und Indien diesseit und jenseit des Ganges) oder je nachdem sie eine *Configuration von zusammenhängenden Massen* mit einfachen, durch keine tiefen Einschnitte unterbrochenen Conturen bildet¹⁾, (wie ganz Afrika, der Norden Asiens; der Nordosten von Europa und Neu-Holland). Die Einschnitte des Mitteländischen, des Rothen Meeres und des Persischen Meerbusens; die Nähe des Caspischen und Schwarzen Meeres, welches letztere nur ein großer nördlicher Meerbusen des Mitteländischen Meeres ist, bestimmen die Abweichungen der Isothermen und noch mehr die Linien einer gleichen Sommer- und Winterwärme im Westen und Süden Europas wie im Südosten Asiens. Die geringe Ausdehnung der Abweichungen, welche die Temperaturen des Meeres zeigen, strebt die periodische Vertheilung der Wärme unter die verschiedenen Jahreszeiten auszugleichen. Die Nähe einer großen Wassermasse mäfsigt durch ihre Einwirkung auf die Winde, die Hitze des Sommers und die Rauheit des Winters. Daraus entsteht der Gegensatz zwischen dem *Insel- und Küstenklima*, welches alle *gegliederte* oder Halbinsel-Continente gemein haben und zwischen dem Klima im *Innern großer Continente*; ein merkwürdiger Gegensatz, dessen verschiedenartige Erscheinungen in ihrem Einflufs auf die Kraft der Vegetation, auf die Klarheit des Himmels, die Strahlung der Erdoberfläche und die

¹⁾ Regiones per sinus lunatos in longa cornua porrecta, angulis littorum recessibus quasi membratim discerptae vel spatia patentia in immensum, quorum littora nullis incisa angulis ambit sine affractu Oceanus. — Si ex plaga aequinoctiali abis in acuminatas illas partes continentium, quae in zonam temperatam hemisphaerii australis porriguntur, illas, propter circumfusi Oceani vastitatem, eodem coelo, quo insulas, uti deprehendes; hyeme miti, aestate temperata. Magna aquarum vis in hemisphaerio australi aestivos ardores temperat et frigus hyemale frangit. (Humb. de distributione plant. p. 81, 182.)

Höhe der Curve des ewigen Schnees zum erstenmale vollständig in Leopold v. Buchs Werken auseinander-gesetzt wurden.

Europa bietet ein überraschendes Beispiel von diesem Contrast dar, den wir eben angaben, und den wir hier nur als begründet in der Vergleichung der Massen oder der *Flächen* der flüssigen oder festen Oberfläche betrachten, abgesehen zuvörderst von der *Weltstellung* der Küsten so wie von den vorherrschenden Winden, denen sie ausgesetzt sind. Ich führe die so geringe Differenz der mittleren Jahrestemperatur und die außerordentlich langsame Abnahme der Wärme von Orleans und Paris bis London, Dublin, Edinburgh und Francker an, ungeachtet einer Breitenzunahme (von Frankreich nach Irland, Schottland und Holland) von mehr als 4° bis 6°, während ein einziger dieser Breitengrade nach meinen Untersuchungen¹⁾ in dem System der ausschließlich continentalen Klimate Europas zwischen den Parallelen von 45° und 55° eine Veränderung der jährlichen Temperatur von 0°,62 Cen. hervorbringt. Eine kleine Insel, eine Landzunge, ein Küstenrand, wenn sie mit einer größern Wassermasse in Berührung stehen, die während des Winters eine beträchtliche Menge der im Sommer empfangenen Wärme behält, die erkalteten Theilchen auf den Grund senkt, über 70° bis 75° Breite gelegen nicht mit Eis bedeckt wird und mithin keinen Schnee auf ihrer Oberfläche sammelt, zeigen bei einer gleichen Beschaffenheit der vorherrschenden Winde und sogar, wenn man eine unbewegte Atmosphäre voraussetzt, ein *gemäßigteres* Klima, weit mildere Winter, kühlere Sommer und als Gesamtergebnis eine etwas höhere Jahreswärme, als das Innere großer Continental-Ländermassen. Das *Karakteristische des Continental-Klimas* ist die Analogie mit denjenigen Klimaten, welche Buffon, wegen ihrer großen Verschiedenheit in den verschiedenen Jahreszei-

¹⁾ Humb. de distrib. plant. p. 162; *Memoires d'Arcueil*, T. III. p. 509, 530. v. H.

ten, *excessive* genannt hat und diese Analogie wächst mit den Breitegraden ebenso, wie unter der gemäßigten Zone nach dem Ostende der beiden Welttheile zu.

Da es in diesem Theile meiner Abhandlung darauf ankommt, die das Gleichgewicht und den normalen Parallelismus der Isothermen störenden Ursachen einzeln und nicht in ihrem Zusammenwirken zu betrachten, so mußte ich den Unterschied zwischen dem *Küsten- und Binnen-Klima* der Länderräume hervorheben, den zwei Systeme von Punkten der festen und undurchsichtigen Erdoberfläche darbieten, welche auf ungleiche Weise an einige andere Systeme von Punkten der flüssigen und durchsichtigen Oberfläche gränzen. Dieser Contrast würde statt finden, selbst den Fall angenommen, daß die absorbirende und emittirende Erde der Atmosphäre beraubt oder von gasartigen und durchsichtigen Flüssigkeiten umgeben wäre, die jedoch die Beweglichkeit ihrer Theile verlierend ¹⁾ die Temperatur durch Fortpflanzen und Durchleiten der strahlenden Wärme, nicht aber durch innere Bewegungen übertragen. Der Unterschied zwischen den Küsten- und Inselklimaten und zwischen den Klimaten des Innern liefse sich beobachten, wenn nicht der in der gemäßigten Zone vorherrschende Westwind es verhinderte, wie auch die kleinen Luftströme, welche selbst bei scheinbar vollkommener Ruhe stattfinden, und ohne die man sich eine flüssige Atmosphäre mit kleinen beweglichen Theilchen, wie die unsere, nicht denken kann. Dieser Unterschied würde an den östlichen und westlichen Gränzen der Continente statt finden, und wenn er den ersteren (z. B. in den Verein-Staaten Amerikas, wenn man die Cis- und Trans-Alleghanen Theile vergleicht) heute fast gänz-

¹⁾ Herr Fourier hat aus einem andern Gesichtspunkt diese Annahme einer festgewordenen Atmosphäre untersucht. (*Ann. de Chimie*. T. XXXII, p. 155. v. H.

gänzlich verschwindet,¹⁾ so ist dies der Fall, weil die herrschenden Westwinde (Landwinde) dort, indem sie die Ostküsten erreichen, ihre völlige Winterkälte behalten und sogar die Luft des angränzenden Meeres kalt machen, während an dem westlichen Ende des einen Continents die Westwinde, welche dort Seewinde sind, ihre im Winter durch die Berührung der Meeresoberfläche erlangte Wärme, je weiter sie nach dem Innern vordringen, verlieren.

Aus diesen Betrachtungen geht hervor, daß die Abnahme der Jahreswärme, die sich durch unmittelbare Beobachtungen kund giebt, indem sie in Europa nach dem Innern der Länder gegen die östlichen Regionen vorschreitet, wo das Alte Continent immer mehr an Breite gewinnt, die Beugung der Isothermen an ihrem concaven Scheitel bestimmt. Diese Abnahme ist das Ergebniss zweier zusammenwirkenden Ursachen; 1) der verschiedenen Nähe zweier Systeme von Punkten in einem Meeresbecken, abgesehen von den Strömungen in der Luft; und 2) der Uebertragung der Temperatur durch die vorherrschenden Winde. Da die Atmosphäre am meisten dazu beiträgt, die Wärme auf der Oberfläche unsers Planeten zu verbreiten, so mußte ich hier die Wirkungen der Luft im Zustande der Bewegung anticipiren, und bei den folgenden Beispielen, die ich zwischen dem Laufe der Wolga und der Loire sammelte, hing es nicht von mir ab, die Wirkungen der Configuration der Continente von dem Einfluß der vorherrschenden Westwinde zu trennen. Ich theile hier die Abnahme der mittleren Jahreswärme von den Westküsten Europas bis jenseits des Meridians des Caspischen Meeres mit:

	Breite.	Mittl. Jahrestemperatur.
Amsterdam	52° 22'	11° 9
Warschau	52° 14'	8° 2
Copenhagen	55° 41'	7° 6
Kasan	55° 48'	3° 1

¹⁾ Nach den Beobachtungen der Herren Mansfield und Drake (Nat. and statist. view of Cincinnati, p. 163.) v. H.

aber diese Differenzen zwischen dem Klima des Innern eines Continents, das durch die Strahlung im Sommer übermäßig erwärmt und im Winter mit Schnee bedeckt wird, und zwischen dem Insel- und Küstenklima, zeigt sich in noch höherem numerischen Grade sowohl durch den Einfluss auf die Vegetation und Cultur, als auch durch die Vertheilung der Wärme unter die verschiedenen Jahreszeiten, in den Verhältnissen der Zahlenausdrücke, welche die mittlere Wärme des Sommers und des Winters angeben. Diese Zahlenausdrücke¹⁾ sind:

für	Breite.	Mitteltemperatur des		
		Jahres.	Winters.	Sommers.
Ofen in Ungarn	47° 29'	10° ₆	— 0° ₆	+21° ₄
Wien	48° 12'	10° ₃	— 0° ₄	+20° ₇
Kasan	55° 48'	3° ₁	—16° ₆	+18° ₈

während bei dem Einfluss der Meeresnähe unter fast entsprechenden Breiten sich folgende Zahlenausdrücke ergeben:

Nantes	47° 13'	12° ₆	+ 4° ₇	+18° ₈
St. Malo	48° 39'	12° ₁	+ 5° ₇	+18° ₉
Edinburg	55° 57'	8° ₈	+ 3° ₇	+14° ₆

Vergleicht man einen Theil der Britischen Inseln mit dem Continental-Mittelpunkt von Rußland, zum Beispiel Edinburg und Kasan, die gleich weit vom Aequator entfernt sind, so bemerkt man, wie die Differenzen im Winter (von + 3°₇ und — 16°₆) weit bedeutender sind, als die Differenzen im Sommer (von 14°₆ und 18°₈), die das entgegengesetzte Vorzeichen haben. Die Kälte erzeugenden Ursachen des Winters sind den Wärme erzeugenden des Sommers weit überlegen, woraus eine Erhöhung der Jahrestemperatur im Innern der Länder

¹⁾ Die Temperaturen sind im Verlauf dieser Abhandlung, wenn das Gegentheil nicht ausdrücklich bemerkt wird, immer in *Centesimal*-Graden angegeben. Die Wintertemperaturen begreifen die Monate December, Januar und Februar in sich. Die Höhen von Kasan und von Moskau über dem Meeresspiegel sind nur 45 und 76 Toisen.

hervorgeht; eine völlige Erhöhung, die jedoch erst in weiter Entfernung von den Küsten fühlbar wird.¹⁾

Wir gaben bisher die ersten Verhältnisse an, die der *Ausdehnung*, der *relativen Stellung* und der *Configuration*, nach denen die Vertheilung der undurchsichtigen oder durchsichtigen, der continentalen oder flüssigen Massen, die Vertheilung der Wärme auf der Erde bedingt, abgesehen von den Gebirgen oder der *Hochbildung*, dem *Relief* der Oberfläche. Die Configuration der Continente kann nämlich entweder absolut blofs nach der Beschaffenheit der Conturen, oder mit Rücksicht auf die Verhältnisse betrachtet werden, in welchen die Richtung der Axen der Continentalmassen mit den klimatischen Zonen, d. h. mit den Parallelen des Aequators, den Meridianen und mit der Nähe der Pole steht. Zu diesen Betrachtungen über Form und Weltstellung (Orientation) kommen andere hinzu über den Zustand der felsigen, oder sandigen, mit Rasen, Wald, Sumpf oder Culturfeldern bedeckten Oberfläche. Dies sind, wie ich glaube, die Gesamtmodificationen, welche der *Boden* auf das Klima ausübt.

¹⁾ Siehe die Tabelle von sechszehn Städten der Küsten und des Innern von Frankreich, die ich in den *Mém. d'Arcueil*, t. III. p. 540 — 544 lieferte. Die Differenzen der Jahrestemperaturen steigen nur bis auf 0°,8 oder 1° Cent. Es ist zu bedauern, daß man in diesen für den Ackerbau so wichtigen Untersuchungen selbst in unsern Tagen die Kenntniß der mittleren Temperaturen, im Verhältniß zu der großen Ausdehnung des Landes, so sehr vernachlässigt hat. Es fehlen uns genaue Beobachtungen, welche die Differenzen der mittleren Temperaturen im Sommer und im Winter, einerseits von Cherbourg, St. Brieuc, Vannes, Nantes und Bayonne bestimmt angeben, andererseits von Chartres, Troyes, Châlons sur Marne und Moulins. Nur durch einen Verein von Beobachtungen in systematisch abgetheilten Stationen, nur durch Genauigkeit in den Untersuchungen könnte die *vergleichende Klimatologie* oder die Kenntniß der Vertheilung der Wärme in den verschiedenen Gegenden Frankreichs, je nachdem diese mehr oder weniger von den Meeresbecken entfernt liegen, endlich sich unter den Auspicien des Instituts vervollkommen.

