III.

*Von der in verschiedenen Theilen der heißen Zone
am Spiegel des Meeres Statt findenden Temperatur;*

VON

HRN. ALEXANDER VON HUMBOLDT.

(Mitgetheilt von dem Hrn. Verfasser.)

Welche Temperatur darf man für den Aequator annehmen? Diese Frage ist neuerlich in einer Abhandlung aufgeworfen worden, die Hr. Atkinson im zweiten Bande der *Transactions of the Astronomical Society of London* (p. 137—183) bekannt gemacht hat und die sehr scharfsinnige Betrachtungen über mehrere wichtige Punkte der Meteorologie enthält. Der gelehrte Verfasser sucht durch Anwendung der Kunstgriffe des strengsten Calculs aus meinen Beobachtungen herzuleiten, daß die mittlere Temperatur des Aequators zum wenigsten $29^{\circ},2$ des hunderttheiligen Thermometers ($84^{\circ},5$ F.) betrage, und nicht $27^{\circ},5$ C. ($81^{\circ},5$ F.), wie ich dieselbe in meinem *Essai sur les lignes isothermes* angenommen habe. Kirwan blieb bei $28^{\circ},8$ stehen; Hr. Brewster, in seinen climatologischen Formeln, bei $28^{\circ},2$ (Edinb. Journ. of Science 1826. No. 7. p. 180.).

Handelte es sich bei dieser Erörterung um die mittlere Temperatur einer Aequatorialzone, die den ganzen Erdball umschloße und durch die Parallelkreise von 3° N. und 3° S. begränzt wäre, so müßte man vor Allem die Temperatur des Meeres am Ae-

quator untersuchen; denn in dieser Zone gehört nur ein Sechstel des Umfangs der Erdkugel dem festen Lande an. Die mittlere Temperatur des Meeres zwischen den eben genannten Gränzen schwankt nun im Allgemeinen zwischen $26^{\circ},8$ und 28° C. Ich sage im Allgemeinen, denn hier und da findet man zwischen eben diesen Gränzen Maxima, die sich auf Zonen von kaum einen Grad in Breite beschränken, und deren Temperatur sich unter verschiedenen Längen auf $28^{\circ},7$ bis $29^{\circ},3$ erhebt. Die letztere Temperatur, welche man im stillen Weltmeere als außerordentlich hoch betrachten kann, habe ich im Osten der Galapagos Inseln beobachtet und neuerlich ist von Hrn. Baron Dirckinck von Holmsfeldt, einem sehr unterrichteten Officier in der Dänischen Marine, der auf meine Bitte eine große Anzahl von Thermometerbeobachtungen unter $2^{\circ} 5'$ N. Br. und $81^{\circ} 54'$ östl. L., fast unter dem Parallelkreise von *Punta Guascama*, gemacht hat, die Oberfläche des Wassers zu $30^{\circ},6$ gefunden worden. Diese *Maxima* gehören dem Aequator selbst nicht an; man beobachtet sie bald im Norden, bald im Süden des Aequators, oft zwischen $2^{\circ}\frac{1}{2}$ und 6° Breite. Der große Kreis, der durch die Punkte geht, an denen das Wasser des Meeres am wärmsten ist, schneidet den Aequator unter einem Winkel, der sich mit der Abweichung der Sonne zu ändern scheint. Im atlantischen Oceane ist man selbst mehrmals von der nördlichen gemäßigten Zone in die südliche übergegangen, ohne in der Zone des wärmsten Wassers gesehen zu haben, daß das Centesimalthermometer über 28° gestiegen sey. Die Maxima sind daselbst nach Perrins $28^{\circ},2$, nach Churruca $28^{\circ},7$, nach Que-

