

III. Abhandlungen.

Zur klimatischen Frage.

Von Dr. J. Probst in Unter-Essendorf.

Einleitung.

Ueber den Stand der Frage.

Die Paläontologen stellen auf Grund der Beschaffenheit der Organismen, die in den verschiedenen Schichten vorgefunden werden, ziemlich bestimmte Anforderungen, denen genügt werden muss, wenn die climatischen Verhältnisse der abgelaufenen geologischen Perioden erklärt werden wollen. Wir fassen hauptsächlich die Anforderungen ins Auge, wie sie von Professor Heer* und Graf Saporta** in guter Uebereinstimmung unter einander gestellt werden.

Die silurische und devonische Formation lassen aus ihren Organismen auf ein unter allen Breitegraden sehr warmes und überraschend gleichförmiges Klima schliessen. In neuester Zeit wurde die silurische Formation im Grinellland (79⁰—82⁰ n. B.) entdeckt und lieferte dort ca. 60 Arten von Thieren, welche mit der gleichzeitigen Fauna auf den britischen Inseln und noch mehr mit Arten von Nordamerica übereinstimmen. (Heer: Flora fossilis arctica Band V. S. 17.) Sodann zu

* Flora fossilis arctica, Band III, S. 28. 1874.

** Le monde des plantes avant l'apparition de l'homme 1879.

Anfang der Steinkohlenzeit war die Bäreninsel ($74^{\circ} 30'$ n. B.) und Spitzbergen (78°) mit einer Vegetation bekleidet, welche fast in allen Arten mit derjenigen übereinstimmt, die damals im südlichen Irland, Deutschland, und in den Vogesen zu Hause war, so dass kaum ein Zweifel besteht, dass vom 45° bis 78° der nördlichen Breite dasselbe Clima herrschte.

Der unmittelbar darauf folgende Bergkalk schliesst zwar keine Pflanzen ein, aber zahlreiche Meeresthiere. Es sind grossentheils dieselben Arten, die aus dem europäischen Bergkalk bekannt sind; ja einige lassen sich bis in die Tropengegenden verfolgen. Im Grinellland wurde diese Formation unter $79^{\circ} 34'$ bis $82^{\circ} 40'$ entdeckt; die eingeschlossenen Organismen kommen mit denen Englands grossentheils überein, selbst die Corallen fehlen nicht. (Heer l. c. Band V. S. 17. 18.)

Die Pflanzen der mittleren Steinkohlenformation in Spitzbergen ($77\frac{1}{2}^{\circ}$ n. B.) stimmen gleichfalls zum grossen Theil mit denen überein, welche in Mitteleuropa (Böhmen etc.) aus den gleichen Schichten bekannt sind.

Graf Saporta schätzt die mittlere Temperatur der Steinkohlenzeit auf nicht unter 25° C. und nicht über 30° C. Heer in der 2. Auflage seiner Urwelt (S. 659) nimmt für die Schweiz 23° bis 25° C. in Anspruch.

Die Trias hat bis jetzt in der arctischen Zone keine Pflanzen geliefert, wohl aber Thierreste (Spitzbergen $78\frac{1}{2}^{\circ}$); sie stimmen mit denen der Schweiz etc. aus gleichaltrigen Schichten überein.

Die Juraformation birgt am Cap Boheman im Eisfjord ($78^{\circ} 24'$ n. B.) Farne, Coniferen, Cycadeen, die theilweise mit denen des englischen, russischen und südfranzösischen Jura übereinstimmen. Eine Vergleichung mit den Jurapflanzen Indiens ergibt, dass hier wie dort die Farne 40% der bis jetzt gefundenen Pflanzenarten bilden, wogegen die Nadelhölzer in Spitzbergen stärker, die Cycadeen aber schwächer vertreten sind.

In der unteren Kreide trägt die Flora Grönlands den Character der tropischen und subtropischen Gegenden.

Von Beginn der silurischen Formation bis zum Schlusse der

unteren Kreide treten uns somit in der arctischen Zone theils in der Landflora, theils in der Meeresbevölkerung tropische und subtropische Typen entgegen und erst in der ersten Stufe der oberen Kreideformation finden sich deutliche Spuren der abnehmenden Temperatur bei 70⁰ n. Br. und damit auch eine Ausscheidung der Climate nach der Breite.

Das Eocän kommt weniger in Betracht, da in den höchsten Breiten diese Formation noch nicht nachgewiesen ist.

Die miocäne Flora dagegen, die aus allen Breiten bekannt ist, zeigt, dass die arctische Zone eine viel höhere Temperatur fordert, als jetzt in derselben herrscht. Aber gegenüber der Kreidezeit ist für Spitzbergen und Grönland unverkennbar eine Abnahme der Temperatur vorhanden. Auch tritt die zonenweise Abstufung des Climas jetzt bestimmt hervor. Nur unter dem Aequator selbst (Sumatra, Java, Borneo) zeigen die tertiären Pflanzen nach der übereinstimmenden Auffassung von Heer*, Göppert und Geyley keinen Unterschied gegenüber den heutzutage dort vorhandenen climatischen Zuständen.

Schon diese Reihenfolge der climatischen Zustände der geologischen Perioden gibt Räthsel genug auf. Doch sieht man, dass bis hieher eine ruhige langsame Entwicklung stattgefunden haben könne.

Eine befremdende Abänderung aber, welche mit der vorhergehenden und zugleich mit der nachfolgenden (recenten) Periode contrastirt, tritt erst mit der quartären Zeit ein, welche schon in ihrem Namen Eiszeit ihren stark abgeänderten climatischen Character kundgibt.

Nur Graf Saporta sucht (l. c. S. 14) derselben eine gelindere Seite abzugewinnen, welche auch von Heer und andern Paläontologen nicht ganz misskannt, aber als interglaciale Zwischenperiode gedeutet wird.

Aus all' diesen mannigfaltigen Entwicklungen ging endlich

* Durch eine neue Sendung von Pflanzen aus dem Tertiär von Sumatra fand Heer die früher schon gewonnene Ueberzeugung darüber bestätigt. cf. Urwelt etc., 2. Auflage, S. 511. 512,

als letztes Glied das heutige gemässigte Clima hervor; gemässigt insoferne, als die mittleren Breiten eine nach unseren Anschauungen gemässigte Temperatur besitzen, während die hohen und niedrigen Breiten durch zuvor kaum gekannte starke Unterschiede der Temperatur von einander abstehen.

Fasst man die Anforderungen, die an eine genügende Hypothese gemacht werden können und müssen, zusammen, so wäre zu erklären, beziehungsweise zu begründen:

1) Das in hohem Grade gleichförmige und besonders in den hohen Breiten zugleich warme Clima der ältesten und mittleren Periode. Eine absolute Gleichförmigkeit ist hiermit jedoch nicht verlangt und eine Differenz von einigen Graden nicht ausgeschlossen, wenn sie nur die Grenzen nicht überschreitet, die auch heutzutage noch in jedem Floren- und Faunengebiet vorkommen.

2) Die schon seit der oberen Kreideformation, deutlicher aber seit der Tertiärformation hervortretende zonenweise Anordnung der Climate mit allmählig abnehmender Wärme der mittleren und noch mehr der höheren Breiten.

3) Die climatische auffallende Umgestaltung zur sogenannten Eiszeit.

4) Die mildere, aber von der vorhergehenden Periode mehr oder weniger verschiedene climatische Beschaffenheit der recenten Periode.

Ob nun zur Erklärung dieser Zustände kosmische oder solare oder tellurische Verhältnisse beigezogen werden wollen, ist zunächst freigestellt, wenn nur die zur Erklärung herbeigezogene Grundlage selbst solid ist und sich an die dermaligen Kenntnisse befriedigend anschliesst. Es ist aber nicht zu verwundern, dass eine grosse Zahl von Hypothesen aufgetaucht ist, um diese verwickelten Zustände zu erklären. Dieselben zu besprechen wird jedoch nicht nothwendig sein; denn die Kritik, die hier allerdings ein dankbares Feld findet, hat ihre Schuldigkeit zur Genüge gethan. Ueberdiess können wir auf die Besprechungen verweisen, die von zwei hervorragenden Männern in neuester Zeit gegeben wurden. Heer widmet dem Gegenstand ein Capitel in

der zweiten Auflage seiner *Urwelt der Schweiz* (S. 657) und dergleichen Graf Saporta in seiner schon angeführten Schrift (S. 139).

Doch auf zwei Hypothesen müssen wir immerhin eingehen, da dieselben erst in neuester Zeit veröffentlicht wurden, von ganz neuen Standpunkten ausgehen und noch sehr wenig besprochen worden sind.

Die eine derselben von Dr. Blandet kennen wir nur aus der Relation bei Graf Saporta (l. c. S. 148). Hienach geht Blandet davon aus, dass die Eigenthümlichkeiten des Klimas der alten Erdperioden in dem früheren Zustande der Sonne zu suchen seien. An die Theorie von Kant und Laplace anschliessend, weist er auf jene Zeiten hin, in welchen der Planet Mercur sich noch nicht von der Sonne losgelöst hatte, der Durchmesser der Sonne somit sich noch soweit ausdehnte, als heutzutage die Mercurbahn von der Sonne absteht. Er hält es für möglich, dass eine solche Sonne, deren scheinbarer Durchmesser sich auf 40 Grade belaufen hätte, während der ältesten Periode noch am Himmel gestanden habe. Hiedurch wären die Dämmerungs-Erscheinungen so lichtvoll und so verlängert geworden, dass die Nacht streng genommen aufgehört hätte. Die Wärmekraft dieser so beschaffenen Sonne, wie ihre Leuchtkraft wäre minder grell aber gleichförmiger für die ganze Erde gewesen; ihre senkrechten aber milden Strahlen hätten noch bis in unsere Breiten gereicht.

Graf Saporta bemerkt hiezu, dass diese Hypothese zwar keineswegs bewiesen sei, aber sie schmiege sich an die Erscheinungen der *Urwelt* geschickt an, sie lasse die climatischen Zustände derselben gut begreifen, ihre halbverschleierte Tage und transparenten Nächte, die milde Temperatur der Polargegenden, die ursprüngliche Ausdehnung und allmähliche Einschränkung der tropischen Zone und so fort.

Allein, so schwer wiegend die beifällige Beurtheilung des Grafen Saporta ist, so dürfen wir doch nicht ausser Acht lassen, dass heutzutage noch an unserem Himmel ein kosmisch-planetarischer Körper sich befindet, der Eigenschaften an sich trägt, wie sie Dr. Blandet von der Sonne in ihrem damaligen Zustande

verlangt. Wir meinen das Zodiacallicht. Die namhaftesten Astronomen erklären dasselbe geradezu für einen Ring, der frei um die Sonne rotirt. Abgesehen von Einzelheiten kann man sich wohl den Zustand der Sonne, den Blandet vorführt, nicht anders vorstellen, als das Zodiacallicht ist. Es ist aber gar Nichts bekannt, dass dieses auch nur die geringste climatische Wirkung auf die Erde ausübte, und selbst für die Beleuchtung der Nacht hat dasselbe nur einen ganz untergeordneten Werth. Ueberdiess müsste man, um die Periode der Eiszeit zu erklären, eine weitere Sonnenrevolution annehmen, von der man sich gar keine Vorstellung machen kann. Ob eine Erklärung derselben von Blandet versucht wurde, ist aus Saporta nicht zu entnehmen.

Eine andere eigenartige Hypothese rührt von D. Wettstein* her. Von der Grundanschauung ausgehend, dass auch das Feste nur scheinbar fest, in der That beweglich sei, wird (l. c. S. 144) ausgeführt, dass Steinkohlenschichten in Spitzbergen, welche eine tropische oder subtropische Flora einschliessen, in Wirklichkeit sich unter den Tropen gebildet haben und dem allgemeinen Gesetze der Strömungen folgend, polwärts sich bewegt haben. Ebenso wird ausgeführt, dass, wenn die miocäne Flora auf climatische Zustände hinweist, wie sie jetzt nicht mehr an Ort und Stelle bestehen, sondern erst 10^0 oder 15^0 oder 20^0 weiter südlich — die betreffenden Schichten in der That daselbst entstanden seien, aber seither ihren Ort, dem Gesetze der Strömung folgend, verändert haben. Aehnliche Anschauungen von einer gewissen Beweglichkeit des scheinbar Festen und Starren tauchen in neuester Zeit bei nicht wenigen Naturforschern, besonders bei Geologen auf. Allein es stellen sich doch beträchtliche Schwierigkeiten in den Weg.

Stellen wir uns auf den Standpunkt des Verfassers, so wäre erforderlich anzunehmen, dass während der Steinkohlenperiode etc., nur unter den Tropen sich Schichten gebildet hätten, nicht aber in mittleren bei hohen Breiten; — denn die Flora und Fauna dieser Zeit trägt überall den gleichen tropischen Typus.

* Die Strömungen des Festen, Flüssigen und Gasförmigen. 1880.

Der Grund hierzu ist aber schwer einzusehen. Erst in der Miocänzeit wäre auch in mittleren gemässigten Breiten der Process der Schichtenbildung vor sich gegangen; denn in dieser Periode findet man in der That in hohen Breiten wenigstens eine Flora, welche ein gemässigttes Clima voraussetzt; aber in den hohen polaren Breiten hätte selbst zur Molassezeit noch keine Schichtenbildung stattgefunden; denn eine dem Polarkreise entsprechende Flora und Fauna fehlt auch in dieser Periode noch gänzlich.

Andererseits zeichnet sich die Quartärzeit durch polare Flora und Fauna auch in mittleren Breiten aus. Somit müsste (nach dem Princip Wettstein's) während der quartären Zeit die Schichtenbildung ausschliesslich in den hohen und höchsten Breiten stattgefunden und die Schichten dann von dort in die niedrigeren Breiten sich bewegt haben. Die Wahrscheinlichkeit ist gering. Aber mehr noch. Den Steinkohlenschichten etc. sieht man allerdings äusserlich nicht an, ob sie unter dem Aequator oder unter den Polen gebildet worden seien. Aber für das Schichtenmaterial der quartären Zeit kann man den Ursprungsort nachweisen. Das Schichtenmaterial der norddeutschen Ebene stammt aus Norden, aus Scandinavien, aber ebenso sicher ist, dass das quartäre Schichtenmaterial am Fuss der Alpen nicht in polaren Gegenden seinen Ursprung hat, sondern in den Alpen selbst. Gleiches lässt sich feststellen vom quartären Schichtenmaterial der andern Gegenden, in welchen diese Formation überhaupt vorhanden ist.

Dass dieses Schichtenmaterial dislocirt wurde, ist richtig, aber es ist doch nicht jene hypothetische „Gleitschicht“, welche als Grundlage der starren Schichten die Dislocirung derselben überhaupt ermöglichen und bewirken soll, sondern es ist die ganz bekannte Gleitbahn der Gletscher.

Unsere eigene Ansicht können wir in kurzer Uebersicht vorläufig so darstellen. Wir gehen von der Grundanschauung aus, dass die tellurische Entwicklung der Erdoberfläche und die climatischen Verhältnisse im innigsten Zusammenhang stehen; sie verhalten sich wie Ursache und Wirkung, oder auch sie stehen in Wechselwirkung mit einander. Die tellurischen Verhältnisse

der alten geologischen Perioden waren so beschaffen, dass durch dieselben ein sehr gleichförmiges und zugleich warmes Clima über die ganze Erdoberfläche hin hervorgerufen wurde. (I. Abschnitt.)

Zur Zeit der Tertiärformation erst (beziehungsweise am Ende der Kreideformation) war die Entwicklung der tellurischen Verhältnisse allmählig so weit vorgeschritten, dieselben soweit differenzirt, dass diese Differenzirung auch in den climatischen Verhältnissen sich auszudrücken anfing. Das Ende der Tertiärzeit (Pliocän) insbesondere weist in Verbindung mit dem entschiedenen Hervortreten der reif gewordenen Continente und ihren Unebenheiten, auch ein entsprechend differenzirtes Clima auf. (II. Abschnitt.) Hiedurch und speziell durch die besondere Qualität der Unebenheiten des Landes (Gebirge) trat als Folgeerscheinung des Clima der quartären Zeit auf. (III. Abschnitt.) Diese sogenannte Eiszeit trägt jedoch mehr den Character einer vielleicht lange dauernden Uebergangszeit an sich, deren spezifische Ursachen im Gang ihrer Entwicklung abgeschwächt und beseitigt wurden. Das Clima der Gegenwart aber (IV. Abschnitt) ist das Resultat aller bisherigen Fortschritte und Schwankungen in der Entwicklung der tellurischen Verhältnisse der Oberfläche unseres Planeten.

In den folgenden Abschnitten werden wir suchen, diesen Gedankengang näher zu begründen.

Erster Abschnitt.

Motivirung der climatischen Verhältnisse der alten geologischen Periode.

1. Artikel.

Die Bedeutung des reinen Seeclimas gegenüber dem Normalclima der Gegenwart.

Professor Dove* in Berlin hat das Normalclima für die nördliche Halbkugel berechnet. Er erklärt, dass er unter diesem Ausdruck verstehe: „die mittlere Jahrestemperatur des Parallels (auf die Meeresfläche reducirt), somit jene Temperatur,

* Verbreitung der Wärme auf der Oberfläche der Erde. 1852.

welche der Parallel an allen Punkten zeigen würde, wenn die auf ihm wirklich vorhandene, aber ungleich vertheilte Temperatur gleichförmig vertheilt wäre.“

Andererseits hat Sartorius von Waltershausen* das reine Seeclima der Gegenwart berechnet. Unter zu Grundlegung von 19 möglichst insularen Stationen auf der nördlichen und südlichen Halbkugel berechnete er die mittlere Jahrestemperatur der Parallelkreise unter dem Gesichtspunkte, dass die Erdoberfläche gänzlich mit Meer bedeckt sei oder das Land so sehr zurücktrete, dass dasselbe sich climatisch nicht geltend zu machen vermöge.

In Tabelle I sind die Resultate dieser beiden Auffassungsweisen zusammengestellt unter Hinzufügung der Differenz des Normalclimas und eines Seeclimas der Gegenwart in einer besonderen Colonne.

Da beide Autoren ihre Tabellen in Graden nach Réaumur abgefasst haben, so wurde diese Gradeintheilung beibehalten.

Tabelle I.

1.	2.	3.	4.
Breitegrad.	Normalclima der Gegenwart nach Dove.	Reines Seeclima der Gegenwart nach Sartorius.	Differenz zwischen 2 und 3 zu Gunsten der Wärme des Seeclimas.
90	— 13 ^o ,20 R.	+ 0 ^o ,84 R.	+ 14 ^o ,04 R.
80	— 11 ^o ,20	+ 1 ^o ,49	+ 12 ^o ,69
70	— 7 ^o ,10	+ 3 ^o ,36	+ 10 ^o ,46
60	— 0 ^o ,80	+ 6 ^o ,20	+ 7 ^o ,00
50	+ 4 ^o ,30	+ 9 ^o ,68	+ 5 ^o ,38
40	+ 10 ^o ,90	+ 13 ^o ,33	+ 2 ^o ,43
30	+ 16 ^o ,80	+ 16 ^o ,70	— 0 ^o ,10
20	+ 20 ^o ,20	+ 19 ^o ,34	— 0 ^o ,86
10	+ 21 ^o ,30	+ 20 ^o ,89	— 0 ^o ,41
0	+ 21 ^o ,20	+ 21 ^o ,14	— 0 ^o ,06

* Untersuchungen über die Climate der Gegenwart und Vorwelt etc. 1865.

Betrachtet man nun die Ziffern dieser Tabelle, so erkennt man vor Allem bei dem Seeclima eine beträchtlich grössere Gleichförmigkeit der Temperatur unter den verschiedenen Breitegraden, als bei dem Normalclima.

Das Normalclima zeigt Differenzen zwischen Aequator und Pol von $34^{\circ},40$ R.; das reine Seeclima aber nur $20^{\circ},30$ R. Und doch sind auch bei Berechnung des Normalclimas die gebirgigen Erhebungen des Festlandes durch Rechnung eliminiert und überall die Meeresfläche zu Grund gelegt.

Die andere hervorragende Eigenthümlichkeit ist, dass die Ziffern des reinen Seeclimas ganz überwiegend zu Gunsten einer grösseren Wärme sich darstellen, die jedoch in verschiedenen Breiten sehr verschieden ist. Besonders in hohen und höchsten Breiten beträgt die höhere Wärme des reinen Seeclimas den gewaltigen Betrag von $13-14^{\circ}$ R. gegenüber dem Normalclima. Noch viel schärfer tritt der Unterschied nach beiden Seiten heraus, wenn ein einzelnes Beispiel von extremem Continentalclima und extremem Seeclima herausgegriffen wird, und zwar unter gleichen Breitegraden.

Die Faröer ($62^{\circ},3$ n. Br.) haben eine mittlere Jahrestemperatur von $+ 7^{\circ},3$ C., der kälteste Monat $+ 2^{\circ},7$ C., der wärmste $+ 12^{\circ},3$ C., die Differenz $9^{\circ},5$ C. Dagegen hat Jakutzk in gleicher Breite, aber in Mitten von Sibirien, eine mittlere Jahrestemperatur von $- 10^{\circ},3$ C., der kälteste Monat $- 43^{\circ},0$ C., der wärmste $+ 20^{\circ},4$ C., die Differenz volle $63^{\circ},4$ C.! Die mittlere Jahrestemperatur aber stellt sich auf die Faröerinseln um $17^{\circ},6$ C. höher, als in dem extrem continentalen Clima von Jakutzk. Aber selbst in mittleren Breiten wirkt das reine Seeclima noch recht stark zu Gunsten der grösseren Wärme. Nur in den Tropen stellte sich die Temperatur des reinen Seeclimas der Gegenwart nicht mehr zu Gunsten grösserer Wärme; es findet sogar eine Abkühlung statt, aber dieselbe ist überall so schwach, dass sie nirgends ganz 1° R. erreichte.

Diese Eigenthümlichkeiten des reinen Seeclimas lassen sich aus den physikalischen Eigenschaften des Wassers leicht ableiten.

Es ist bekannt, dass das Wasser unter allen Stoffen die

grösste spezifische Wärme besitzt, dass dasselbe somit am langsamsten sich erwärmt, aber auch am langsamsten erkaltet. Es wird schon aus diesem Grunde die mittlere Temperatur des reinen Seeclimas eine innerhalb engerer Gränzen schwankende, beträchtlich gleichförmigere sein, als das Normalclima, welches mit Land und Wasser zugleich zu thun hat.

Die höhere Temperatur des Seeclimas aber kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dass die Wasser der Meere in beständiger Circulation sind und dass bei dieser Circulation die wärmeren Wasser wegen ihres grösseren Volumens oben sich halten, während die kälteren Wassertheile sich in die Tiefe senken.

Die obersten Schichten des Wassers, die für die Berührung mit der Atmosphäre und desshalb für die climatischen Verhältnisse die Ausschlag gebenden sind, sind zugleich die wärmsten. Dove hebt noch einen weiteren Gesichtspunkt hervor, das Herauffördern der Wärme des Meeresgrundes an die Oberfläche durch die Flüssigkeit des Wassers. „Die flüssige Grundlage, sagt er, (S. 4) erneuert sich ununterbrochen; denn jede Temperaturerniedrigung an der Oberfläche bringt nicht nur ein Sinken des schwerer gewordenen Wassers in die Tiefe hervor, sondern auch ein Heraufsteigen des wärmeren an seine Stelle. Hiedurch wird der Tiefe des Meeres die Wärme entzogen, welche wir an seiner Grundfläche finden würden, wäre sie eben so tief unter einer festen Oberfläche gelegen, als sie von der flüssigen Oberfläche abliegt.“

Dass unter den Tropen überhaupt bedeutende jährliche Temperaturschwankungen nicht vorkommen, ergibt sich von selbst, weil die Stellung der Sonne zur Erde und die Tageslänge dasselbst keine nennenswerthen Unterschiede darbieten. Doch ist auch hier das reine Seeclima gleichförmiger, nur dass dasselbe hier nicht zu Gunsten grösserer Wärme wirkt. Die hohe spezifische Wärme des Wassers erklärt auch diesen Umstand.

Die Eigenschaft des Wassers, die vorhandene Temperatur mit Zähigkeit festzuhalten und dadurch die Unterschiede auszugleichen, lässt sich auch noch an anderen Erscheinungen wahrnehmen, besonders an den Meeresströmungen, sowohl an den warmen (Golfstrom) als an den kalten (peruanischer etc.

Strom). Je nach der Jahreszeit und geographischen Breite beträgt der Temperaturunterschied des warmen Wassers des Stroms gegenüber dem ausserhalb desselben befindlichen 5° — 15° C. Der peruanische kalte Strom aber bewahrt seine niedrige Temperatur bis unter den Aequator (Galapagosinseln) so, dass seine Wasser um 10° — 12° C. kälter sind, als die des umgebenden Meeres. (Wettstein l. c. S. 203 und 209.) Wenn freilich der Fall eintritt, dass ein kalter und ein warmer Strom sich kreuzen oder wenigstens zusammenstossen, wie es in der That bei dem Golsstrom und Labradorstrom in der Nähe von Neufundland geschieht, so hebt sich ihre Wirkung zwar nicht ganz auf, aber sie wird beträchtlich abgeschwächt. Man kann sich leicht eine Vorstellung machen, wieviel Wärme dem Golfstrom durch die schwimmenden Eisberge des Labradorstroms, die in ihm abschmelzen, entzogen wird und wie viel energischer seine Wirkung sein würde, wenn ihm diese Eismassen nicht begegnen würden. Die Bank von Neufundland verdankt ihre Entstehung den Felsblöcken und dem Schutt, welcher bei dem Abschmelzen der Eisberge zu Boden gefallen ist.

In den alten geologischen Perioden war nun von Eisbergen entfernt keine Rede und die warmen Strömungen vom Aequator her konnten deshalb ihre ungeschwächte wärmende Kraft ausüben. Die schwimmenden Eisberge sind ihrem Ursprung nach wesentlich ein Product des Landes und zwar des gebirgigen Landes; sie sind Producte der Gletscher, welche ihre Eismassen in das Meer ergiessen. Dieser Einfluss der continentalen gebirgigen Beschaffenheit der Erdoberfläche fällt für die alten geologischen Perioden selbstverständlich ganz weg, weil damals der Ocean im Besitz der Erdoberfläche war. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass auch Sartorius von Waltershausen bei seiner Berechnung des reinen Seeclimas solche Stationen, deren Temperatur durch derartige continentale Einflüsse herabgedrückt wird, ausgeschlossen hat; offenbar mit Recht. Bei Berechnung des reinen Seeclimas müssen die Einflüsse der Continente, seien sie nun directe oder indirecte mit Consequenz soweit möglich fern gehalten werden.

Aus den bisherigen Darstellungen ergibt sich, dass in dem reinen Seeclima eine typische Annäherung an das Clima der alten geologischen Periode unverkennbar zu Tage tritt; die grössere Gleichförmigkeit der gesammten Temperatur der Erdoberfläche und die grössere Wärme in allen Breiten, jedoch mit Ausnahme der Tropen, das sind charakteristische Züge, welche das Clima der Urzeiten mit dem reinen Seeclima gemeinsam hat. Nur stehen die wirklichen Beträge der Temperaturen ausserhalb der Tropen noch viel zu weit von einander ab. Aber man darf hoffen, in dem reinen Seeclima der Gegenwart die feste Basis und die erste Stufe zu besitzen, von wo aus man sich dem räthselhaften Clima der Urzeiten nähern kann. Der Beweis braucht kaum ausführlich geliefert zu werden, dass in den alten geologischen Perioden das oceanische Clima das entschieden vorherrschende war. Die Schichtencomplexe dieser Formationen schliessen überall fast ausschliesslich nur Reste von solchen Organismen ein, welche dem Meere angehörten. Die Reste von Landthieren und Landpflanzen fehlen nicht ganz; aber das Vorkommen derselben ist sporadisch, weil das Festland selbst nur in Form von wenig umfangreichen Inseln, die den Namen von Continenten nicht beanspruchen können, vorhanden war. Die relativ grösste Ausdehnung hatte in den alten Perioden ohne Zweifel das Land zur Zeit der Steinkohlenformation. Aber dieses Land war sehr niedrig und sumpfig, sank oft unter den Meeresspiegel hinab, so dass auch in dieser Periode die Erdoberfläche des oceanischen Characters nicht verlustig wurde. Dabei darf nicht übersehen werden, dass, wenn von der grossen Ausdehnung der Steinkohlenformation gesprochen wird, darunter auch der Kohlenkalkstein, eine rein meerische Ablagerung begriffen ist. Selbst noch die nichtmeerischen Schichten der Keuperlandschaft verrathen in ihren Calamiten etc. sehr bestimmt den Character eines sumpfigen Terrains, nicht den eines trockenen oder gebirgigen Landes. In der Jura- und Kreideformation überwiegen die meerischen Bildungen mit grosser Entschiedenheit.

Wenn es nun unter Grundlegung des oceanischen Climas gelingen würde, noch einen weitem Schritt zu thun und die

man dem Clima der alten Periode immer mehr sich nähern. In den folgenden Artikeln werden wir suchen, diese Annäherung zu erreichen.

2. Artikel.

Von den Bewölkungsverhältnissen der Erde in den alten geologischen Perioden.

Der Luftocean, der die Oberfläche der Erde umgibt, zeigt heutzutage überall sehr wechselvolle Zustände der Heiterkeit und Trübung in sehr weiten Gränzen. Derselbe enthält Wasser aber sowohl in der Form des unsichtbaren Wasserdampfs, als in der sichtbaren Form des Dunstes, Nebels, der Wolken in allen denkbaren Nüancen.

Hiedurch wird das Spiel der Zustrahlung und Ausstrahlung der Wärme auf der Oberfläche der Erde sehr verwickelt; nur so viel steht fest, dass durch Heiterkeit des Himmels die Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht (Temperaturcurven des Thermographen) gesteigert, durch Bewölkung aber vermindert, verflacht werden.

Ob nun die Heiterkeits- und Trübungsverhältnisse zu allen geologischen Perioden den gleichen Grad und Charakter gehabt haben, wie heutzutage, darüber lässt sich mit Sicherheit nichts sagen. Wir betreten hier ein Gebiet, welchem der hypothetische Charakter nicht ganz abgestreift werden kann. Allein eine Reihe von Gründen spricht dafür, dass die Bewölkung in den alten und ältesten Erdperioden eine stärkere und constantere gewesen sein müsse, als heutzutage; jedoch nicht so stark, dass durch dieselbe die Tageshelle selbst wäre ausgelöscht worden. Die hauptsächlichsten Gründe sind:

1) Es ist selbstverständlich, dass, so lange die Oberfläche der Erde zum allergrössten Theil mit Wasser bedeckt war und wohl Inseln aber keine Continente im heutigen Sinn bestanden, die Verdampfung des Wassers in weiterem Umfang stattfinden musste, als heutzutage, wo nahezu der dritte Theil der Oberfläche aus trockenem Land besteht.

2) Ebenso ist einleuchtend, dass die durch die Sonne über climatischen Eigenschaften desselben zu verstärken, so würde

den Tropen stark erwärmte Luft am meisten mit Wasserdampf gesättigt wurde, der sich aber bei seinem Abfliessen gegen die höheren Breiten nicht mehr als unsichtbarer Wasserdampf in der kühleren Luft erhalten konnte, sondern sichtbare Dunst- und Wolkenform annahm. Bei den höchst einfachen geographischen Verhältnissen der ältesten Perioden der Erde wird dieser Process der Verdichtung des Wasserdampfes ein sehr regelmässiger und constanter gewesen sein.

3) Die trockenen Landwinde, welche geeignet sind, die Wolken aufzusaugen und heitern Himmel hervorzurufen, fehlten dazumal ganz. Gebirgshöhen mit verschiedener Temperatur und dadurch hervorgerufener Aspiration und unregelmässigem Einfluss auf die Witterung fehlten ebenfalls ganz.

4) Die Pflanzen, welche in den ältesten Perioden existirten, waren so beschaffen, dass dieselben nach Analogie der lebenden (Bärlappen und Farren) der Einwirkung des directen Sonnenlichtes wenig bedurften (Heer). Sie stehen somit in gutem Einklang mit einem constant bewölkten Himmel.

5) Auch die Insecten jener Zeit (Kakerlaken und Termiten), sind der Mehrzahl nach nächtliche Thiere (Heer). Die Organisation des Trilobitenauges, welches man für die Existenz eines heitern Himmels in den ältesten Perioden anführte, beweist doch nicht mehr, als dass auch in diesen alten Perioden Tageshelle vorhanden war. Denn nicht blos entbehrt ein Theil dieser artenreichen Gruppe gänzlich der Sehorgane, sondern nach Barrande waren dieselben pelagische Thiere, die auf dem Grund des Oceans lebten, deren Sehorgane schon aus diesem Grunde nur ein abgeschwächtes Licht empfangen konnten (cf. Bronn: Classen und Ordnungen des Thierreichs Bd. V, S. 1168 und 1260).

6) Sehr wichtig und instructiv sind die astronomischen Beobachtungen, die an andern planetarischen Körpern gemacht wurden. Offenbar befinden sich nicht sämtliche Planeten im gleichen Stadium ihrer geologischen Entwicklung. Die grossen Kugeln (Jupiter, Saturn) befinden sich in einem jüngeren Stadium als die kleine Kugel, z. B. des Mondes, der Erde. Nun ist es aber interessant, dass gerade die zwei grössten Planeten nach

allgemeiner Uebereinstimmung nicht bloß sehr mächtige, sondern constant bewölkte Atmosphären zeigen. Auch die Venus, die der Erde an Grösse gleich steht, aber, weil zu den innern Planeten gehörig, wohl jüngeren Ursprungs ist als die Erde, besitzt eine „dichte Atmosphäre, die mit Wolken fast ständig bedeckt ist, sehr selten nur hinreichend klar ist, um den Anblick der eigentlichen Oberfläche des Planeten zu gestatten“ (H. Klein: Durchmusterung des Himmels S. 100).

Wie selten die Wolkendecke der Venus zerreisse, geht daraus hervor, dass von der ersten Beobachtung ihrer festen Oberfläche durch Bianchini bis zur sichern Wiederbeobachtung derselben durch de Vico 120 Jahre vergingen. Herschel sah dieselbe niemals. (H. Klein.)

Andererseits hat die kleinere Kugel des Mars zwar eine Atmosphäre ähnlich der Erde, aber weniger wolkig, so dass es Schiaparelli gelungen ist, eine Karte der gesammten Oberfläche innerhalb kurzer Zeit zu entwerfen.

Die noch kleinere Kugel des Mondes der Erde aber ist in ihrer Entwicklung soweit vorgeschritten, dass dieselbe der Atmosphäre und des Wassers verlustig geworden ist.

Es scheint hier ein allgemeines planetarisches Entwicklungsgesetz vorzuliegen, dessen allgemeine Züge, bei aller Mannigfaltigkeit der einzelnen Planeten, doch im Grossen übereinstimmen.

Diese und ähnliche Gründe haben dann auch die besonnensten Paläontologen und Geologen* bewogen, den ältesten Perioden der Erde eine mehr oder weniger starke Bewölkung zu vindiciren, ohne dass jedoch dieser Gesichtspunkt weiter verfolgt worden wäre.

Es wird somit keine allzu gewagte Bahn betreten werden, wenn wir auch unsererseits diese Voraussetzung machen; nur muss eine genauere Erklärung gegeben werden, wie dieser Zustand zu denken sei und wie seine Wirkung auf die climatischen Zustände der Erdoberfläche aufgefasst werden müsse. Der Schwerpunkt der Aufgabe liegt nicht in dem an und für sich gar nicht

* z. B. Heer: Urwelt. 2. Auflage. S. 21.

fern liegenden, aber in solcher Unbestimmtheit unfruchtbaren Gedanken einer stärkeren Bewölkung der Atmosphäre der Urzeiten, sondern in der genaueren Präcisirung dieses Zustandes und besonders in der möglichst concreten Entwicklung der Art und Weise der Einwirkung desselben auf die climatischen Verhältnisse der alten Erdperioden.

Die genauere Vorstellung, wie wir uns den Zustand der constanten Bewölkung denken, lässt sich in wenigen Zügen darstellen.

1) In den Tropen und den nächstgelegenen Gegenden besteht heutzutage ein System von Passaten und Calmen, das sich über den ganzen Gürtel, soweit er nicht durch Continente unterbrochen ist, fortsetzt, sowohl durch den Atlantischen als Stillen Ocean. In dieser Region tragen die meteorischen Verhältnisse so sehr den Stempel der strengen Regelmässigkeit an sich, dass nichts entgegensteht, diese gesetzmässigen Verhältnisse bis in die ältesten Perioden der Erde, in denen das organische Leben anfang, zurückzudatiren. Selbst die Ausnahmen von der Regel (Monsuns im Indischen Meere) lassen sich auf Einflüsse der Continente zurückführen und konnten somit in jenen alten Perioden, denen die Continente fehlten, gar nicht vorkommen. Aus diesen Gründen gehen wir von der Annahme aus, dass dem ganzen Tropengürtel in der Urzeit das gleiche Maass von Heiterkeit und Trübung des Himmels, von Zustrahlung und Ausstrahlung zugekommen sei, in dessen Besitz dasselbe heutzutage noch über dem tropischen Theil des Stillen und Atlantischen Oceans sich befindet.

2) Von dieser mittleren Zone weg gegen die höhern Breiten zu hatte sich in der Urzeit eine constante Dunst- und Wolkenhülle festgesetzt, welche dünner gegen die Tropen, dichter gegen die Pole zu war. Man wird hiebei an die mit dem Aequator parallel laufenden Streifen des Jupiter und Saturn erinnert, die sichtlich auf eine zonenweise Anordnung des Gewölks daselbst hinweisen.

Der Grund für unsere Annahme liegt darin, dass die Con-

densation des Wasserdampfs zu sichtbarem Dunst und zu Wolken beim Eintritt der dampfgesättigten Luft in weniger warme Regionen sich vollzog. Sobald der über den Tropen mit Wasserdampf erfüllte Luftstrom bei seinem Abfluss nach den höhern Breiten in Regionen kam, die bei gleicher Höhe einen geringeren Wärmegrad besaßen, so gieng ein Theil seines unsichtbaren Wasserdampfs in sichtbare Bläschen (Dunst, Nebel, Wolken) über. Bei der sehr grossen Gleichförmigkeit, besser Einförmigkeit der geographischen Zustände der alten Perioden musste dieser Process ein sehr regelmässiger sein, d. h. die Bewölkung der Atmosphäre in den ausserhalb des Tropengürtels gelegenen Theilen der Erdoberfläche musste constant sein.

Die Vorstellung, die wir uns von den Bewölkungsverhältnissen der alten geologischen Perioden machen, ist somit keineswegs verwickelt und widerstreitet keinem Naturgesetze; sie ist einfach und vom Standpunkt der Physik nicht abzulehnen.

Ueber die Art und Weise aber, wie diese Bewölkung auf die climatischen Zustände zu wirken vermochte und beziehungsweise wirken musste, sowie über die Intensität ihrer Wirkung, darüber müssen wir uns ausführlicher verbreiten. Die beiden nächsten Artikel werden diese Seiten dieses Gegenstandes behandeln.

3. Artikel.

Ueber die Art und Weise der Ausgleichung der Temperatur durch die constante Bewölkung in den alten geologischen Perioden.

Dass die Bewölkung und besonders eine constante Bewölkung auf die Temperatur überhaupt ausgleichend wirke, zeigt die tägliche Erfahrung. Die Gränzen der Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht, Sommer und Winter werden eingeengt. Das ist ganz begreiflich, weil durch die Bewölkung sowohl die Zustrahlung als die Ausstrahlung vermindert wird. Im nächsten Artikel wird Gelegenheit gegeben, darauf noch näher einzugehen.

Allein bei der oceanischen Beschaffenheit der Erdoberfläche

in den alten Erdperioden wirkte die Bewölkung nicht bloß einfach ausgleichend, sondern ausgleichend zu Gunsten einer höheren Wärme.

Im ersten Artikel sind schon die Gründe angegeben, wesshalb das oceanische Clima auch bei den gegenwärtig bestehenden Verhältnissen der Erdoberfläche nicht bloß ausgleichend, sondern (in den mittleren und höheren Breiten) zugleich erwärmend wirkt. Das gilt nun in den alten Erdperioden in gesteigertem Maasse wegen ihrer constanten Bewölkung. Wenn, wie vorausgesetzt wird, in diesen Zeiten von den Wendekreisen polwärts eine constante Wolkenhülle sich ausbreitete, so traten die unter den Tropen erwärmten Wasser des Oceans in Regionen ein, wo sie zwar vor weiterer Erwärmung durch Zustrahlung, aber auch vor weiterer Abkühlung durch Ausstrahlung ausgiebig geschützt wurden. Der Zustrahlung von Wärme in den höheren Breiten konnten die Gewässer entbehren, da sie in gleichem Grade gegen Ausstrahlung geschützt waren; aber es kam ihnen zu Gunsten ihrer Temperatur der Vortheil zu gut, dass ihre schon unter den Tropen mitgetheilte Wärme kräftig zusammengehalten wurde. Durch die angenommene constante Wolkenhülle wird eine doppelte Wirkung ausgeübt. Sie wirkt abhaltend und zusammenhaltend zugleich. Abhaltend wirkt sie gegenüber den Sonnenstrahlen, welche auch den höheren Breiten noch zukommen würden; aber in den nämlichen Breiten und in gleichem Grade hält sie auch die Ausstrahlung der Wärme von der Oberfläche der Erde in den kalten freien Raum zurück. Hiedurch wird somit für die mittlere Temperatur nichts gewonnen und nichts verloren. Es wird nur eine Ausgleichung der Temperaturschwankungen hergestellt, die Mittelzahl aber bleibt unverändert, weil die Abhaltung nach beiden entgegengesetzten Seiten hin mit gleicher Kraft wirkte. Das ist jedoch nur eine Seite der Wirkung der Umhüllung. Es kommt nun weiter noch in Betracht, dass durch dieselbe die Wärme des Oceans zusammengehalten wird und in den höheren Breiten sich nicht verflüchtigen kann, und diese Wirkung ist eine positive, nicht bloß eine die Schwankungen ausgleichende. Diese nicht an Ort und Stelle erzeugte,

sondern aus den Tropen importirte Wärme, die durch die constante Bewölkung auch noch jenseits der Wendekreise nicht absolut, aber immerhin kräftig conservirt wird, ist im Stande, die Temperatur der Oberfläche in den höheren und mittleren Breiten zu steigern. Es liegt hier der Fall einer natürlichen Wasserheizung vor, deren Effect durch eine vor Verlusten schützende äussere Umhüllung verstärkt wird. Auch schon bei den heutigen wechsellvollen Verhältnissen der Heiterkeit und Trübung der Atmosphäre vermag das Meer eine viel grössere Wärme in hohen Breiten zu bewahren. Der Grund davon ist nach der vorangegangenen Darlegung die grosse spezifische Wärme des Wassers und dass die warmen Wasser oben schwimmen. In den alten Erdperioden trat diese Wirkung noch entschiedener hervor, weil (nach unserer Annahme) eine constante Wolkenhülle sich ausbreitete, die in hohem Grad geeignet war, die Wärme des Wassers noch kräftiger vor Verlusten zu schützen. Der Sachverhalt wird am besten verstanden werden, wenn ein verkleinerter Maassstab zu Grund gelegt wird.

Stellen wir uns eine rotirende Kugel von c. 1' Durchmesser vor, deren Oberfläche fast ganz mit Wasser bedeckt ist; dieselbe werde in ihrer Mitte in einer Ausdehnung von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ jederseits ihres Aequators durch eine Licht- und Wärmequelle (Sonne) lebhaft bis zu 20° R. erwärmt. Von diesem (tropischen) Gürtel weg gegen die Pole soll eine Hülle constant sich ausbreiten, welche sowohl die Einflüsse der strahlenden Wärme von aussen, als auch die Ausstrahlung in die sehr kalte Temperatur des Raums ausserhalb nicht absolut aber in bedeutendem Maasse zu verhindern vermag. Unter solchen Umständen wird man ohne Schwierigkeit einsehen, dass nicht blos der äquatoriale Gürtel dieser Kugel von jederseits $23\frac{1}{2}^{\circ}$ erwärmt wird, sondern, dass sich das hier erwärmte Wasser überall hin bis nach den Polen in Strömungen vertheilen wird und, weil es seiner Wärme nicht verlustig werden kann, die Temperatur dieser Kugel auf ihrer ganzen Oberfläche eine nicht absolut aber annähernd recht gleichförmige und zugleich warme sein wird. Andererseits sieht man aber auch ein, dass mit dem Wegfall der angenommenen Hülle,

mit der Möglichkeit einer ungehinderten Ausstrahlung in die sehr tiefe Temperatur des Aussenraums, die Gleichförmigkeit und Erwärmung gegen die Pole hin sich fühlbar vermindern wird.

Der eigentliche Grund der Erwärmung liegt in dem Vorhandensein und in der Beschaffenheit (spezifischen Wärme) des Wassers, die durch den Schutz einer constanten Bewölkungshülle zu einer beträchtlich stärkeren Geltung kommt, als ohne diese. Der grosse Vortheil, den diese Auffassung darbietet, besteht darin, dass durch die Annahme einer constanten Bewölkung kein an sich neuer Wärmefactor eingeführt wird, der aus sich selbst und nach besondern Principien wirkte. Die Wirkungsweise der constanten Bewölkung ist vielmehr in den physikalischen Eigenschaften des Wassers schon enthalten; dieselbe trägt nur dazu bei, die letzteren kräftiger in die Erscheinung treten zu lassen.

Damit ist das Problem bedeutend vereinfacht. Es ist nicht erforderlich, dass erst die Gesetze erforscht werden müssten, wie die constante Bewölkung wirkt. Diese Gesetze sind schon gegeben, empirisch gegeben, in der Art und Weise, wie das reine Seeclima sich dem Normalclima gegenüber verhält; nur dass dieses Verhältniss in all' seinen Beziehungen noch um irgend einen Betrag gesteigert wird.

Die bisherige Entwicklung lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1) Der Temperaturunterschied zwischen Tag und Nacht Sommer und Winter, überhaupt der ganze Gang der Jahrestemperatur wird schon durch die physikalischen Eigenschaften des Wassers bei der oceanischen Beschaffenheit der Erdoberfläche, auch bei den heutzutage bestehenden Bewölkungsverhältnissen stark eingeengt oder ausgeglichen. Noch mehr wird diess geschehen durch den Hinzutritt einer constanten Bewölkung.

2) Diese Ausgleichung der Temperatur fällt aus zu Gunsten einer grösseren Erwärmung. Schon die physikalischen Eigenschaften des Wassers allein, abgesehen von den Bewölkungsverhältnissen, bringen diese Wirkung hervor, wie sich in dem

reinen Seeclima der Gegenwart offenbart. Noch mehr wird diess geschehen durch den Hinzutritt der constanten Bewölkung.

3) Die ausgleichend-erwärmende Wirkung des Oceans tritt in verschiedenen Breiten verschieden in die Erscheinung. In den niedrigen Breiten ist die Ziffer am kleinsten, in den mittleren mittelmässig stark, in den hohen am höchsten. Diess geschieht schon bei den heutigen Bewölkungsverhältnissen; durch den Hinzutritt einer constanten Bewölkung treten auch diese Verhältnisse noch schärfer hervor.

4) Die Temperatur der Tropen erleidet durch die Eigenthümlichkeiten des reinen Seeclimas überhaupt nur eine ganz geringe Aenderung. Nach der obigen Annahme waren die Bewölkungsverhältnisse unter den Tropen auch in den alten Perioden unverändert wie bei dem heutigen reinen Seeclima, so dass die Temperatur der Tropen durch dieselben überhaupt nicht weiter in Mitleidenschaft gezogen wurde.

Es erübrigt nun hauptsächlich noch die Beantwortung der Frage, ob der Betrag der ausgleichend-erwärmenden Wirkung durch die constante Wolkenumhüllung ganz unbestimmt gelassen werden müsse, oder ob es möglich sei, einigermassen bestimmte Ziffern einzusetzen, wenn dieselben auch nicht auf endgiltige Genauigkeit Anspruch machen können. Wenn diess gelingt, so wäre der sich ergebende Betrag einfach zu der Temperatur des reinen Seeclimas der Gegenwart zu addiren und könnte sich hiemit im günstigen Falle die Temperatur der alten Erdperioden als Resultat ergeben.

4. Artikel.

Ueber den Betrag der Ausgleichung der Temperatur durch die Bewölkung.

Die thermographischen Tafeln, welche den Gang der Temperatur von Tag zu Tag und von Nacht zu Nacht anschaulich und mechanisch genau darstellen, sind die einzigen aber ausreichenden Grundlagen, die wir haben, um den Einfluss der Bewölkung oder Heiterkeit des Himmels zu erkennen. Es wäre allerdings wünschenswerth, Tabellen zu Grund legen zu können,

die auf einer Inselstation aufgenommen wurden; allein in Ermanglung solcher müssen wir uns an die in Stuttgart für das Jahr 1868 aufgenommene, welche in den Württ. naturwiss. Jahreshften* von Hrn. Prof. v. Zech mitgetheilt werden, halten. Der Wechsel von Heiterkeit und Trübung ist übrigens in mittleren europäischen Breiten nirgends auffallend verschieden.

„Ein Blick auf die Tafel,“ sagt Prof. v. Zech, „genügt, um die ganz heiteren Tage herauszufinden und stellen sich die steilen Curven als das Bild derselben dar; sowie aber der Himmel sich bewölkt, so wird, bei steigender Temperatur, das Steigen schwächer und geht sogar in Fallen über; eine ganz gleichmässige Bewölkung, sei es durch Nebel, anhaltenden Regen (Landregen) charakterisirt sich durch ganz abgeflachte Curven, da die Einwirkung der Strahlung aufhört. Tage mit wechselndem Sonnenschein und Regen (Aprilwetter) bringen die unregelmässigsten Curven hervor.“

Diese Tafeln lassen sich nach verschiedenen Seiten betrachten, um den Einfluss der Bewölkung auf den Gang der Temperatur zu beobachten. Die steilste Tagescurve des Jahrs bei ganz heiterm Himmel findet sich am 3. Mai mit 15° C., die flachste bei sehr trübem Himmel am 11. November mit kaum $0,5^{\circ}$ C. Die Schwankung bewegte sich somit im Laufe des Jahrs innerhalb der Gränze von $14^{\circ},50$ C.; der Mittelwerth ist $7^{\circ},25$ C. Da jedoch einzelne Tage weniger bezeichnend sind, als längere Perioden, so sind auch solche Zeiträume in Betracht zu ziehen, welche einen ausgezeichneten Character, sei es nun der Trübung oder der Heiterkeit, besitzen. Als eine hervorragend heitere Periode tritt die Zeit vom 4.—12. September hervor mit Curven, welche im Durchschnitt aller neun Tage $13^{\circ},5$ C. erreichen. Eine Periode von entgegengesetztem Character, deren Trübheit sich in den flachen Curven ausdrückt, bestand vom 7.—12. November. Dieselben bewegen sich zwischen $2^{\circ},5$ C. und $0^{\circ},5$ C.; der Durchschnitt der 6 Tage beträgt nur $1^{\circ},5$ C. Die Schwankungsamplitude zwischen diesen beiden extremen Perioden beträgt somit

* Jahrgang 1869 S. 101.

12° C. Das Mittel daraus sind 6° C. Nimmt man wieder das Mittel zwischen dem Mittelwerth der extremsten Tage (7°,25 C.) und der extremen Perioden (6° C.), so ergibt sich aus ihnen als mittlere Jahresamplitude der durch den Einfluss der heutigen Bewölkungsverhältnisse in mittleren Breiten hervorgerufenen Temperaturschwankungen die Mittelzahl von 6°,62 C.

Eine ganz ähnliche Ziffer erhält man auch, wenn das Mittel aus dem trübsten Monat (Januar mit Curven von durchschnittlich 4° C.) und dem heitersten Monat (September mit Curven von durchschnittlich 9°,80 C.) genommen wird. Das Mittel der Curven von sämmtlichen 365 Tagen des Jahrgangs 1868 ergibt ebenfalls einen Mittelwerth von 6°—7° C. Die Annahme des mittleren Werths der Schwankungsamplitude der Temperatur durch den Einfluss der heutigen Bewölkungsverhältnisse in mittleren europäischen Breiten (Stuttgart liegt unter 48° 47' nördlicher Breite) mit rund 6¹/₂° C. ist somit nicht eine willkürliche, sondern ein Ergebniss der thermographischen Aufzeichnungen. Befände sich in mittleren Breiten irgend eine Localität, die das ganze Jahr hindurch lauter heitere Tage und Nächte genießt (wie in der Septemberperiode und am 3. Mai 1868), so würde der Thermograph daselbst lauter steile Curven mit c. 13° C. verzeichnen; befände sich aber in mittleren Breiten irgend wo ein Punkt, der das ganze Jahr sehr trübe Tage und Nächte (wie die Novemberperiode und der 11. November 1868) aufweist, so würden Curven entstehen, welche im Mittel nur 1°,5 C. umfassen. Bei unsern wechselvollen Bewölkungsverhältnissen zeichnet der Thermograph sehr verschiedene Curven, die sich aber auf einen jährlichen Durchschnittswerth von 6¹/₂ C. über dem Niveau der trübsten Tage und Perioden und ebensoviel unter den heitersten Zeiten und Tagen der Gegenwart reduciren lassen.

Wir nehmen nun ferner an, dass die constante Bewölkung der alten Erdperioden eine so intensive gewesen sei, dass dieselbe nur eine Schwankungsamplitude wie in der Novemberperiode 1868 zuliess, im Betrag von 1°,5 C. Eine solche Annahme liegt nicht nur ganz innerhalb des Bereichs der Möglichkeit, sofern

solche Perioden auch heutzutage noch thatsächlich vorkommen, sondern ist auch an sich wahrscheinlich. Es kann kein Zweifel bestehen, dass die ausgleichende Wirkung der Bewölkung in den alten Perioden der Erde das Mittel der Schwankungen der heutigen Aera bedeutend übertroffen haben musste. Um einen annähernd adäquaten Betrag hiefür zu finden, darf man nicht blos, sondern muss man auf die am stärksten bewölkten Perioden der heutigen Aera zurückgreifen, die sich in der That im Laufe eines Jahrs als kürzere Perioden noch vorfinden. Wir beziehen uns auf die Gründe, die in Art. 2 über die Bewölkungsverhältnisse der alten Erdperioden überhaupt beigebracht wurden.

Durch den Einfluss einer solchen intensiven Bewölkung wird, gegenüber der gegenwärtigen Erdperiode, in mittleren geographischen Breiten zunächst die Jahresamplitude der Temperaturcurven eingeengt, und zwar um den Betrag von $6\frac{1}{2}^{\circ}$ C., wie oben näher begründet wurde.

Diese Einengung der Schwankungen stellt aber nicht blos eine einfache Verminderung der Schwankungsamplitude dar, sondern, wegen der oceanischen Beschaffenheit der alten Erdperioden, zugleich eine Ausgleichung zu Gunsten der Wärme.

Im vorhergehenden Artikel wurde die Begründung für diese Auffassung gegeben. Dass ferner diese Ziffer nur für mittlere Breiten eine unmittelbare Anwendung findet, für die hohen Breiten aber höher, für die niedrigen Breiten niedriger sich gestaltet, ganz in Uebereinstimmung und Proportion mit der Zunahme und Abnahme bei dem reinen Seeclima der Gegenwart (Tabelle I), darüber ist der Nachweis gegeben im Artikel 1 und 2.

Ein ganz genauer Ausdruck für den Werth der Temperaturausgleichung ist hiemit allerdings noch nicht erreicht; nur die Vergleichung einer ganzen Reihe von thermographischen Tabellen aus verschiedenen Jahrgängen und Orten könnte zu einem ganz unanfechtbaren Resultat führen. Doch ist nicht zu zweifeln, dass, trotz aller Schwankungen, die Mittelwerthe, um die es sich allein handeln kann, keineswegs weit von einander sich entfernen werden. Eine genauere Feststellung des Werthes der Ausgleichung der Temperatur durch Bewölkung liegt nach dem

angegebenen Verfahren nicht bloß im Bereich der Möglichkeit, sondern ist auch recht wünschenswerth. Vorerst wird jedoch die gefundene Ziffer genügen; dieselbe hat immerhin eine weitaus mehr positive Bedeutung, als auf dem Weg einer willkürlichen Annahme und Schätzung zu erreichen wäre.

Die Bedeutung der gefundenen Ziffer tritt aber erst dann ganz hervor, wenn dieselbe mit jener Ziffer zusammengehalten wird, welche in Tabelle I als Wärmezuwachs durch das reine Seeclima der Gegenwart gegenüber dem Normalclima aufgeführt ist. Dort ist angegeben, dass durch das reine oceanische Clima an sich, ohne Beachtung der Bewölkungsverhältnisse oder vielmehr bei Annahme der heutigen Zustände derselben, die Temperatur bei dem 50° n. Br., um 5⁰,38 R. = 6⁰,72 C. erhöht wird. Durch die ausgleichend-erwärmende Wirkung der constanten Bewölkung kommt ein weiterer Betrag hinzu, der sich für Stuttgart (das unter 48° 47' n. Br. liegt, somit von dem fünfzigsten Breitegrade so wenig abliegt, dass der Unterschied nicht als ein wesentlicher erscheint) auf c. 6¹/₂⁰ C. belauft. Das will soviel sagen: Durch die angenommene constante Bewölkung des Himmels der Urzeit wird die Ausgleichung und Erwärmung, die durch das reine Seeclima gegenüber dem Normalclima hervorgerufen wird, je in den verschiedenen Breiten noch um ungefähr ihren eigenen Betrag vermehrt.

Es lässt sich deshalb die Tabelle II entwerfen und unter Vergleichung der Tabelle I der entsprechende Werth der Temperatur der alten geologischen Perioden für die verschiedenen Breitegrade einsetzen. Dabei ist nur zu bemerken:

1) Dass bei der geringen Differenz der Werthe, die sich einerseits für den Wärmezuwachs durch das reine Seeclima (6¹/₂⁰ C.) und durch den Schutz der Bewölkung (6⁰,72 C.) ergeben haben, dieselben um der Einfachheit willen geradezu gleich gesetzt werden.

2) Mag es gestattet sein, in der letzten Colonne der Tabelle II (Addition der Wärme des oceanischen Climas und des bewölkten Himmels) zuzurunden, theils aufzurunden, theils abzurunden und die runde Summe mit circa zu bezeichnen. Niemand

wird die Temperaturziffern bis auf Dezimalen hinaus mit Bestimmtheit angeben wollen. Schon der Berechnung der Temperatur des Normalclimas und des reinen Seeclimas kleben Unvollkommenheiten an, die unvermeidlich sind. Aus diesem Gesichtspunkte ist ohne Zweifel auch die Unzuträglichkeit zu erklären, dass z. B. die Addition der Ziffern unter dem 80° und 90° Breitengrad eine etwas höhere Temperatur ergeben würde, als die unter dem 60° und 70° der Breite.

3) Unter dem Tropengürtel, also ungefähr vom 20° an (da die Eintheilung nach Decaden getroffen ist), wird für Bewölkung überhaupt kein Werth beigefügt, da nach Voraussetzung die Bewölkungsverhältnisse der Gegenwart und Urzeit innerhalb der Tropen sich gleich geblieben sind. Man ersieht jedoch, dass diese Werthe an sich sehr gering ausfallen würden.

4) Darf die Temperatur des dominirenden Oceans auch auf die damals bestehenden Räume des Festlandes ausgedehnt werden, da dieselben weder von bedeutender Grösse noch von bedeutender Erhebung über dem Meeresspiegel waren.

Tabelle II.

1. Breite- grade.	2. Temperatur des reinen Seeclimas der Gegenwart nach Sartorius.	3. Zuwachs der Wärme durch Bewölkung (cf. Tab. I Col. 4).	4. Addition von 2 und 3, Clima der alten geologischen Perioden.
90	+ 0 ^o ,84 R.	+ 14 ^o ,04 R.	circa + 14 ^o R.
80	+ 1 ^o ,49	+ 12 ^o ,60	+ 14 ^o
70	+ 3 ^o ,36	+ 10 ^o ,46	+ 14 ^o
60	+ 6 ^o ,20	+ 7 ^o ,00	+ 14 ^o
50	+ 9 ^o ,68	+ 5 ^o ,38	+ 15 ^o
40	+ 13 ^o ,33	+ 2 ^o ,43	+ 16 ^o
30	+ 16 ^o ,70	— 0 ^o ,10	+ 17 ^o
20	+ 19 ^o ,34	—	+ 19 ^o
10	+ 20 ^o ,39	—	+ 20 ^o
0	+ 21 ^o ,14	—	+ 21 ^o

5. Artikel.

Möglichkeit einer weiteren Steigerung der Wärme.

Der Ertrag von 14° R. für die hohen und höchsten Breiten möchte ganz genügen, um die Existenz von Baumfarren und andern Gewächsen daselbst zu begreifen. Dieselben verlangen mehr ein sehr gleichförmiges als ein sehr warmes Clima, wie das Vorkommen derselben besonders in Neuseeland beweist. Aber es ist nicht in Abrede zu ziehen, dass die in der Silurzeit und überhaupt in den ältesten Perioden vorkommenden riffbauenden Corallen bis hinauf in das Grinell-Land bei fast 83° n. Br. (cf. Heer: Polarflora V. S. 18) eine etwas höhere Temperatur beanspruchen. Es handelt sich desshalb darum, ob die bisher gefundenen Ziffern sich nicht für die alten Perioden noch um einige Grade steigern lassen. Ein ganz nahe liegendes Auskunftsmittel ist hier der Beitrag der innern Erdwärme, der in der That für die alten Perioden der Erde nicht wird ganz beseitigt werden dürfen.

Sartorius von Waltershausen berechnet (l. c. S. 155) den Zuschuss der innern Erdwärme für die silurische Zeit auf $3^{\circ},200$ R.; für die devonische auf $2^{\circ},190$ R. und für die Steinkohlenformation auf $1^{\circ},242$ R.; somit im Durchschnitt auf c. 2° R.

Wenn jedoch die Ziffern betrachtet werden, die derselbe für die Mächtigkeit der Formationen zu Grund legt*, so möchte man fast glauben, dass Sartorius einen thunlichst geringen Werth derselben unterlegt habe und es wäre somit möglich, dass selbst diese bescheidenen Ziffern immerhin noch etwas zu hoch gegriffen wären.

Ein anderes Hilfsmittel, um die Ziffer des Wärmebetrags noch zu steigern, ist die Annahme einer voluminöseren, daher auch schwereren und dichteren luftförmigen Hülle des Planeten (die mit der Bewölkung nicht zu verwechseln ist), in den alten Perioden. Wenn man bedenkt, wie gross die Masse der Kohlensäure und des Kohlenstoffes ist, die in den Schichten der Erde niedergelegt sind, so kann man nicht umhin einen grösseren

* l. c. S. 154; andererseits wären zu vergleichen die Angaben bei Heer: Urwelt 2. Auflage. S. 646.

Gehalt von Kohlensäure in der Luft während den alten Perioden anzuerkennen. Wenn die Atmosphäre durch ein grösseres Quantum beigemengter Kohlensäure höher und schwerer war als heutzutage, so war sie auch in jenen Schichten, welche der Erdoberfläche zunächst sich befanden, einer intensiveren Erwärmung fähig. Man braucht sich die Quantität der Kohlensäure durchaus nicht allzu gross zu denken, um auf solche Weise wenigstens noch um ein paar Grade die Temperatur der alten Perioden zu steigern. Es mag jedoch hier ein gewisser Spielraum offen behalten bleiben, um so mehr als das Wärmebedürfniss der Thiere und Pflanzen der ältesten Aera doch nur im Allgemeinen, aber nicht mit irgend welcher Genauigkeit geschätzt werden kann. Immerhin sieht man die Möglichkeit, die Temperatur der Urzeiten, ohne dass eine bestimmte Endziffer festgesetzt wird, soweit zu steigern, dass selbst innerhalb des Polarkreises die Corallen ihre Existenzbedingungen finden konnten.

Allein wir erklären ausdrücklich, dass wir die beiden oben angeführten Gesichtspunkte nur insoweit herbeiziehen, als dieselben dienlich sind, den Wärmebetrag um einige Grade zu steigern. Principiell, d. h. zur selbstständigen Erklärung der climatischen Verhältnisse der Urzeiten sind dieselben völlig unbrauchbar. Abgesehen davon, dass es durchaus nicht angeht, die innere Erdwärme oder die Dichtigkeit der Atmosphäre nach Belieben bis zu den höchsten Beträgen zu steigern, so sind diese beiden Hypothesen ihrer Natur nach nicht geeignet, den thatsächlichen climatischen Character der Urzeiten zu erklären. Man sieht ohne weiteren Beweis ein, dass die innere Erdwärme und die schwerern Atmosphären in allen Breitengraden die gleiche Wirkung haben. Würde aber durch die innere Erdwärme beispielsweise die Temperatur der Pole um 20° R. erhöht werden können, so würde auch die Temperatur der Tropen und überhaupt aller Breiten durch die nämliche Ursache um den gleichen Betrag erhöht. Aber es verbliebe immerhin jene Ungleichförmigkeit bestehen, welche in verschiedenen geographischen Breiten durch die Sonnenstrahlen hervorgerufen wird. Die Temperatur sowohl des Aequators, als auch der Pole, überhaupt

aller Breitengrade, würde zwar um 20° erhöht, aber hiedurch würde keine Gleichförmigkeit des Klimas hergestellt, was doch eine ganz charakteristische Eigenschaft der alten Erdperioden ist. Wenn man Gleiches zu Ungleichem addirt, so kommt wieder Ungleiches heraus. Dasselbe ist zu sagen von der schwereren Atmosphäre; die Ungleichförmigkeit der Temperatur, die in verschiedenen Breiten durch die Sonne hervorgerufen wird, bliebe vor wie nach ungemindert bestehen, nur würde die Wärme überall um einige Grade, oder, wenn man will, viele Grade gesteigert. Um aber das auffallend gleichförmige Klima der alten Perioden, in welchem die zonenweisen Unterschiede verwischt sind, zu erklären, bedarf man eines Factors, der im Stande ist, die Wirkung der in höhern Breiten immer schiefer auffallenden und deshalb immer schwächer wirkenden Sonnenstrahlen bis auf einen gewissen Grad zu ergänzen und sich so zu sagen an ihre Stelle zu setzen. Ein solches physikalisches Agens ist das Wasser des Oceans und man darf sagen nur dieses. Dasselbe erwärmt sich unter den Tropen und ist nun durch seine hohe spezifische Wärme im Stande, seine Temperatur mit ansehnlicher Zähigkeit zu bewahren und somit der Oberfläche der Erde auch in hohen Breiten eine Wärme zu verschaffen, welche den Abmangel der Sonnenwärme ergänzt, um so mehr, je vollständiger der Ocean selbst in höheren Breiten vor Ausstrahlung durch Bewölkung geschützt ist.

Auch die meisten andern Hypothesen scheitern vorzüglich an der nämlichen Klippe. Die Annahme, dass das gesammte Sonnensystem zu verschiedenen Zeiten durch verschieden warme Regionen des Weltraums sich bewege, leidet an dem gleichen Missstand. Diese, die ganze Oberfläche des Planeten beschlagende periodisch wärmere oder kältere Temperatur addirt sich zu jener Temperatur, welche durch die Sonnenbescheinung in den verschiedenen Zonen sehr verschieden sich gestaltet; aber eben deshalb vermag sie die Ungleichförmigkeit nicht zu beseitigen. Es beständen in dem angenommenen Falle zwei Wärmequellen, wovon die eine (Weltraum) zu verschiedenen Zeiten verschiedene Temperaturen mittheilt, die jedoch zur gleichen Zeit für die

ganze Oberfläche gleich bleibt. Die andere aber (Sonne) ruft jeder Zeit ungleichförmige Temperaturen auf der Erdoberfläche hervor. Durch den Hinzutritt dieser letzteren Wärmequelle wird die Gleichmässigkeit der ersteren wieder aufgehoben. Nicht minder ergibt sich die Unzureichenheit der schon an sich sehr gewagten Annahme einer Veränderung in der Stellung der Erdachse. Würde man auch zugestehen können, dass vor alten Zeiten der Aequator in der Nähe von Spitzbergen verlaufen sei, und damit die dortige Fauna und Flora der Steinkohlenzeit erklären, so müsste doch nothwendig irgendwo zu jener Zeit auch eine gemässigte und kalte Zone bestanden haben. Aber hievon wissen die Paläontologen nichts. Selbst die um mehr als 30 Erdgrade von dort entfernten Steinkohlenschichten in Deutschland etc., sind in sehr vielen Arten übereinstimmend und der gesammte Typus der organischen Wesen identisch. Die Theorie ferner, welche die Schwankungen und Ortsveränderungen des Perihels und Aphels zu ihrer Grundlage nimmt, ist nicht bloß nicht geeignet eine grössere Gleichförmigkeit des tellurischen Klimas zu motiviren, sondern führt zu noch grösseren Ungleichförmigkeiten. Diese Theorie wurde in der That auch hauptsächlich ausgebildet, um die Contraste der Temperatur zwischen Molassezeit und Eiszeit zu erklären.

Nur die, hauptsächlich von Lyell vertretene, Ansicht einer andern Vertheilung von Land und Wasser vermag eine annähernd gleichförmigere Temperatur zu begründen. Allein sie öffnet offenbar der Willkür einen sehr weiten Spielraum und schliesslich ist dieselbe doch ausser Stand eine noch grössere Gleichförmigkeit zu produciren, als sie das reine Seeclima der Gegenwart (Sartorius) darbietet. Offenbar besteht die höchst mögliche Stufe der Gleichförmigkeit, die auf diesem Wege angestrebt und erreicht werden kann, darin, dass das feste Land, als die unzweifelhafte Ursache der excessiven Temperaturen, nicht bloß anders vertheilt, sondern überhaupt eliminirt wird. Man sieht aber aus Tabelle I, dass selbst eine solche Temperatur, sowohl was den Grad der Wärme als auch der Gleichförmigkeit anbelangt, weit hinter den Anforderungen der Paläontologen zurückbleibt.

Die Auffassung aber, welche vorzuführen und zu begründen in Obigem gesucht wurde, empfiehlt sich dadurch, dass sie einerseits die Erklärung einer hohen Temperatur in den hohen Breiten an die Hand gibt, und auch andererseits zugleich die sehr grosse Gleichförmigkeit des Climas in den verschiedensten Breiten erklärt. Nachdem eine solche Grundlage gewonnen ist, leistet die Annahme eines bescheidenen Wärmezuschusses durch die innere Erdwärme und durch eine schwerere Atmosphäre gute Dienste, weil man derselben nur soweit bedarf, um die Temperatur noch um einige Grade über alle Breiten hin zu erhöhen. Wenn somit beispielsweise in den höchsten Breiten statt einer Temperatur von 14° R. eine solche von 17° R. gewonnen wird; oder in mittleren Breiten statt $15^{\circ},50$ R. der Betrag auf $18^{\circ},50$ R. und unter den Tropen statt 20° R. auf 23° R. sich steigert, so wird hiedurch den Anforderungen der Paläontologen nur um so besser entsprochen und die Gleichförmigkeit des Climas hiedurch keineswegs alterirt.

Dass dieser Zuwachs an Wärme nur für die alten geologischen Perioden in Betracht und Geltung komme, ergibt sich aus einer einfachen Betrachtung.

Mit zunehmender Dicke der festen Erdrinde in den jüngeren Perioden schwächt sich die Wirkung der innern Erdwärme von selbst bis zur völligen Unbedeutendheit ab. In den jüngeren Perioden fällt sodann auch die Wirkung der schwereren Atmosphäre weg, weil die ehemals der Luft beigemischte Kohlensäure durch die später entstandenen Schichten gebunden wurde.

Bei der grossen Gleichförmigkeit der Temperatur in allen Zonen mussten auch die Schwankungen derselben in den verschiedenen Jahreszeiten ganz in den Hintergrund treten. Nicht so fast der Stand der Sonne ist es, der das Clima der alten Perioden in den mittlern und höhern Breiten beherrschte, sondern die Anwesenheit und Temperatur der in ungeschwächter Kraft wirkenden Gewässer des Oceans. Die warmen Wasser desselben, durch eine constante Wolkenhülle vor den Wirkungen der Ausstrahlung geschützt, verliehen der ganzen Erdoberfläche ein ebenso warmes als gleichförmiges Clima. Innere Erdwärme und dichtere

Atmosphäre wirkten ihrerseits, jedoch nur als untergeordnete Factoren, in der gleichen Richtung mit, sofern sie die Wärme um einige Grade steigerten, ohne dadurch an der Gleichförmigkeit des Climas etwas zu ändern.

6. Artikel.

Rückblick auf die climatischen Verhältnisse der alten geologischen Perioden.

Das reine Seeclima der Gegenwart trägt, gegenüber dem Normalclima der gegenwärtigen Erdperiode nicht bloß einzelne deutliche Züge einer Aehnlichkeit mit dem Clima der alten geologischen Perioden an sich, sondern der gesammte Character beider trifft in überraschender Weise zusammen. Beide stimmen typisch zusammen in der grössern Gleichförmigkeit, in der grössern Wärme und besonders in der eigenthümlichen Vertheilung der Wärme. Während unter den Tropen die gleichen oder wenigstens nahezu gleichen Wärmeverhältnisse bestehen, gibt sich sowohl bei dem reinen Seeclima der Gegenwart gegenüber dem Normalclima, wie auch bei dem Clima der alten Perioden in den mittlern und besonders höhern Breiten ein relativ stetig zunehmender* Wärmebetrag zu erkennen, wodurch bei beiden eine beträchtlich grössere Gleichförmigkeit der Temperatur in den verschiedenen Zonen hervorgebracht wird. Sobald man einmal durch tabellarische Gegenüberstellung von dieser gemeinsamen climatischen Physiognomie sich volle Klarheit verschafft hat, so drängt sich die zuversichtliche Hoffnung auf, dass in dem reinen Seeclima die feste Basis und der Schlüssel zu finden seien, von wo aus es gelingen werde, zu dem räthselhaften Clima der alten Perioden aufzusteigen.

Diese Ueberzeugung wird um so lebhafter, da ja in der That während der alten Perioden das oceanische Clima nahezu vollständig im Besitz sich befinden musste. Es handelt sich bloß darum, einen Factor ausfindig zu machen, durch welchen die in

* s. Tabelle I.

dem reinen Seeclima zu Tag tretenden Züge noch verstärkt werden. Durch den Umstand, dass die Wärmeziffern des reinen Seeclimas der Gegenwart dem Grade nach unzureichend sind, um die Erscheinungen der fossilen Organismen der alten Formationen zu begreifen, darf man sich nicht abschrecken lassen, auf diesem Wege voranzugehen und auf dieser soliden Basis fortzubauen.

Das reine Seeclima der Gegenwart ist ja selbst nur eine Abstraction, und zwar eine unvollständige, die sich zunächst nur die Aufgabe stellt, die unmittelbaren sozusagen greifbaren Einflüsse des festen Landes auf die Temperatur der Erdoberfläche zu eliminiren. Letzteres ist allerdings eine sehr wichtige Seite, aber es ist doch nicht der einzige Punkt, wodurch sich das reine Seeclima und das Normalclima unterscheiden. In jenen geologischen Zeiträumen, da das Seeclima nicht eine Abstraction war, sondern in dem thatsächlichen Besitz sich befand, mussten durch seinen gewaltigen Einfluss auch noch anderweitige Wirkungen hervorgerufen werden, namentlich auch auf den Zustand der Atmosphäre. Die trockenen Continente, die heutzutage ungefähr ein Drittel der Erdoberfläche einnehmen, beeinflussen ihrerseits die Beschaffenheit der Atmosphäre, besonders ihren Wassergehalt. Derselbe ist von dem Umfang der verdunstenden nassen Oberfläche abhängig, ist deshalb in der gegenwärtigen Periode kleiner, als in den alten Perioden. Die Anwesenheit grosser trockener Erdtheile bringt sodann durch die trockenen Luftströmungen Wirkungen in der Atmosphäre hervor, die denen des Oceans theilweise geradezu entgegenarbeiten und dieselben zum Theil aufheben. In der Hauptsache wird die Behauptung keinem Anstand unterliegen, dass die continentale oder vielmehr gemischte Beschaffenheit der Oberfläche der Erde auch ähnliche, gemischte Zustände der Atmosphäre hervorrufe, dass wechselvolle und gemischte Zustände der Trübung und Heiterkeit in ihrem Gefolg auftreten. Andererseits ist nicht zu beanstanden, dass eine rein oceanische Beschaffenheit der Erdoberfläche durch ihre eigene Gleichförmigkeit, auch gleichförmige Zustände der Atmosphäre begünstigt, welche aber mehr zu einer

constanten Trübheit, als zur wolkenlosen Heiterkeit des Himmels sich hinneigen mussten.*

Wie man sich nun diese Zustände näher vorstellen soll, das ist Sache der Hypothese; aber die Hypothese hat hier eine Berechtigung, vorausgesetzt, dass dieselbe sich innerhalb der Schranken der physicalischen Möglichkeit bewegt. Willkommen ist, dass aus den astronomischen Beobachtungen an solchen Planeten, welche ohne Zweifel in einem jugendlicheren Stadium ihrer geologischen Entwicklung sich befinden, einige Anhaltspunkte sich ergeben, wie man sich die Zustände unseres Planeten in seinen früheren Perioden vorstellen soll. Ferner ist willkommen, dass auch die Beschaffenheit der Organismen der alten Perioden, der Pflanzen insbesondere, einigen Aufschluss darüber zu geben geeignet sind. Ein sumpfiger Boden, trüber Himmel, beträchtliche Regenmengen, Gleichförmigkeit der Temperatur entsprechen ihren Existenzbedingungen am besten.**

Die Annahme einer constanten Wolkenhülle von den Wendekreisen polwärts ist nun ganz geeignet, solche Dienste zu leisten, dass das oceanische Clima in allen seinen Eigenschaften zu verstärkter Geltung gelangt.*** Die thermographischen Aufzeichnungen sodann geben die Mittel an die Hand, um den Betrag † der Verstärkung wenigstens annähernd zu eruiren. Auf diesem Wege ergeben sich als Mittelzahlen der Temperatur in den alten Perioden für die polaren Gegenden c. + 14° R., für die mittleren Breiten, genauer für den 45. Breitengrad, c. + 15°₅₀ R. und für die Tropen c. + 20° R. (Tabelle II). Hiedurch möchte schon die hauptsächlichste Kluft zwischen dem Clima der Urzeiten und dem der Gegenwart als ausgefüllt betrachtet werden können. Da jedoch ein Zuschuss der innern Erdwärme und eine Temperaturerhöhung durch die grössere Dichtigkeit der Atmosphäre in den alten Erdperioden nicht ganz von der Hand gewiesen werden können, auch einige Organismen der

* Artikel 1.

** Artikel 2.

*** Artikel 3.

† Artikel 4.

alten geologischen Perioden eine noch grössere Wärme verlangen, so lässt sich, mit Vorbehalt eines gewissen Spielraums, eine Steigerung um c. 3° R., somit für die polaren Gegenden eine Temperatur von c. $+ 17^{\circ}$ R., für die mittleren Breiten von c. $+ 18^{\circ},50$ R. und für die Tropen von c. $+ 23^{\circ}$ R.* motiviren. Das ist nun eine Temperaturscala, welche den Anforderungen der Paläontologen an das Clima der Urzeiten entsprechen dürfte, sowohl was den Grad der Wärme anbelangt, als auch in Betreff der Gleichförmigkeit der Temperatur innerhalb der verschiedenen Zonen. — Eine nicht unbeträchtliche Schwierigkeit dürfen wir jedoch nicht mit Stillschweigen übergehen.

Für das Gedeihen der Organismen, der Pflanzen insbesondere, ist nicht bloß ein gewisses Quantum von Wärme erforderlich, sondern auch Licht. Es wurde schon oben darauf hingewiesen, dass Farne und Lycopodien das directe Sonnenlicht leichter entbehren können, dass ihnen schattige Standorte gut zusagen. Allein in den hohen und höchsten Breiten handelt es sich nicht bloß um abgeschwächtes Licht, sondern um die langen Winternächte, in welchen das Tageslicht ganz fehlt. Die Tertiärzeit bietet in dieser Beziehung schon keine grossen Schwierigkeiten mehr dar. Die zur Tertiärzeit in Spitzbergen lebenden Pflanzen hatten nach Heer sämmtlich fallendes Laub; sie waren somit auf einen Stillstand der Vegetation während der Winternacht eingerichtet. Allein das Gleiche kann schon von den Pflanzen der Kreideformation in Grönland und Spitzbergen nicht mehr gesagt werden, so wenig als von den Steinkohlenpflanzen daselbst.

Ob nun die immergrünen Pflanzen dieser Perioden die lange Winternacht ertragen konnten?

Wir beschränken uns darauf, das zu wiederholen, was Heer in seiner Polarflora I S. 73 darüber sagt: „Es ist bekannt, dass in Petersburg zahlreiche Pflanzen südlicher Zonen in Gewächshäusern überwintert werden, welche während langer Zeit sehr wenig Licht erhalten; wie denn auch in unsern Breiten die Ge-

* Artikel 5.

wächshäuser wochenlang wegen der strengen Kälte zugedeckt werden müssen. Allerdings leiden darunter die Pflanzen, diejenigen indessen am wenigsten, welche Winterruhe halten. Eine solche Winterruhe halten alle Pflanzen mit fallendem Laub, aber auch manche wintergrüne Bäume, so die Nadelhölzer und unsere Alpenrosen, welche letztere in den Alpen während mehrerer Monate von einem Schneemantel bedeckt, also dem Licht unzugänglich sind.“

Auch Arago* hebt hervor, dass wegen der Refraction des Lichts der Sonne und weil erst völlige Finsterniss eintritt, wenn die Sonne 18° unter dem Horizont steht, die Polarnächte reducirt werden und bemerkt, dass „in den Polargegenden der Tag nur selten absolut aufhört und die vollständige Nacht von den Beobachtern daselbst fast nicht gekannt ist.“

Das Hinderniss wegen Mangels an Licht darf somit als ein absolutes Hinderniss des Gedeihens der Vegetation in hohen Breiten nicht aufgefasst werden. Ob diese Schwierigkeit durch Annahme der Blandet'schen Hypothese (Mercur-Sonne) besser und ganz beseitigt werde, ist sehr zweifelhaft, wenn für den angenommenen damaligen Zustand der Sonne der Maassstab der Leuchtkraft des Zodiacallichts in Anwendung gebracht werden darf (cf. Einleitung).

Zweiter Abschnitt.

Motivirung der climatischen Verhältnisse der jüngern geologischen Perioden, besonders der Miocänformation.

1. Artikel.

Verhältniss des Tertiärclimas zu dem der vorhergehenden Perioden.

Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, bieten jene geologischen Perioden, welche auf die Steinkohlenformation zunächst folgen, keine hervorragenden Unterschiede der climatischen Verhältnisse gegenüber den vorangegangenen Perioden dar. Die

* Populäre Astronomie IV, S. 486.

Pflanzen und Thiere treten zwar nach und nach vom Schauplatze ab und andere mehr oder weniger nahe stehende Formen treten dafür auf; aber die climatischen Verhältnisse bleiben sich in der Hauptsache gleich, d. h. die zonenweisen Unterschiede treten auch hier noch nicht hervor, obwohl der Character der Pflanzen nach Graf Saporta grössere Wärme und Trockenheit anzeigt.

Es folgt daraus, dass die tellurischen Verhältnisse, nämlich oceanische Beschaffenheit der Erdoberfläche und damit zusammenhängend constante Bewölkung nicht, oder besser, so wenig sich geändert haben, dass die unbedeutenden Aenderungen keinen deutlich wahrnehmbaren Einfluss auf das Clima ausüben konnten. Erst mit der obern Kreideformation tritt, nicht ganz unerwartet, sofern auch der schon in der untern Kreide eine erste Spur (Grönland) sich eingestellt hatte, eine grössere Zahl der dicotyledonen Pflanzen hervor und zugleich damit ein bemerkbarer Unterschied in der Temperatur der verschiedenen Zonen. Aber erst in der tertiären und zwar miocänen Formation sind namhafte climatische Unterschiede nachweisbar und zugleich ist jetzt die Flora und beziehungsweise Fauna den lebenden Gattungen sehr nahe stehend, zum grossen Theil mit denselben identisch, so dass eine Vergleichung mit den climatischen Ansprüchen der Organismen der Jetztwelt sich durchführen lässt.

Unterdessen sind aber auch in den tellurischen Verhältnissen nachweisbar Aenderungen vor sich gegangen, durch welche der gesammte Character der Erdoberfläche ein ganz anderes Gepräge erhalten hat.

Schon zur Zeit der eocänen Formation hat sich ausgebreitetes Land in beiden Halbkugeln gebildet. Zeuge davon sind die zahlreichen Landsäugethiere, hauptsächlich Pachydermen. Dazu lichtliebende Landpflanzen mit der Organisation der Dicotyledonen und Monocotyledonen.

Noch besser gekannt ist die miocäne Formation, die in Europa, Asien und America, unter den Polen, in mittleren Breiten und unter dem Aequator zahlreiche Schichten mit versteinerten Organismen zurückgelassen hat.

Pachydermen sind überall verbreitet, dazu Wiederkäuer und

Nager etc.; auch die Ausbeute fossiler miocäner landbewohnender Pflanzen vermehrt sich gewaltig.

Das sind lauter sprechende Zeugnisse, dass die tellurischen Verhältnisse selbst, gegenüber den alten Perioden, sich beträchtlich geändert haben müssen. Jene fast einförmige Gleichförmigkeit der tellurischen Verhältnisse und damit des Klimas und auch der Organismen, wie sie in den alten Perioden herrschend war, war nicht dazu bestimmt, dass sie immer und zu allen Zeiten bestehen sollte.

Die Anlage zu Veränderungen in all' diesen Beziehungen war von Anfang an vorhanden, nur brauchte es Zeit, bis dieselben sich zur Geltung zu bringen vermochten.

Diese Anlage können wir nach Bronn* als die terripetale Entwicklung der Erde kurz bezeichnen.

Die Bewegung der oceanischen Gewässer griff da und dort die starr gewordene Erdrinde an und schüttete an andern Stellen Sedimente auf. Stellenweise erhob sich Land über den Meeresspiegel, wenn auch nur wenig. Andererseits drangen die Sickerwasser allmählig immer tiefer in die fest gewordene, langsam erkaltende Erdrinde ein, wodurch der Umfang des Meeres verkleinert, der Umfang des Landes aber vergrößert wurden. Ob und inwieweit auch vulcanische Kräfte im gleichen Sinn gewirkt haben, mag eine offene Frage bleiben. Aber die Anfänge des festen Landes waren noch zu schwach, um eine irgend wahrnehmbare Rückwirkung auf die climatischen Zustände auszuüben. Die Zeit musste aber kommen, wenn auch ganz allmählig, da die sporadischen Flecken des Festlandes sich zusammenschlossen und die Continente ins Dasein traten. Sobald aber festes Land in einer Ausdehnung vorhanden war, dass dasselbe den Namen eines Continents verdiente, so konnte dieser Umstand nicht mehr ohne Rückwirkung auf das Clima bleiben.

Die bisherige Gleichförmigkeit musste bis auf einen gewissen Grad aufgehoben werden, wodurch in mittleren und höheren Breiten

* Untersuchungen über die Entwicklungsgesetze 1858. S. 351 und 123.

ein Verlust an Wärme verbunden war. Die grosse Gleichförmigkeit und hohe Wärme der alten geologischen Perioden ist ja, wie zuvor ausgeführt wurde, in erster Reihe durch die physikalischen Eigenschaften des allverbreiteten Wassers bedingt, wenn auch nicht durch sie ganz allein.

Mit dem Erscheinen der Continente traten aber noch andere Erscheinungen auf, welche die Wirkung des festen Landes verstärkten. Die Landwinde, welche zur Ausgleichung des gestörten Gleichgewichts der Lufttemperatur sich erhoben, waren im Stande die Wolkenhülle theilweise aufzusaugen und zeitweise zu zerstören. Ohnehin musste die Wolkenbildung in der tertiären Zeit spärlicher sein als in den alten geologischen Perioden, weil die Continente weniger Wasserdampf lieferten als das Meer, das zuvor ihre Stelle einnahm. Mit der Zerreißung der zuvor constanten Dunst- und Wolkenhülle, wurde nun die Ungleichförmigkeit des Klimas in den verschiedenen Breiten gesteigert; Zustrahlung und Ausstrahlung fingen an ihr Spiel energischer zu treiben.

Ein solcher Zustand der Oberfläche der Erde und des Klimas liegt nach den paläontologischen Untersuchungen zur tertiären Zeit in der That klar vor Augen. Aber einen hohen Grad der Ausbildung haben diese Zustände noch keineswegs erreicht. Die Continente waren vielfach noch durchbrochen von Meeresarmen, wie jede geognostische Karte lehrt, oder auch von grossen Süßwasserseen, von welchen die weitverbreiteten Schildkröten und Krokodile Zeugniß geben; überdiess war das Land niedrig. Heer nimmt die Meereshöhe der Molasselandschaft mit richtigem Tact, wie uns scheint, auf nicht mehr als 250' über dem Meeresspiegel an (cf. *Urwelt* S. 478). In der 2. Auflage der *Urwelt* nimmt er dafür 100 m. Die Flüsse hatten wenig Gefäll, das Flussadernetz war wenig entwickelt. Wir können sagen: in der Tertiärzeit waren in der That Continente vorhanden, aber sie befanden sich noch im Anfangsstadium ihrer Ausbildung. Im Zusammenhang mit diesen Verhältnissen wird man annehmen dürfen und müssen, dass zwar die constante Bewölkung der alten Perioden nicht mehr bestand, aber sie mag immerhin noch um ein beträchtliches Maass stärker gewesen sein als heutzutage. Dank

den Bemühungen der Paläontologen (besonders Heer's) ist man im Stande, von dem Clima der Tertiärzeit (Miocänzeit hauptsächlich) nicht bloß eine allgemeine, immerhin unbestimmte Darlegung zu geben, sondern bestimmte Ziffern aufzuführen, welche ein deutliches, ziemlich scharf umgrenztes Bild desselben erkennen lassen. Schon Bronn hat in seinen Entwicklungsgesetzen S. 198 die climatischen Verhältnisse der Tertiärzeit dargestellt; allein durch die merkwürdige Ausbeute von fossilen Pflanzen in den höchsten Breiten, deren Untersuchung sich Heer* unterzog, haben sich noch viel bestimmtere Resultate ergeben. Hienach berechnet Heer als Minimalbetrag der mittleren Jahrestemperatur zur miocänen Zeit für Spitzbergen (78° n. Br.) $+ 6^{\circ}$ C., für Grönland (72° n. Br.) $+ 9^{\circ}$ C., für Island $+ 9^{\circ}$ C. Das sind jedoch nur Minimalbeträge** und Graf Saporta betont, dass die Temperaturen in Wirklichkeit höher gewesen sein werden. Wir werden deshalb nicht weit fehlgreifen, wenn wir statt der angegebenen Grade nach Centesimaleintheilung, dieselben als nach Réaumur'scher Eintheilung aufgestellt betrachten.

Für die Schweiz (47° n. Br.) berechnet sodann Heer die Temperatur der untern Süßwassermolasse auf $20-21^{\circ}$ C., die der obern auf $18-19^{\circ}$ C., somit im Mittel beider auf $19^{\circ},50$ C. = $15^{\circ},60$ R. Die tropischen Breiten aber (Sumatra, Java, Borneo) weisen, wenn auch das genaue Alter der Formation, aus welcher die Pflanzenreste stammen, noch nicht ganz sicher gestellt ist, auf eine dem recenten Clima entsprechende Temperatur hin, nach den übereinstimmenden Untersuchungen von Heer***, Göppert† und Geayer††. Das climatische Bild der Tertiärzeit, das aus diesen

* Flora fossilis arctica. 5 Bände.

** In der 2. Auflage seiner Urwelt setzt nunmehr auch Heer die Jahrestemperatur der Molassezeit von Spitzbergen auf $+ 9^{\circ}$ C. und die von Grönland auf $+ 8^{\circ}$ C. (cf. S. 657 und 509). Für die miocäne Jahrestemperatur von Grönland setzt Heer daselbst nunmehr $+ 11^{\circ}$ C., was unserer Umänderung in $+ 9^{\circ}$ R. ziemlich gut entspricht (cf. S. 512).

*** Fossile Pflanzen von Sumatra. S. 9.

† Tertiärflora von Java. S. 65.

†† Fossile Pflanzen von Borneo. S. 69.

Ziffern entgegentritt, steht schon ziemlich weit ab von dem Clima der Urzeit; es ist durchaus nicht mehr so gleichförmig wie jenes. Es steht aber noch weiter ab von dem Normalclima der Gegenwart, sofern es doch viel gleichförmiger in den verschiedenen Breitegraden ist, als das heutige. Nur in den Tropen selbst stimmen sowohl das tertiäre Clima, als das Clima der ältesten Perioden, als das Seeclima der Gegenwart, sowie auch das Normalclima bis auf eine überraschend geringe Abweichung hin überein. Relativ am nächsten kommt das Tertiärclima mit dem reinen Seeclima der Gegenwart überein. Allein die Abweichung ist auch hier noch zu gross, wie es andererseits sicher ist, dass zur Tertiärzeit die Erdoberfläche keineswegs mehr eine rein oceanische war. Wir werden wohl die Eigenthümlichkeit dieses Climas am besten verstehen lernen, wenn wir dasselbe so analysiren:

1) Das oceanische Clima der alten Perioden war zur mittleren Tertiärzeit zurückgedrängt, aber noch nicht soweit, dass schon ein Continentalclima im heutigen Sinn hätte Platz greifen können.

2) Auch die constante Bewölkung der alten Perioden wurde unterbrochen, aber nicht in dem hohen Grade wie heutzutage. Durch das Zusammenwirken dieser beiden Umstände wurde ein Clima hervorgerufen, welches zwischen dem sehr gleichförmigen und warmen der alten Perioden und zwischen den ungleichförmigen und abgekühlten der Gegenwart einigermaßen in der Mitte steht, jedoch so, dass es noch mehr zu den Eigenschaften der alten Perioden Annäherung zeigt, als zu denen der Gegenwart. Ein Zuschuss von Wärme durch das Erdinnere ist in diesen jungen Perioden, wenn auch nicht absolut abzulehnen, aber so unbedeutend, dass man von ihm ganz absehen kann. Sobald aber die tellurischen Zustände in der bisherigen Richtung sich noch weiter entwickelten, als ungefähr zur mittelmiocänen Periode geschehen war, so mussten auch die climatischen Differenzen noch schärfer hervortreten.

2. Artikel.

Climatische Zustände gegen Ende der Pliocänzeit.

Während der Pliocänzeit haben die Continente ihre Gestalt und ihren Umfang gewonnen, wie sie in der Gegenwart noch bestehen, wenn auch nicht in allen Einzelheiten, so doch in der Hauptsache. In Folge dieser Aenderung der tellurischen Verhältnisse, treten nun aber auch climatische Abänderungen ein, welche das Ende der Tertiärzeit von ihrem Anfang und ihrer Mitte beträchtlich unterscheiden. Die paläontologischen Untersuchungen über diesen Abschnitt der Tertiärformation sind leider nicht ganz so ergiebig, wenigstens nach dem gegenwärtigen Stand, als über die früheren Abtheilungen. Der Grund mag in der Natur der Sache selbst liegen. Zeiten der Hebung, wie die pliocäne Periode offenbar in hervorragender Weise war, sind weniger geeignet zur Schichtenbildung und zum Einschluss von Organismen in dieselben, als Zeiten der Senkung oder des ruhigen Beharrens. Wo aber Untersuchungen angestellt werden konnten, z. B. in England, lassen sich starke Veränderungen der Temperaturverhältnisse während dieser Zeit daraus abnehmen. Die pliocäne Formation (Crag) daselbst, lässt nach Wood* bei den Meeresmuscheln von Stufe zu Stufe ein Abnehmen jener Arten erkennen, welche einem wärmeren Klima angehören; dagegen ein stetiges Zunehmen jener Arten, die kälteren Gegenden zu eigen sind, so dass zuletzt die Meeresbevölkerung schon am Schlusse der pliocänen Zeit einen Character annimmt, der heutzutage nur in höhern Breiten gefunden wird. Es wurde sogar der Versuch gemacht, Pliocän und Eiszeit geradezu zu identificiren, was jedoch von anderer Seite abgelehnt wurde (cf. Rüttimeyer: Pliocän und Eiszeit). Dagegen wird die von Heer vertretene Ansicht (Urwelt. 2. Auflage, S. 659), dass die Temperatur am Ende der pliocänen Zeit mit jener der Gegenwart gleich zu setzen sei, der Wirklichkeit am meisten entsprechen. Daraus ergibt sich unmittelbar, dass der stärkste relative Absprung der Temperaturerniedrigung zwischen die Miocänzeit und das Ende der Pliocän-

* cf. Lyell: Alter des Menschengeschlechts. S. 162.

zeit fällt. Heer verzeichnet für mittlere Breiten (Schweiz) der obermioocänen Zeit 18⁰,5 C., für das Ende der Pliocänzeit nur noch 9⁰ C., ein Abstand, der grösser ist als je vorher und nachher zwischen zwei zeitlich einander so unmittelbar nahe gerückten Perioden (cf. Urwelt. 2. Auflage, S. 659). Befremden können solche climatische Zustände nicht. Weil sich die tellurischen Verhältnisse während der Pliocänzeit beträchtlich änderten, so mussten auch die climatischen Zustände im Sinne desselben sich beträchtlich abändern; der continentale Character des Klimas konnte und musste jetzt in einer gewissen Schärfe in die Erscheinung treten. Letzterer zeichnet sich aber aus sowohl durch Ungleichförmigkeit der Temperatur in verschiedenen Breiten und in verschiedenen Jahreszeiten, als auch durch einen Rückgang der mittleren Jahreswärme in den mittleren und hohen Breiten, wie das schon in den vorangegangenen Artikeln auseinandergesetzt wurde. Wenn Dove auf S. 25 seiner öfter citirten Schrift bemerkt, dass die Temperatur der Erdoberfläche sich im Allgemeinen bei jeder Vermehrung des festen Arealis vermehrt haben müsse, so ist uns diese Aeusserung unverständlich. Wir verweisen jedoch auf die Angabe der nämlichen Schrift, S. 22, welche ganz richtig sagt: „dass das feste Land in der heissen Zone im Jahresmittel heisser wird, als das Meer, in gemässigten und kalten Zonen aber das Umgekehrte stattfindet.“

Es musste somit das pliocäne Klima nicht bloss von den alten geologischen Perioden stark abweichen, sehr annähernd wie das heutige Klima, sondern auch von dem der anfänglichen und mittleren Tertiärzeit selbst, während welcher der continentale Character erst in seinen Anfängen sich befand. Die Continente, die am Ende der Pliocänzeit vorhanden waren, vermochten sich ihr spezifisches Klima selbst zu schaffen. Das feste und trockene Land ist ein vielmal besserer Wärmeleiter als das Wasser, man nimmt an, fünfmal besser. Dass daraus grössere Ungleichförmigkeit der Temperatur entstehen müsse, leuchtet ein. Sodann sind die trockenen Landwinde jetzt, seitdem die continentale Beschaffenheit der Erdoberfläche noch schärfer hervorgetreten ist, noch weit mehr geeignet, die Wolkenhülle zu zerreißen und

der Ausstrahlung und Zustrahlung freien Pass zu gewähren. Dass aber in mittleren und höheren Breiten der Effect der Ausstrahlung überwiegen musste, lehrt eine einfache Betrachtung. Die Zustrahlung von der Sonne her ist in diesen Breiten schon an sich wegen des schiefen Auffallens der Sonnenstrahlen geschwächt; dagegen hat die Ausstrahlung überall mit keinem schiefen Winkel zu schaffen und kann sich in ungeschwächter Kraft auch in hohen Breiten vollziehen, so dass sich bei dem vorherrschend heitern Himmel des continentalen Climas ein Ueberschuss der Ausstrahlung in höheren Breiten ergeben muss, was gleichbedeutend ist mit einem Deficit an Wärme. Hiezu kommt der climatische Einfluss, der sich aus den Unebenheiten der Erdoberfläche (Gebirgen) ergab, und sich in dieser letzten Zeit der Tertiärformation vorzüglich einstellte. Die Gebirge trugen wesentlich dazu bei, das Clima nicht bloß ungleichförmiger, sondern auch kälter zu machen. Da jedoch dieselben über die Continente hin sehr unregelmässig zerstreut sind und unter sich in Höhe und Ausdehnung sehr bedeutend abweichen, so ist es sehr schwierig, hiefür eine bestimmte Ziffer anzuführen und dieselbe von der Wirkung des continentalen Climas allein (auch ohne Gebirge) auszuschneiden. Es ist um so unthunlicher darauf einzugehen, als die Geographen und Meteorologen, in Würdigung der durch die gebirgigen Erhebungen verursachten Unregelmässigkeiten der Temperaturverhältnisse, eine Reduction auf die Meeresfläche zur Anwendung zu bringen, sich zum Grundsatz gemacht haben. Immerhin sieht man, dass auch in den Unterabtheilungen der Tertiärformation der Satz sich bestätigt, der unserer ganzen Auffassung zu Grunde liegt, dass die climatischen Verhältnisse wesentlich mit der tellurischen Oberflächenbeschaffenheit zusammenhängen.

Sodann ist aber noch ein dritter Umstand zu beachten. Wie das Clima zu Ende der Pliocänzeit dem heutigen Clima in der Hauptsache gleichzusetzen ist, so wird dazumal, wie heutzutage, in mittleren und höheren Breiten der Character der Niederschläge ebenfalls der gleiche gewesen sein; d. h. durch einen guten Theil des Jahres hindurch werden die Niederschläge in der

festen Form des Schnees erfolgt sein. Eine Schneedecke lagerte sich auf weite Räume während des Winters längere oder kürzere Zeit auf der Erde nieder. Für die wärmere Jahreszeit erwuchs nun aber die nächste und unvermeidliche Aufgabe, den Schnee wegzuschmelzen, bevor eine positive Erwärmung erfolgen konnte. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass durch diese Leistung eine Abminderung der mittleren Jahrestemperatur stattfinden musste, sowohl gegenüber den alten Erdperioden, welche diese Erscheinung überhaupt nicht kannten, als auch gegenüber der Molasseperiode, wo dieselbe vielleicht in der Nähe der Pole aber nur auf engem Raum eine schnell vorübergehende Erscheinung gewesen sein konnte.

Die Condensationswärme bei der Krystallirung des Schnees dürfen wir als einen Ersatz für diesen Verlust an Wärme nicht in Anschlag bringen. Eine einfache Betrachtung über die Regionen, in welchen das Schmelzen des Schnees einerseits und das Krystallisiren desselben andererseits stattfindet, wird darüber genügendes Licht verbreiten. Das Abschmelzen der Schneedecke geschieht unmittelbar an der Oberfläche der Erde selbst. Die hierzu erforderliche Wärme wird entnommen jenen Luftschichten und jenen Sonnenstrahlen, welche ohne diese Leistung direct auf die Erhöhung der Temperatur der Erdoberfläche einwirken würden. Die Erstarrung des Schnees aber findet in hohen Regionen der Luft statt, welche mit der Oberfläche der Erde jedenfalls in keinem unmittelbaren directen Contact stehen; die Condensationswärme zerstreut sich im freien Himmelsraum, während die zum Schmelzen des Schnees erforderliche Wärme aus der unmittelbaren Nähe der Erdoberfläche entnommen wird. Dadurch entsteht ein weiterer nicht gering anzuschlagender Verlust an effectiver, den Organismen sonst zu gut kommender Wärme der Erdoberfläche.

Hiemit sind drei Factoren namhaft gemacht, die continentale und die gebirgige Beschaffenheit der Erdoberfläche und dazu die Erscheinung des Schnees, welche zusammenwirkend wohl im Stande waren ein so gewaltiges Resultat hervorzurufen, wie dasselbe in der Abminderung der Temperatur seit der Molassezeit

in mittleren Breiten von $18^{\circ},50$ C. auf 9° C. sich darstellte. In der That wird in keiner andern geologischen Periode ein Zusammentreffen so mannigfacher und energischer Umstände nachgewiesen werden können, welche eine solche Abänderung des zuvor im Besitz befindlichen Klimas zu bewirken im Stande waren. Eine weitere wichtige Frage möchte jedoch die sein: ob nicht die abgeänderten climatischen Verhältnisse nun von sich aus im Stande waren, auf die Umgestaltung der Erdoberfläche zurückzuwirken? Mit andern Worten, ob nicht ein Verhältniss der Wechselwirkung zwischen climatischen und tellurischen Zuständen sich einstellen konnte, und ob dieses Verhältniss sich nicht schon zur pliocänen Zeit selbst geltend gemacht habe?

Wir glauben diese Frage mit Bestimmtheit bejahen zu können; wollen jedoch, um den Gegenstand nicht verwickelt zu machen, die Besprechung desselben aufschieben und späterhin abgesehen behandeln.

Dritter Abschnitt.

Motivirung der climatischen Verhältnisse der Quartärzeit.

Als Erbschaft aus der Tertiärzeit empfing die quartäre Zeitperiode nicht blos die Continente im Gegensatz zu der mehr oder weniger oceanischen Beschaffenheit der früheren Perioden, sondern auch die Gebirge. Diese letztere Seite ist es, welche der quartären Periode ihr spezifisches climatisches Gepräge verleiht, und die deshalb noch näher in Betracht zu ziehen sein wird. Ein ausgedehnter Continent vermag, auch wenn er eine niedrige Lage über dem Meer einnimmt, ein excessives Klima hervorzurufen und, wenn dasselbe sich in hohen Breitengraden befindet, so wird auch das Jahresmittel der Temperatur tief herabgedrückt; aber die Erscheinung der Gletscher wird hiedurch allein noch nicht hervorgerufen.

Sibirien hat nach Middendorf* trotz seiner sehr tiefen jähr-

* Reise in den äussersten Osten und Norden Sibiriens. IV, S. 435.

lichen Durchschnittstemperatur, keinen bleibenden Schnee und keine Gletscher, weil die Sommerwärme im Stande ist, den Schnee wegzuschmelzen. Middendorf äussert sich aber, „dass eine nur unbedeutende Hebung des Taymirlandes um einige hundert Fuss oder auch das Vorhandensein eines einzigen Gipfels in einem Gebirgsstock, der sich um ein paar tausend Fuss erhöbe, hinreichend wäre, um das Land in eine Schneewüste zu verwandeln. Nur ein wenig mehr Seeclima, d. h. nur gedämpfte Sommermonate und einzelne Schneetriften würden übersommern, Kerne hinterlassend, welche, begünstigt durch einen darauf folgenden kalten Sommer, sich grossartig entwickeln und ihrerseits auf das Clima zurückzuwirken vermöchten“ (S. 435).

Die Vorbedingung der Entwicklung der Gletscher, besonders jener grossartigen Gletscher, wie sie in der quartären Zeit erscheinen, sind hienach die Gebirge, auf welchen sich die Massen von Schnee ansammeln können.

Es wurde schon in einer frühern Abhandlung* der Zusammenhang der Gebirge und der Gletscherzeit zu erörtern gesucht und möchten wir uns desshalb hier darauf beschränken können, nur die wichtigsten Gesichtspunkte hervorzuheben.

Die Gebirge erheben sich in Regionen des Luftkreises, in welchen wegen der Düntheit der Luft und ihrer dadurch verminderten Wärmecapacität die Niederschläge, je nach der geographischen Breite, einen grossen Theil des Jahrs in fester Form (Schnee) erfolgen. Die geringe Wärme des kurzen Sommers ist nicht im Stande den Schnee ganz zu bewältigen, es bleibt ein Rest übrig und so bildet sich die Zone des sogenannten ewigen Schnees. Man mag sich nun die Entstehung der Gebirge denken, wie man will, soviel wird sicher sein, dass dieselben anfänglich weniger zerstückelt, mehr in sich geschlossen waren, als heutzutage. Dass die Menge von Thälern, insbesondere von Querthälern, erst nachträglich durch die Erosion und die mit ihr Hand in Hand gehende Verwitterung entstanden sind, aus dem Gebirg herausmodellirt wurden, scheint bei dem heutigen Stand

* Württ. naturwissenschaftliche Jahreshefte. 1875. S. 85.

der Untersuchung kaum mehr zweifelhaft zu sein; wobei jedoch selbstverständlich durchaus nicht ausgeschlossen ist, dass sich die erodirenden Gewässer die vorhandene Terrainbeschaffenheit (Risse und Spalten im Gebirge) möglichst zu Nutzen machten und sich an dieselben anschlossen.

Die Anfänge der Erosion können gleichzeitig mit der Erhebung der Gebirge begonnen haben. Sobald durch die Unebenheiten da und dort das Wasser ein stärkeres Gefäll erlangte, fing dasselbe an, Rinnen in das Gebirge zu graben. Aber diese Rinnen (Thäler) nahmen ihren Anfang am Fusse des Gebirgs und zogen sich langsamer oder rascher von unten nach oben von aussen nach innen. Die Erosion konnte der Hebung nicht vorausseilen und auch nicht ganz gleichen Schritt mit derselben halten, weil das zu erodirende Object (der Berg), nothwendig vorher sein muss, als das Product der Erosion (das Thal). So brach sich die Erosion von dem Fuss und dem äussern Abhang ausgehend, nach oben und nach der Mitte des Gebirgs Bahn mit ungleicher Geschwindigkeit, aber immerhin langsamer als die Hebung. Ist ja heutzutage die Erosion in Gebirg und Hügel-land auch da, wo keine Spur von recenter Hebung vorhanden ist, immer noch in Thätigkeit und lässt sich bei genauer Beobachtung der Fortschritt derselben von Jahr zu Jahr erkennen. Das Wasseradernetz fährt immer noch fort sich auszubilden und neue Thäler und Thälchen untergeordneten Rangs in diagonalen oder rechtwinkliger Richtung auf das Hauptthal zu bilden. Das langsamere oder raschere Fortschreiten der Erosion durch die fliessenden Wasser, womit die Verwitterung Hand in Hand geht, hängt von verschiedenen Umständen ab, besonders von der Beschaffenheit der Schichten und Schichtenstellung.

Selbst in dem leicht möglichen Falle, dass alte, d. h. vorangegangenen Erdperioden, oder auch einem früheren Abschnitt der gleichen Periode angehörige Thalwege, durch eine spätere Hebung mit emporgehoben wurden, werden sich die Verhältnisse der Erosion zur Hebung nicht wesentlich ändern. Sobald nämlich der alte Thalboden von der Hebung mitergriffen wurde, veränderten sich die Terrainverhältnisse so, dass derselbe nicht mehr

die Functionen als Thalweg verrichten konnte. Der alte Thalweg war als solcher ausser Cours gesetzt und musste warten, ob und wann und wie weit bei den veränderten Terrainverhältnissen der Fortgang der Erosion ihn ergriff oder bei Seite liegen liess.

Aus all' diesem folgt, dass auf den inneren Zügen jener Gebirge, welche die Grenze des ewigen Schnees erreichten, die im Lauf der Jahre niedergehenden Schneemassen sich eine Zeit lang ansammeln mussten. Es bedarf kaum einer Rechnung, um zu zeigen, dass in Zeiträumen, welche in geologischem Sinne sehr klein sind, schon in einigen Jahrhunderten, sich gewaltige Schneemassen angesammelt haben mussten. Erst, wenn die der Hebung nachfolgende Erosion tiefer und tiefer ihre Querthäler eingefurcht hatte und gegen die inneren Gebirgszüge vorgerückt war, trat die Möglichkeit einer Abfuhr der Schneemassen durch die Querthäler ein. Sie flossen nun ab als Gletscher und die sämtlichen alten grossen Gletscher der Alpen flossen nur durch Querthäler ab.

Ob die Gletscher selbst direct zur Ausfurchung und Ausweitung der Thäler kräftig mitgewirkt haben, ist nach den Beobachtungen der alpinen Geologen zweifelhaft. Aber ihre indirecte diessbezügliche Wirkung ist sicher sehr hoch anzuschlagen. Dieselben schafften den Gebirgsschutt weg und führten ihn weit fort in Gegenden ausserhalb des Gebirgs. Dadurch wurde für die Verwitterung immer neues Feld hergestellt, während ohne sie, durch die Schutthalden, die Thalwände vor tiefer gehender Verwitterung geschützt worden wären. Dass diese Thätigkeit der Gletscher schwer ins Gewicht fällt, wird alsbald klar, wenn man die ausgedehnten, mehrere hundert Fuss mächtigen Schuttmassen betrachtet, welche die alten Gletscher über ganze Landstrecken, über hunderte von Quadratmeilen hin transportirt haben.

Die Gletscher flossen durch die Querthäler in die Niederungen herab; aber die Wärme der Niederung war offenbar nicht im Stande dieses seit vielleicht einigen Jahrhunderten angesammelte Material alsbald zu bewältigen und zu schmelzen. Sie breiteten sich am Fuss des Gebirgs in der Ebene fächerförmig aus. Die bisher

in der Ebene lebende Fauna und Flora wurde verdrängt und climatische Zustände hervorgerufen, auch in der Ebene, die durch Fernwirkung auf benachbarte Mittelgebirge auf so kräftige Weise sich äussern konnte, dass auch auf diesen eine Linie des ewigen Schnees und Gletscherbildung ins Leben treten konnte. In dem Fall aber, dass die Gletscher sich in das Meer ergossen, strandeten die Eisberge in vielleicht erst grosser Entfernung, überall die climatischen Zustände verschlimmernd. So war es möglich, dass weithin in Gegenden, die ihrer Lage nach zuvor eines vielleicht schon mehr oder weniger continentalen, aber immerhin gemässigten Klimas, theilhaftig waren, eine Umänderung der climatischen Verhältnisse sich vollzog, die man mit Recht mit dem Namen der Eiszeit belegte.

Viele Geologen sehen sich aus Gründen der Lagerung und der eingeschlossenen organischen Reste veranlasst, eine doppelte Eiszeit, unterbrochen durch eine interglaciale Periode (Utnach) anzunehmen. Für Norddeutschland wird neuestens (A. Penk*) eine wenigstens dreimalige Wiederholung und Unterbrechung verlangt.

Es kann sich blos fragen, ob diese Erscheinungen unter dem Gesichtspunkt einer selbstständigen geologischen Unterabtheilung aufgefasst werden dürfen und müssen, oder aber unter dem Gesichtspunkt von Schwankungen in der Abwicklung des Prozesses, welcher in seinen hauptsächlichsten Zügen dargestellt wurde. Unsere Auffassung legt den letzteren Gesichtspunkt näher. Die Entstehung der Gebirge, sei es durch Faltung oder durch irgend eine andere Ursache, war nicht Sache eines Moments, trat auch sicher nicht ausschliesslich nur in einer einzigen Periode ein, obwohl dem Ende der tertiären Zeit eine hervorragende Bedeutung zufällt; sie mag in manchen Gegenden der Erde schon früher angefangen haben und setzte sich jedenfalls durch die quartäre Zeit hindurch noch fort.

Bedeutende Niveauschwankungen in England und Amerika

* Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1879. III. Band, S. 117.

während der quartären Zeit legen davon bestimmte Zeugnisse ab. Durch die fortgesetzte Faltung oder Hebung wurden nun bald da bald dort die schon eröffneten Wege zur Abfuhr des Schnees oder zum Abfluss der Gletscher verstopft. Die weitere Abfuhr gerieth vielleicht auf längere Zeit ins Stocken, oder traten Senkungen selbst unter den Spiegel des Meeres ein. In der Zwischenzeit konnte nun da und dort ein gelinderes Clima sich geltend machen, weil die Ursache der Verschlechterung des Klimas, mehr oder weniger vollständig, auf kürzere oder längere Zeit beseitigt, wenigstens in die Ferne gerückt war.

Sobald aber durch die Erosion wieder neue Bahnen gebrochen waren, so begann auch wieder der Prozess der Entladung der indessen im Gebirge wiederholt angesammelten Schneemassen mit all' seinen begleitenden Erscheinungen.

Wollte man aber den durch Beobachtung an mehreren Orten (cf. Heer: *Urwelt*. 2. Auflage, S. 574) nachgewiesenen Temperaturschwankungen innerhalb der Quartärzeit die Bedeutung einer allgemein verbreiteten geologischen Unterabtheilung zuerkennen, so würde man dadurch auf einen ganz andern principiellen Standpunkt hingedrängt; auf jenen Standpunkt, der eine fortlaufende Reihe abwechselnd warmer und kalter Perioden durch die ganze Zeit der Entwicklung der Erde hindurch fordert (Croll). Da jedoch die paläontologischen Untersuchungen hiemit keineswegs im Einklang stehen (cf. Heer: *Urwelt*. 2. Auflage, S. 668), so wird es misslich sein, auf diese Auffassung sich einzulassen, so lange noch die Möglichkeit einer anderweitigen Erklärung besteht.

Es ist hier nicht der Ort, specielle Beobachtungen über Lagerungsverhältnisse anzuführen. Aber wir könnten solche aus dem Nordrand des Rheinthalgletschers (bei Biberach) namhaft machen, woselbst in einer rasch aufeinander folgenden Reihe von Aufschlüssen ganz bedeutende Abweichungen in den Lagerungsverhältnissen vorhanden sind, die unseres Erachtens nicht anders, denn als locale Abänderungen aufgefasst werden können. Einige Punkte haben wir in diesen Jahresheften 1874, Seite 68, namhaft gemacht. Aber auch die Untersuchungen der Schweizer

Geologen selbst, welche innerhalb des Molassegebiets der Schweiz Reihen von hintereinander liegenden Endmoränen nachgewiesen haben*, sind ganz geeignet den Beweis zu liefern, dass der Rückzug des Gletschers mehrfachen localen Schwankungen unterlag. An solchen Stellen und zu solchen Zeiten, wo die Endmoränen sich anhäuften, erlitt derselbe offenbar Verzögerungen, die sich oft wiederholten. Noch mehr mögen Stillstände stattgefunden haben beim Vordringen der Gletscher, da gerade hier oft die bedeutendsten Terrainschwierigkeiten zu überwinden waren, die dem Vordringen derselben recht lang dauernde Hindernisse in den Weg gelegt haben mögen.

Die charakteristischen Erscheinungen der Eiszeit sind somit nach dieser Auffassung zunächst an bestimmte, oft verwickelte, locale Bedingungen gebunden; sie sind eine Folgeerscheinung der ursprünglichen Beschaffenheit des Gebirgs und haben eine grosse räumliche Ausdehnung annehmen können und müssen, aber sie sind ihrer Natur nach nicht universell.

Wir können desshalb dem Grafen Saporta nicht principiell widersprechen, wenn derselbe auf Grund einiger fossilen Organismen der quartären Periode ein wärmeres Clima zuzuschreiben geneigt ist (l. c. S. 122). Die tellurischen Verhältnisse konnten zur Quartärzeit an verschiedenen Orten sehr verschieden gewesen sein. Dort Gebirge, auf welchen sich die Schneemassen ansammelten und schliesslich auf die Ebene hinab entluden; anderwärts aber Ebenen oder Hügelland, welche von dem Einfluss der Gebirge und der daselbst sich vollziehenden Vorgänge so weit entfernt waren, dass dieselben nicht oder kaum merklich davon beeinflusst wurden, während vielleicht erwärmende Einflüsse sich geltend machen konnten. Ein Blick auf die Karte, welche von Professor Rüttimeyer** zur Veranschaulichung der Verbreitung der alpinen Gletscher in der Quartärzeit entworfen wurde, zeigt auch in der That, dass auf das französische Territorium die Gletscher nur sehr wenig Eingang gefunden haben; es ist nur

* cf. Heer: *Urwelt*. 2. Auflage, S. 543.

** Pliocän und Eiszeit. Tafel I.

die Gegend von Grenoble bis Lyon. Deutschland aber wurde nicht bloß in seiner ganzen Breite von Süden her (von den Alpen aus) mit Gletschern weithin überdeckt, sondern gleichzeitig wurde der Norden durch die scandinavischen Eisberge überschüttet und die mitteldeutschen Gebirge und Landstriche in die Mitte genommen. Es konnten somit in dieser Zeit die mannigfaltigsten und nicht selten scheinbar oder wirklich sich widersprechende climatische Erscheinungen auftreten und eine Zeit lang aufrecht erhalten, deren Ausgleichung erst der folgenden Periode, der recenten Erdperiode, vorbehalten waren.

Für jene Gegenden Mitteldeutschlands, welche von dem Gletscher selbst nicht occupirt waren, aber unter dem Einfluss der in Nord und Süd in colossalem Maasstab entwickelten Eismassen standen, beansprucht Herr Prof. Sandberger* eine Temperatur, wie sie heutzutage Petersburg besitzt, nämlich $3\frac{1}{2}^{\circ}$ R., wofür ihm sowohl die Beschaffenheit der Conchylien als der Wirbelthiere den Maasstab an die Hand geben. Für Würzburg speciell, mit 8° R. Jahreswärme, beträgt sonach die Differenz gegen das heutige Clima eine Abnahme von $4\frac{1}{2}^{\circ}$ R.

Ganz nahe übereinstimmend hiemit ist das Resultat, welches von Heer für die Schweiz** gewonnen wird. Er nimmt für dieselbe während der ersten Gletscherperiode 5° C. und während der zweiten 4° C. als mittlere Jahrestemperatur an.

Vierter Abschnitt.

Motivirung der climatischen Verhältnisse der Gegenwart.

Von dem Schluss der quartären Zeit bis zur Gegenwart haben bedeutende Senkungen und Hebungen, welche im Stande gewesen wären, das gegenseitige Verhältniss des festen Landes und des flüssigen Elements in grossem Maasstab zu ändern, nicht stattgefunden. Die quartären Schichtencomplexe zeigen, soweit bekannt, überall ungestörte, ursprüngliche, horizontale

* Urwelt. 2. Auflage, S. 659.

** Ueber Ablagerungen der Glacialzeit und ihre Fauna. S. 13, 1879.

Lagerungsverhältnisse; kleinere Abweichungen haben nur locale Bedeutung.

Wenn aber auch die tellurischen Verhältnisse nach dieser Richtung hin eine wesentliche Aenderung nicht erlitten haben, so fehlte es doch nach anderer Seite hin nicht an belangreichen Alterationen der in der vorhergehenden Periode bestandenen Zustände.

Im vorigen Abschnitt wurde auf die Thätigkeit der Erosion und der dadurch bewirkten Zerstücklung der Gebirge hingewiesen, durch welche die anfängliche Geschlossenheit derselben durchbrochen wurde. Eine langdauernde Ansammlung der Schneemassen war nunmehr nicht mehr möglich. Damit wurde die Erscheinung der Gletscher auf ein bescheidenes Maass zurückgeführt. Die noch vorhandenen Gletscher der Hochgebirge führen das ganze Jahr hindurch den Gebirgsschnee ab und stellen nach den Untersuchungen von Tyndall selbst während des Winters ihre Thätigkeit nicht ganz ein. Mit solchen zeitlich zertheilten Mengen weiss die Wärme der Niederungen bald fertig zu werden. Die recenten Gletscherreste werden, mit Ausnahme derjenigen, die in sehr hohen Breiten sich befinden, nach kurzem Lauf in Wasser umgewandelt und setzen als Flüsse ihre Bahn fort.

Hiemit ist eine wesentliche Milderung des recenten Klimas gegenüber der quartären Zeit gegeben.

Allein eine Rückkehr zu dem warmen und gleichförmigen Klima der alten geologischen Perioden, oder auch nur der Molassezeit konnte nicht stattfinden. Wenn es möglich wäre, dass das feste Land sich soweit erniedrigen würde, wie zur Molassezeit, somit einen sehr wichtigen Theil seiner continentalen Beschaffenheit verlieren würde, wenn damit dann auch die Bewölkungsverhältnisse und der Character der meteorischen Niederschläge sich in Einklang setzen würden, so würde auch das Klima der Molassezeit wieder in Wirksamkeit treten können. Und wenn die Erniedrigung des festen Landes noch weiter gehen würde, wenn die Continente sich auflösen würden, die oceanische Beschaffenheit der Erdoberfläche wieder weitaus dominirend würde und sich die Bewölkungsverhältnisse damit in Einklang setzen

würden, dann könnte auch selbst das Clima der alten Perioden in der Hauptsache sich wieder geltend machen.

Nur das Clima und die Beschaffenheit der Erdoberfläche am Ende der Pliocänzeit bietet einen Character dar, welcher mit dem der Gegenwart im Einklange steht. Die Gebirge der Pliocänzeit hatten wohl eine andere Qualität als die der Jetztzeit, es konnten sich dort wegen ihrer grösseren Geschlossenheit die Anfänge zu einer climatischen befremdenden Umänderung bilden; aber doch nur die Anfänge, denn die volle wirkliche Ausbildung dieser Zustände ist nicht mehr die Pliocänzeit, sondern die Eiszeit selbst. Heutzutage aber vermögen sich nur noch verhältnissmässig geringe Reste der grossartigen Erscheinung der Gletscherzeit zu halten. Das Anfangsstadium zur Pliocänzeit und das Endstadium in der recenten Periode werden, wenigstens was den climatischen Effect anbelangt, kaum von einander verschieden sein.

Wie gross und welcher Art die Temperaturdifferenzen gegenüber den früheren Erdperioden seien, findet man durch Vergleichung der jetzt bestehenden Temperatur mit jener, welche sich aus den Fossilresten der früheren Erdperioden annähernd abnehmen lassen. Heer und Graf Saporta haben sich eingehend mit diesen Untersuchungen beschäftigt, wie schon früher hervorgehoben wurde.

Wir haben jedoch gesucht, die Abnahme der Temperatur auch noch auf einem andern Wege darzulegen. Für das Clima der alten Erdperioden kann man nach Tabelle II unter Hinzufügung von 3⁰ R., welche in Art. 5 des ersten Abschnitts als eine zulässige nachzuweisen gesucht wurde, in den Hauptzonen annehmen:

für die polaren Gegenden	c. + 17 ⁰	R.
für den 45 ⁰ der Breite	c. + 18 ⁰ ,50	R.
für die Tropen	c. + 23 ⁰	R.

Das Normalclima der Gegenwart aber (Dove) ergibt als einen Mittelwerth der nämlichen Zonen (cf. Tabelle I):

für die Polarzone im Mittel	— 11 ⁰	R.
für den 45 ⁰ der Breite	+ 7 ⁰ ,60	R.
für die Tropen	+ 21 ⁰	R.

Die Abminderung der Wärme wäre somit seit den alten geologischen Perioden:

in der polaren Region	28 ⁰	R.
in mittleren Breiten	10 ⁰ ,90	R.
unter den Tropen	2 ⁰	R.

der mittlere Durchschnitt der Abnahme in allen drei Zonen circa 14⁰ R.

Legt man aber die von den Paläontologen auf Grund der Fossilreste gemachten Anforderungen zu Grund, so ergibt sich kein beträchtlich abweichendes Resultat.

Die Paläontologen verlangen, wie früher schon angeführt, dem Wortlaut nach ein gleichmässiges Clima über alle Breiten für die alten Erdperioden im Betrag von c. 20⁰ R. Somit ergibt sich gegenüber dem Normalclima der Gegenwart eine Differenz von durchschnittlich:

in der Polarzone	31 ⁰	R.
unter dem 45 ⁰ der Breite	12 ⁰ ,40	R.
unter den Tropen	0 ⁰	R.

beziehungsweise hier eine Zunahme von 1⁰ R.

Der mittlere Durchschnitt der Abnahme in allen drei Zonen beträgt 14⁰,46 R., somit ähnlich wie oben.

Wir glauben jedoch, dass die Paläontologen kein grosses Gewicht auf eine unter allen Breiten ganz strict gleichmässige Temperatur selbst nur der alten Perioden legen werden, dass vielmehr die oben in Rechnung gebrachte sehr mässige Ungleichmässigkeit des Climas sich in manchen Punkten der natürlichen Ordnung der Dinge besser accommodiren werde. In allen Faunen- und Florengebieten der Jetztwelt kommen ähnliche und noch viel stärkere mittlere Temperaturdifferenzen vor, was nicht hindert, dass der grösste Theil der Pflanzen und Thiere über das ganze Gebiet hin ein gutes Gedeihen findet.

Sodann ist zu beachten, dass, wenn wirklich die Temperatur zwischen Aequator und Polen im stricten Wortsinn eine gleiche gewesen wäre, dann auch die meridionalen Meeresströmungen, welche hauptsächlich auf der Ungleichheit der Temperatur des

oceanischen Wassers in verschiedenen Breiten beruhen*, in Wegfall gekommen wäre. Auch nach der oben ausgeführten Auffassung ist der Temperaturunterschied keineswegs gross, aber er ist immerhin vorhanden und konnte, beziehungsweise musste eine Strömung zur Ausgleichung desselben, wenn auch in abgeschwächtem Maasse, stattfinden. Wenn ferner angenommen wird, dass unter den Tropen die Verdampfung des Wassers so unbehindert wie heutzutage vor sich gehen konnte, während dieselbe unter den höheren und hohen Breiten durch die constante Wolkenumhüllung behindert wurde und der Zustand einer Uebersättigung der Luft mit Wasserdampf sich einstellte, so wurde eine Verminderung des Vorraths an flüssigem Wasser unter den Tropen hervorgerufen, in den hohen Breiten aber ein Ueberfluss desselben. Auch hiedurch gewann die Strömung einen Anstoss, so dass die Meeresströmungen auch in den alten Perioden doch eine gewisse Energie erreichen konnten.

Aus der oben angeführten Zusammenstellung der Temperaturen geht unmittelbar hervor, dass, wenn man die Gegenwart und die alten Erdperioden mit einander vergleicht, der Betrag und die Abstufung der Wärmeabnahme sich in verschiedenen Breiten sehr verschieden darstellt. Die kleinste Differenz findet sich unter den Tropen; namhaft stärker ist dieselbe in mittleren Breiten, am stärksten in hohen Breiten. Eine derartige Vertheilung der Wärme ist ganz characteristisch und kann nur mit dem Fortschritt der terripetalen Entwicklung der Erdoberfläche in Einklang gebracht werden; sie ist sozusagen der climatische Reflex des Zurückweichens der oceanischen Beschaffenheit der Erdoberfläche seit den alten Erdperioden bis zur Gegenwart. Zur Bestätigung dient auch die Vergleichung der Temperatur der Molassezeit mit jener der Gegenwart.

Nach Heer ist zur Molassezeit für Spitzbergen und Grinell-land eine mittlere Temperatur vorhanden von $+ 9^{\circ}$ C. und 8° C. (= $7^{\circ},2$ R. und $6^{\circ},4$ R.), während der Parallelkreis von 80° Breite in der Gegenwart ein Normalclima von $- 11^{\circ}$ R.

* cf. Otto Krümmel: Die äquatorialen Meeresströmungen etc. S. 36.

aufweist; somit zwischen Gegenwart und Molassezeit eine Differenz von c. 17° R. Die Insel Disko (70° n. Br.) zeigt in der Tertiärzeit nach Heer $+ 11^{\circ}$ C. ($= 8^{\circ},80$ R.); in der Gegenwart hat der 70° der Breite eine normale Mitteltemperatur von $- 7^{\circ}$ R., somit eine Differenz von c. 16° R.

In den mittleren Breiten (Schweiz) gestaltet sich die Wärmeabnahme schon anders. Heer berechnet für die Schweiz zwischen Gegenwart und Molassezeit eine Differenz von 7° — 9° C. ($= 6^{\circ},40$ R.), wobei er eine Reduction auf 100 m Meereshöhe vornimmt.

Unter den Tropen dagegen lassen sich, soweit die Untersuchungen bisher gediehen sind, keine Temperaturunterschiede zwischen Gegenwart und Tertiärzeit nachweisen.

Es bestehen somit auch hier, zwischen Gegenwart und Molassezeit jene, man möchte sagen, typischen Unterschiede und Abstufungen der zonenweisen Wärmevertheilung, nur in abgeschwächtem Grade. Eine in den Hauptzügen ganz übereinstimmende Temperaturscala hat sich schon bei Vergleichung der alten Erdperioden mit der Gegenwart ergeben, nur dort in noch grösseren Distanzen sich bewegend, als zur Molassezeit. Dass in der Tertiärzeit (Miocänzeit) die Unterschiede nicht mehr in solcher Grösse sich darstellen, wie in den alten Erdperioden, steht ganz im Einklang mit der principiellen Anschauung von der allmählichen Umänderung der tellurischen und damit auch der climatischen Verhältnisse.

Nicht minder steht hiemit in Uebereinstimmung die grosse climatische Aehnlichkeit zwischen dem Ende der Pliocänzeit und der Gegenwart, da in beiden Zeitaltern die tellurischen Verhältnisse der Erdoberfläche schon unter einander ganz ähnlich geworden sind.

Die Paläontologen haben diese climatischen Zustände nicht blos in ihren allgemeinen Umrissen erkannt, sondern auch den speciellen Thatbestand mit den Folgerungen, die sich daraus ergeben, scharf genug hervorgehoben. So äussert sich Heer in der 2. Auflage seiner Urwelt (S. 510): „Der Abstand zwischen der miocänen und lebenden Flora ist daher in der arctischen Zone noch viel grösser, als in der gemässigten, so dass nach

Norden hin derselbe an Grösse zunimmt.“ Und auf S. 511: „Wir erfahren von diesen Pflanzen (aus Sumatra), dass im tropischen Asien zur Tertiärzeit dasselbe Clima herrschte, wie gegenwärtig; die grossen Aenderungen im Clima beschlagen daher nur die aussertropischen Theile der Erde.“

Die Eigenthümlichkeit der Wärmevertheilung ist somit durch die paläontologischen Beobachtungen auch in den concreten Verhältnissen der einzelnen Zonen scharf eruirt. Die fernere Frage kann nur diese sein: welches Agens ist im Stande eine solche Wirkung hervorzubringen, dass in den verflossenen Erdperioden gegenüber dem heutigen Clima unter den Tropen das Clima keine Aenderung erleidet, während dasselbe in mittleren Breiten ziemlich stark, unter den höchsten Breiten aber am stärksten zu Gunsten der Wärme sich gestaltet hatte? Ein Blick auf die Tabelle I zeigt ganz deutlich, dass schon durch das oceanische Clima alle diese Modificationen in der That hervorgerufen werden, und dass dasselbe nur noch einer graduellen Verstärkung bedarf, um die climatischen Verhältnisse der früheren Erdperioden darzustellen. Ein anderes Agens aber, das die gleichen Wirkungen hervorzurufen im Stande wäre, wird wohl vergebens gesucht werden, es sei denn, dass die Wirkung desselben geradezu auf die des Wassers zurückgeführt werden kann, wie bei der constanten Wolkenumhüllung von den Wendekreisen an polwärts nachzuweisen gesucht wurde. Auch die Blandet'sche Hypothese (Mercursonne) wird nicht ausreichen, alle diese Modificationen in der Vertheilung der Wärme zu erklären. Insbesondere wird es derselben nicht gelingen können zu erklären, wesshalb gegen die höchsten Breiten zu die Wärmezunahme relativ (gegenüber dem Normalclima) am stärksten sich darstelle. Man mag sich die Beschaffenheit der Sonne vorstellen wie man will, mit dem schiefen Auffallen ihrer Strahlen gegen die Pole zu vermindert sich ihre Kraft in gleichem Verhältnisse und es ist auch in dieser Hypothese kein Factor gegeben, der diese Wärmeabnahme so modificiren könnte, wie die paläontologischen Beobachtungen es verlangen. Nur das Wasser des Oceans, besonders wenn es gegen Ausstrahlung genügend geschützt ist, vermag

durch das Hervortretenlassen seiner Eigenschaft der hohen spezifischen Wärme gerade in solchen hohen Breiten zu bewirken, dass die absolute Wärme des Climas in den höheren und höchsten Breiten sich verhältnissmässig viel langsamer vermindert und dass sich dadurch polwärts relativ, dem Normalclima unter gleichen Breitegraden gegenüber, eine stetig wachsende Wärmezunahme ergibt. Auch in den mittleren Breiten wird durch die nämliche Eigenschaft des Wassers eine gleichartige Wirkung hervorgebracht, aber in minder hohem Grade und unter den Tropen neigt sich die Wirkung desselben zu einer Abkühlung hin, die jedoch so unbedeutend ist, dass Normalclima und Seeclima hier kaum differiren (cf. Tabelle I) und als gleich betrachtet werden können.

Eine solche Uebereinstimmung der theoretischen Auffassung mit den paläontologischen Untersuchungen bis auf die concretesten Züge hinaus, wird bei den anderweitigen Hypothesen vermisst.

Werfen wir einen Blick zurück auf den Gang der Entwicklung und Abänderung der climatischen Verhältnisse in den verschiedenen Perioden der Erde.

In den alten geologischen Perioden finden wir ein sehr gleichförmiges und warmes Clima über alle Zonen hin; mit der Tertiärzeit hauptsächlich fängt die deutliche zonenweise Ausschcheidung der Climate an; und mit dem Ende der Tertiärzeit (Pliocän) machen sich Zustände geltend, die mit der heutigen Periode nahezu oder ganz übereinstimmen.

Für die alten Perioden haben wir eine Abnahme der Temperatur von dem Aequator bis zu den Polen gefunden, von $+ 24^{\circ}$ R. bis $+ 17^{\circ}$ R., somit auf jeden Breitegrad durchschnittlich nur $0,07^{\circ}$ R.

Zur Erklärung dieser climatischen Beschaffenheit wurde herbeigezogen das reine Seeclima, verstärkt durch eine constante Bewölkung von den Wendekreisen polwärts. Das Molasseclima ergibt eine Temperaturscala von $+ 21^{\circ}$ R. unter den Tropen bis zu $+ 6^{\circ}$ R. an den Polen, somit eine Abnahme auf jeden Breitegrad vom Aequator an mit $0,16^{\circ}$ R. Zur Erklärung dieses Climas gegenüber den Zuständen der alten Perioden wurde

herbeigezogen das Zurückweichen der oceanischen Beschaffenheit der Erdoberfläche oder die Anfänge der auftauchenden Continente, welche auch einen Einfluss auf die Verminderung der Bewölkung ausübten und eine grössere Differenzirung des Climas hervorriefen.

Das Ende der Tertiärzeit zeigt eine beschleunigte Abnahme der Temperatur, ganz ähnlich wie das heutige Clima, somit von $+ 21^{\circ}$ R. am Aequator bis zu $- 13^{\circ}$ R. an den Polen; eine Abnahme von $0,4^{\circ}$ R. auf jeden Breitengrad durchschnittlich vom Aequator zu den Polen, welche Abnahme jedoch sehr ungleichförmig über die verschiedenen Zonen sich vertheilt. Die Beschaffenheit der Erdoberfläche hatte am Ende der Tertiärzeit in ihrer gereiften continentalen und gebirgigen Beschaffenheit und in ihren meteorischen Niederschlägen (Schnee) einen Charakter angenommen, der mit der heutigen, sowohl was die Erdoberfläche selbst, als auch die Bewölkung betrifft, in guter Uebereinstimmung steht. Die Folge davon ist auch die Uebereinstimmung der climatischen Zustände.

Bis dahin macht die Entwicklung des Climas den Eindruck, dass dasselbe ganz allein unter der Herrschaft eines Naturgesetzes stehe, nämlich der continentalen oder terripetalen Entwicklung der Erde.

Das quartäre Clima (Eiszeit) aber droht in diese gute Ordnung der Dinge eine Störung zu bringen. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass dasselbe eine Folgeerscheinung der Erhebung der Gebirge sei, auf welchen anfänglich die Schneemassen sich ansammeln mussten. Die Gebirge waren anfänglich ausser Stande, wegen ihrer grösseren Geschlossenheit, die angesammelten Schneemassen alsbald und stetig zu entlassen. Die Anhäufung derselben und ihre schliessliche Dislocation war geeignet, aber doch nur vorübergehend, die normale Entwicklung des Climas zu stören und sehr fremdartige climatische Erscheinungen hervorzurufen.

Als aber diese Krisis sich vollzogen hatte, so trat das heutige Clima, sich anschmiegend an die vorhandenen Gestaltungen der Erdoberfläche und ihrer Bewölkung, als das letzte

Glied in die normale Reihe der climatischen Entwicklungen ein. Man erkennt ohne Schwierigkeit, dass das recente Klima, weil es sich an die bestehenden Zustände der Erdoberfläche anschliesst und von ihnen abhängt, entschieden ungleichförmiger und zugleich kälter sein muss, als jenes der alten Erdperioden, welche tellurische Zustände besaßen, die der Gleichförmigkeit des Klimas und zugleich der höheren Wärme günstig waren.

Dass dasselbe aber auch die fremdartigen Erscheinungen der Eiszeit abstreifen musste, ergibt sich aus der einfachen Thatsache, dass die anfängliche Beschaffenheit der Gebirge, ihre grössere Geschlossenheit, im Verlaufe der Eiszeit selbst durchbrochen wurde. Am nächsten steht das Klima der Gegenwart dem tertiären Klima, aber noch nicht dem der früheren und mittleren Tertiärzeit, sondern erst dem Ende derselben. In dieser Zeit waren die Zustände der Oberfläche der Erde mit denen der Gegenwart schon sehr nahe übereinstimmend.

Die Ansammlungen der Schneemassen auf den Gebirgen, durch welche später die Eiszeit sich auszeichnete, war erst im Werden und noch wenig vorangeschritten; sie erlangte ihren ganzen Umfang erst während der Eiszeit. Sobald dieselbe eine bedeutende Ausdehnung erlangt hatte, hört die Pliocänzeit auf und beginnt die Eiszeit. In jenem anfänglichen Stadium, das die Ansammlung der Schneemassen während der Pliocänzeit selbst erreichte, war desshalb auch die climatische Bedeutung derselben weniger stark. Heutzutage kann die Ansammlung keinen hohen Grad erreichen, wegen der Durchfurchung des Gebirgs; in der Pliocänzeit war die Möglichkeit der Ansammlung zwar vorhanden, aber sie selbst hatte thatsächlich noch keinen hohen Grad erreicht, so dass die climatische Einwirkung derselben in beiden Zeitaltern ungefähr als gleich stark betrachtet werden kann.

Wir glauben, diese Abhandlung nicht abschliessen zu sollen, ohne eine spezielle Vergleichung mit der Theorie von Professor Sartorius von Waltershausen in ihren Hauptpunkten zu geben. Wir sparen diese Vergleichung bis an den Schluss, weil bei jeder wichtigen Phase der Entwicklung des tellurischen Klimas

sowohl eine Uebereinstimmung als auch eine Divergenz der beiderseitigen Auffassungen hervorzuheben ist.

Sartorius von Waltershausen hat das bedeutende Verdienst, dass er die climatischen Verhältnisse der Erde principiell und consequent als von den tellurischen Verhältnissen abhängig und durch dieselben hervorgerufen, auffasst. Diese Grundlage wird unseres Erachtens nicht mehr verlassen werden können. Niemand wird von Sartorius abweichen können in der Auffassung, dass den alten Erdperioden eine sehr vorherrschend oceanische Beschaffenheit und somit auch ein oceanisches Clima zu eigen gewesen sei. Dessgleichen wird Niemand Anstand nehmen, für die ältesten Erdperioden einen bescheidenen Zuwachs der Temperatur durch die Wirkung des Erdinnern anzunehmen. Ferner kann es keinem Anstand unterliegen, dass (l. c. S. 151—153) ein Wärmetransport durch Winde und Niederschläge, sowie durch Meeresströmungen stattgefunden habe, und hiedurch die Temperatur der hohen Breiten gemildert worden sei. Dass auch die Bewölkung einen Einfluss auf die Verminderung der Schwankung der Temperatur ausgeübt habe, dürfte ohne Anstand bejaht werden. Sartorius, dem noch keine thermographischen Tabellen zu Gebot standen, schätzt den Einfluss derselben nur auf $1^{\circ},70$ R., offenbar zu wenig. Er nimmt jedoch nur eine Ausgleichung der Temperaturschwankungen durch Bewölkung an und nimmt keine Rücksicht darauf, dass diese Ausgleichung zu Gunsten der Wärme ausfalle. Leider sieht sich Sartorius bei der numerischen Behandlung dieser Factoren auf eine Schätzung angewiesen, die man nicht anders als eine willkürliche bezeichnen kann.

Um nun das Clima der Silurzeit in mittleren Breiten (45°) zu berechnen, legt er (l. c. S. 153) das reine Seeclima jener Breiten mit $10^{\circ},69$ R. zu Grunde, addirt hiezu den Zuschuss der inneren Erdwärme mit $3^{\circ},20$ R. (für jene Zeit); ferner einen Zuschuss durch Transport der Winde und Niederschläge mit 1° R. und durch Meeresströmungen mit 2° R., so dass er für die silurische Zeit in mittleren Breiten eine Temperatur von $16^{\circ},89$ R. erhält.

Für mittlere Breiten ist diese Ziffer wohl zufriedenstellend

wie auch der Werth der Temperatur, der von ihm für den Aequator gefunden wird mit $24^{\circ},24$ R. Allein für die höheren und höchsten Breiten lässt sich das nicht sagen. Offenbar hat Sartorius in jenen Werthen, welche er zu der Temperatur des reinen Seeclimas addirt, Gegenstände aufgenommen, welche unter sich ziemlich ungleichartig sind. Die innere Erdwärme gibt für alle Breitengrade ohne Zweifel den gleichen Wärmezuschuss ab. Ob aber auch die Meeresströmungen und Winde in allen Breiten gleich wirken oder ungleich und wie? — darüber spricht sich Sartorius nicht ganz bestimmt aus. Er spricht nur von einer der Zeit (Formation) proportionalen Abnahme derselben (l. c. S. 155). Es müssen sich somit ihm ganz andere Zahlen ergeben, als bei der Annahme, die wir gemacht haben, dass nämlich die Zunahme und Abnahme der Temperatur unter verschiedenen Breiten durch den Einfluss der Bewölkung sich gerade so verhalte wie der Einfluss des reinen Seeclimas gegenüber dem Normalclima. Das Resultat für Sartorius ist, dass er für die Silurzeit eine Temperatur der Pole von $9^{\circ},54$ R. berechnet. Gegenüber den mittleren Breiten ergibt sich somit nach seiner Unterstellung schon in jener frühen (silurischen) Zeit ein Temperaturunterschied von $7^{\circ},35$ R. und gegenüber dem Aequator eine Differenz von $14^{\circ},70$ R. Ein so namhafter Unterschied würde aber offenbar schon eine nicht zu verkennende zonenweise Abstufung des Klimas schon in jener frühen Periode in sich schliessen, womit die paläontologischen Beobachtungen nicht im Einklang stehen. Auch ist eine Temperatur von nur 9° oder 10° R. in den hohen Breiten für den typischen Character der Organismen jener Zeit offenbar zu niedrig.

Noch weniger entsprechen die von Sartorius berechneten Temperaturen für die späteren Erdperioden. Die Juraformation hätte nach ihm an den Polen nur noch $+ 2^{\circ},13$ R., die Tertiärformation daselbst nur $+ 0^{\circ},93$ R. Gegen solche Temperaturen legen die Paläontologen auf Grund reeller Untersuchungen entschieden Protest ein (cf. Heer: Polarflora I, S. 73 und 76).

Wenn wir Sartorius in der Zugrundlegung des reinen Seeclimas überhaupt gefolgt sind, so konnten wir ihm nicht oder

nur mit wesentlichen Modificationen folgen in der Berechnung jener Werthe, welche er zu der Temperatur des reinen Seeclimas hinzufügt. Auf Grund der thermographischen Tabellen wurde auf die climatische Bedeutung der constanten Bewölkung (wie dieselbe genauer präcisirt wurde) hingewiesen und nachzuweisen gesucht, dass der Einfluss derselben auf das Clima ungefähr gerade so stark sei, wie der Einfluss des reinen gegenwärtigen Seeclimas gegenüber dem Normalclima; und dass die constante Bewölkung in ganz homologer Weise wirke, wie das oceanische Clima selbst, ja nur eine Verstärkung desselben sei; dass somit nach den hohen Breiten hin der Einfluss desselben in continuirlich wachsenden, nach den niedrigen Breiten aber in continuirlich abnehmenden Ziffern sich kund gebe. Was Sartorius unter dem Transport der Wärme durch Winde und andere weniger fassbare Factoren begreift, fassen wir zusammen unter der constanten Bewölkung jenseits der Tropen. Hiedurch ergibt sich eine Zifferreihe, die in den mittleren Breiten (der alten Erdperioden) von den durch Sartorius aufgestellten nur unbeträchtlich abweicht; aber für die höheren und höchsten Breiten besonders, gestalten sich dieselben so, dass sie wirklich den Ansprüchen der Paläontologie Genüge leisten können. Für das Tertiärclima konnte nicht zum Voraus die Temperatur berechnet werden, wie Sartorius thut; aber es wurde darauf hingewiesen, dass die von den Paläontologen verlangten Wärmegrade und Wärmeabstufungen mit den zur Anwendung gebrachten Principien in gutem Einklang stehen.

In Betreff des Quartärclimas geht Sartorius von der unseres Erachtens ganz richtigen Auffassung aus, dass die niedrige Temperatur dieser Periode (in der Ausdehnung der Gletscher sich manifestirend) nicht von universeller, sondern nur von localer Beschaffenheit sei und durch die Erhebung der Gebirge sich erklären lasse. Er nimmt dabei eine Höhe der Gebirge während der Quartärzeit an, welche die jetzige Höhe derselben um ebensoviel übertraf, als die Temperatur jener Zeit niedriger war als die jetzige. Was den letzteren Punkt anbelangt, so konnten wir Sartorius darin nicht folgen. Es wurde vielmehr auf die

unvermeidliche Ansammlung der Schneemassen in dem noch nicht oder jedenfalls weniger zerstückelten jungen Gebirge hingewiesen, welche Annahme die Erscheinungen der Quartärzeit ebenso gut erklären dürfte, als die immerhin gewagte Annahme von Sartorius.

Was sodann das recente Clima anbelangt, so kommt Sartorius zu dem gleichen Resultat wie wir, sofern er das Clima der Gegenwart als ein solches betrachtet, in welchem eine Rückkehr von den climatischen Ausschreitungen der Quartärzeit sich vollzieht; nur sind die Wege verschieden. Sartorius nimmt ein Zurücksinken der Gebirge von der Höhe derselben zur Quartärzeit an. Unsere Ansicht haben wir dahin entwickelt, dass die Ansammlung der Schneemassen auf den Gebirgen und ihre schliessliche Entladung wohl eine gewaltige, aber doch nicht eine bleibende climatische Wirkung hervorbringen konnte, dass aber dieser Einfluss allmählig hinschwinden musste, als die Möglichkeit einer längeren Ansammlung der Schneemassen im Innern der Gebirge durch Bildung und Vervielfältigung der Querthäler beseitigt war und die Schneemassen durch Gletscher fortgeführt wurden. Die Eiszeit erreichte zwar jetzt erst extensiv durch das weite Vordringen der Gletscher ihren Höhepunkt, aber gleichzeitig wurden ihre Hilfsquellen im Gebirge selbst geschwächt und erschöpft. Die zu weit vorgeschobenen Eismassen, welche durch mechanischen Druck von dem tiefeingeschnitten Gebirge herab, nicht durch die eigenen climatischen Zustände der Ebene sich hier eingefunden hatten, konnten der einheimischen höheren Temperatur der Ebene nicht auf die Dauer Stand halten; die Position musste aufgegeben werden und die Gletscher mussten sich, nicht ohne Schwankungen, allmählig in die Hochthäler der Gebirge zurückziehen.

Das Resultat all' dieser Entwicklungen und Vorgänge auf der Oberfläche der Erde ist das Clima der gegenwärtigen Erdperiode.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg](#)

Jahr/Year: 1881

Band/Volume: [37](#)

Autor(en)/Author(s): Probst J.

Artikel/Article: [Zur klimatischen Frage. 47-113](#)