Die solare Thätigkeit, indem sie zugleich auf die Temperatur, die Veränderungen des atmosphärischen Druckes, das Vorherrschen der Winde, auf die Grade der Feuchtigkeit und elektrischen Spannung einwirkt, verändert sich in Beziehung auf Strahlungsvermögen nach der Stellung der continentalen Massen im Verhältniß zum Aequator, oder zu den Cardinalpunkten im Allgemeinen. Zur Charakteristik eines Systems continentaler Klimate muß man sorgfältig untersuchen, unter welcher Zone das *Maximum* der Festlandmassen liegt, in welcher Richtung ihre Längensaxe steht, indem man eine geradlinige, *mittlere* Contur zwischen den positiven und negativen Abweichungen annimmt und die Linie der Meerbusen mit der Linie der Halbinseln compensirt. Von dieser mittleren Richtung der Axe der continentalen Massen (von Südwesten nach dem Nordosten für ganz Europa, von Südosten nach Nordwesten für Amerika, im Norden des Parallels von Florida), von diesem Schwanken der absorbirenden und emittirenden Kräfte, welches aus der Strahlung der angränzenden Theile von ungleicher Ausdehnung, bei flüssiger oder fester Oberfläche, hervorgeht, hängt im Ganzen die Häufigkeit, die Stärke und die Temperatur der Winde ab, wie zugleich ihre Fähigkeit, die Atmosphäre heiter oder trübe zu machen. Der Aequator fällt nicht mit der Linie zusammen, welche die beständigen Nordwinde von den Südostwinden trennt. Diese Linie oder Gränze, welche durch den längeren Aufenthalt der Sonne in der nördlichen Hemisphäre und durch den Unterschied der allgemeinen Temperatur der beiden Hemisphären unmittelbar bedingt ist, wird unter verschiedenen Längengraden wegen der ungleichen Vertheilung und Richtung der Continentalmassen gebogen und verändert.¹⁾ Ebenso bestimmen die sehr verschiedenen Ausdehnungen des Alten und Neuen Continents unter dem 45° und 50° der Breite (eine Differenz im Verhältniß von 4:1) das Uebergewicht der Nordostwinde über die Südwestwinde zu ver-

¹⁾ *Relat. hist.* T. I. p. 199.

schiedenen Jahreszeiten, wie auch die Modificationen, welche nach den geistvollen Ansichten der Herren von Buch¹⁾ und Dove²⁾ jede Klasse dieser Winde und die Art ihrer Aufeinanderfolge in dem Barometer- und Hygrometerstande der Luft hervorbringt. Die beständigen Winde (von Nordost und Südost) und die ihnen entgegenwehenden (Wirbelwinde von Südwest und Nordwest), welche in den beiden Hemisphären unter den gemäßigten Zonen vorherrschen, sind ohne Zweifel nur die Wirkungen zweier entgegengesetzt (von den Polen und vom Aequator) wehenden Luftströme der Atmosphäre; diese Ströme werden durch den Umschwung der Erde und durch die rasche Beweglichkeit³⁾ der Luftmoleculen, welche mit den Parallelen änderlich sind, bedingt; aber die ungleiche Erwärmung der continentalen und der pelagischen Massen, die verschiedene Gruppierung der Länder, die Richtung ihrer mittleren Axen (der Winkel, den diese Axen mit den Meridianen bilden) und die Verlängerung der Länder nach dem Aequator oder nach dem Polarkreise hin, modificiren den *normalen Zustand* dieser *herrschenden Winde*, und geben ihnen auf verschiedene Strecken, nach der Ausdehnung und Gestalt der Continente und nach dem Unterschiede der Jahres-

¹⁾ *Barometrische Windrose* in den *Abhandl. der Berliner Akad.* für 1818 und 1819, S. 187. v. H.

²⁾ Siehe eine lange Reihe von Abhandlungen in Poggendorff's *Annalen*, Th. XV. S. 53. v. H.

³⁾ Zu den Beweisen von der Existenz eines aus Westen gegenwehenden Luftstromes in den hohen tropischen Gegenden (Beweise, welche die am Gipfel des Pico von Teneriffa vorherrschenden Winde und die Vulkanasche von St. Vincent liefern, welche an der Insel Barbados ankam), kann man das neue Zeugniß eines sehr erfahrenen Dänischen Seemannes, des Schiffslieutenants Herrn Paludan, hinzufügen. Dieser Officier sah oft in der Aequinoctialzone, als die beständigen Winde eine große Frische auf der Oberfläche des Meeres verbreiteten, die kleinen sehr hohen Wolken plötzlich von Westen nach Osten ziehen. Schouw, *vergleichende Klimatologie*. 1827. Heft I. p. 55. v. H.

zeiten, einen individuellen Charakter.¹⁾ Wenn man nach der Vertheilung der undurchsichtigen Massen, welche unmittelbar die Oberfläche der Erde bilden, die nördliche und südliche Hemisphäre durch die Benennungen *continentale* und *aquatisc* Hemisphäre bezeichnet, so bemerkt man, dafs, mit Ausnahme des Mittelländischen Meeres und der Halbinsel-förmigen Verlängerung Asiens,²⁾ welche unser Europa bildet, die grossen Durchbrechungen der Conture und die tiefsten Meerbusen sich auf den Ostküsten der beiden Continente finden, besonders da, wo die angränzenden Meere das *Maximum* ihrer

¹⁾ Der Einflufs der Configuration der Continente auf die Richtung der Winde ist ebenfalls in dem wichtigen Werke des Herrn Schouw, das ich so eben anführte, abgehandelt. „Im ganzen nördlichen Europa zwischen dem 50sten und 60sten Breitengrade herrschen die Westwinde (West, Nordwest und Südwest) über die Ostwinde (Ost, Nordost und Südost) vor; aber dieses Vorherrschen nimmt ab, jemehr man von den Westküsten in das Innere des Landes nach Nordosten kommt. Die Westwinde neigen sich in der Nähe des Atlantischen Oceans mehr gegen Süden, und die Nordwinde nehmen im Osten Europas zu. Das Vorherrschen der Westwinde über die Ostwinde ist im Sommer bedeutender als im Winter und Frühling, aber dieser Einflufs der Jahreszeiten verringert sich, jemehr Europa sich nach Osten erweitert. Die Westwinde kommen im Winter grösstentheils von Südwest, im Sommer wehen sie von Nordwest oder unmittelbar von Westen. Bei Untersuchung der Mitteltemperaturen von 56 Jahren, wenn man diese Jahre in zwei Gruppen theilt, je nachdem die Westwinde mehr oder weniger häufig waren, als im Zustande ihres im *Ganzen völligen Vorherrschens*, finman für Kopenhagen:

	Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.	Jahr.
für die erste Gruppe	+0°,54	6°,40	17°,24	9°,46	8°,41
für die zweite Gruppe	-1°,56	6°,05	17°,74	9°,46	7°,92
Differenz d. Mitteltemp.					
in Cent.	-2°,10	-0°,35	+0°,50	0°,00	-0°,49

Die Vermehrung der Ostwinde vergrössert die Winterkälte und die Sommerhitze in Europa. Im Allgemeinen wehen die Winde in der aufertropischen Zone der nördlichen Hemisphäre mehr in der Richtung der Parallelen als der Meridiane, mehr von Westen nach Süden als von Norden nach Osten.“ (A. a. O. p. 10, 32, 36, 57, 72, 77.)

²⁾ Siehe oben S. 151 f.

Ausdehnung zeigen. Eine solche Lage hat die Hudsonsbay, das Antillen- Meer und jenes lange und ausgebreitete Mittelländische Meer mit seinen vielen Busen, welches sich von Südwest nach Nordnordost vom Indischen Archipelagus bis zum Busen von Ochotsk erstreckt, und welches, wie das zwischen Europa und Afrika gelegene Mittelländische Meer, auf die Civilisation des Alterthums und auf die Entwicklung der ostasiatischen Völker sehr vielen Einfluß gehabt hat. Es ist hier nicht der Ort zu untersuchen, wie viel bei diesem Contrast zwischen der geradfortlaufenden und zwischen der unterbrochenen Küstenbildung bei der Formation dieses gegliederten und Bucht-reichen Landes auf Rechnung der allgemeinen Meeresströmung von Osten nach Westen¹⁾, der Meeresdurchbrüche, welche die Trümmer eines Continents als Inselgruppe zerstreut liegen lassen (*fractas ex aequore terras*), oder wie viel der gleichzeitigen Thätigkeit vulkanischer Kräfte zuzuschreiben ist. Diese letzteren bringen durch die Erhebung krystallinischer Massen verschiedener Zeitalter, von Feldspathen und Pyroxenen, Archipele hervor, verbinden sie durch Isthmen, und vergrößern die Continente durch Halbinsel-förmige Vorgebirge.

In der nördlichen Hemisphäre zeigen alle Continente, wegen ihrer Verlängerung nach dem Pol zu, eine *Mittel-Gränze*, die ziemlich genau mit der Parallele von 70° zusammenfällt; aber nördlich vom Meerbusen *Georg IV.* und vom Pafs *Fury* und *Hecla* setzt eine ungeheure Gruppe von Inselchen und Circumpolarländern, so zu sagen, den Continentalrand von Amerika fort. Derselbe Rand von Amerika erstreckt sich ebenfalls am weitesten in der östlichen oder aquatischen Hemisphäre nach

¹⁾ Herr v. Fleurieu in der *Voyage de Marchand autour du Monde*, t. VI. p. 38 — 42. Ueber die Aehnlichkeiten triangulärer Formen, die relative Lage der Continentalenden, über die Verhältnisse zwischen den Westküsten von Afrika (Meerbusen von Guinea), von Neu-Holland und von Süd-Amerika (Busen von Arica), siehe meine *Relat. hist.*, t. III. p. 189 und 198. v. H.

Süden, so daß er bei 126 Breitengraden und bei der Erreichung der Barrowstraße, wahrscheinlich bei mehr als 136 Graden, fast in der Richtung eines Meridians eine fortlaufende Streichungslinie der Cordilleren darbietet, an welche sich gegen Osten Ebenen und einige Systeme von niedern Gebirgen anlehnen. Eine solche zusammenhängende Ländermasse, welche durch alle Zonen von den mit Palmen und baumhohen Grasarten ausgestatteten, bis zu denen, deren Küsten selbst mitten im Sommer mit Schnee bedeckt sind¹⁾, durchgeht, übt einen bedeutenden Einfluß auf die Vertheilung der Wärme, auf die Richtung der Luftströme, die mannigfaltige Entwicklung der vegetativen Formen und die Pflanzenwanderung²⁾, so wie auf die Wanderung der Thiere von den Tropen nach den gemäßigten und kalten Gegenden.

Von allen Verhältnissen der *Configuration* und *klimatischen Stellung*, welche die continentalen Massen der gemäßigten Zonen darbieten, entspringen die wichtigsten aus dem Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein tropischer Länder, welche zwischen denselben Meridianen enthalten sind. Unter dem Aequator selbst läßt das Meer nur auf ein Sechstheil des Erdumfanges den

¹⁾ Beobachtungen zu Churruca an der Magellan-Straße. (Viage 1787. p. 300). v. H.

²⁾ Dicat aliquis in continente nostra, Mare Mediterraneum interfusum et nivosorum montium juga, ab oriente ad occidentem porrecta obstetisse stirpibus aequinoctialibus totque figuris speciosis in fervidiori zona abundantibus, quo minus septentrionem versus se latius diffunderent. Contra Americae terra continens adeo uno tenore a meridie arctum versus protenditur, ut Liquidambar styraciflua, quae sub parallelo 18—19 graduum declivitate montium obtegit, Bostonum usque latitudine 43½ graduum in loca plana se effundat; Passiflorae, Cassia, Cacti, Mimosaceae, Bignoniae, Crotones, Cymbidia et Limodora (stirpium figurae aequinoctiales septentrionalibus immixtae) in Virginiam excurrunt. Humb. *de distribut. geogr. plant.* p. 45—52. Die heißen Sommer und die Insektenschwärme treiben die Colibris in den Verein-Staaten und auf Canada bis in die Breite von Paris und Berlin. Unter den Tropen fand ich sie in Höhen, die der des Pic von Teneriffa gleich kommen. v. H.

festen Grund unbedeckt, und die der Oberfläche nahe-
liegenden molecülen Theilchen erwärmen sich, wie durch
Strahlung, sehr verschiedenartig in den dunkeln und in
den durchsichtigen Substanzen. Dies Vorherrschen des
Wassers in der Aequatorialzone und die besondre Ver-
theilung des Landes bei verschiedenen Längengraden un-
ter dem Aequator oder in seiner Nähe ist einflussreich
auf die Gewalt der aufsteigenden Luftströme, die nach
dem Maafse, als sie in ihrem horizontalen Lauf kälter
werden, sich nach den beiden gemäßigten Zonen wen-
den. Diese Wärme erzeugende Ursache besprach ich
bereits, als ich die wohlthätigen Veränderungen erwähnte,
welche dem Klima Europas durch die Lage von Afrika
zu Theil werden, so wie die Contraste, die, in Bezie-
hung auf diese Wirkung der continentalen oder pelagi-
schen Aequatorialgegenden, Europa und Asien darbieten.
Im Allgemeinen findet man,¹⁾ wenn man die Ausdeh-
nung der zwischen den beiden Tropen eingeschlossenen
Länder im ganzen Umkreise der Erde mit der Zahl
1000 bezeichnet, das 461 Theile auf Afrika, 301 auf
Amerika, 124 auf Neuholland und den Indischen Ar-
chipelagus, und 114 auf Asien fallen. Das Alte Con-
tinent, mit dem Neuen verglichen, bietet demnach für die
Ausdehnung der zwischentropischen Länder das Verhält-
niss von 5,7 zu 3 dar; und, was in Beziehung auf die
Theorie der Winde noch weit wichtiger ist, die Grup-
pirung dieser *Aequatorilländer* ist so ungleichartig, das
eine Masse von 762 Theilen (von Afrika und Amerika)
d. h. fast $\frac{4}{5}$ von allen denen, die auf der ganzen Erde
über den Spiegel der Aequatorialmeere emporgehoben
worden sind, in einem ausgedehnten Streifen von $132\frac{3}{4}^{\circ}$
Länge zwischen den Meridianen der Caps Gardafui
und Parina zusammengehäuft ist. Es bleibt also nur $\frac{1}{5}$
von den Ostküsten von Afrika bis zu den Westküsten

¹⁾ Siehe die Vergleichung einer Anzahl giftiger Schlangenarten
mit den continentalen Flächen unter der heißen und gemäßigten
Zone, in meinem *Recueil de Zoologie et d'Anatomie comparée*, T. II.
p. 3. v. H.

von Amerika zerstreut auf $227\frac{1}{4}^{\circ}$ Länge oder $\frac{3}{5}$ des Erdumfanges. Alle Ostwinde (von Norden durch Osten nach Süden) kommen nach Europa und Nord-Asien unter dem Einflusse dieses ausgedehnten, vom Aequatoriallande entblösten Streifens, während die Westwinde (von Süden durch Westen nach Norden) ihren Wärme erzeugenden Einfluß von dem Aequatorstreifen erhalten, der am meisten aus agglomerirtem Lande besteht. Zur genauen Bezeichnung der wahren physischen Ursachen dieser Art von Einfluß, welchen die Gruppierung der continentalen oder pelagischen Oberfläche in der heißen Zone ausübt, will ich hier (ohne dasjenige zu anticipiren, was eigentlich zu der Betrachtung des Meeresbeckens gehört) folgende Thatsachen anführen:

Wenn ich in der tropischen Gegend bei der Mittel-Temperatur des ganzen Jahres stehen bleibe, so scheint mir die auf den Continenten ruhende Luft, nach einer Untersuchung von mehreren tausend Beobachtungen, $2^{\circ},2$ Cent. wärmer¹⁾ als die Luft, die fern von den Küsten das Meer bedeckt. Ich schätze die Luft der Continente auf $27^{\circ},7$, die Luft des Oceans auf $25^{\circ},5$; aber die Vertheilung der gesammten Mittel-Wärme beider Atmosphären, der der Continente und der des Oceans, unter die verschiedenen Epochen des Tages und des Jahres, wie unter die verschiedenen, der Sonnenstrahlung und der Ausströmung des Wärmestoffs mehr oder minder günstigen Lokalitäten bietet weit beträchtlichere Differenzen dar, als die eben angezeigten. Nun sind diese einzelnen Verhältnisse von Zeit und Ort bestimmend gerade in Bezug auf die Gewalt der warmen Luftströmung, die sich zwischen den Tropen zu größerer oder geringerer Höhe erhebt, um beim Absteigen sie weiter oder näher, und zwar in den gemäßigten Zonen in ungleichen Massen²⁾ herabzusenken. Durch ausgedehnte Streifen der Aequi-

¹⁾ *Relat. hist. t. I. p. 225.*

²⁾ Um diese Wirkungen des aufsteigenden Luftstromes, der sich über den Tropenländern erhebt, richtig aufzufassen, muß man be-

noctialzone vermindert die Oberfläche des Meeres, wegen der Strömungen, welche kaltes Wasser aus weit höheren Breiten mit sich führen, ihre Temperatur auf dem Atlantischen Ocean, im Westen und Südwesten von den Küsten von Guinea¹⁾, bis auf 20°,6 und 22°; an den Peruanischen Küsten entlang (nahe an Callao) bis auf 15°,4 und 19°, und diese Verminderung wirkt bedeutend auf die Temperatur der Luft, welche auf diesen Strichen ruht. Der Aequinoctial-Ocean erreicht sehr selten das *Maximum* von 28°; bisher fand man ihn nie über²⁾ 30°,6. Die Atmosphäre erhebt sich in dem Becken der Aequatorial-Meere, nach guten, unter dem Schutz der Rückstrahlung des Schiffs angestellten Beobachtungen, nur selten bis zu 29°, vielleicht niemals über 32°³⁾. Capitain Beechey, der während der Jahre 1825 — 1828 eine sehr große Menge meteorologischer Beobachtungen in der

merken, daß sie selbst dann noch statt finden und zu gewissen Jahreszeiten wohlthätig sein würden, wenn die *jährlichen* Mitteltemperaturen der Meeres-Luft und der Continental-Luft dieselben wären.

v. H.