vedo $28^{\circ},6$, nach Rodman $28^{\circ},8$, nach J. Davy $28^{\circ},1$. Die Luft über diesen Aequatorialgewässern ist 1° bis $1\frac{1}{2}^{\circ}$ kälter, als das Meer. Es folgt also aus diesen Thatfachen, daß, auf fünf Sechstel des Umfangs der Erdkugel, die Aequatorialzone des Meeres wahrscheinlich nicht einmal eine mittlere Temperatur von $28^{\circ},5$ besitzt, geschweige denn, daß sie die von $29^{\circ},2$ C. ($84^{\circ},5$ F.) zeigte. Hr. Atkinson selbst giebt zu (a. a. O. p. 171), daß die Abwechslung von oceanischen und continentalen Theilen die mittlere Temperatur des Aequators zu vermindern strebe. Aber indem er sich bloß auf die Flächen des Continents von Südamerika beschränkt, nimmt dieser Gelehrte, je nach den verschiedenen theoretischen Voraussetzungen, $29^{\circ},2$ oder 31° für die Aequatorialzone (von 1° N. bis 1° S.) an. Er gründet diesen Schluss auf die Thatfache, daß schon unter $10^{\circ} 27'$ Breite zu Cumana die mittlere Temperatur $27^{\circ},6$ beträgt; und daß, nach dem Gesetz der Zunahme der Wärme vom Pol zum Aequator (einer vom Quadrate des Cosinus der Breite abhängenden Zunahme) die mittlere Temperatur unter dem Aequator zum wenigsten größer als $29^{\circ},2$ C. seyn müsse. Hr. Atkinson findet dieses Resultat bestätigt, indem er mehrere Temperaturen, die ich am Abhange der Cordilleren bis zu einer Höhe von 500 Toisen beobachtet habe, auf das Niveau des Meeres am Aequator reducirt. Aber eben bei Anwendung der Correctionen, die er wegen der Breite und wegen der fortschreitenden Abnahme der Temperatur in einer Vertikalebene für nöthig hält, verhehlt er sich nicht, wie sehr die Lage der Orte, auf einer mächtigen Hochebene oder in einem engen Thale, einen

Theil dieser Correctionen unsicher mache. (Trans. of the Astr. Soc. Tom. II. p. 149. 158. 171. 172. 182. 185.)

Wenn man das Problem der Vertheilung der Wärme an der Oberfläche der Erde in seiner ganzen Allgemeinheit studirt und man dasselbe, von den Hilfsbetrachtungen der Localitäten (wie z. B. der Einflüsse der Gestalt, Farbe und geognostischen Natur des Bodens, der des Vorherrschens gewisser Winde, der Nähe des Meeres, der Häufigkeit von Wolken und Nebel, der nächtlichen Ausstrahlung gegen den mehr oder weniger reinen Himmel u. s. w.) befreit, so findet man, daß die mittlere Temperatur eines Ortes von den verschiedenen Arten, wie sich der Einfluß der Mittagshöhe der Sonne äußert, abhängig ist. Diese Höhe bestimmt zugleich: die Dauer der halben Tagesbögen; die Länge und Durchsichtigkeit des Theils der Atmosphäre, der von den Strahlen durchdrungen wird, ehe sie den Horizont erreichen; die Menge der absorbirten oder erwärmenden Strahlen (eine Größe, welche mit dem, von der Ebene der Oberfläche gerechneten, Einfallswinkel rasch zunimmt); endlich die Zahl der Sonnenstrahlen, welche ein gegebener Horizont auffängt. Das Gesetz von Mayer, mit all den Abänderungen, die man seit 30 Jahren daran angebracht hat, ist ein empirisches Gesetz, welches die Erscheinungen im Allgemeinen durch Approximation und oft auf eine genügende Weise darstellt, welches man aber nicht gebrauchen darf, um die Zeugnisse der unmittelbaren Beobachtung damit anzugreifen. Wenn die Oberfläche der Erde, vom Aequator bis zum Parallelkreise von Cumana, eine Wüste wäre, wie die Sahara, oder eine gleichförmig mit Gräsern bedeckte Savanne,

wie die Llanos von Calabozo und Aptre, so würde ohne Zweifel eine Zunahme der mittleren Temperatur von $10^{\circ}\frac{1}{2}$ Breite bis zum Aequator Statt finden; aber es ist wahrscheinlich, daß diese Zunahme niemals drei Viertel eines Grades des Centesimalthermometers betragen würde. Hr. Arago, dessen wichtige und geistvolle Untersuchungen sich auf alle Zweige der Meteorologie erstrecken, hat durch zahlreiche Versuche gefunden, daß von der senkrechten Incidenz bis zu einem Zenithabstand von 20° die Menge des reflectirten Lichtes nahe die nämliche ist. Er hat ebenfalls gefunden, daß die photometrische Wirkung des Lichtes zu Paris im Augustmonat vom Mittage bis 3 Uhr Nachmittags außerordentlich wenig variierte, ungeachtet der Aenderungen in der Länge des Weges, den die Strahlen beim Durchgange durch die Atmosphäre zurücklegten.