¹⁾ Siehe die Vergleichung der Beobachtungen des Capitain Sabine mit denen des Herrn Duperrey in meiner *Relat. hist.* t. III. p. 527. Capitain Beechey fand ebenfalls im August bei 12½° südl. Breite und 28° 20' westlicher Länge das Meer auf der Oberfläche 21°,8, während unter gleicher Parallele andre Meere, bei nicht statt findenden Strömungen, 27°,3 oder 27°,8 zeigen.

v. H.

²⁾ *Relat. hist.* t. I. p. 234, 237; t. III. p. 498. Arago im *Annuaire de Bur. des Long. pour 1825*, p. 183.

³⁾ Auf der Fahrt von Guayaquil nach Panama bei 4° und 8° Breite (81° und 84° westl. Länge) ist man in den Monaten April und Mai bei trübem Himmel und Südsüdwest-Winden großer Hitze ausgesetzt. Herr Dirckinck von Holmfeldt, ein sehr unterrichteter Dänischer Officier hat, mit Thermometern, die mit denen des Observatoriums zu Paris verglichen waren, versehen, auf mein Ersuchen eine Menge Beobachtungen über die Temperatur des Wassers und der Luft auf der Südsee angestellt und bei 4° und 5° nördlicher Breite die Luft zu 30°,7 und 30°,9 gefunden, demnach noch wärmer als sie Capitain d'Entrecasteaux bei den Molucken fand. (Arago, S. 181.) Dies sind die *occidentalen Maxima*.

v. H.

heissen Zone angestellt hat, fand (mit Ausnahme von vier Tagen¹⁾), wo das Thermometer 30^o,3 und 31^o,6 erreichte) die Atmosphäre auf der Südsee niemals über 28^o,8. Diese Wärmegrade contrastiren in ihrer geringen Höhe auf eigne Weise mit denen der *Continental-Luft*. Die Oberfläche des Bodens erwärmt sich durch Strahlung während des Tages zwischen den Tropen ganz gewöhnlich bis zu 52^o,5. Bei den Katarakten des Orinoko fand ich die Temperatur des weissen, grobkörnigen, mit schöner Grasvegetation bedeckten Granitsandes, bis 60^o,3²⁾, während die

¹⁾ Diese vier in der Geschichte der Thermometer-Variationen der *oceanischen Luft* äusserst merkwürdigen Beobachtungen geben indess doch nur eine Temperatur (über 25¹/₂^o Reaum.), die in der heissen Zone (in den Ebenen von Venezuela, Guayaquil, Acapulco, Surinam, Madras, Pondischeri, Manilla) ziemlich häufig ist, und besonders auf den Gränzen dieser und der gemässigten Zone. Sie wurden gemacht (Beechey, *Voyage* t. II. p. 702, 707, 711.):

Im Mai, N. Br. 20 ^o	W. L. 244 ^o	zwischen den Marianen und Macao	89 ^o Fahr.
- Mai, N. B. 22 ^o	—	236 ^o ebendasselbst . . .	86 ¹ / ₂ ^o —
- Mai, S. Br. 7 ^o	—	152 ^o zwischen Otaheiti und Owaï	89 ^o —
- März N. Br. 12 ^o	—	101 ^o in dem Meridian von Acapulco . . .	89 ^o —

v. H.

²⁾ *Relat. hist.* t. I. p. 628, t. II. p. 201, 222, 303, 376. Herr Pouillet berichtet, er habe in einem kleinen Garten zu Paris, der den Reflex der naheliegenden Mauer empfing, den Boden zu 65^o gefunden (*Elémens de physique*, t. II. p. 647); aber dieser erfahrene Physiker giebt weder die Farbe des Bodens, noch die Temperatur der Luft an. Man darf nicht übersehen, dass die Sonne zu Paris, vom 1. Mai bis zum 12. August ebenso hoch steht, als unter den Tropen bei 10^o 27' der Breite (z. B. zu Cumana) in einer andern Jahreszeit. Herr Arago, dessen Forschungen über die Temperatur der Bodenschichten bei verschiedener Tiefe sehr viel Licht über den periodischen Wechsel der Wärme verbreiten werden, hat eine bedeutende Menge genauer Beobachtungen über die Strahlung des Sandes während unserer grossen Sommerhitzen angestellt. Er fand sie am häufigsten von 48^o bis 50^o, einmal jedoch zu 53^o, während das Thermometer im Schatten 33^o wies. Ueber den Wasserverlust, den die Flüsse unter den Tropen durch die Hitze und das Einsaugen der Sandbänke erleiden, siehe meine *Relat. hist.* t. II. p. 222.

v. H.

Luft (im Schatten) 29°,6 hatte. Die Continental-Atmosphäre erreicht in der Aequatorialzone und nahe an ihren Gränzen (vom 23sten bis 29sten Breitengrade) während ganzer Monate eine *Mitteltemperatur* von 29 bis 34 Grade. Wenn man in derselben Zone sich begnügt, den Wechsel der Luftwärme während des Tages zu beobachten, findet man ihn gewöhnlich in der oceanischen Luft von 23° bis 27°, in der continentalen von 26°,5 bis 35°. Die *Maxima* der continentalen Luft oscilliren, nach sehr glaubwürdigen Beobachtungen, zu Pondischeri, Madras, Benares, in Ober-Aegypten und zu Dongola zwischen 40° und 46°,6 (32° und 37°,5 Reaum.). Die Vergleichung dieser *numerischen Elemente*, deren Genauigkeit ganz neue Beobachtungen bestätigen, entbindet mich der Aufgabe, hier die Differenzen zu entwickeln, welche die Gesamtwirkung betreffen, so wie die der Kraft und Schnelligkeit des über die oceanischen und continentalen Theile der torriden Zone aufsteigenden Luftstromes.

Die Verlängerung des Landes nach den Polen zu ist in Beziehung auf die Vertheilung der Temperatur nicht minder wichtig, als die Verlängerung nach dem Aequator. Oben bei der Vergleichung der Configurationen von Europa und Asien (S. 151 ff.) habe ich auseinandergesetzt, von welchem Einflufs die Lage eines Eis-freien Meeres ist, wenn es zwischen dem Pol und der Nordgränze eines Continents liegt. Nördlich von der Behring-Straße ist die polare Eismauer während des Sommers durch eine bogenförmige Linie, die von Südwest nach Nordost geht, begränzt¹⁾; sie erhält sich, je nach der Jahrestemperatur, bald in dem Parallel des Cap Smyth, bald in dem des Cap Collin (70½° bis 71¼° der Breite), vom Amerikanischen bis zum Asiatischen Continent reichend. Auch ist die Kälte dieser Gegenden so intensiv, daß die Expedition des Blossom selbst in den Monaten Juli und August (1827) bei Nord- und Nordwest-Winden (ungeachtet des Einflusses einer

¹⁾ Beechey, t. I. p. 537 und 551, t. II. p. 579.

Strömung¹⁾ von Südwesten, welche Wasser von 5^o,4 bis 6^o,6 Cent. bringt), die Mittel-Temperatur der Atmosphäre kaum von 4 $\frac{1}{2}$ ^o. Die Veränderungen waren von 0^o bis zu 8^o. Unter demselben Parallel ist in Lappland, auf dem Nordcap der Insel Mageroe, die zwar auch im Sommer von dem beständigen Nebel, der die Wirkung der Sonne verhindert, eingehüllt ist, die Mittel-Temperatur des Juli noch 8^o. Weiter von den Küsten, bei Alten (71^o der Breite) fand sie Herr Leopold von Buch²⁾ zu 17^o,5.

In der südlichen Hemisphäre zeigen die pyramidalen Enden der Continente, die sich ungleich nach Süden zu verlängern, ein *Insel-Klima*. Auf Sommer von einer sehr niederen Temperatur folgen, wenigstens bis zum 48sten und 50sten Breitengrade, ziemlich milde Winter, woraus hervorgeht, daß die Vegetationsformen der heißen Zone, die baumhohen Grasarten und die schönen parasitischen Nagelkräuter im Süden bis zum 38sten und 41sten Breitengrade fortkommen können. Die Striche der Erdoberfläche in den beiden durch den Aequator getrennten Hemisphären geben das Verhältniß von 3 zu 1; aber diese Differenz findet sich mehr in den Ländern der gemäßigten, als in denen der heißen Zone. Die ersteren sind in der nördlichen und südlichen Hemisphäre wie 13 zu 1, die letzteren wie 5 zu 4. Eine so große Ungleichheit in der Vertheilung der continentalen Massen übt einen merklichen Einfluß auf die Kraft des aufsteigenden Luftstromes, der sich nach dem Südpol zieht, und auf die Temperatur der südlichen Hemisphäre im Allgemeinen. Es ist wahrscheinlich, daß der Mangel an festem Lande noch von weit beträchtlicherer Wirkung sein würde, wenn die Vertheilung der Continente auf beiden

¹⁾ Diese Strömung von Süden ist besonders merklich zwischen Kotzebue-Sund und dem Cap Hope, wo sie, wegen der Richtung der Küste, nach Nordwest zieht. v. H.

²⁾ *Reise durch Norwegen und Lappland*, Th. II. p. 416. v. H.

Seiten des Aequators in den Tropenzonen eben so ungleich wäre, wie die in den gemäßigten Zonen.

Eine Schlufsbetrachtung über die Configuration und relative Lage der continentalen Massen knüpft sich an den Zustand der Civilisation der Völker. Die höchste Entwicklung der Civilisation, die wir die Europäische oder occidentale nennen, weil sie in ihrem Fortschritt nach Westen uns von den Griechen zukam, findet sich heute auf den beiden entgegengesetzten Küsten, welche der Atlantische Ocean bespült. Durch die vorherrschenden Westwinde sind außerhalb der Tropen bei gleicher Breite die Ostküsten bedeutend kälter als die Westküsten. Die Beobachtung dieser Thatsache konnte den Völkern nicht entgehen, die in gleichem Maasse sich für die Untersuchung des Klimas ihres heimatlichen Bodens interessirten und die durch den Standpunkt ihrer Civilisation zu häufigen Verbindungen genöthigt waren. Sie wurde Grundlage für die *Theorie der Isothermen*. Die Ost- und Westküsten ein und desselben Continents oder die entgegengesetzten Küsten Asiens und Amerikas, welche die Südsee bespült, hätten nicht so leicht zu der Beobachtung der angegebenen Thatsache geführt. Die Entfernung der Orte, die Ungleichheit der Civilisation und der störenden Ursachen, die vereint eine sehr einfache physische Erscheinung bilden, hätten lange Zeit, die Aufmerksamkeit auf den Contrast von Klimaten, die auf verschiedenen gelegenen Küsten herrschen, gehindert.

Die Abnahme der Mittel-Temperatur vom Aequator nach dem Pole zu, welche von der Wirkung der Sonne, die durch die Configuration und durch die Weltstellung der continentalen Massen modificirt und bedingt ist, findet in beiden Welten am schleunigsten zwischen den Parallelen des 40° und 45° statt. Die Beobachtungen¹⁾ liefern über diesen Punkt der Klimatologie ein der Theorie völlig entsprechendes Resultat; denn die Veränderung des Quadrats des Cosinus, welcher das Gesetz der Tempe-

¹⁾ *Mém. de la société d' Arcueil*, t. III. p. 503.

ratur ausdrückt, ist gegen den 45° der Breite der möglichst größte. In dem Klimasysteme des westlichen Europa ist die mittlere Jahrestemperatur, welche dieser Breite entspricht, 13° und 13°,5, und der kälteste Monat erreicht dort noch 3° bis 4° Mittelwärme. Dies ist die schöne und fruchtbare Zone, die den Süden von Frankreich (zwischen Valence und Avignon) und Italien (zwischen Lucca und Mailand) durchzieht, das ist die Zone, in der die Rebengegend mit der der Oliven- und Citronenwälder zusammentrifft. Nirgend findet man beim Fortschreiten von Norden nach Süden ein so auffallendes Steigen der Temperaturen; auch folgen nirgend die Erzeugnisse der Vegetation und die verschiedenen Früchte des Ackerbaus mit größerer Eile nach einander. Ferner belebt die große Verschiedenheit in den Produkten der nebeneinander liegenden Länder den Handel und vermehrt die Betriebsamkeit der ackerbauenden Völker. Weiter nach Osten über das Adriatische Meer und den Bosnischen Meerbusen hinaus im Innern Asiens, wie in Nord-Amerika, überall, wo die Isothermen wegen der Gestalt, der Weltstellung und wegen der Hochbildung der Continente in concave Scheitel auslaufen, bietet der Parallel von 45° nicht mehr dieselben Vorzüge dar. In der Neuen Welt erreicht die mittlere Jahrestemperatur unter diesem Parallel kaum 8°,2; die des kältesten Monats fällt sogar bis auf 5° herab, das Klima der Weinberge beginnt dort erst mit der Breite von 6° oder 7° weiter südlich.

In allen vorhergehenden Betrachtungen haben wir die Continente nur in dem Verhältniß ihrer Ausdehnung, der Form ihrer Umrisse und ihrer Verlängerung unter verschiedenen Breitengraden, abgesehen von dem *Zustand der Oberfläche des Bodens*, vorgeführt. Der Aggregationszustand aber, die chemische Zusammensetzung und Färbung, die Durchdringlichkeit, Capacität für die Wärme und Leitungsfähigkeit derselben, die Kahlheit und die vegetative Fruchtbarkeit, die gewöhnliche

Feuch-

Feuchtigkeit oder Trockenheit ist das Bestimmende für die absorbirenden und emittirenden Kräfte. Welche Verschiedenheit der Wirkungen zwischen Fels- oder Sandwüsten, grasbedeckten Haiden, Steppen oder *herbagösen* Ebenen (um mich eines Ausdrucks von Volney zu bedienen), welche die nicht fruchttragenden, 6 bis 7 Fufs hohen Dicotyledonen enthalten, und zwischen den Waldungen, Sümpfen und den früh cultivirten Ländern! Die eigentlichen Sand- und kahlen Felswüsten¹⁾ sind eine geologische Erscheinung von noch nicht gründlich untersuchter Entstehung²⁾; sie gehören fast ausschliesslich dem heissen und gemäßigten Theil des Alten Continents an, so wie die Heiden zum Karakter Amerikas, und wie zwei Arten von *Steppen*, die eine mit kleinen Holzpflanzen, die andere mit grossen Kräutern aus dem Geschlechte der gemischten Gemüsekräuter, zu dem Karakter Südrußlands, Sibiriens und Turkestans gehören. Von dem westlichen Ende der Sahara bis zum östlichen der Gobi, in einer Erstreckung von 132 Längengraden, findet man einen breiten, fast ununterbrochenen, wüsten Gürtel durch die Mitte von Afrika, Arabien, Persien, Candahar, Thianschan Nanlu und die Mongolei. Mehr als zwei Drittheile dieser nackten und unfruchtbaren Bodenfläche sind in Westen vom Indus und in der den Tropen zunächst liegenden Zone. Wenn man erwägt, dafs die Insolation unter dieser Breite bei Tage den Sand auf mehr als 50° oder 60° erhöht, kann man begreifen, von welchem Einflufs eine solche zusammenhängende Fläche auf die Vertheilung der Wärme in einem grossen Theile der Erde sein mufs. Die Wüste Sahara in Afrika (wenn man die zerstreuten Oasen aufser Darfur und Dongola

¹⁾ Herr Ehrenberg hat neulich gezeigt, dafs in einem grossen Theil der Afrikanischen Wüsten die Felsenoberfläche vor der sandigen vorherrschend ist. *Beitrag zur Charakteristik Nordafrikanischer Wüsten* in den *Abhandl. der Königl. Akad. der Wiss. zu Berlin* aus dem Jahre 1827. S. 73. f. v. H.

²⁾ Siehe meine *Ansichten der Natur*, Th. I. p. 25. v. H.

mitrechnet), hat allein eine Ausdehnung von 194000 Quadratmeilen, 20 auf einen Grad gerechnet, d. i. mehr als das Doppelte der Oberfläche des Mittelländischen Meeres¹⁾. In den Wäldern des Orinoko, wo man mitten in der üppigsten Vegetation unzählige kleine, kahle Felseninseln sieht, die sich kaum zwei oder drei Zoll über der Ebene erheben, fand ich in den langen Tropennächten die Temperatur der Granit-Gneisblöcke zu 36°, während die Luft nur 25°,8 hatte. Der Wärme erregende Einfluss dieser Blöcke und ihre Einwirkung auf den aufsteigenden Luftstrom fand demnach auch bei Abwesenheit der Sonne statt. Ich bemerkte, dass zu denselben Stunden die kahlen Felsflecken fast zu derselben Temperatur zurückkehrten, weil ihre Umgebung, die durch Ausstrahlung die Abnahme²⁾ der Wärme bestimmt, sehr regelmäßige Veränderungen zeigte. In Hinsicht der Differenzen der absorbirenden und emittirenden Kräfte, welche von der Farbe, Dichtigkeit, Empfänglichkeit und Glätte des Bodens abhängig sind, genügt es an die Contraste zu erinnern, welche die meisten secundären und tertiären Kalkbildungen, die Quadersandsteine, Feldspath-Trachyte in Vergleich mit den reichen amphibolischen Syeniten, den Dioriten, Basalten, Melaphyren, dem blauen oder schwarzen Uebergangskalk, dem weichen Thonschiefer und dem Glimmerschiefer darbieten; von dem besonderen Zustande der Oberfläche hängt die Ausgleichung der absorbirten und der reflectirten Strahlen ab.

Die Savanen (grasbedeckte Ebenen), die unter dem Namen *Prairies* zwischen dem Missouri und Mississippi bekannt sind, erwärmen sich selbst da, wo sie ganz trocken bleiben, durch die tägliche Strahlung weniger, als

¹⁾ Ich finde für das Mittelländische Meer 77300, für das Schwarze Meer 14000 Quadratseemeilen. v. H.

²⁾ Diese Abnahme folgt jedoch nicht dem Newton'schen Gesetz (*Scala graduum caloris* in *Phil. Trans.*, 1701, p. 162), wie die Herren Dulong und Petit in ihrer trefflichen Abhandlung: über das Gesetz der Erkaltung gezeigt haben. v. H.

der Wüstensand. Die häutigen, ausgezackten und spitzen Blätter kleiner Monocotyledonen (Cypressen, Haidekräuter), ihre sehr schwachen Stoppeln, ihre sehr kleinen Aehrchen auf den sehr verzweigten Blumenstielchen strahlen gegen den Himmelsraum und haben eine außerordentlich große emissive Kraft. Wells und Daniell¹⁾ sahen in unseren Breiten bei hellen Nächten das Thermometer in dem Heidekraut um 6°, 8° und selbst um 9°,4 sinken. Dieser Kälte erzeugenden Ursache und der Verdichtung des Nebels, die die Folge davon ist, müssen wir in den ungeheuern *Llanos* der Aequinoctial-gegenden Amerikas während der langen regenlosen Zeiträume die Erhaltung der Vegetation zuschreiben. Das niedrige Heidekraut und die Waldbäume befinden sich in sehr verschiedenen Umständen. Indem die Bäume die Atmosphäre um ihre Gipfel durch Ausstrahlung erkalten, senden sie Schichten von erkalteter Luft nach dem Boden, den ihr Schatten zu strahlen verhindert, während das Heidekraut, so zu sagen, in die Atmosphäre getaucht bleibt, deren Temperatur es vermindert und deren Feuchtigkeit es in Gestalt des Thaus herabgezogen hat²⁾. In schönen Tropennächten auf den Ebenen von Venezuela und des Nieder-Orinoko empfanden wir, Herr Bonpland und ich, auf dem Heidekraut ruhend, oft diese feuchte Frische da, wo fünf oder sechs Fuß höhere Luftschichten noch 26° bis 27° hatten. Die geologische Eigenthümlichkeit dieser Ebenen, die ganz horizontal sind, und in denen keine Wellenform die Ausstrahlung der Grasbedeckten Oberfläche hindert, gehört fast ausschließlich dem Neuen Continent. Nahe am Aequator, unter dem nebelbedeckten Himmel des Obren Orinoko, des Rio Negro und des Amazonenstromes sind sie von dichten Wäldern bedeckt, aber im Norden und

¹⁾ *Meteorol. Essays*, 1827. p. 230, 232, 278. v. H.

²⁾ Siehe die interessante Abhandlung des Herrn Daniell über die verschiedenen Klimate in ihrem Verhältniß zum Gartenbau (*Met. Essays* p. 522). v. H.

Süden ist diese, mit Palmen und großen Dicotyledonenstämmen bekleidete Zone durch *Llanos*¹⁾ und *Pampas*²⁾ (mit Heidekraut bedeckte Savanen, welche eine zehnfach größere Ausdehnung haben, als Frankreich) begrenzt. Um den mächtigen Einfluss hervorzuheben, den dieser Zustand der Oberfläche auf das Klima ausübt, genügt die Bemerkung, daß diese Haiden in Südamerika 50000 Quadratmeilen mehr einnehmen, als die Andeskette und alle isolirten Berggruppen von Brasilien und Parima. Wenn man zu diesem Flächenraume die Prairies des Missouri und die Ebenen zwischen dem Slaveensee und dem Nord-Ocean, welche von Hearne, Mackenzie und dem muthvollen Franklin bereist wurden, hinzurechnet, wird man sich eine genaue Vorstellung von dieser Erscheinung der Savanen machen, die in den nördlichsten Gegenden nur moosartig verschlungene Pflanzen (*physciae*) zeigen. Unter der gemäßigten Zone, in England z. B., wie Herr Daniell richtig bemerkt, kann die nächtliche Ausstrahlung auf Wiesen und Heidekräutern die Temperatur während ganzer 10 Monate des Jahres bis zum Gefrierpunkt herabbringen. Zu Paris³⁾ selbst hat man in einem Jahre (1818) von ziemlich hoher Mitteltemperatur ($11^{\circ},32$) nur in einem einzigen Monat die Abnahme nicht unter 8° gefunden und während dieses Monats (Juli) waren die Extreme⁴⁾ $31^{\circ},5$ und $10^{\circ},2$; demnach konnte das Heidekraut in einer klaren Nacht sich bis zu $+0^{\circ},8$ erkälten.

Die Wälder sind als Kälte erzeugende Ursachen in

1) Die Llanos am Nieder-Orinoko, Meta und Guaviare haben 29000 Quadratseemeilen, deren Frankreich (Corsika mit gerechnet) 17000 hat. v. H.

2) Die Pampas am Rio de la Plata und in Patagonien haben 135200 Quadratmeilen v. H.

3) Die Mittel-Temperatur von 21 Jahren ist für Paris $10^{\circ},81$. v. H.

4) Arago in den *Ann. de Chimie*, t. IX., p. 426. v. H.

dreifacher, sehr verschiedener Weise thätig, indem sie entweder den Boden gegen die Sonnenstrahlen schützen, oder durch die Lebensthätigkeit und Poren-Ausdünstung der Blätter eine große Ausdünstung von wässrigen Substanzen hervorbringen, oder indem sie durch die Ausbreitung dieser appendiculären Organe, die Oberflächen vergrößern, welche durch Ausstrahlung für die größere Erkältung empfänglich sind. Diese dreifachen, gleichzeitig thätigen Ursachen (Schattenkühle, Ausdünstung und Strahlung) sind von so hoher Wichtigkeit, daß die Kenntniss von dem Umfange der Wälder, verglichen mit der kahlen oder gras- und krautbedeckten Oberfläche, eines der interessantesten numerischen Elemente der Klimatologie eines Landes ist. Die Seltenheit oder der Mangel der Wälder vermehrt zugleich die Temperatur und die Trockenheit der Luft, und diese Trockenheit übt, indem sie die ausdünstenden Wasserabläufe und die Kraft der Rasenvegetation vermindert, eine Rückwirkung auf das Lokal-Klima. Der großentheils kahle¹⁾ und unfruchtbare Länderstreif, der das Becken des Mittelländischen, des Caspischen Meeres und des Aralsees umgiebt, bietet den Typus der Erscheinungen dar, deren schädlichen Einfluß die Industrie der ackerbauenden Völker durch künstliches Düngen zu vermindern weiß. Betrachtet man nur den Schutz oder Schatten der Bäume, so findet sich die Kältezeugende Wirkung desselben in der gemäßigten Zone am stärksten im Frühjahr und im Anfang des Sommers, wo der Schnee in den Wäldern aufgehäuft liegen bleibt, selbst da, wo die mittlere Monats-Temperatur, wie im nördlichen Rußland und Deutschland bis 13° oder 14° steigt. Ist der Boden der Wälder sumpfig, wie dies sehr häufig in Europa und in Nord-Amerika der Fall ist, so

¹⁾ Ueber die bemerkenswerthen Folgen der Waldausrodungen unter den Tropen, z. B. in dem Stromsystem der Thäler des Aragua und der Mexikanischen Hochebenen, siehe meine *Relat hist.* t. II. p. 269 — 77 und mein *Essai politique sur la Nouvelle-Espagne* (2. éd.) t. II. p. 44, 426. v. H.

wird der Schutz der Bäume durch den Mangel der Sonnenstrahlung noch weit gefährlicher für das Klima, weil die Sümpfe, zur Hälfte mit Ericaceen und Rosagen bedeckt, bis auf den Grund gefrieren und kleine Gletscher bilden, die der dunkeln Wärme lange Zeit widerstehen.

Die Lebensthätigkeit der Blätter besteht hauptsächlich in der Wasser-Ausdünstung (der Entleerung von Flüssigkeiten) und in der Luftrespiration, indem die Blattoberflächen (nach den Untersuchungen der Herren Adolph Brongniart¹⁾ und Dutrochet) den Weg zu einer freien Verbindung zwischen der Atmosphäre, dem System der Lufthöhlen und den Utrikeln des Parenchyms (des Innern der Blätter) darbieten. Ich verweile hier nicht bei den Kälte- und Wärme-zeugenden Einflüssen der gasartigen Respiration, die in der Dunkelheit eine ganz andre ist, als unter dem wunderbaren Einfluß des Sonnenlichts, je nachdem die Blätter bei Nacht das Oxygen der Luft einsaugen und Kohlensäure entbinden, oder bei Tage diese letztere zersetzen, den Kohlenstoff behalten und oxygenes Gas ausströmen. Während dieser Luftrespiration werden bei den *Veränderungen des Agregatzustandes*, welche von chemischen Umwandlungen (Substitutionen von Basen) begleitet sind, sicherlich Quantitäten von Wärmestoff entbunden oder frei; aber, obgleich die nächtliche Absorbtion von oxygenem Gas, nach den trefflichen Erfahrungen des Herrn Theodor de Saussure, den siebenfachen Theil des Volumens der jährlichen oder *abfallenden* Blätter²⁾ erreicht, so ist es dennoch wahrscheinlich, daß dieses Entladen oder Gewinnen des Kohlenstoffs bei der stattfindenden Luftrespiration der Wälder in sehr unmerklichem Grade auf die Temperatur des Luftoceans einwirkt. Dies ist nicht der Fall bei der Wasserrespiration, welche auf allen Landzungen und besonders zwischen den Tropen das hervorbringt,

¹⁾ Adolph Brongniart in den *Ann. des Sciences nat.* Decbr. 1830, p. 446, 450. v. H.