Daß ich die mittlere Temperatur am Aequator in runden Zahlen auf $27^{\circ}\frac{1}{2}$ festsetzte, geschah, um der eigentlichen Aequatorialzone (von 3° N. bis 3° S.) die mittlere Temperatur von Cumana ($27^{\circ},7$) beizulegen. Diese Stadt, umgeben von dürrem Sand, unter einem Himmel liegend, der stets heiter ist und dessen leichte Dünste sich fast niemals in Regen auflösen, bietet ein heißeres Climat dar, als alle Orte, die sie umgeben und in gleicher Höhe über der Meeresfläche liegen. Schreitet man in Südamerika auf dem Oronoco und Rio Negro gegen den Aequator vor, so nimmt die Wärme ab, nicht wegen der Erhebung des Bodens, welche von der Schanze San Carlos an sehr unbedeutend ist, sondern wegen der Wälder, der Häufigkeit des Regens und der fehlenden Klarheit der

Luft. Es ist zu bedauern, daß die Reisenden, selbst die thätigsten, so wenig im Stande sind, durch Erweiterung unserer Kenntnisse über die mittleren Temperaturen, die Fortschritte der Meteorologie zu beschleunigen. Sie verweilen nicht lange genug in den Ländern, deren Clima man zu kennen wünscht; sie können für das jährliche Mittel nur Beobachtungen sammeln, die von Anderen gemacht sind und meistens an Stunden und mittelst Instrumente, die weit entfernt sind, genaue Resultate zu geben. Wegen der Unveränderlichkeit der meteorologischen Erscheinungen in der dem Aequator zunächst liegenden Zone ist ohne Zweifel daselbst ein kurzer Zeitraum hinlänglich, um die mittlere Temperatur in verschiedenen Höhen über der Meeresfläche zu erhalten. Ich habe mich überall mit diesen Untersuchungen beschäftigt; aber das einzige recht genaue Resultat, welches ich habe erhalten können und aus zwei Mal am Tage gemachten Beobachtungen abgeleitet worden, ist das über Cumana *). Die wahren numerischen Elemente der Climatologie können nur von unterrichteten Personen bestimmt werden, die auf eine große Anzahl von Jahren an verschiedenen Orten der Erde anässig sind. In dieser Hinsicht wird die geistige Wiedergeburt, welche sich in dem freien mittleren Amerika, von dem Küstenlande bis zu einer Höhe von zwei tausend Toisen auf dem Rücken und am Abhange der Cordilleren, von dem Parallelkreise der Insel Chiloe bis zu dem von

*) Hinsichtlich des Grades von Vertrauen, den diese mittleren Temperaturen verdienen, vergleiche man Relat. histor. Tom. I. p. 411, 547, 631 — 637, 584; Tom. II. p. 73, 418, 463; Tom. III. p. 314 — 320, 371 — 382.

San Francisco in Neu-Californien vorbereitet, den glücklichsten Einfluß auf die physikalischen Wissenschaften ausüben.

Vergleicht man das, was man vor vierzig Jahren über die mittlere Temperatur der Aequatorialzone wußte, mit dem, was wir gegenwärtig wissen, so ersiaunt man über die Langsamkeit in den Fortschritten der positiven Climatologie. Ich kenne bis heute nur eine einzige mittlere Temperatur zwischen 3° N. und 3° S., die mit Genauigkeit beobachtet zu seyn scheint; es ist die von Saint-Louis de Maranham (2° 29',5 südl. Br.) in Brasilien, welche der Oberst Antonio Pereira Lago, nach den im Jahre 1821 drei Mal am Tage (um 20h, um 4h und um 11h) gemachten Beobachtungen, zu 27°,4 C. gefunden hat (Annaes das Sciencias, das Artes e das Letras 1822. T. XVI. pl. 2. p. 55—80). Diefs ist noch 0°,3 weniger, als die mittlere Temperatur von Cumana. Unter 10° $\frac{1}{2}$ Breite kennen wir nur noch die mittleren Temperaturen von

Batavia (6° 12' S. Br.)	. . .	26°,9 C.
Cumana (10° 27' N. Br.)	. . .	27°,7

Zwischen der Breite von 10° $\frac{1}{2}$ und der Gränze der heißen Zone, folgende:

Pondichery (11° 55' N. Br.)	. . .	29°,6
Madras (13° 4' N. Br.)	. . .	26°,9
Manilla (14° 36' N. Br.)	. . .	25°,6
Senegal (15° 53' N. Br.)	. . .	26°,5
Bombay (18° 56' N. Br.)	. . .	26°,7
Macao (22° 12' N. Br.)	. . .	23°,3
Rio Janeiro (22° 54' S. Br.)	. . .	23°,5
Havanna (23° 9' N. Br.)	. . .	25°,7

und, nach den Beobachtungen des Obersten Pereira:

Maranham (2° 29' S. Br.)	27°,4
--------------------------	-------

Es scheint aus diesen Angaben zu folgen, daß der einzige Ort, dessen mittlere Temperatur über $27^{\circ},7$ hinausgeht, unter dem 12° der Breite liege. Dies ist Pondichery, durch dessen Klima aber eben so wenig die ganze Aequatorialzone charakterisirt zu werden vermag, wie das Klima der gemäßigten Zone in Nordafrika durch die Oasis von Murzuk, wo der unglückliche Ritchie und der Kapitain Lyon versichern, das Reaumur'sche Thermometer ganze Monate hindurch zwischen 58° und 43° stehen zu haben (wegen des in der Luft verbreiteten Sandes?). Die größte Masse der tropischen Länder liegt zwischen dem 18° und 28° nördl. Breite, und diese Zone ist es auch, aus welcher wir, Dank sey es den vielen reichen und Handel treibenden Städten daselbst, die meisten meteorologischen Kenntnisse besitzen. Die drei oder vier dem Aequator zunächst liegenden Grade sind eine *Terra incognita* für die Climatologie. Noch kennen wir nicht die mittleren Temperaturen von Grand-Papa, von Guayaquil und selbst nicht einmal von Cayenne!

Wenn man nur die Wärme betrachtet, welche ein gewisser Theil des Jahres erreicht, so findet man in der nördlichen Halbkugel die heißesten Climate unter den Wendekreisen selbst und ein wenig außerhalb derselben. Zu Abusheer ($26^{\circ}\frac{1}{2}$ Br.) z. B. ist die mittlere Temperatur des Julimonats 54° . Im rothen Meere sieht man das Centesimalthermometer am Mittag auf 44° und um Mitternacht auf $54^{\circ}\frac{1}{2}$ stehen. Zu Benares ($25^{\circ} 20'$ Br.) erreicht die Hitze im Sommer 44° , während sie im Winter bis zu $7^{\circ},2$ herabsinkt. Diese Beobachtungen in Ostindien sind mit einem vortrefflichen, Six'schen Thermometrographen

gemacht; die mittlere Temperatur von Benares ist $25^{\circ},2$.

Die außerordentlichen Temperaturen, welche man in dem mittägigen Theile der gemäßigten Zone, zwischen Aegypten, Arabien und dem persischen Meerbussen beobachtet, sind gleichzeitige Wirkungen der Configuration der umgebenden Länder, der Beschaffenheit ihrer Oberfläche, der steten Klarheit der von Wasserdämpfen ganz befreiten Luft und der Dauer der Tage, die mit der Breite zunimmt. Zwischen den Wendekreisen selbst sind die hohen Temperaturen selten und gehen im Allgemeinen zu Cumana und Bombay nicht über $32^{\circ},8$, zu Vera Cruz nicht über $35^{\circ},1$. Es ist fast unnöthig, zu erinnern, daß in dieser Notiz nur solche Beobachtungen aufgezeichnet sind, die im Schatten und fern von aller Zurückstrahlung des Bodens gemacht worden. Am Aequator, wo die beiden Solstitial-Höhen $66^{\circ} 52'$ erreichen, sind die Durchgänge der Sonne durch das Zenith um 186 Tage von einander entfernt; zu Cumana ist die Höhe beim Sommer-Solstitium $76^{\circ} 59'$, die beim Winter-Solstitium $56^{\circ},5$, und die Durchgänge durch das Zenith (17. April und 26. August) liegen um 131 Tage von einander. Weiter nach Norden, zu Havanna, findet man die Höhe beim Sommer-Solstitium zu $89^{\circ} 41'$, die beim Winter-Solst. zu $43^{\circ} 25'$, den Zeitraum zwischen den Zenith-Durchgängen (12. Juni und 1. Juli) 19 Tage. Wenn diese Durchgänge sich nicht mit gleicher Deutlichkeit in der Wärmecurve der Monate erkennen lassen, so liegt es daran, daß ihr Einfluß an einigen Orten durch das Eintreten der Regenzeit und anderer elektrischer Phänomene versteckt