²⁾ De Candolle, *Organographie*, t. I. 358, 360. v. H.

was man treffend mit dem Ausdruck der *feuchten Friche* bezeichnet. Dunstströme erheben sich über einem waldbedeckten Aequinoctial-Lande, und wenn man sich erinnert, dafs Hales die Blätter eines einzigen Helianthusstammes von $3\frac{1}{2}$ Fufs Höhe fast zu 40 Quadratfufs Umfang fand, so kann man ermessen, wie grofs die Kraft der Ausdünstung über der Waldgegend am Amazonenstrom und am Ober-Orinoko sein mufs, welche nur durch den Lauf des Flusses unterbrochen wird und eine Erstreckung von 260000 Quadrat-Seemeilen hat. Der stets nebelbedeckte Himmel dieser Gegenden und der Provinz Las Esmeraldas, westlich vom Vulkan Pichincha, die Abnahme der Temperatur in den Missionen am Rio Negro,¹⁾ die Dunststreifen,²⁾ die man am hellen Tage in den jungen Waldungen zwischen den Gipfeln der Bäume bemerkt, sind eben sowohl die Wirkungen dieser Wassertranspiration (Ausdünstung) der Blätter, als ihrer Ausstrahlung nach dem Himmelsraume. In Betreff der durch diese letztere erzeugten Kälte, kann, nach meiner Ansicht, die Weise der Thätigkeit jedes mit einem grofsen Baume verbundenen Systems auf folgende Art dargestellt werden.

Die Blätter, welche sich keineswegs in horizontaler und paralleler Lage unter einander befinden, zeigen verschiedene Neigungen gegen den Horizont; aber nach dem Gesetz von Leslie¹⁾ ist der Einflufs dieser Inclination auf die Menge der durch Ausstrahlung ausgesandten Wärme, oder was dasselbe ist, die ausstrahlende Kraft einer in einer bestimmten Richtung gemessenen Oberfläche, gleich derjenigen, welchen ihre Lage auf eine perpendikuläre Oberfläche in derselben Richtung äufsern würde. Nun vermindern beim Anfang der

¹⁾ *Relat. histor.* T. II. p. 463. v. II.

²⁾ *A. a. O.* T. I. p. 436. v. II.

³⁾ Fourier hat die Allgemeingültigkeit dieses Gesetzes auf analytischem Wege bewiesen. (*Nouv. Mém. de l'Institut*, Art. 90, 96.) v. II.

Wärmeabnahme durch das Ausströmen von allen Blättern, die den Gipfel eines Baumes bilden, und die sich theilweise einander bedecken, diejenigen oder die Theile derjenigen, welche mit der einen Seite ihrer Oberfläche frei gegen den Himmel ausstrahlen, die Temperatur der andern, und diese Verminderung (dies Verdrängen der Wärme), ist um so beträchtlicher, je dünner sie sind. Die zweite Schicht der Blätter wird, mit ihrer oberen Fläche gegen die untere Fläche der ersten Schicht gekehrt, bei ihrer Ausstrahlung gegen dieselbe mehr von sich geben als sie empfängt, und das Resultat dieses ungleichen Wechsels der Ausstrahlung wird eine grössere Wärmeabnahme sein; diese Thätigkeit steigt auf von Schicht zu Schicht, bis die durch ihre verhältnissmäßige Lage verschiedenen influenzirten Blätter des ganzen Baumes in den Zustand eines stabilen Gleichgewichts übergehen, dessen Gesetz durch mathematische Analyse ausgemittelt werden kann. So wird die Luft, die in die Zwischenräume der Blätter dringt und den Wald erfüllt, in klaren Nächten kälter, und durch die grössere Vielfachheit seiner in Gestalt sehr kleiner Blätter ihm anhängenden Organe wirkt ein Baum, dessen horizontale Kronenausbreitung kaum 400 Quadratfuss misst, auf die Abnahme der Temperatur der Atmosphäre durch eine mehrere tausendmal grössere Oberfläche, als 400 Quadratfuss, von kahlem oder rasenbedecktem Boden. Bei dem Boden wird die Verminderung durch die Wärme unkenntlich, die von Schicht zu Schicht aus dem Innern der Erde zuströmt. Die Bewegung der Luft, welche die Ausdünstung und, nach den geistvollen Entdeckungen des Herrn Knight, die Aufsteigung der Baumsäfte befördert, ist den Kälte zeugenden Wirkungen der Ausstrahlung hinderlich. Diese Thätigkeit ist während der langen Nächte der Aequinoctial-Zone um so stärker, als dort fern von den Küsten die Durchsichtigkeit und nächtliche Ruhe der Atmosphäre gröfser ist.

Nach den drei Arten von Thätigkeit (dem Schutz gegen die Sonnenstrahlung, der Ausdünstung und der

Ausstrahlung), welche in der gemäßigten Zone wechseln, je nachdem die *socialen*¹⁾, in Wäldern vereinten Gewächse von der Familie der Amentaceen (Eichen, Buchen, Birken) oder von der der Coniferen sind, hätte ich einer vierten Art der Thätigkeit zu erwähnen und zwar von entgegengesetzter Beschaffenheit, nämlich des Hindernisses, welches der Schatten der durch Ausstrahlung bewirkten Erkältung des Bodens entgegenstellt; aber dieser Wärme zeugende Einfluss wird unter so vielen *gleichzeitig wirkenden* Ursachen unmerklich. In einer dunklen Nacht fand ich das Innere der Wälder am Kassiquiare und am Atabapo nicht wärmer, als eine Savane. Der Boden des Waldes, der dort gegen ausgebreitetes Laub strahlt, empfängt zwar den Einfluss von demselben, aber, den Tag über durch dasselbe Laubdach gegen die Strahlen der Sonne geschützt, zeigt sich beim Anbruch der Nacht seine Temperatur durch die Einstrahlung weniger erhöht.

Wir betrachteten bisher die Oberfläche des Bodens, sofern sie kahl (felsig), mit Rasen bedeckt, oder durch Wälder geschützt ist. Es bleibt nur noch die Betrachtung der Wirkungen, welche sowohl das stehende Wasser der Sümpfe und Seen, als das im Bette großer Flüsse fließende, denen periodische Ueberschwemmungen eigen sind, ausübt. Unter der Zone außerhalb der Tropen mildern diese Wasser die Hitze des Sommers, weil sie nicht in demselben Grade, wie die undurchsichtige Oberfläche erwärmt werden, und weil sie durch ihre Ausdünstung Wärmestoff absorbiren. Eine große Tiefe des

¹⁾ Agri natura et circumfusi aëris calor, pro diversitate coeli, modo temperatus, modo incitatus, non solum distributionem ordinum (*familiarum*) moderatur, sed in eo quoque vim suam exercet, ut stirpes modo catervatim, modo sigillatim gignuntur. Vivunt enim, ut animalia sive *sparsae*, sive *sociatae*; et si *Ericae vulgaris* plantulam in quolibet agro solam animadvertas extra naturae suae legem errantem putes, eodem jure, ac formicam singulam per sylvas vagantem. (Humboldt, de distrib. plant. p. 50.) v. II.

Wassers vermindert die Kälte des Winters, so lange sich noch nicht Eis gebildet hat. Wir finden, dafs in den Breiten, wo die Mitteltemperatur des Winters über $3\frac{1}{2}^{\circ}$ ist, die Flüsse nicht eher gefrieren, als bis der Thermometer, der Luft ausgesetzt, während einiger Tage bis auf -8° oder -10° gefallen ist. Im Gegentheil vermehrt das langsame Gefrieren der Flüsse, Seen und Sümpfe in den Breiten jenseits des 58ten und 60sten Parallels die Kälte des Frühlings.

Unter den Tropen gleicht die so wenig veränderliche Temperatur der ruhigen wie der bewegten Atmosphäre die Wärme beider Elemente, des Wassers und der Luft, aus. Zwischen dem 4ten und 5ten Breitengrade fand ich das Wasser des Orinoko ¹⁾ beständig zu $27^{\circ},5$ bis $29^{\circ},5$, demnach wenig verschieden von der Mitteltemperatur der Luft. Der beinahe völlige Mangel des Windes in der Mitte der Wälder macht die Kälte-erzeugenden Wirkungen der Ausdünstung fast unmerklich.

Hochbildung des Bodens; Berge, Hochebenen, welche die Klippen und Untiefen im Luftocean bilden. Einwirkungen, welche die erhöhten Theile der Continente auf deren eigene Oberfläche und auf das Klima der angränzenden Ebenen äufsern. Absteigende Luftströme. Oscillationen der Wolkenschichten in vertikaler Richtung. Einfluß der sporadischen Schneemassen, welche die Berge bis zum Anfang des Sommers bedecken, auf das Klima der Ebenen der gemäßigten Zone. — Abnahme des Wärmestoffs, bedingt durch die Jahreszeit, durch Schnee-Anhäufung, durch die Steilheit der Ablänge und durch die Lage der Hochebenen. — Würdigung aller Erscheinungen, welche die Abstufung der isothermen Gestalt vom Aequator nach dem Pol bedingen. Complicirte Wirkungen der Gesamttursachen der ewigen Schneeegränze. Diese Gränze ist bald über, bald unter der Schicht der Atmosphäre, deren mittlere Temperatur Null ist. — Jährliche Oscillation der Schneeegränze. Höhe, bis zu welcher der

¹⁾ Siehe wegen der einzelnen Beobachtungen, *Relat. hist.* T. II. p. 233, 377, 389, 607; über die weit niedrigeren Temperaturen der Wasser des Rio Negro und Rio Congo, T. II. p. 252 und 463. Bei den Ueberschwemmungen des Flusses Guayaquil, sah ich das Thermometer bis zu $33^{\circ},5$ steigen (T. II, p. 389). v. H

Schnee sporadisch zwischen den Tropen nördlich und südlich vom Aequator fällt. Vergleichung der Gränzen der ewigen Schneemassen unter dem Aequator (bei Quito), auf den Cordilleren von Mexiko und Bolivia, und auf beiden Abhängen des Himalaya. — Uebereinstimmung, welche aus den Beobachtungen hervorgeht, und Gleichförmigkeit der Erscheinungen in jeder Gebirgsgruppe. — Uebersicht der numerischen Resultate. Einwirkungen der Hochebenen, nach ihrer strahlenden Oberfläche, nach ihrer Breite, ihrer absoluten Höhe und ihrer Annäherung an die Schneeregion. Einfluss der Trockenheit der Luft und der großen Temperaturverminderungen auf die Seltenheit des Schnees und auf die Erhöhung seiner Sommergränze. Einfluss eines mit Nebel bedeckten Himmels auf die abnehmende Thätigkeit der Irradiation.

Dies sind die Ursachen der Temperaturveränderung, welche der Zustand des Bodens in den *Ebenen* darbietet. Die *Berge* können entweder hinsichtlich ihres Einflusses auf die *angrenzenden Ebenen* betrachtet werden oder hinsichtlich der Einwirkungen, die sie durch ihre Erhebung über den Meeresspiegel auf *ihre eigene Oberfläche* äufsern. Die erstere dieser Wirkungen offenbart sich durch das Zurückprallen der Wärme am Fuße einer steilen Felswand,¹⁾ durch den Schutz, den Gebirgsketten gegen gewisse vorherrschende Winde gewähren, und durch die Kälte, welche die absteigenden Luftströme verbreiten, indem sie längs des Steilabhanges eines Pic's, dessen Gipfel sehr hoch ist, herabfließen. Unter den Tropen, wie während der starken Sommerhitze in der gemäßigten Zone, wenn die Temperatur der niederen Regionen der Atmosphäre bis zu 27 oder 28 Grad gestiegen ist, finden sich schon, in einer Höhe von 1500 oder 1600 Toisen über den Ebenen, Luftschichten, deren Temperatur nur 10 Grad ist. Schräge Winde können demnach eine der bedeutendsten und allgemeinsten Ursachen der Kälte werden, aber es bedarf zu diesem Endzweck der besondern Umstände eines Zusammenflusses entgegengesetzter Luftströme, einer Veränderung der Dich-

¹⁾ So ist die Lage der Städte St. Croix auf Teneriffa, Guayra und Akapulko. v. H.

tigkeit und Herstellung des Gleichgewichts der Luft. Die Erfahrung zeigt, daß die Configuration des Bodens, die Erhebung der Gebirge, das heißt das Vorhandensein einer *Klippe* oder eines *Hochgrundes* im *Luftocæan*, das häufige Vorkommen niedersteigender Luftströme und die Vermischung der oberen und unteren Schichten, sowohl durch den Widerstand begünstigt, welchen die Abhänge der Bewegung der Luft entgegenstellen, als auch durch die Veränderungen der Temperatur, welche eine feste und undurchsichtige Masse, indem sie in die obere Gegend der Atmosphäre sich erhebt, stellenweise in Folge der Absorbition der Sonnenstrahlen und der nächtlichen Aussendung der dunkeln Wärme hervorbringt. Die Kälte, die man zu gewissen Stunden mit dem Sinken des Tages am Fuß eines isolirten Pic's empfindet, die Oscillationen der Wolkenschichten und gewisse irrige Resultate barometrischer Messungen sind die Wirkungen dieser herabsteigenden Luftströme, welche durch die Gestalt und den Zusammenhang der Abhänge,¹⁾ die mit einem sehr kurzen dichten Rasen bedeckt sind, verstärkt zu werden scheinen. Ein breiter Gürtel von tropischen Wäldern, ein durch Hochebenen, welche die Temperatur erhöhen und die Verminderung des Wärmestoffs hindern, unterbrochener Abhang macht die Wirkungen, von denen wir so eben sprachen, weniger empfindlich. In der Provinz Quito, in Peru und Mexiko fand ich Ebenen, die, obschon sie sich bis an den Fuß der Cordilleren erstrecken und mit ewigem Schnee bedeckt sind, doch in ihrer ganzen Breite eine Wärme haben, die der des tropischen Klimas gleicht. Die große Höhe der Schneeegränze unter der Aequinoctial-Zone trägt viel zur Verminderung des Einflusses der *Nevadas* auf die niederen Gegenden bei, während in der gemäßigten Zone Gipfel von unbedeutender Höhe, die jedoch bis zum Anfang des Sommers von dem während des Winters ange-

¹⁾ Ueber die vom abgerundeten Gipfel der Silla von Caracas herabströmende Luft siehe a. a. O. Th. I. S. 580—586, 597. v. H.

häuften Schnee bedeckt bleiben, die Ebenen durch schräge Winde oder absteigende Luftströme bedeutend kälter machen. Diese Einwirkungen sporadischen Schnees, die freilich nur auf einen Theil des Jahres beschränkt sind, beginnen in Mexiko doch schon mit dem 19ten Breitengrade, und zeigen sich gewöhnlich mit einer gewissen Dauer bis unterhalb 1500 Toisen Höhe.

Aus allen diesen Betrachtungen vereint geht hervor, dafs die Gruppierung der Gebirge, indem sie das Land in Becken, in ausgedehnte Cirke, wie in Griechenland und in Klein-Asien theilt, das *Klima der Ebenen* hinsichtlich der Wärme, der Feuchtigkeit, der Durchsichtigkeit der Luft, der häufigen Winde und Stürme *individualisirt* und in verschiedene Beschaffenheit trennt: Umstände, welche auf die Mannichfaltigkeit der Erzeugnisse und der Kultur, auf die Sitten, die Verfassungsformen und auf die Nationalsonderung einwirken. Dieser Charakter geographischer Individualisirung erreicht, so zu sagen, sein *Maximum* da, wo die Unterschiede der Configuration des Bodens in der vertikalen und horizontalen Ebene, in der Erhebung und Beugung der Conture (*Gliederung* der ebenen Oberfläche) ebenfalls ihre möglichst größte Höhe erreichen.

Es bleibt uns zum Schluß der Untersuchung des Bodens oder der continentalen Massen noch die Betrachtung der Veränderungen übrig, welche die Temperatur allein in Beziehung auf die Höhe erleidet. Dies ist die Betrachtung des Einflusses der Berge und der Hochebenen auf ihre eigenen Oberflächen als Ursache der Wärmeabnahme. Diesen Gegenstand habe ich in andere Schriften¹⁾ sehr ausführlich behandelt, so dafs ich mich in die-

¹⁾ Vergl. mein *Recueil d'Observations astronomiques*, Tom. I. p. 129; *Mémoires d'Arcueil*, T. III. p. 592; *Relat. hist.* T. I. p. 119, 141, 143, 227. Ueber die Abnahme zu verschiedenen Stunden (im Winter und Sommer an jedem Tage) vergleiche man die von den Herren Horner und Eschmann auf dem Rigi bei der geringen Höhe von 920 Toisen angestellten Beobachtungen, die aber im Verlauf von 26 Tagen im Januar und Juni fast von Stunde zu

ser Abhandlung auf allgemeine Betrachtungen und einige ganz neue Beobachtungen über die Gränzlinien des ewigen Schnees beschränken werde.

Die Hochbildung oder die polyedrische Gestalt der Erdoberfläche (hier kommen nur die Beziehungen auf die Configuration in Betracht, nicht auf die Farbe, Kahlheit, Vegetation und dergl.) wirkt auf das Klima durch die grössere oder geringere Erhebung über eine normale Fläche (Spiegel des Meeres), durch die Richtung der Abhänge und ihre verschiedene Stellung zur Aufnahme der Sonnenstrahlen, durch den Schatten, den sie zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten auf einander werfen, durch die Ungleichheit der nächtlichen Strahlung, je nachdem der Boden mehr oder minder frei der Luftwölbung eines nebel- und wolkenlosen Himmels ausgesetzt ist. Durch die einfallenden Sonnenstrahlen, welche undurchsichtige Massen von bedeutender Oberfläche, die sich in die Atmosphäre erheben, empfangen, erwärmen die Berge die nahen Luftschichten; man findet, dafs sie dort Luftströme verursachen, die oft durch Kälte erzeugenden Einwirkungen grosser Wolkenschatten unterbrochen werden. Die Hochebenen sind thätig durch die Ebenheit ihrer Oberfläche, durch ihre Ausdehnung und durch ihre stufenförmige Nebeneinanderstellung. Unmittelbare Beob-

Stunde aufgezeichnet wurden. (*Bibl. univers.* 1831, Avril, p. 449.) Diese Naturforscher fanden um 7 Uhr Morgens für einen Grad 129 Toisen Abnahme, um 5 Uhr Nachmittags 95 Toisen. Die Stunden des Tages stellen hier von Neuem die Jahreszeiten vor, denn Saussure fand auch im Winter 36 Toisen mehr als im Sommer. Für die gemässigte Zone bleibt Saussure in Beziehung auf die mittlere Abnahme des Wärmestoffs für das ganze Jahr bei 99 Toisen, Raymond bei 84, d'Aubuisson bei 88 Toisen. Aus meinen Beobachtungen unter den Tropen ergeben sich für den Abhang der Cordilleren 99 Toisen, aber bei bloßer Zusammenstellung der Ebenen 122 Toisen. Wäre das Gesetz der Abnahme in allen Schichten gleich, und hätte die, in der sich die Schneegränze befindet, die Temperatur Null (unter allen Breiten) in ihrer ganzen Ausdehnung, so gäbe die Höhe des Schnees auf sehr einfache Weise durch Multiplication die mittlere Temperatur der Ebenen. v. H.

achtungen haben mich belehrt, dafs unter den Tropen, in der Cordillere der Andes, auf Hochebenen von 25 Quadrat-Seemeilen, die mittlere Temperatur der Luft sich von 1^o,5 bis zu 2^o,3 über diejenige erhebt, die man bei gleicher Höhe auf dem steilen Abhange der Berge findet. Wenn durch eine auferordentliche Revolution der Erdkugel der Spiegel des Meeres beträchtlich fiele, würde auf den jetzigen Ebenen und Hochebenen die Temperatur vermindert werden.

Wenn beim Ersteigen der Berge die Menschen die Abnahme des Wärmestoffs selbst nicht empfinden sollten, so würde der Schnee, mit dem die Berge sich zu einer Zeit bedecken, wo nur Regen in ihren Ebenen fällt, ihnen die Kälte der hohen Luftregionen enthüllen, wie die abnehmende Höhe der niederen Gränze des ewigen Schnees ihnen zeigen könnte, dafs die *isothermen Oberflächen*, nahe der von Null, sich im Allgemeinen nach Maafsgabe ihrer Annäherung an den Polarkreis senken. Nicht sowohl irrthümliche Beobachtungen des Pater Feuillée am Gipfel des Pic's von Teneriffa, als vielmehr physikalisch-mathematische Träumereien konnten einen der größten Geometer des verflossenen Jahrhunderts, Daniel Bernoulli, verleiten, in seinem *Traité d'Hydrodynamique* (Ausgabe von 1738. S. 218) die Kälte auf hohen Bergen irgend einem verborgenen Einflufs des Bodens zuzuschreiben, und den Ausspruch zu thun: *non absurdum esse, si dicamus, calorem aëris medium eo majorem esse, quo magis a superficie maris distat!* Prüft man die Erscheinung des ewigen Schnees in größerer Allgemeinheit, als es Bouguer, Saussure und Ramond im Stande waren, so entdeckt man, dafs die untere Gränze des Schnees nicht die Richtung einer dieser Isothermen darstellt, die in den höher liegenden Schichten des Luftoceans sich sämtlich von dem Aequator gegen die beiden Pole zu neigen; sie befindet sich bald oberhalb bald unterhalb derjenigen Schicht der Atmosphäre, deren mittlere Temperatur Null ist, dergestalt, dafs sie vom Aequator (in

der Hochebene von Quito) nach dem Polarkreis¹⁾ von $+ 1^{\circ},5$ bis $- 6^{\circ},8$ oscillirt. Im Allgemeinen muß man sagen, daß die Schneezone sich überall in der Höhe der Luftschichten befindet, in denen Schnee fällt. Ferner ist bekannt, daß diese Erscheinung meistens auf der Oberfläche des Bodens sichtbar wird, wenn die Luft nur einige Grade über oder unter dem Gefrierpunkt ist. Der erstere Fall ist sogar der häufigste. Es schneit sehr wenig oder gar nicht, wenn die Lufttemperatur sich unter $- 20^{\circ}$ bis 22° senkt. Die Zunahme des Grades der Trockenheit ist in dem Zwischenraum von $+ 2^{\circ}$ bis $- 20^{\circ}$ so, daß die Maxima der Elasticität des Dampfes, der diesen Temperaturen entspricht, in dem Verhältnisse von $5^{\circ},7$ zu $1^{\circ},3$ stehen.

Betrachtungen über die mittlere Jahreswärme hoher Regionen der Atmosphäre sind ohne Zweifel von großer Wichtigkeit, weil sie darthun, wie irrig jene ersten Annahmen von der Coincidenz der unteren Gränze des ewigen Schnees mit der Isotherme von Null waren, die in dem Kopf eines Physikers²⁾ entstanden, der durch

seinen

¹⁾ Siehe meine Abhandlung über die Gränze des ewigen Schnees auf den Bergen des Himalaya und in den Gegenden am Aequator (*Annales de Chimie*, 1820, T. XIV. p. 1—55.). Um die Schicht der Atmosphäre, deren mittlere Temperatur Null ist, graphisch darzustellen, genügt es, auf irgend einem Meridian Ordinaten zu errichten, deren Längenunterschiede der Höhe dieser Schicht entsprechen. Die Oberfläche, welche durch die Scheitel dieser Ordinaten geht, ist die *isotherme Oberfläche* von 0° , und der Kreisdurchschnitt dieser Fläche bezeichnet eben den Lauf der Isotherme von 0° in den Ebenen. Die *Curve des Schnees* zeigt weder die Gränze der Congelation an, wie man sonst irrig glaubte und noch oft wiederholt, noch eine Luftschicht von gleicher Temperatur. Die mittlere Temperatur der Luft ist an der Gränze des ewigen Schnees: auf dem Chimborazo ($1^{\circ} 28'$ südlicher Breite) $+ 1^{\circ},4$ (höchstens $+ 1^{\circ},7$); auf der Sierra Nevada in Grenada (Breite $37^{\circ} 10'$) $- 0^{\circ},4$; auf dem St. Gotthard ($46^{\circ} 36'$ nördlicher Breite) $- 3^{\circ},7$; auf den Alpen, südlich von Genf ($45^{\circ} 55'$ Breite) $- 4^{\frac{1}{2}}^{\circ}$; in Norwegen unter dem Polarkreise, $- 6^{\circ},8$. (Siehe a. a. O. p. 19, und in meinem *Recueil d'Observations astronomiques*, T. I. p. 136.) v. H.

²⁾ Bouguer, *Figure de la terre*, p. L und XLVI. v. H.

seinen Eifer im Forschen und die bewundernswerthe Klarheit seiner Auffassung übrigens mit Recht berühmt ist; aber wenn man die Erscheinung der Wärme-Abnahme, die mit den Jahreszeiten sich verschieden zeigt, weiter untersucht, so findet man, daß die niedere Gränze des Schnees keineswegs blofs das Ergebnifs irgend einer Temperatur hoher Luftschichten ist. Wir wollen die kleinen Oscillationen der Wärme nicht erwähnen, welche von dem Wechsel beim Sinken der Sonne und vom Durchgang dieses Gestirns durch das Zenith, selbst in der Zone zwischen den Tropen hervorgebracht werden; wir erinnern vielmehr daran, daß in der gemäßigten Zone die Schichten von $-0,4$ oder -7° Temperatur sich im Sommer und im Winter in sehr verschiedenen Höhen finden. Nehmen wir nun beim Verfolgen der Luftschichten von unten nach oben an, daß eine Schicht von einer mittleren Jahrestemperatur x , welche das Jahr hindurch der Höhe y entspricht, die wärmste Schicht sei, in der sich Schneeflocken bilden können, so wird die Temperatur x sich während des Winters weit unter y befinden. Vorzugsweise wird sich demnach über diese Wintergränze $y - n$ hinaus, Schnee entwickeln, und alle Ursachen der Wärme, die im Sommer thätig sind, werden die Gränze zurückzudrängen streben und sie bis auf y oder noch höher treiben. Was man gewöhnlich unter der Bezeichnung: *untere* Gränze des ewigen Schnees, die in diese oder jene Breite fällt, begreift, ist die *Sommergränze*, das Maximum der Höhe, in der man das ganze Jahr hindurch Schnee findet. Die Höhe der Sommergränze ist das Resultat von dem Ankämpfen des Sommers gegen den unteren Rand oder, die Thaulinie des Winterschnees: ein Ankämpfen, das sich jedes Jahr mit fast gleichem Erfolg erneuert. Die Zahl der Toisen, bis zu welcher die Thätigkeit der im Sommer wirkenden Ursachen den Schnee hinauftreibt, hängt weder von der mittleren Temperatur des Sommers allein, noch auch von der des heißesten Monats ab. Sie wird durch sehr viel andere Umstände bedingt, unter denen die wich-

tigsten sind: die Mächtigkeit und Härte des Schnees (die Menge und Cohärenz dessen, der während des Winters gefallen ist), die Gestalt, Kahlheit und Nähe der angränzenden Hochebenen, ihre Normaltemperatur während des ganzen Jahres, die Steilheit der Gipfel, die Richtung und Schrägheit der Winde, die mehr oder weniger continentale Lage des Orts, die Masse des naheliegenden Schnees, endlich die Nebeldecke oder die Heiterkeit des Himmels, welche die Kraft der Einstrahlung bedingen¹⁾.

Die Erwägung so vieler *zugleich* wirkenden Ursachen, von denen eine so complicirte Erscheinung abhängt, hätte schon längst zu der Einsicht leiten müssen, daß die Gränze des Schnees keineswegs gerade unter dem Aequator am höchsten liegen müsse. In der That war bis zum Anfang des 19ten Jahrhunderts diese Höhe auf keinem Punkte des Globus zwischen 2^o und 37^o Breite bestimmt. Während meines Aufenthalts in Mexico im Jahre 1803 fand ich sie bei 19^o Entfernung vom Aequator in der nördlichen Hemisphäre, kaum 110 Toisen niedriger, als auf dem Theile der Andes von Quito, welcher vom Aequator durchschnitten wird. Auf diesem Theile der Andes ist die jährliche Oscillation²⁾ der Gränze des Schnees von 2445 bis zu 2460 Toisen; auf der Mexikanischen Hochebene geht sie von 1950 bis zu 2350 Toisen. Man muß die drei Erscheinungen unterscheiden: das *Maximum* der absoluten Höhe des Schnees, die Oscillation seiner Gränze, und das sporadische Herabfallen. Unter dem Aequator sah ich niemals unter³⁾ 1860 Toisen Schnee fallen. In Mexiko sieht man ihn bei 19^o Breite oft unter 1500 Toisen, bei seltenen Ausnahmen selbst bis 1200 und 1000 Tois. Ich war gleichfalls über die außerordentliche Langsamkeit erstaunt⁴⁾, „mit der der Schnee

¹⁾ *Ann. de Chimie*, t. XIV. p. 51.

v. H.

²⁾ A. a. O. p. 25, 34, 45.

v. H.

³⁾ A. a. O. p. 36, 46.

v. H.

⁴⁾ A. a. O. p. 56.

v. H.

in der südlichen Hemisphäre zu fallen schien" (nach den Beobachtungen, die die Herren Espinosa und Bauza auf der Reise über die Cordilleren von Chili zwischen Mendoza und Valparaiso, unter 30° Breite, machten); aber wie bei Untersuchungen der physischen Geographie fast immer der Fall ist, hatte man die Kenntniß einiger Ausnahmen bis dahin für ein allgemeines Gesetz genommen; erst die Bestimmung der unteren Gränze des Schnees am nördlichen Abhang des Himalaya (2605 Toisen) durch Herrn Webb im Jahre 1816 und in Hoch-Peru (2670 Toisen) durch Herrn Pentland im Jahre 1826 führte zur Anerkennung des Zusammenwirkens von abwechselnden Ursachen, die eine Erscheinung so verwickelter Natur bedingen. Die mit Getraide bebauten Felder auf einer Höhe von mehr als 2300 Toisen in der gemäßigten Zone unter dem 31sten Breitengrade, die ungeheuren Unterschiede, welche Herr Webb angab, zwischen den Gränzen des Schnees auf den nördlichen und südlichen Abhängen des Himalaya, scheinen beim ersten Anblick so unerwartete Phänomene, daß mehrere ausgezeichnete Englische Physiker geneigt waren, die Genauigkeit der Messungen ihrer Landsleute in Zweifel zu ziehen. Seitdem ich Kenntniß von den Resultaten in Indien erhielt, bemühte ich mich zu zeigen¹⁾, daß sie nur sehr unbedeutend durch die terrestrischen Refractionen verändert worden sein konnten, und daß die überraschende Höhe des Schnees auf dem Tübetanischen Abhange des Himalaya sich auf vollkommen genügende Weise durch die Strahlung der naheliegenden Hochebenen, durch die Heiterkeit des Himmels und die Seltenheit des Schnees erklärt, der in einer sehr kalten und außerordentlich trocknen Luft fällt.

Die Richtigkeit dieser Bemerkungen, die ich in einer im Jahre 1820 erschienenen Abhandlung entwickelte, fand sich durch die neuen Arbeiten des Herrn Pentland be-

¹⁾ A. a. O. t. III. p. 303. t. XIV. p. 6, 22, 50. v. II.

stätigt¹⁾. In Hoch-Peru (dem jetzigen Freistaat Bolivia) fand dieser ausgezeichnete Beobachter die untere Schneegränze:

Am Vulkan Arequipa,	S.Br. 16°20'	zu 5400 Metr. Höhe
Am Nevado Incocayo,	— 15°58'	zu 5133 —
Am Nevado Illimani,	— 16°42'	zu 5140 —
Am Nevado Tres Cruces,	— 16°30'	zu 5209 —
Am Nevado Chipicani,	— 17°48'	zu 5181 —
Mittlere Höhe (Br. 16°—17 ³ / ₄ °)	zu 5213 Metres oder 2674 Toisen.	

Derselbe Reisende, der so viel Licht über die Geologie der Andes von Bolivia verbreitet hat, während Herr Boussingault fortfährt, die der Andes von Columbien zu erhellen, hat Barometer von Fortin auf den Gipfel der Gebirge von Porcò und Potosi, zwischen 19° 36' und 19° 45' Breite, bis zu einer Höhe von 2487 und 2507 Toisen getragen, mithin weit hinaus über die Gränze, welche der Schnee zu Quito erreicht, ohne eine Spur davon zu finden.

Aus der Uebereinstimmung der bisher gesammelten Thatsachen ergibt sich, dafs das *Maximum* aller Schneegränzen in der südlichen Hemisphäre innerhalb 16° und 17³/₄° der Breite beobachtet worden ist, dafs aber diese Höhe sehr wenig die auf dem nördlichen Abhange des Himalaya bei 31° nördlicher Breite übersteigt. Bei gleicher Entfernung vom Aequator in Norden und Süden, fällt in Mexiko der Schnee sporadisch (ohne Zweifel wegen des Einflusses der Nordwinde und der Nordwestwinde, die von einem langen Continent her nach dem Nordpol wehen) bis 1200 und 1500 Toisen, in dem Freistaat Bolivia bis zu 1900 oder 2000 Toisen Höhe über dem Meeresspiegel²⁾.

¹⁾ Arago, in dem *Annuaire* für 1830, p. 331. v. H.

²⁾ „Während meines Aufenthalts in der Stadt Chuquisaca (19° 2' Breite, 1458 Toisen Höhe) vom 13. Januar bis zum 26. März sah ich keine einzige Schneeflocke fallen, obwohl es in dieser Jahreszeit sehr stark regnet. Ich durchreiste die Provinz Chuquisaca und Co-

Wenn Localverhältnisse, d. h. eine große Anzahl *zugleich* wirkender Ursachen, die nach der Configuration des Bodens und der eigenthümlichen Beschaffen-

chabamba vom 26. Februar bis zum 1. April, und obgleich der Regen beständig fiel, verwandelte er sich bei einer Höhe zwischen 1000 und 1600 Toisen niemals in Schnee. Erst nachdem ich eine Höhe von 1990 Toisen erreicht hatte, bei Caracollo, sah ich den ersten Schnee fallen." (Pentland, handschriftl. Bemerk.) Ein sehr bemerkenswerthes Resultat ist das Verhältniß, welches zwischen der Höhe (α) der untern Gränze des ewigen Schnees und dem Minimum der Höhe (β) besteht, bis zu welcher der Schnee sporadisch fällt. Differenz $\alpha - \beta$ unter dem Aequator; zu Quito = 600 Toisen; zu Bolivia ($16^\circ - 19^\circ$ südl. Br.) = 720 Toisen; zu Mexiko (19° nördl. Br.) von 850 bis zu 1350 Toisen. Zuvörderst steigt die Differenz nach dem Maafs, wie α sich vermindert; sie beträgt im Süden Spaniens bei Granada 1700 Toisen mehr. Erst von dem Parallel des 36sten oder 37sten Grades fällt in Europa und Afrika sporadisch Schnee bis zum Spiegel des Meeres. Unter den verschiedenen Ursachen, die zugleich auf α und $\alpha - \beta$ einwirken, ist die Sommerhitze weit einflussreicher auf α , die Winterkälte wirksamer auf $\alpha - \beta$. Beide Quantitäten sind Ergebnisse der Abnahme des Wärmestoffs in verschiedenen Jahreszeiten, und die Beobachtungen des Herrn Pentland beweisen, daß β nicht immer im Verhältniß mit den Breitengraden abnimmt, indem selbst die Höhe von α andern Gesetzen folgt. Die Differenz $\alpha - \beta$ erreicht ihr Maximum auf dem alten Continente innerhalb 36° oder 37° Breite, und nimmt nach Norden wiederum ab. Im Klymatensysteme Europas beträgt sie nicht mehr als 1400 Toisen bei $45\frac{1}{2}^\circ$, und 600 Toisen bei 67° Breite, d. h. sie ist nahe am Polarkreise dieselbe, wie am Aequator, obgleich in diesen beiden Zonen der absolute Werth von α im Verhältniß von 1 zu 4 steht. Um sich eine genauere Vorstellung von diesem wechselnden Werth ($\alpha - \beta$), von der Wirkung der Abnahme des Wärmestoffs während einer einzigen Jahreszeit zu machen, muß man zwischen der Temperatur der Luftschicht unterscheiden, in welcher der Schnee sich bildet, und zwischen der Temperatur derjenigen Schichten, durch welche er, seine Flocken vergrößert, fällt, bevor er wieder schmilzt und sich in Regen umwandelt. Die Größe und der Grad der Dichtigkeit der in Flocken vereinten Krystalle widersteht, bei gleicher Temperatur der Flocken und der Schichten, durch welche sie fallen, auf ungleiche Art dem Schmelzen. (*Relat. hist.* t. I. p. 110). Meteorologische Umstände, die beim ersten Anblick ganz analog erscheinen, erschweren in weit größerem Maasse die Erklärung der Seltenheit des Hagels in den niederen tropischen Gegenden. (A. a. O. t. I. p. 586, t. II. p. 272.) v. H.

heit des Klimas sich verändern, die Höhe des Schnees in Quito, in Mexiko und in Bolivia, in verschiedenen Theilen der heißen Zone ungleich machen, so zeigen diese Höhen nichts desto weniger eine überraschende Uebereinstimmung in jeder Gebirgsgruppe und unter jeder einzelnen Zone. Wir haben so eben gesehen, daß bei fünf angestellten Messungen zwischen 16° und $17\frac{3}{4}^{\circ}$ südl. Breite die Zusammenstellung 135 Toisen ergab. In Mexiko fand ich das Maximum der Schneegränze:

Auf dem Vulkan Pepocatepetl.....	2342 Toisen.
Auf dem Nevado Iztaccihuatl.....	2355 —
Auf dem Nevado Toluca.....	2295 —

Diese verschiedenen Höhen fallen in derselben Jahreszeit fast bis zu 60 Toisen zusammen; sechs Messungen auf den Cordillern von Quito zwischen 0° und $1^{\circ} 28'$ südl. stimmen noch mehr überein. Die Resultate, die ich erhielt, sind folgende:

Rucu Pichincha.....	2455 Toisen.
Huahua Pichincha.....	2450 —
Antisana.....	2493 —
Corasson.....	2458 —
Cotopaxi.....	2490 —
Chimborasso.....	2471 —

Die Gesamtwirkung, die in Beziehung auf die Menge der bedingenden Ursachen so zusammengesetzt erscheint, ist demnach in einer Zone von geringer Ausdehnung ein und dieselbe. Jede dieser Zonen zeigt ein besonderes Klimasystem, in welchem die jährliche Wärmeveränderung sich unter denselben Typen des Erkaltens der Luftschichten, der mehr oder weniger großen Schneeformation, und der Uebertragung der Wärme zeigt, welche die angränzenden Hochebenen ausstrahlen.

Faßt man die wenigen bestimmten Zahlenelemente, welche wir bis jetzt besitzen, in eine Tabelle zusammen, so erkennt man leicht, daß die Gränze des Schnees zugleich eine Function der Normal-Temperaturen des Sommers (α), wie der heißesten Monate und des ganzen Jahres (β) ist. Sie nimmt plötzlich ab als α , und weit

langsamer als β . Wir sind genöthigt, uns in dieser Tafel auf die Angabe der Temperatur der niederen Gegenden am Spiegel des Meeres zu beschränken, da, zu einer Uebersicht aller Bedingungen des Problems zu gleicher Zeit, die Angabe der Höhe, des Umfangs und der Temperatur der naheliegenden Hochebenen erforderlich wäre, aufser der des Grades der Trockenheit der Winterluft, des Schneeschmelzens beim Eintritt des Sommers, dem Maafse der Durchsichtigkeit der Atmosphäre, von der die Kraft der Einstrahlung und die Zahl der unwölkten oder heitern Tage während der wärmsten Jahreszeit abhängt.

Gebirge.	Breite.	Untere Schneegränze in Tois.	Mittel-Temperatur der Ebenen in Graden des hunderttheiligen Thermometers,	
			i. Jahre.	i. Sommer.
Cordilleren von Quito.	$0^{\circ} - 1\frac{1}{2}^{\circ}$ S.	2460	27 ^o ,7	28 ^o ,7
Cordilleren von Bolivia	$16^{\circ} - 17\frac{3}{4}^{\circ}$ S.	2670		
Cordilleren von Mexiko	$19^{\circ} - 19\frac{1}{4}^{\circ}$ N.	2350	25 ^o ,4	27 ^o ,5
Himalaya				
nördl. Abhang.....	$30\frac{3}{4}^{\circ} - 31^{\circ}$ N.	2600	22 ^o ,0	28 ^o ,0
südl. Abhang.....		1950		
Pyrenäen.....	$42\frac{1}{2}^{\circ} - 43^{\circ}$ N.	1400	15 ^o ,2	23 ^o ,8
Kaukasus.....	$42\frac{1}{2}^{\circ} - 43^{\circ}$ N.	1700		
Alpen.....	$45\frac{1}{4}^{\circ} - 46^{\circ}$ N.	1370	13 ^o ,2	22 ^o ,6
Karpaten.....	$49^{\circ} - 49\frac{1}{2}^{\circ}$ N.	1330	9 ^o ,2	20 ^o ,0
Altaï.....	$49^{\circ} - 51^{\circ}$ N.	1000		
Norwegen:				
im Innern.....	$61^{\circ} - 62^{\circ}$ N.	850	4 ^o ,2	16 ^o ,3
im Innern.....	$67^{\circ} - 67\frac{1}{2}^{\circ}$ N.	600		
im Innern.....	$70^{\circ} - 70\frac{1}{2}^{\circ}$ N.	550	- 3 ^o ,0	11 ^o ,2
Küsten.....	$71\frac{1}{4}^{\circ} - 71\frac{1}{2}^{\circ}$ N.	366	+ 0 ^o ,2	6 ^o ,3

Bei einer Vergleichung der Pyrenäen, des Kaukasus, der Alpen und Karpaten, die unter dem $42\frac{1}{2}$ und 49sten Breitengrade liegen (also in Zonen, in denen die Jahrestemperaturen der Ebenen um 6° und die Sommertemperaturen fast um $3^{\circ},8$ abweichen) bemerkt man, dafs, ungeachtet der Verschiedenheit von $6\frac{1}{2}$ Breitengraden, der Einflufs des Polarabstandes sich weniger als die östliche

Stellung der Orte bemerkbar macht. Die Höhen der Schneegränzen weichen in den vier genannten Gebirgszügen um 370 Toisen ab, was die Abweichungen, die man unter den Wendekreisen, zwischen den Cordilleren von Mexiko oder Quito und denen von Bolivia beobachtete, um etwas übertrifft. Bei einem Ueberblick der hypsometrischen Karten von Süd-Amerika, die ich eben herausgegeben habe,¹⁾ und einer Erwägung der Länderräume, einerseits von dem weiten Plateau von Bolivia zwischen dem Vulkan Gualatieri, den Städten Potosi, Chuquisaca (oder la Plata) und Cochabamba, der Schneekette von Sorata, Puno und dem Vulkan Arequipa, andererseits von dem Ländergebiet des kleinen Plateau der Provinz Quito, zwischen Assuay und Villa de Ibarra, erlangt man Aufschluß über die Wirkung der Ausstrahlung und die Erhebung des Schneegürtels. Die horizontalen Breiten der Cordilleren in Beziehung auf die verticale Richtung ihrer Axe geben in dem Plateau von Quito und dem Plateau des Titicaca (ohne Hinzufügung der Querwand von Cochabamba) das Verhältniß von 1 zu 4½ oder 1 zu 5. Andere Contraste sind noch viel merkwürdiger. Die mittlere Höhe der hohen ausstrahlenden Ebenen ist in dem ersten dieser Länderräume über 1450 Toisen, in dem zweiten 1900 Toisen. Unter dem Aequator bei Quito ist in Folge der nahen Wälder ein nebliger und bezogener Himmel vorherrschend, in den Anden von Bolivia gewährt der Sommer ununterbrochen eine durchsichtige Luft. Zwischen dem Südmeer und den westlichen Cordilleren von Quito (am Abhange des Vulkans Pichincha und in der Provinz Las Esmeraldas) ist der Boden von dichtem Schatten alter Waldungen bedeckt, die Dunstströme in die Atmosphäre senden; dagegen ist zwischen dem Südmeer und den westlichen Cordilleren von Bolivia (gegen Arica und Quilca) die Küste äußerst dürre und ohne alle Vegetation. In dem Aequatorial-Plateau von Quito habe ich an der Gränze des

¹⁾ *Atlas geogr. et physique du Nouv. Cont.* Bl. 3. v. II.

ewigen Schnees (wo die Temperatur sich gleichförmig am Tage zwischen 4° und 8° und des Nachts zwischen —2° und —5°,5 erhielt) in jeder Zeit des Jahres schneien gesehen; auf dem Plateau von Hoch-Peru oder Bolivia fällt nach den Beobachtungen von Pentland vom März bis November weder Schnee noch Regen: und was mehr ist, sogar in der Zeit der periodischen Regen, die in den Alpenregionen die Zeit vom November bis April ausfüllen, sind die Nächte im Allgemeinen schön und heiter. Fügt man zu diesen, auf die Configuration des Bodens und den Zustand der Vegetation bezüglichen Umständen noch die der Atmosphäre von Bolivia und Quito gewöhnlichen Contraste der Trockenheit und Feuchtigkeit hinzu, so erkennt man den Verein der Ursachen, welche die große Höhe und geringe Mächtigkeit der Schneemassen unter den 19° südlicher Breite erklären.

Ich könnte diese Betrachtungen über die absorbirenden und emittirenden Kräfte des Bodens mit einer Untersuchung der Veränderungen schliessen, welche der Mensch auf der Oberfläche der Continente durch das Ausrodern von Waldungen und die Modificirung der Wasservertheilung hervorbringt. Diese Veränderungen sind indess weniger erheblich, als man allgemein annimmt, weil die wichtigsten von den zahllos verschiedenen, *zugleich* wirkenden Ursachen, von denen der Klimatentypus abhängt, nicht auf kleine Oertlichkeiten beschränkt sind, sondern von dem Verhältnisse der gegenseitigen Länderstellung, ihrer Configuration, Höhe und dem Vorherrschen gewisser Winde abhängig sind, auf welche die Civilisation keinen merklichen Einfluss ausübt. Ich könnte noch die periodischen Oscillationen der Erdwärme in den der Oberfläche zunächst liegenden Schichten, Rissen und kreisförmigen Oeffnungen untersuchen, durch welche die Atmosphäre, sogar noch in dem gegenwärtigen Zustand unseres Planeten, den Einfluss der hohen Temperatur der innern Erde empfängt: einen Einfluss, den man mit dem unbestimmten Ausdruck, *vulkanische Wirkung*, bezeichnet, und der, vormals mehrfach und größer, den Ge-

genden in der Nähe der Pole ein Palmen- und Bambus-Klima, ein Klima für baumhohe Farrenkräuter und Lithophyt-Korallen geben konnte. Ich könnte noch eine, schon vor siebenzig Jahren von Mairan¹⁾ in Rede gestellte Frage: „ob nämlich die verschiedene Mächtigkeit der oxidirten und festen Erdrinde die Ungleichheit der Temperaturzunahme hervorbringe, die man unter verschiedenen Breiten in den aufeinander gelagerten Erdschichten findet“, mit den Herren Cordier, Kupffer und Omalius²⁾ erneuen, aber die ohnedies schon so erweiterten Grenzen dieser Abhandlung gestatten mir nicht, mich in Erörterungen einzulassen, die nicht nothwendig mit der Theorie einer vergleichenden Klimatologie verbunden sind.

II. Einfluss des Meeres.

Klimatologie der Meere. Vergleichung der Temperatur des Ocean mit der Luft, die mit der liquiden Oberfläche in Berührung steht. Irradiation der durchsichtigen Massen. Ausstrahlungskraft. Ausdünstung. Untere Meeresströmung in Folge grosser Verschiedenheit der Dichtigkeit. Kälte der grossen oceanischen Tiefen.

Da die Wasserhülle der Erdoberfläche der Sonnenstrahlung einen dreimal grösseren Raum entgegenstellt, als die über dem Wasserspiegel erhobenen Länderräume, so ist (wir wiederholen es hier) die genaue Kenntniss der Wärmevertheilung im Ocean für die Theorie der Isothermen im Allgemeinen von der grössten Wichtigkeit. Die Kenntniss der Klimatologie der Meere war seit dem Anfange des 19ten Jahrhunderts viel früher ausgebildet, als die Klimatologie der Länder. Ich habe sie zum Ge-

¹⁾ *Mémoires de l'Académie des Sciences pour 1765. Hist. p. 14.* Mairan nahm an, dass die feste Erdrinde unter den Tropen mächtiger wäre, als in der gemässigten Zone. v. H.

²⁾ Cordier in den *Annales du Muséum d'Histoire Naturelle* T. XV. p. 161. Kupffer über die Isothermen in Poggendorffs *Annalen der Physik und Chemie* für 1829 St. 2, und Berghaus *Annalen für Erd-, Völker- und Staatenkunde* Bd. III. S. 129 ff. D'Omalius d'Hallo, *Elémens de Géologie*. 1831. p. 421.

genstand eines besonderen Studiums gemacht, und ich habe erst jüngst am Ende des dritten Theiles meiner *Reisen in die Aequinoctial-Gegenden*¹⁾ die Zahlenelemente mitgetheilt, die das Ergebnifs meiner Untersuchungen sind. Zwei Flüssigkeiten, das Wasser und die Luft, tragen dazu bei, die Wärmevertheilung viel einförmiger zu machen, und die verschiedenen Temperaturen zu vermischen, die aus der ungleichen Absorption und Emission der Wärme auf der Oberfläche der Continente entstehen.

Das Meer erwärmt sich auf seiner Oberfläche weniger als das Land, weil die Sonnenstrahlen, ehe sie ganz erkalten, in eine gröfsere Tiefe dringen, und weil sie durch viel mehr Schichten einer durchsichtigen Flüssigkeit gehen. Das Wasser besitzt eine sehr starke Ausstrahlungskraft, und die Oberfläche des Oceans würde durch die Ausstrahlung und die Ausdünstung sehr erkalten, wenn nicht, in Folge der Beweglichkeit der Molecülen, die das Element des Wassers bilden, die erkalteten Theile, durch ihre eben hierdurch erhöhte Dichtigkeit, sofort in die gröfseren Tiefen zu dringen streben möchten. Die Erfahrungen von Blagden, Berzelius und Adolph Erman bekunden, dafs das Wasser, bei einem geringen Salzgehalt, kein Maximum der Dichtigkeit mehr bei 4°,4 des hunderttheiligen Thermometers habe. Der Salzgehalt des Meeres ist daher eine Ursache zweier für die Physik der Erde hochwichtiger Erscheinungen; er erniedrigt nämlich, in Beziehung auf reines Wasser, den Punkt der gröfsten Dichtigkeit, und erzeugt durch die Ausdünstung (durch Veränderung seines Zustandes, die mit einer chemischen *Ausscheidung* verbunden ist) eine grofse electricische Spannung in der Atmosphäre. Seitdem man die ununterbro-

¹⁾ Capit. XXIX, S. 514—530. Der gewöhnlichste Zustand des Oceans vom Aequator bis zum 48° nördlicher und südlicher Breite ist der, in dem die flüssige Oberfläche wärmer ist, als die sie bedeckende Atmosphäre. In den Tropen-Meeren finde ich als mittleres Resultat der Temperaturverschiedenheit um Mittag und Mitternacht 0°,76 Cent.; die gröfsten Abweichungen sind 0°,2 und 1°,2. A. a. O. S. 523. v. H.

chene Dichtigkeitszunahme der flüssigen Meereswasser erkannt, hat man bei der Wahrnehmung, daß die Temperatur jenseits des Polarkreises mit der Tiefe zunimmt, staunen müssen. Diese Wahrnehmung war das gleichförmige Resultat der Erfahrungen¹⁾ von Lord Mulgrave, Scoresby, Ross und Parry. Und noch wichtiger ist die Bemerkung, daß Capitain Beechey²⁾ in der Nähe der Behrings-Straße die Polarwasser in einer Tiefe von 20 Klaftern — $1^{\circ},4$ und auf der Oberfläche $+ 6^{\circ},3$, und daß man überhaupt das kälteste Wasser immer in den tiefsten Schichten gefunden. Was die niedrigen Temperaturen unter 6° betrifft, die in den großen Tiefen der subtropischen Meere vorherrschen (D'Urville schöpfte auf der Expedition des Astrolabe unter $19^{\circ} 20'$ südl. Breite aus einer Tiefe von 820 Klafter, Wasser von $4^{\circ},5$; Capit. Kotzebue unter $32^{\circ} 10'$ von 525 Klafter, Wasser von $2^{\circ},5$), so glaube ich im Jahre 1812 bewiesen zu haben, daß diese niedrigen Temperaturen nur eine Folge tiefer (sub-mariner) Strömungen von den Polen nach dem Aequator sein können. Die relative Dichtigkeit der Wasser-Moleculen wird von der Verschiedenheit der Wärme und des Salzgehalts zugleich afficirt, und die submarine Strömung würde in entgegengesetzter Richtung (vom Aequator nach den Polen) statt finden, wenn die Verschiedenheit des Salzgehalts allein auf die Dichtigkeit ihren Einfluß ausübte. Dieser Zustand des Gleichgewichts erfordert neue numerische Untersuchungen seit den zahlreichen Beobachtungen über die specifische Schwere des Meerwassers unter den verschiedenen südlichen und nördlichen Breiten, die Herr Lenz³⁾ und Capit. Beechey⁴⁾ während ihrer langen Seereisen gesammelt haben.

¹⁾ S. die Darstellung, welche die Beobachtungen mehrerer Seefahrer enthält in Pouillet *Elém. de Phys.* T. II. p. 689. v. H.

²⁾ *Voyage etc.* T. II. p. 132. v. H.

³⁾ Poggendorff's *Annalen etc.* 1830. St. 9. v. H.

⁴⁾ *Voyage to the Pacific*, T. II. p. 727. v. H.

III. Einfluss der Atmosphäre.

Dreifache Weise, den Luftoccean zu betrachten, als Träger der Kälte- und Wärme-zeugenden Ursachen, als Sammler der über der Erdoberfläche verbreiteten Temperaturen, endlich als Leiter dieser Temperaturen mittelst der Strömungen. Verlöschen des Lichts in der durchsichtigen oder mit bläschenartigen Dünsten gesättigten Luft.

Die Zwischenstellung der Luft modificirt alle terrestrischen Wirkungen der Sonnenwärme. Eine mathematische Theorie der Klimate muss die Atmosphäre auf dreifache Weise untersuchen: 1) wie sie die Wärme- und Kälte-erzeugenden Ursachen in sich trägt; 2) wie sie durch Berührung die über der Erdoberfläche (über dem Ocean und den Continenten) verbreiteten Temperaturen sammelt; endlich 3) wie sie mittelst Strömungen diese Temperaturen weiter leitet. Der Einfluss durch Berührung ist so gering, dass man nach den häufigen Versuchen von Arago über die Bodenstrahlung, zwischen dem Boden und den nur 2 Zoll höheren Luftschichten über ihm, oft einen Unterschied von 8° bis 10° fand. Die atmosphärischen Schichten, die sich durch ihre eigene Schwere verdichten, werden durch die Schwächung des Lichts wenig erwärmt; in gewissen Höhen aber vermehren Anhäufungen bläschenartiger Dünste diese Lichtschwächung, und erzeugen merkliche Wirkungen¹⁾ auf die schnelle Abnahme des Wärmestoffs und die fast periodische Bewegung der Wolken in vertikaler Richtung. Auch zeigen sich Phänomene der Ausdehnung und Verdunstung in der feuchten Atmosphäre: Phänomene, die durch eben dasselbe Element erzeugt worden sind, und Ursachen lokaler Erkaltung werden. Die Wirkung dieser Ursachen

¹⁾ A. a. O. T. III. p. 513. *Recueil d'observat. astronom.* T. I. p. 127. und *Mém. d'Arcueil*. T. III. p. 590. Schon Aristoteles sah die Höhe und Dichtigkeit der Wolken als Phänomene an, welche von der Aufsteigung der Wärme abhängen, und die dazu beitragen, diese Wirkung zu bestimmen. *Arist. Opera omnia ed. Casaub.* T. II. p. 327. 458. v. H.

vermindert sich in den höhern Gegenden mit dem Grade der Trockenheit und der Verdünnung der Luft¹⁾.

Dies sind die Gesammterscheinungen der Wärmevertheilung, die ich in ihrer größten Allgemeinheit, indem ich einzeln die zusammengesetzten Wirkungen der *zusammenwirkenden* Ursachen betrachtete, vorzulegen mich bemühte. Es ist für den Fortschritt der Wissenschaft wichtig, die gegenseitige Verbindung der Wirkungen darzuthun, aus allgemeinen Erscheinungen die empirischen Gesetze, die in unwandelbarer Folge hervortreten, abzuleiten und zu einer mathematischen Theorie der Klimate, wenigstens da, wo diese Theorie die Erscheinungen der Berechnung unterwerfen kann, sorgfältige und auf eine lange Reihe von Beobachtungen in den entferntesten Gegenden der Erde gestützte *numerische Elemente* beizutragen.

¹⁾ S. die für die allgemeine Physik so wichtigen Anmerkungen und Zusätze in Poisson's classischem Werke: *Nouv. Théorie de l'action capillaire*, p. 273. v. II.

1. Einleitung
2. Klima
3. Sonne
4. Periode
5. Wärme
6. Luft
7. Wasser
8. Erde
9. Meer
10. Eis
11. Dampf
12. Dampf
13. Sonne
14. Wärme
15. Luft
16. Wasser
17. Erde
18. Meer
19. Eis
20. Dampf
21. Dampf
22. Sonne
23. Wärme
24. Luft
25. Wasser
26. Erde
27. Meer
28. Eis
29. Dampf
30. Dampf
31. Sonne
32. Wärme
33. Luft
34. Wasser
35. Erde
36. Meer
37. Eis
38. Dampf
39. Dampf
40. Sonne
41. Wärme
42. Luft
43. Wasser
44. Erde
45. Meer
46. Eis
47. Dampf
48. Dampf
49. Sonne
50. Wärme
51. Luft
52. Wasser
53. Erde
54. Meer
55. Eis
56. Dampf
57. Dampf
58. Sonne
59. Wärme
60. Luft
61. Wasser
62. Erde
63. Meer
64. Eis
65. Dampf
66. Dampf
67. Sonne
68. Wärme
69. Luft
70. Wasser
71. Erde
72. Meer
73. Eis
74. Dampf
75. Dampf
76. Sonne
77. Wärme
78. Luft
79. Wasser
80. Erde
81. Meer
82. Eis
83. Dampf
84. Dampf
85. Sonne
86. Wärme
87. Luft
88. Wasser
89. Erde
90. Meer
91. Eis
92. Dampf
93. Dampf
94. Sonne
95. Wärme
96. Luft
97. Wasser
98. Erde
99. Meer
100. Eis