wird. Zu Cumana steht die Sonne 109 Tage, oder genauer 1275 Stunden lang (vom 28. Oct. bis zum 14. Febr. des folgenden Jahres) niedriger als der Aequator; aber in diesem Zeitraume geht das Maximum ihres Zenithabstandes nicht über $53^{\circ} 55'$. Die Verlangsamung des Ganges der Sonne bei ihrer Annäherung zu den Tropen erhöht die Wärme der Orte, die entfernter vom Aequator liegen, vor allem der an der Gränze der gemäßigten und heißen Zone. Nahe an den Wendekreisen, z.B. zu Havannah ($25^{\circ} 9'$ Br.), gebraucht die Sonne 24 Tage, um einen Grad auf jeder Seite des Zeniths zu durchlaufen; unter dem Aequator gebraucht sie dazu nur fünf Tage. Zu Paris ($48^{\circ} 50'$ Br.), wo die Sonne im Winter-Solstitium bis zu $17^{\circ} 42'$ hinabsinkt, ist die Höhe derselben im Sommer-Solstitium $64^{\circ} 58'$. Das wärmende Gestirn steht folglich zu Paris, vom 1. Mai bis zum 22. August, während eines Zeitraums von 103 Tagen oder 1422 Stunden, eben so hoch, wie zu Cumana in einer andern Jahreszeit. Vergleicht man Paris mit Havannah, so findet man, daß am erstern Orte, vom 26. März bis zum 17. September, 175 Tage oder 2407 Stunden lang, die Sonne eben so hoch steht, wie zu einer andern Jahreszeit unter dem Wendekreise des Krebses. Nun hat, in diesem Zeitraume von 175 Tagen, der wärmste Monat (Juli), zufolge der Register im K. Observatorio zu Paris von 1806 bis 1820, eine mittlere Temperatur von $18^{\circ},6$, während zu Cumana und zu Havannah, wenn die Sonne sich am ersten Orte bis zu $56^{\circ} 5'$ und am zweiten bis zu $43^{\circ} 25'$ gesenkt hat, der kälteste Monat, ungeachtet der längeren Nächte, zu Cumana noch $26^{\circ},2$ und zu Havannah noch $21^{\circ},2$

als mittlere Temperatur zeigt. In allen Zonen wird die Temperatur von einem Theile des Jahres durch die Temperatur der vorhergehenden Jahreszeiten modificirt. Unter den Tropen sind die Erniedrigerungen der Temperaturen wenig beträchtlich, weil die Erde in den vorhergehenden Monaten eine Masse an mittlerer Wärme empfangen hat, die zu Cumana 27° , zu Havanna $25^{\circ},5$ des hunderttheiligen Thermometers entspricht.

Nach sämtlichen Betrachtungen, die ich hier an einandergesetzt habe, scheint es mir keineswegs wahrscheinlich, daß die Temperatur unter dem Aequator $29^{\circ},2$ erreichen könne, wie es der gelehrte und achtbare Verfasser der Abhandlung über die *astronomische Strahlenbrechung* angenommen hat. Schon der Pater de Bèze, der erste Reisende, welcher rieth, an den kältesten und wärmsten Stunden des Tages zu beobachten, glaubte in den Jahren 1686 und 1699, als er Siam, Malacca und Batavia verglich, zu finden, „daß die Wärme nicht größer unter dem Aequator sey, als unter 14° Breite“. Ich glaube, daß ein Unterschied da ist, aber daß er sehr klein ist und daß er durch den Einfluß sehr vieler Ursachen, die gleichzeitig auf die mittlere Temperatur eines Ortes wirken, versteckt wird. Die bis heut zu Tage gesammelten Beobachtungen geben uns nicht das Maß einer fortschreitenden Temperaturzunahme zwischen dem Aequator und der Breite von Cumana.

IV.

Ueber die gegenwärtige Lage des magnetischen Aequators nach Hrn. Duperrey.

Die Karten von Hansteen (d. Ann. Bd. 71. Taf. IV.) und Morlet (Biot's *Traité élément.* T. II. Taf. IX.) geben die Lage und Form des magnetischen Aequators für 1780; es war also wichtig, zu untersuchen, ob hierin seitdem beträchtliche Aenderungen Statt gefunden. Diefs ist neuerlich durch Hrn. Duperrey geschehen. Auf der in den J. 1822 — 1825 mit der Corvette la Coquille unternommenen Reise um die Welt durchschnitt derselbe den magnetischen Aequator sechs Mal, nämlich an folgenden Punkten: