

Ueber einige Gegenstände aus dem Gebiete der Geophysik.

Von Dr. J. Probst in Essendorf.

Bei gewissen Materien aus jenem Gebiete der Geologie und Palaeontologie, welches in neuester Zeit als „Geophysik“ (GÜNTHER, GERLAND) abgezweigt wird, stösst man auf das weitverbreitete Vorurteil, als ob in diesen Dingen nur Hypothesen und Spekulationen bestehen und dass man darin nicht wesentlich weiter kommen könne. Das ist jedenfalls ein lähmendes Vorurteil. Es mag ja gerne zugestanden werden, dass man auch auf diesem Gebiete der Hypothesen nicht völlig sich ent schlagen könne, wie es auch in allen andern Zweigen der Naturwissenschaft vorkommt; aber ebenso richtig ist, dass eine Achtung gebietende Anzahl von soliden Beobachtungen jetzt schon auch auf diesem neu abgegrenzten Wissensgebiete vorliegt, die man allerdings kaum angefangen hat zu verwerten d. h. in ihrem ursächlichen Zusammenhang aufzufassen.

In ähnlicher Weise und mit gleichem Rechte könnte man behaupten: über die Gestirne, die für uns so unnahbar sind, könne man nur in Spekulationen sich ergehen. Es gab auch eine Zeit, welche sich dieses Gegenstandes in keiner andern Weise zu bemächtigen wusste. Allein man hat die Messinstrumente, das Fernrohr und das Spektroskop auf dieselben in Anwendung gebracht und auf Grundlage dieser Beobachtungen, die freilich auch in ihren ersten Anfängen weder vollständig noch von positiven Irrtümern frei waren, ist die Wissenschaft der Astronomie erwachsen, der man seine Hochachtung nicht wird vorenthalten können. So bei allen Zweigen der Naturwissenschaft; alle sind von sehr bescheidenen Anfängen ausgegangen und langsam gewachsen, ohne dass man auch nur von einer einzigen sagen könnte, dass ihre Vollendung erreicht wäre.

Man muss sich aber darauf gefasst machen, dass ein herzhafter Schritt in das Gebiet der Geophysik hinein vielfach mit Misstrauen

aufgenommen werde. Man wird gerne vor das Dilemma gestellt; entweder streng mathematische Beweisführung oder ideale Spekulation, d. h. Verzicht auf exakte naturwissenschaftliche Behandlung. Dieses Dilemma ist aber nicht berechtigt.

Bei einer grossen Anzahl von naturwissenschaftlichen und anderen Wissenszweigen kann ein solides thatsächliches Verständnis gewonnen werden oder wenigstens angebahnt werden, die einer mathematischen Behandlung für jetzt und vielleicht für alle Zeit unzugänglich sind; und doch kann einer Arbeit eine ganz andere Bedeutung zukommen, als die einer idealen Spekulation, wenn nämlich die Grundlagen derselben und die gesamte Methode eine ganz andere ist.

Das wird zutreffen, wenn die Ausgangspunkte der Arbeit nicht willkürliche Unterstellungen sind, sondern objektive Beobachtungen. Ferner, wenn die Beobachtungen nicht bloss als Ausgangspunkte dienen, sondern auch fortlaufend als Kontrolle herangezogen werden. Die Beobachtungen müssen die Wegweiser für das gesamte Verfahren bilden. Dass dann aber bei der Verwertung derselben auch von den Denkgesetzen Gebrauch gemacht wird, sollte nicht befremden können. Wir verkennen dabei nicht, dass eine thatsächliche Begründung noch lange nicht die höchste Stufe der Erkenntnis ist; aber sie ist doch der Anfang derselben.

Die Lückenhaftigkeit des Materials kann sich allerdings da und dort in unangenehmer Weise fühlbar machen, aber noch befremdender ist die Wahrnehmung, dass in manchen Kreisen selbst da eine Lückenhaftigkeit oder ein gänzlicher Mangel an Beobachtungen irrtümlicher Weise vorausgesetzt wird, wo durchaus keiner besteht, eine Leere da, wo eine Fülle von Beobachtungen besteht; sichtlich nur aus dem Grunde, weil man dieselben zu wenig kennt oder das Gewicht derselben wesentlich unterschätzt.

Das gilt besonders von den Gebieten der Paläontologie, spezieller der Phytopaläontologie. Diese hat in dem Jahrzehnt 1870—1880 durch die Arbeiten von OSWALD HEER in Zürich so wesentliche Fortschritte gemacht und ihre Lücken so wesentlich ausgefüllt, wie es nur selten in den Annalen der Wissenschaft für eine so kurze Zeit zu verzeichnen sein wird; durch HEER ist eine neue Welt aufgeschlossen worden¹.

¹ Wir verweisen hierbei, ausser auf die Werke Heer's selbst, auch auf das sehr eingehend und sachlich gehaltene, treffliche Werk von Prof. Schröter: Lebensbild von Osw. Heer. Zürich 1885, besonders auf den dritten Abschnitt,

Es ist aber nicht zu leugnen, wenn auch zu bedauern, dass die Arbeiten HEER's, besonders seine Polarflora, nur in kleineren naturwissenschaftlichen Kreisen genügend gewürdigt werden, in weiten Kreisen aber als unbequem beiseite gelassen oder vielleicht auch kaum genügend bekannt zu sein scheinen¹.

Unter solchen Umständen ist nicht zu verwundern, dass eine Arbeit, welche zu einem wesentlichen und ganz integrierenden Teil auf den HEER'schen Arbeiten fusst, auf das Vorurteil stossen dürfte,

welcher die umfassendste und wichtigste Abteilung des ganzen Buches ist von S. 120—344. Der Leser, dem die umfangreichen Werke von Heer nicht selbst zu Gebot stehen, erlangt durch dasselbe einen gründlichen Einblick in die umfassende und gediegene Thätigkeit Heer's, zumal, da von dem Verf. auch die Korrespondenzen desselben verwertet wird.

¹ Als Beleg dafür, dass hiermit nicht zuviel gesagt sei, mögen einige Beispiele aus der neuesten Litteratur dienen. Prof. Neumayr (Erdgeschichte I. 1886 und II. 1887) kommt in seinem vortrefflichen Werke an verschiedenen Stellen auf diesen Gegenstand zu sprechen, woraus hervorgeht, dass ihm der durch Heer errungene neueste Standpunkt der Phytopalaeontologie und die klimatischen Anforderungen desselben recht wohl bekannt sind (I. c. Bd. II, S. 508, 346); aber er betrachtet diesen Gegenstand als ein ungelöstes und sogar als unlösbares Rätsel (cf. I. c. Bd. II, S. 649). Woeikof (Klimate der Erde 1887) kennt diesen Standpunkt gleichfalls, legt sich aber eine nach unserem Dafürhalten zu strenge Reserve auf in der Beurteilung und Anerkennung desselben (cf. I. c. Bd. I, S. 256). Vorsicht ist ja prinzipiell gewiss gerechtfertigt und geboten. Allein aus Grönland und Spitzbergen liegen doch nicht bloss wenige Einzelfunde vor, deren Deutung keine Sicherheit geben könnte, sondern ein ganz überraschend reiches Material. Eine einzige Sendung aus Grönland über Kopenhagen nach Zürich füllte 25 Kisten. Ein so gewaltiges Material aus diesen Gegenden, in denen heute gar keine Holzvegetation mehr besteht und das in so erfahrene Hände gelangt ist, darf doch als eine geeignete Grundlage zu Schlüssen über das Klima betrachtet werden. In andern Werken aber von Günther (Geophysik 1884, 1885) und Supan (Grundzüge der physischen Erdkunde 1884) wird jede nähere Berücksichtigung des phytopalaeontologischen Standpunktes, beziehungsweise der betreffenden Werke von Heer, insbesondere seiner Polarflora, vermisst. Die Möglichkeit einer Berücksichtigung war vorhanden, da die II. Auflage der Urwelt der Schweiz, in welcher die Resultate schon wenigstens summarisch aufgenommen sind, schon 1879 erschien und die Tertiärflora der Schweiz schon 1859, sowie die Polarflora 1883 vollendet war; auch das Buch von Sapporta, le monde des plantes, in welchem die Heer'schen Resultate angeführt und gewürdigt werden, erschien schon 1879. Diese Werke geben nicht bloss ein Bild von dem Pflanzenkleid der früheren Erdperioden, sondern auch von der Entwicklung des Klimas und sind deshalb für die Geophysik nicht minder wichtig als für die Pflanzenkunde. Wenn man von diesen Werken absieht, so entzieht man sich selbst eine der wesentlichsten positiven Stützen für das Verständnis der Entwicklung der Erdoberfläche.

als ob ihr die objektive Grundlage fehle. Es ist nicht leicht, gegen solche Voreingenommenheit anzukämpfen und aufzukommen, aber um so notwendiger ist es, den palaeontologischen Standpunkt aufrecht zu erhalten und denselben nach Kräften zur Geltung zu bringen.

Bei dem engen Zusammenhang, in welchem die verschiedenen Zweige der Naturwissenschaft stehen, dürfte dann dieser Standpunkt auch auf benachbarten Gebieten einige Klärung herbeizuführen geeignet sein, deren manche in unverkennbarer Weise bedürftig sind.

Wir beabsichtigen deshalb, einige wichtigere Punkte herauszugreifen, wobei auf die Schrift des Verf. (Klima und Gestaltung der Erdoberfläche in ihren Wechselwirkungen dargestellt. Stuttgart 1887) mehrfach Bezug genommen wird.

I. Würdigung der Einwände gegen das Seeklima.

In der citierten Schrift hat der Verfasser sich bestrebt, die von OSWALD HEER aus den fossilen Pflanzenabdrücken, der Polarländer insbesondere, abgeleiteten Endresultate in Zusammenhang zu bringen mit der Warmwasserheizung durch die ozeanischen Gewässer. Es wurde dort angeführt, dass SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN das reine Seeklima der Gegenwart berechnet habe und dessen typische Ähnlichkeit mit dem Klima der früheren Erdperioden betont; dass dasselbe jedoch noch einer bedeutenden Verstärkung bedürfe, um die Möglichkeit der Existenz der fossilen Pflanzen, besonders in hohen Breiten, zu erklären.

Schon hier liegt ein Einwand gar nicht fern. Wenn SARTORIUS das reine Seeklima berechnet hat, so könnte man sagen, ist eine weitere Verstärkung desselben ausgeschlossen; es ist selbst schon ein Superlativ, der nicht noch mehr gesteigert werden kann.

Von unserem Standpunkte aus ist aber die Notwendigkeit einer Verstärkung des Seeklimas unumgänglich festzuhalten; denn das heutige Seeklima der höchsten Breiten und auch der mittleren, ist in keiner Weise zureichend, um den Bestand der Flora der früheren Formationen daselbst zu ermöglichen. Es hat aber auch keine Schwierigkeit, die Zulässigkeit einer Verstärkung des Seeklimas zu begründen. SARTORIUS hat nur das empirische reine Seeklima der Gegenwart berechnet, nicht das absolute; er hat deshalb auch seinerseits selber sich auf den Standpunkt gestellt, dass den früheren Erdperioden ein potenziertes Seeklima zugekommen sei und dass dieses nur durch irgend eine Verstärkung des empirischen reinen Seeklimas der Gegenwart eruiert werden könne. Die

Zulässigkeit und sogar Notwendigkeit einer Steigerung des empirischen Seeklimas lässt sich nun aber an einem konkreten Beispiele bündig nachweisen.

Als Beispiel mögen die Faröerinseln dienen, jene Inselgruppe unter 62° n. Br., welche mit Recht in dem Rufe steht, dass sie ein exquisites Seeklima besitze. Es gibt wohl keinen zweiten Punkt auf der Erde, zumal in hohen Breiten, bei welchem die Eigenschaften des Seeklimas: hohe mittlere Jahreswärme und grosse Gleichförmigkeit der Temperatur, so stark hervortreten wie hier. Und doch hat auch hier das Seeklima schon eine beträchtliche Einbusse erlitten, wofür sich eine thatsächliche Begründung geben lässt. Die Eisberge, die bei Neufundland schmelzen, haben die Gewässer, welche die Faröer umspülen, schon beträchtlich abgekühlt. Wenn die kalte Labradorströmung gar nicht bestünde oder einen andern Lauf hätte, so dass sie mit den warmen Gewässern des Golfstroms gar nicht in Berührung käme, so müssten diese Gewässer einen noch beträchtlich grösseren Wärmeverrat haben.

Ferner streichen die kalten Landwinde von den ausgedehnten, im Winter exzessiv kalten Kontinenten des nördlichen Asien und Amerika auch noch in diese Gegenden herein und entziehen durch ihre Berührung mit dem Wasser demselben Wärme; sie bewirken auch als trockene Landwinde Aufheiterungen des Himmels, die in so hohen Breiten nicht bloss die Gleichförmigkeit des Klimas unterbrechen, sondern auch zu Wärmeausstrahlung Veranlassung geben, die in diesen Breiten durch Sonnebestrahlung nicht vollständig ersetzt wird. Durch all' diese Vorgänge werden schon Einflüsse des kontinentalen Klimas in diese entlegenen Gegenden hineingetragen.

Die Thermometerangaben in Thorshavn etc. stehen also schon unter dem Einflusse dieser Faktoren und man sieht daraus, dass auch diese abgelegene Inselgruppe noch weit entfernt ist, ein wirklich vom Land ganz unbeeinflusstes reines Seeklima zu besitzen. Es sind vielmehr versteckte Einflüsse des Landes vorhanden, welche, ohne sich empirisch von andern zu unterscheiden, doch ihren störenden Einfluss ausüben; die Thermometerablesungen geben den thatsächlichen Zustand an ohne Ausscheidung der verschiedenen Arten von Einflüssen, die hier zusammenwirken. In ähnlicher Weise liesse sich auch darlegen, dass das bestehende empirische Kontinentalklima keineswegs ein reines ist, dass auch hier versteckte Einflüsse vom Meere her sich überall mehr oder weniger geltend

machen. Das Spiel der Cyklonen und Anticyklonen erstreckt sich über die ganze Erde hin und lässt nirgends ein Klima von ganz ungemischtem Charakter aufkommen, weder auf den Räumen des Meeres noch auf jenen der Kontinente. Es ist aber für unsere Zwecke gar nicht erforderlich, darauf einzugehen, da gerade das kontinentale Klima mit dem Klima der früheren Erdperioden am wenigsten übereinstimmt, sondern von demselben diametral abweicht.

Daraus ergibt sich aber, dass, um zu dem nicht bloss empirisch, sondern wirklich reinen Seeklima zu gelangen, eine Verstärkung zulässig und sogar notwendig ist und dass dieselbe recht bedeutend sein kann. Eine Abschätzung vorzunehmen, wie hoch dieselbe anzusetzen sei, ist vorerst unthunlich; aber wir werden unten zeigen, dass die fossilen Pflanzenreste einen Maassstab hierfür an die Hand geben. Wenn das schon von den Faröern gilt, so wird man keinen Anstand nehmen, auch alle andern Gebiete unter dem gleichen Gesichtspunkt zu betrachten und somit zuzugeben, dass das empirische Seeklima überall einer Verstärkung bedürftig, jedenfalls fähig sei, wenn das reine Seeklima erreicht werden soll.

Ein anderer, ebenfalls gegen die Warmwasserheizung gerichteter Einwand, der aber von einem ganz andern Standpunkt ausgeht, lässt sich ungefähr so formulieren: SARTORIUS habe Unrecht gethan, wenn er bei Berechnung des Seeklimas solche Inseln und Stationen zu Grund gelegt habe, welche unter dem Einflusse des Golfstroms sich befinden und alle Folgerungen, die er und andere auf dieser Grundlage ziehen, seien falsch; denn der Golfstrom verdanke seine Existenz der Ablenkung seiner Gewässer durch den amerikanischen Kontinent. Das seien aber Zustände, die auf die alten Perioden nicht übertragen werden dürfen; es sei also nicht bloss ganz abzusehen von einer Verstärkung des Seeklimas, sondern schon die Annahme sei unhaltbar, dass in den alten Perioden auch nur eine Erwärmung (durch Warmwasserheizung), so stark wie heutzutage durch den Golfstrom stattgefunden habe. Zutreffender seien vielmehr die Zustände in der südlichen Hemisphäre, in welche keine warmen Strömungen vordringen und die deshalb eine kühlere Temperatur haben und woselbst die Wasserbedeckung 83 Prozent erreiche.

Es ist zuzugeben, dass die Erwärmung, welche heutzutage den Ländern des nordwestlichen Europas zu teil wird, nur die Folge ist von solchen Ursachen, welche der Gegenwart speziell, man darf sagen, exceptionell, angehören.

Deshalb hat aber SARTORIUS auch bloss das Seeklima der Gegen-

wart daraus abgeleitet. Allerdings hätte er können sagen, dass hiermit das Seeklima vorzüglich nur des nordatlantischen Ozeans berechnet werden wolle, während er dasselbe auf das Seeklima der ganzen nördlichen Halbkugel ausdehnt, nicht aber auf das Seeklima der südlichen Halbkugel, dem er eine abgesonderte Berechnung widmet, weil hier wieder andere Verhältnisse obwalten. Aber die Berechnungen von SARTORIUS für das Seeklima ganz zu verlassen und allenfalls die von FORBES zu adoptieren, ist nach der Besprechung, welche WOËIKOF (Klimate der Erde, Bd. I, S. 333—335) den letzteren widmet, geradezu unrätlich. Es ist auch ohne weiteren Beweis klar, dass, wenn FORBES für den Pol seiner reinen Wasserhemisphäre eine mittlere Jahrestemperatur von $-10,8^{\circ}$ aufstellt, hier offenbar das Wort Wasser in ganz uneigentlichem Sinne gebraucht wird. Denn Wasser von $-10,8^{\circ}$ ist Eis, und das Eis hat nicht die physikalisch-thermischen Eigenschaften des Wassers, sondern eines Minerals; bei der Abschmelzung und Auftauung tritt der physikalische Unterschied beider deutlich hervor. Freilich führt die theoretische Rechnung auch SARTORIUS dahin, dass er für den antarktischen Pol eine Temperatur des reinen Seeklimas daselbst von $-4,19^{\circ}$ R. aufstellt. Allein es besteht zwischen den Aufstellungen von FORBES und SARTORIUS doch nicht bloss ein gradueller, sondern der prinzipielle Unterschied, dass SARTORIUS für den antarktischen Polarkreis keineswegs ausschliessliche Wasserbedeckung annimmt, sondern dort Land zulässt und anerkennt, dessen Einfluss er nur nicht vollständig zu eliminieren vermag, während FORBES seine oben angeführte Ziffer als für die von ihm angenommene reine Wasserhalbkugel charakteristisch aufstellt. Nach der Tragweite der Auffassung von FORBES würde man zu dem Zugeständnisse genötigt werden, dass in den höchsten Breiten gar nicht mehr ein Seeklima bestehen könne, weil der bleibende gewöhnliche Zustand des Wassers daselbst (Eis) dem eines Minerals gleichkommt; aber dann darf man auch nicht mehr die Benennung „Seeklima“ beibehalten, weil dieselbe notwendig Wasser in flüssigem Zustande voraussetzt. Nur soviel könnte man zugeben, dass es sehr schwer und für die antarktische Hemisphäre wohl ganz unmöglich sei, geeignete Stationen ausfindig zu machen, die der Berechnung eines reinen Seeklimas daselbst als Grundlage dienen könnten. Hiermit reduziert sich aber die Bedeutung der Berechnungen von FORBES so wesentlich, dass dieselben auch keinen Anspruch erheben können, den Typus des reinen Seeklimas darzustellen.

Für die Temperaturskala von SARTORIUS fällt überdies in die Wagschale die Ansicht des vielerfahrenen NORDENSKIÖLD¹, dass gegen den Nordpol hin sich offenes Meer befinde, was mit der Berechnung von SARTORIUS übereinstimmt.

Wenn nun auch bereitwillig zugegeben wird, dass die heutige Warmwasserheizung im nordatlantischen Ozean von speziellen heutigen Verhältnissen abhängt, so lässt sich doch begründen, dass die ozeanische Warmwasserheizung überhaupt keineswegs prinzipiell und ausschliesslich an solche Zustände gebunden sei, sondern dass sich dieselbe unter ganz andern Umständen, als sie heute bestehen, noch viel energischer bethätigen könne.

Nach allem, was Astronomie und Palaeontologie lehren, war die Wärme, nicht der Frost, im ursprünglichen Besitz der Oberfläche der Erde und nicht bloss der Oberfläche, sondern des gesamten Inhalts derselben; der Frost musste sich sein Terrain erst nachträglich erobern. Mag man nun die bekannte Theorie von KANT und LAPLACE sich vergegenwärtigen, oder, worauf vielleicht noch mehr Wert zu legen sein wird, die Pflanzenabdrücke aus den höchsten Breitegraden und die Resultate der Spektralanalyse in ihrer Anwendung auf die Himmelskörper betrachten, so ergibt sich der uralte Besitzstand der Wärme.

Dieser Besitzstand wurde trotz des kalten Weltraums dadurch für lange Perioden gesichert, dass zugleich die Gewässer im weitaus vorherrschenden Besitz der Oberfläche sich befanden, wozu noch eine Dunsthülle kam, die von einem solchen Zustand der Erdoberfläche unzertrennlich ist.

Eine konstante Dunsthülle von den Tropen an polwärts kann aus dem Grunde nicht entbehrt werden, weil im Winter der hohen Breiten die Zeiten der Ausstrahlung der Wärme sehr kontinuierlich sind (Polarnächte). Trotz vorherrschender Wasserbedeckung müsste, wenn freie Ausstrahlung stattfinden könnte, die Temperaturenniedrigung in dieser Jahreszeit so beträchtlich werden, dass eine Flora, wie sie besonders in den alten Formationen auch in den höchsten Breiten (Spitzbergen) bestand, nicht hätte bestehen können. Wenn aber durch eine konstante Dunsthülle die Ausstrahlung sehr stark vermindert wurde, so vermochte die Warmwasserheizung sich in der erforderlichen Intensität aufrecht zu erhalten. Die Gewässer waren zuvor schon warm und die Dunsthülle wirkte nur wie ein Mantel, der über einen Körper ausgebreitet wird; die Wärme desselben wird dadurch nicht als solche erzeugt oder vermehrt, aber die schon vor-

¹ Umseglung von Asien etc. S. 237.

handene Temperatur wird zusammengehalten. So ist die Dunsthülle nicht eine selbständige Wärmequelle, aber sie ist ein unentbehrliches Mittel, um die vorhandene Wärme der Gewässer gegen Verluste zu schützen. Der Einwand, dass ebendamit auch die Zustrahlung der Wärme in gleichem Maasse ausgeschlossen werde, ist nur scheinbar richtig; denn die Zustrahlung geschieht in hohen Breiten unter sehr schieferm Winkel, hat deshalb an sich schon geringere Kraft; die Ausstrahlung aber, die mit keinerlei Winkel zu thun hat, geht unbehindert in voller Kraft vor sich; daraus ergibt sich, dass für die Temperatur der hohen Breiten die Verhinderung der Ausstrahlung der Wärme des Meerwassers viel wichtiger ist, als die direkte Zustrahlung. Die Wärme braucht nicht notwendig in den hohen Breiten erst erzeugt zu werden; es genügt, wenn die in niedrigen Breiten erzeugte Wärme für die hohen Breiten konserviert wird. Überdies lehren die Physiker (TYNDALL), dass die Erdatmosphäre einerseits gegen jene Wärmestrahlen, die von der Sonne direkt kommen und anderseits gegen jene, die von der Erde ausgehen, sich recht verschieden verhalte. Die von der Sonne ausgehenden Strahlen finden viel leichter einen Durchgang durch die Erdatmosphäre als diejenigen, die von der Erde sich entfernen wollen.

Hierdurch erklärt sich der Überschuss an Wärme in den hohen Breiten, wenn auch die unmittelbare Zustrahlung durch die Dunsthülle vermindert wird. Als Beleg aus der Gegenwart dient hierfür die klimatische Beschaffenheit der Faröer, worüber wir jedoch auf HANN (Klimatologie S. 460, 463) verweisen können und nur die eine Stelle ausheben: „Die starke Bewölkung des Himmels und eine fast stets mit Wasserdampf gesättigte Atmosphäre bewahrt diese Gegenden während der Wintermonate vor einer Wärmeausstrahlung, die sonst während der langen nordischen Nächte die Temperatur stark erniedrigen müsste.“ (l. c. S. 467.)

So lange die drei Faktoren zusammenwirkten: Wärme, Wasser, Wolkenhülle, so lang bestand eine sehr intensive Warmwasserheizung. Nebenher konnten die Gewässer in den hohen Breiten sich allmählich abkühlen, wenn auch nur um eine mässige Anzahl von Graden, aber sie sanken wegen ihrer grösseren Schwere nieder und wärmere traten fortlaufend an ihre Stelle. Die abgekühlten Wasser ihrerseits blieben nicht unbeweglich in der Tiefe liegen, sondern breiteten sich auf dem Grunde des Meeres sehr langsam gegen die niedrigen Breiten hin aus; aber dass sie wirklich schon längst den Äquator erreicht haben, geht aus den Tiefseeforschungen hervor. Wenn aber die ab-

gekühlten Wasser auf dem Grund des Meeres nach den niedrigen Breiten hinstreben, so müssen die warmen auf der Oberfläche gegen die hohen Breiten hin sich bewegen; denn eine Kompensation ist unerlässlich. Ob diese Verschiebung unmessbar langsam, oder relativ rasch vor sich gehe, das ist schliesslich ausserwesentlich; wesentlich ist nur, dass eine Verschiebung des Wassers durch Temperaturdifferenzen auf dem Grund des Meeres einerseits und auf der Oberfläche desselben anderseits besteht.

Damit wird man freilich in die Kontroverse hineingezogen, ob die Meeresströmungen durch die Luftströmungen veranlasst und im Gang erhalten werden, oder durch ihre eigene Temperaturdifferenz. Früher war die letztere Ansicht durchaus die herrschende, der auch wir gefolgt sind. In neuester Zeit, seit den Arbeiten von ZÖPPRITZ, dem sich jetzt auch Prof. KRÜMMEL angeschlossen hat, scheint die erstere Ansicht den Sieg gewonnen zu haben.

KRÜMMEL, dessen eingehenden Ausführungen wir folgen (Ozeanographie, Bd. II, 3. und 4. Kapitel), führt die bestehenden lebhaften Strömungen der Meeresgewässer auf das Vehikel der Luftströmungen zurück, schliesst aber eine Kompensation der warmen und kalten Gewässer in vertikaler Richtung keineswegs prinzipiell aus, sondern verlangt dieselbe als notwendig, wenn sie auch so langsam ist, dass eine Messung der Schnelligkeit der Strömung in den meisten Fällen nicht möglich ist (cf. l. c. S. 286).

Auf diesen Standpunkt kann man sich unbedenklich stellen. Nur wenn die Kompensationsverschiebungen durch die Temperaturverschiedenheiten gänzlich ausgeschlossen würden, müsste dagegen Einwand erhoben werden. Auch WOËIKOF erklärt sich mit dieser Auffassung einverstanden (cf. Klimate der Erde, Bd. I, S. 137). Es bestand somit auch in den früheren Perioden der Erde ein geschlossenes System von Luftströmungen, welches eine mehr oder weniger lebhaftes Zirkulation der Gewässer auf der Oberfläche der Meere veranlasste; daneben aber noch, wie heutzutage, eine Zirkulation, veranlasst durch die Temperaturunterschiede. Die etwas mehr abgekühlten Gewässer der hohen Breiten sanken unter, die wärmeren Gewässer der niedrigeren Breiten traten oberflächlich an ihre Stelle.

Sobald aber festes Land in grösseren Massen vorhanden war, so wurde dadurch selbstverständlich die regelmässige Ausdehnung der Zirkulation beengt. Die von den Kontinenten eingenommenen Gegenden waren dem Wasser unzugänglich. Noch wichtiger aber ist, dass zu gleicher Zeit auch die Intensität der Warmwasser-

heizung beträchtlich vermindert wurde. Die grosse Ausdehnung und Stärke derselben in den früheren Perioden ist bedingt durch die untergeordnete Rolle, welche dem festen Lande zukam; sobald dieses sich breit machte, war der Besitzstand der Warmwasserheizung bedroht; denn die Landmassen sind es, welche langsam aber stetig dieselbe zurückdrängten, namentlich in hohen Breiten.

Das feste Land folgt in Erwärmung und Abkühlung andern Gesetzen als das Wasser; aber so, dass der Frost auf dem festen Lande sich rasch und leicht festsetzen kann, auf der Oberfläche des Wassers aber nur schwer. Hier, auf dem festen Lande, kann sich derselbe einnisten und von hier aus seine Herrschaft weiter ausdehnen, auch auf das Meer. An den Ufern des festen Landes setzt sich in hohen Breiten ein Eiskranz an, der von da aus weiter und weiter ins Meer hinein vordringt. Mehr noch, wenn das Land einen Teil seiner Eislast in Form von Eisbergen in das Meer absetzt, so wird das Meer sehr bedeutend in Mitleidenschaft gezogen. Die Schmelzwasser der Eisberge liefern leichtes (süßes) Wasser, das sich längere Zeit auf der Oberfläche halten kann und deshalb die Wärme der oberflächlichen Schichten des Meerwassers verdrängt, die ohnedies schon 79 Kalorien zur Schmelzung des Eises abgeben mussten. Auch die kalten Luftströmungen, die vom Land aus über das Meer hinwegwehen, entziehen demselben Wärme.

Allerdings gilt das nur von dem festen Land in hohen Breiten; aber es ist auch Thatsache, dass die Verdrängung des Besitzstandes der Wärme von den polaren Gegenden aus erfolgt ist, wie die Palaeontologie nachweisen kann.

Der folgenreichste Unterschied in der Zirkulation der Gewässer bestand deshalb darin, dass in den früheren Perioden keine grossen Temperaturdifferenzen unter den Gewässern wenigstens der Oberfläche selbst bestanden, deshalb auch kein wirklicher Kampf zwischen warmen und eigentlich kalten Wassern (Eis) eintrat. Die mehr abgekühlten Gewässer, die aber immer noch eine nicht unbedeutende Anzahl von Graden über dem Gefrierpunkt stehen konnten, sanken nieder, die wärmeren rückten an ihre Stelle ein; das war kein Kampf, sondern ein einfaches Ausweichen vor dem Kampf. Die wärmeren Wasser verloren ihre Eigenschaft nicht durch Zusammenstoss mit dem stark abgekühlten d. h. mit den festgewordenen Eismassen und konnten deshalb ihre Temperatur gut konservieren. Der Austausch aber zwischen denselben, wie er später, nachdem viel Land vorhanden war, eintrat und heutzutage noch be-

steht, vollzieht sich unter fortwährendem lebhaftem Kampfe. Die Eisberge gehen dem warmen Wasser nicht aus dem Wege; die kalten Landwinde entziehen ihm durch ihre unmittelbare Berührung seine Wärme: die Ausstrahlung in den heitern Himmel trägt in hohen Breiten ebenfalls sehr viel zur Abkühlung bei. Durch solche Vorgänge verliert die Masse des Wassers selbst einen bedeutenden Teil ihrer Wärme und die Warmwasserheizung kann deshalb heutzutage nur noch sehr unvollständig ausfallen, desto unvollkommener, je mächtiger die natürlichen Gegner der Wärme sind. Wegen Mangels an grossen Temperaturdifferenzen war die gesamte Zirkulation in früheren Perioden ohne Zweifel träger als heutzutage, aber die Warmwasserheizung ebendeshalb um so vollständiger, weil die Temperaturdifferenzen der Gewässer überhaupt nicht bedeutend waren. Je schwächer die Gegner der Warmwasserheizung waren, um so intensiver und extensiver war sie selber.

Heutzutage ist die Zirkulation wohl rascher, aber hierdurch wird nur die eigene Kraft (Wärme), der Effekt, aufgerieben; die Warmwasserheizung wird geschwächt und der Kampf zwischen Wärme und Frost bis in die mittleren Breiten hineingetragen.

Erfreulich ist, dass in neuester Zeit die Untersuchungen über die Wasserheizung auch auf die kleineren Becken der Landseen mehr und mehr ausgedehnt werden. Im Genfersee hat FOREL, im Bodensee REGELMANN den Einfluss des Seewassers untersucht und haben dieselben gefunden, dass die Temperatur der Oberfläche der Seen im ganzen Jahr um 1° — 2° C. höher ist als jene der Luft; dass insbesondere in den winterlichen Monaten die Seen Wärme an das Land abgeben können, während ihre Temperatur in den sommerlichen Monaten etwas zurückbleibt; dass ferner eine Vertikalzirkulation unter den Gewässern der Seen besteht, dass die dichtesten (kalten) unten, die warmen oben sich befinden.

Die Unterschiede sind hier allerdings nur sehr mässig, wie auch die Einwirkungen auf das Klima selbst. Es findet hier aber auch kein Zusammenstoss statt zwischen den unter der Tropensonne erwärmten Wassern und dem Polareis; es bestehen auch nicht horizontale Strömungen, durch ein System der Luftströmungen veranlasst. Dafür tritt aber die Vertikalzirkulation unverhüllt hervor und zugleich der in den physikalischen Eigenschaften des Wassers begründete Einfluss auf die Nivellierung der Unterschiede der Temperatur, die jedoch zugleich mit einem Überschuss an Wärme verbunden ist und sich im Mittel des ganzen Jahres ausdrückt. Der

Wärmeüberschuss wäre ohne Zweifel noch bedeutender, wenn nicht durch die Gebirgsflüsse, Rhein und Rhone, grosse Mengen von Schmelzwasser in die beiden genannten Seen hineingetragen würden. Bei den Ozeanen ist die Wirkung wohl grossartiger, aber auch durch andere Einflüsse stärker modifiziert, wovon einer den andern abschwächen kann oder auch, aber nur in seltenen Fällen, zur Verstärkung zu dienen scheint; die Landseen geben zwar nur ein verkleinertes Bild, aber die prinzipiellen Punkte treten klarer und ungetrübt hervor.

Das erstere lässt sich deutlich am Golfstrom speziell erkennen. Trotz mancher günstiger Umstände, welche gerade diesem Strome und den von ihm bespülten Gegenden zu statten kommen, bleibt die Kraft der Warmwasserheizung an den Küsten des westlichen Europa und hoch hinauf in den Norden weit zurück hinter jener der alten Perioden bis herab zur Molassezeit, weil auch er schon einen bedeutenden Teil seiner Wärme im Kampfe mit seinen Gegnern einbüsste. Ein Festland kann ausnahmsweise durch seine Konfiguration bewirken, dass auch heute noch einige Gegenden als lokal begünstigt vor andern erscheinen, wie es im Gebiet des Golfstroms geschieht; aber auch die Kraft dieses konzentrierten Stromes wird anderseits durch den Labradorstrom und andere Einflüsse bedeutend herabgedrückt; das ist nichts anderes als durch die Einflüsse des festen Landes, von welchem auch der letztere seine Eisberge bezieht. Was das feste Land mit der einen Hand an Vorteilen gibt, nimmt es in hohen Breiten wieder reichlich mit der andern und nur ganz relativ scheint sich bisweilen einiger Vorteil herauszustellen.

Die Berufung auf die südliche Halbkugel muss aber noch spezieller beleuchtet werden, um so mehr als diese von sehr beachtenswerten Seiten als der Typus einer (vorherrschenden) Wasserhalbkugel betrachtet wird.

Die Entgegenstellung erscheint auf den ersten Anblick frappant: in die südliche Halbkugel dringt keine warme Strömung vor und sie ist, trotz umfangreicher Meeresbedeckung, in höheren Breiten sehr kühl; in die nördliche (nordatlantische) Region dringt eine warme Strömung ein und diese Gegenden sind relativ warm. Man könnte also zu schliessen geneigt sein: was man ozeanische Warmwasserheizung nennt, ist von zufälligen Umständen abhängig, von dem zufälligen weiteren Vordringen einer warmen Strömung.

Man darf aber nicht übersehen, dass in der südlichen Halb-

kugel, in ganz gefährlicher Lage rings um den Pol, ein mit Unrecht bestrittener Kontinent oder Archipel sich befindet, welcher dem Frost ein ausgezeichnet günstig gelegenes Terrain darbietet, um sich dort festzusetzen und von da aus seine Herrschaft auszu-dehnen.

Könnte man auch unbeanstandet zugeben, dass nahe an den Polen die Temperatur des Meerwassers bei ruhiger See unter den Gefrierpunkt habe sinken können und dass damit ein Krystallisationspunkt geschaffen worden sei, von dem aus die Eisbildung in weitere Räume sich habe ausdehnen können, so steht doch dieser Annahme die Schwierigkeit entgegen, dass man die Bildung einer ausgedehnten Eiskalotte sich denken müsste ohne Anlehnung und Befestigung an dem Lande. Diese Eisfelder würden von Winden und Stürmen bewegt werden, müssten wandern und würden schon dadurch ihre Eigenschaft als feste Krystallisationspunkte verlieren. Ganz anders, wenn in dem antarktischen Polarkreise selbst auch nur eine Gruppe von Inseln zerstreut liegt, die als feste Anhaltspunkte dienen können. Dass aber dort wirklich auch Land vorhanden ist, ist ja schon längst ermittelt, nur die Ausdehnung desselben, sein Zusammenhang oder seine Unterbrechungen sind noch unaufgeklärt. Mag die Lösung dieser Aufgabe auch noch so sehr erschwert sein; so ist man doch nicht berechtigt, die Anwesenheit des Landes selbst zu bestreiten. Unter denjenigen neueren Naturforschern, welche das Vorhandensein des Landes nicht bloss annehmen, sondern auch der klimatischen Konsequenzen bewusst sind, steht (ausser SARTORIUS) in erster Reihe WOEIKOF (Klimate der Erde, 1887); zuvor aber hat sich auch schon BOGUSLAWSKI in seiner Ozeanographie (1884, S. 385), wie auch SUPAN in den Grundzügen der physischen Erdkunde (1884, S. 128) dafür ausgesprochen.

Die palaeontologischen Anhaltspunkte für die antarktischen Gegenden fehlen zwar ganz; allein das positive Zeugnis der fossilen Pflanzenabdrücke aus dem arktischen Gebiet wiegt diesen thatsächlichen Mangel auf. Es wäre ganz auffallend, dass an dem einen Pol durch die ganze lange Reihe der Formationen hindurch sollte ein diametral entgegengesetztes Klima geherrscht haben, wie an dem andern. Wir müssen bis auf weiteres annehmen, dass die antarktischen Festlandsmassen jungen Ursprungs sind, mit andern Worten, dass auch hier, ähnlich wie in nordpolaren Gegenden, früher überall eine kräftige Warmwasserheizung stattgefunden habe, die erst später durch einen Gegner lahmgelegt wurde. Später gestalteten sich aller-

dings die Verhältnisse hier dann noch günstiger für den Frost, als auf der nördlichen Halbkugel, besonders auch durch die Möglichkeit einer massenhaften und allseitigen Verbreitung der Eisberge in die Meere.

Die spezielle Betrachtung der Meeresströmungen, welche von KRÜMMEL mit grosser Genauigkeit kartographisch dargestellt wurde (cf. Ozeanographie, Bd. II), ist ganz geeignet, diese Anschauungen zu bestätigen, worauf noch einzugehen ist.

Auf der Nordhalbkugel findet sich nur ein bedeutender Eisstrom; der Labradorstrom, der mit der warmen Strömung des Golfstroms fast im rechten Winkel kollidiert, aber dann sich auskeilt. Der Golfstrom aber breitet sich fächerförmig, man möchte sagen, als Alleinherrscher über den atlantischen nördlichen Ozean aus und findet seinen Weg bis nach Spitzbergen. Ähnlich der Kurosiwo im pacifischen Ozean; seine Gegner im nördlichen pacifischen Ozean sind insgesamt schwach. Die warmen Strömungen auf dem Indischen Ozean vermögen sich, wegen Behinderung durch die Landmassen, nicht weit in der nördlichen Richtung auszubreiten.

Anders auf der Südhalbkugel. An warmen Strömungen, welche die Richtung gegen den antarktischen Polarkreis einschlagen möchten, fehlt es durchaus nicht. Es sind hier drei: der brasilianische Strom, der Aghulastrom an der Ostküste von Afrika und die ostaustralische warme Strömung. Die brasilianische Strömung kann man allerdings als eine schon von Anfang an schwächere, gegenüber dem Golfstrom betrachten; aber weder bei dem Aghulastrom noch bei der ostaustralischen Strömung ist das zutreffend; dieselben sind wasserreich.

Nun ist aber auffallend, wie wenig weit diese Strömungen nach Süden vordringen; sie hören schon zwischen 40° und 50° südlicher Breite auf, wiewohl sie keineswegs durch Land beengt sind und keiner derselben gewinnt eine fächerförmige Ausbreitung, wie der Golfstrom im Norden. Sie sind vielmehr nach Süd und Südosten hin abgeschnitten und verstümmelt und gelangen nur nach Osten resp. Nordosten hin zu weiterer Entwicklung. Der Aghulastrom löst sich in abwechselnd warmen und kalten Streifen auf und „zersplittert“ wie KRÜMMEL bündig und anschaulich sich ausdrückt.

Dagegen breitet sich auf der Südhalbkugel eine mächtige geschlossene Kaltwasserströmung schon in ungefähr 45° s. Br. rings um aus, mit welcher auch ungefähr die äusserste Linie der Verbreitung der antarktischen Eisberge zusammenfällt. Überdies zieht sich der

kalte Perustrom an der Westküste von Südamerika und der kalte Falklandsstrom an seiner Ostküste hin; ferner der kalte Benguelastrom an der Westküste von Afrika und noch ein vierter an der Westküste von Australien. Wenn man die Verstümmelung der warmen Ströme einerseits und die reiche und breite Entwicklung der kalten Strömungen anderseits gegen einander hält, so gewinnt man unwillkürlich den Eindruck, dass auf der Südhalbkugel die warmen Strömungen durch einen übermächtigen Gegner aus dem Feld geschlagen werden, der mit seinen Kälteprodukten, Eis und kaltes Schmelzwasser, die ganze weite Zone einnimmt. Dieser Gegner ist aber nicht das Wasser der Wasserhalbkugel, sondern das Land, oder wenn man will, das zu einem Mineral (Eis) gewordene Wasser desselben; es ist der Gletscher, als dessen gewaltige Bruchfläche die Eiswand der antarktischen Regionen sich darstellt (cf. BOGUSLAWSKI, Ozeanographie, Bd. I, S. 374 u. 385): Die Südhemisphäre ist nicht aus dem Grund zu kalt, weil die warmen Strömungen nicht in sie eindringen, sondern die warmen Strömungen können nicht in sie vordringen, weil sie von einem sehr überlegenen Gegner verschlungen werden.

Die Zirkulation zwischen den tropischen und antarktischen Gewässern ist aber deshalb doch nicht aufgehoben. Die kalten antarktischen Gewässer, welche anerkannt den grössten Teil der kalten Wasser überhaupt liefern, sinken auf den Grund nieder und breiten sich hier langsam gegen den Äquator aus. Deshalb besteht notwendig auch hier eine Kompensation auf der Oberfläche, aber dieselbe ist in der dominierenden kalten Strömung nicht oder nur selten positiv messbar und wahrnehmbar¹.

Die vorgelegten Einwände sind, wenn auch nicht die einzigen, aber doch weitaus die wichtigsten, welche gegen das Prinzip der Warmwasserheizung durch das Seeklima gemacht werden können; wir glauben aber, dass dieses Prinzip und die Verwertbarkeit desselben für die Erklärung der Klimate der Vorwelt sich aufrecht erhalten lässt.

¹ Auch Krümmel führt solche Beobachtungen von schwachen Spuren wärmerer Strömungen an, die bis 61° s. B. vordringen und zieht ihre Realität nicht ganz in Abrede, wiewohl er eine weitere Bestätigung abzuwarten für rätlich hält (l. c. S. 478 u. 480).

II. Würdigung der Einwände gegen das Normalklima; Gang und Grundlage des eingehaltenen Verfahrens.

Der zweite Pfeiler, der, neben dem Seeklima, die Grundlage unseres Verfahrens über die Klimate der früheren Erdperioden bildet, ist das Normalklima im Sinne DOVE's. Auch hiegegen können Einwendungen gemacht werden.

Dr. R. SPITALER in Wien hat zwar in neuester Zeit die Berechnungen von DOVE einer Revision unterworfen und in der Hauptsache die gleichen Resultate erzielt, so dass die empirischen Werte DOVE's sich bewährt haben. Aber die Beanstandung kann sich darauf werfen, dass das von DOVE hergestellte und so benannte Normalklima an sich gar nicht ein normales sei, sondern ganz von den Zufälligkeiten der gegenwärtigen Verteilung von Wasser und Land abhängig sei; man dürfe dasselbe deshalb nur ein gemischtes Klima nennen, aber nicht als ein normales auffassen.

Es ist anzuerkennen, dass ein Normalklima nach der eigentlichen wörtlichen Bedeutung einen gewissen Grad von Gleichmässigkeit in der Verteilung von Land und Wasser zur Voraussetzung hat, wenn dieselbe auch innerhalb mässiger Schranken schwanken darf; denn es handelt sich hier ja bloss um die Mittelwerte der ganzen Jahrestemperatur, welche an sich schon ausgeglichene Werte darstellen. Abweichungen vom Mittel in einem nur mässigen Prozentsatz darf man schon an sich nicht als eine wesentliche Störung des normalen Verhältnisses betrachten; sicher aber nicht in solchen Fällen, wenn diese Abweichungen durch anderweitige Einflüsse eine mehr oder weniger vollkommene Remedur erhalten, wie das bei der nördlichen Halbkugel zutrifft, worauf wir unten näher eingehen werden. Aber es dürfen doch keine sehr bedeutenden Unterschiede in der Verteilung des Festen und Flüssigen unter sich selbst vorkommen, sonst machen sich dieselben selbst in den Mittelwerten in störender Weise geltend.

Deshalb eignet sich die Südhalbkugel nicht zu dem angegebenen Zweck; sie ist dazu unbrauchbar, weil in verschiedenen Zonen derselben Land und Meer in sehr verschiedenem Umfange verteilt sind. In den dortigen niedrigen Breiten ist das zwar noch nicht auffallend hervortretend; aber in den mittleren ist das Land so spärlich vertreten, dass es als fast fehlend angesehen werden muss. In den hohen Breiten aber daselbst, im antarktischen Polarreise, steht dann die starrende Eiswand an. Ob man diese Region als einen Kontinent.

oder als einen durch Eis verbundenen Archipel, oder als eine reine Eiskalotte ohne alle festen Stützpunkte betrachten wolle, darüber sich zu ereifern, ist kaum der Mühe wert. Selbst eine reine Eiskalotte (wenn man sich eine solche ohne alle festen Stützpunkte, ohne eine Gruppe von Inseln, also ganz frei flottierend im Ozean und doch festliegend denken könnte) unterscheidet sich in ihren klimatischen Erscheinungen und Wirkungen von einem Kontinent nicht; gefrorenes Wasser hat nicht die physikalischen Eigenschaften des Wassers, sondern verhält sich ganz wie ein Mineral. Wenn man also die starrende Eiswand der antarktischen Region nicht in Abrede ziehen kann, so ist ein antarktischer Kontinent hiermit selbst schon zugegeben. Es folgt somit hier auf eine von Land fast ganz entblösste Zone unmittelbar eine solche, die vollständig mit Land erfüllt ist. Das sind so starke Abweichungen von einer normalen gleichmässigen Verteilung des Festen und Flüssigen, dass von der Südhalbkugel Abstand genommen werden muss.

Viel weniger abweichend gestalten sich die Verhältnisse der Verteilung auf der Nordhalbkugel. Hier sind überall, in allen Zonen, sowohl Land als Meer, beide in ansehnlicher Ausdehnung, vorhanden, so dass auch die Mittelwerte der Temperatur jedenfalls nicht bedeutend von dem theoretisch normalen Werte abweichen können. Für diese ganze Hemisphäre ist das Verhältnis von Wasser zum Land 60 : 40 Prozent im mittleren Durchschnitt.

Jene Zone, welche die grossen zusammenhängenden Landmassen von Asien und Nordamerika umfasst, hat zwar sichtlich mehr Land als dem mittlern Durchschnitt der ganzen Hemisphäre zukommt, und zwar ungefähr im Verhältnis von 50 : 50 Prozent. Aber hier tritt auch günstiger Weise eine Kompensation ein. Da nämlich diese Landmassen zu einem grossen Teil schon in die hohen Breiten hineinreichen, so würde dadurch der Mittelwert der Jahrestemperatur hier erniedrigt werden. Andererseits aber befinden sich in den gleichen Breiten die warmen Meeresströmungen im nordatlantischen und nordpacifischen Ozean, welche die mittlere Wärme des Meeres hier erhöhen. Eine Betrachtung des Verlaufs der Jahresisothermen in ganz neuen Werken (z. B. *Woeikof: Klimate der Erde*, Taf. XII, oder in *Unser Wissen von der Erde*, Taf. VII) lässt wirklich diese Ausgleichungen ganz augenfällig hervortreten. Über die Kontinente des nördlichen Asien und Nordamerika hin steigen dieselben ebenso stark abwärts, als sich dieselben über den entsprechenden Meeren, dem nördlichen Atlantischen Ozean und nördlichen Stillen Meer auf-

wärts wölben und auch die räumliche Ausdehnung dieser entgegengesetzten Kurven ist sehr annähernd die gleiche. Ein recht konkretes Beispiel liefert hierfür die Vergleichung der mittleren Jahrestemperaturen von Spitzbergen und Grinnell-Land; letzteres lässt mit -20° mittlerer Jahrestemperatur und ersteres mit -9° , trotz ähnlicher Breite, die Bedeutung der verschiedenen Lage recht deutlich hervortreten. Ebenso in etwas weniger hohen Breiten die Faröer verglichen mit Jakutsk. Zu dem gleichen Resultate, wie die Messungen der Lufttemperatur, führen auch die direkten Messungen der Wassertemperaturen. BOGUSLAWSKI gibt darüber in seiner Ozeanographie (Bd. I, S. 233) an, dass die mittlere Temperatur des Wassers des nordatlantischen Ozeans in der Zone vom Äquator bis zum 50° n. Br. nach Ausweis von sehr zahlreichen Messungen um $2\frac{1}{2}^{\circ}$ wärmer seien, als jene des südatlantischen und desgleichen die Gewässer des nordpazifischen Ozeans in der gleichen Zone um 1° wärmer seien als die des südpacifischen. In noch höheren Breiten, als sie hier von BOGUSLAWSKI berücksichtigt werden, müsste sich die hohe Temperatur der nördlichen Gewässer noch viel deutlicher fühlbar machen; denn hier erst kommen die ungewöhnlich hohen Lufttemperaturen der Faröer und der norwegischen Küste vor. Anderseits ist in der ganzen weiten Zone nur ein einziger namhafter Eisstrom zu verzeichnen, der Labradorstrom; der pacifische Ozean hat überhaupt nur schmale und seichte Verbindung mit dem nördlichen Eismeer und finden sich hier nur schwache Anfänge eines Eisstromes, der sich vom Ochozkischen Randmeer herausbewegt.

Es kann somit gar keinem gegründeten Zweifel unterliegen, dass wirklich eine thatsächliche Ausgleichung der zu kalten Temperaturen auf den Kontinenten durch die zu warmen auf den Ozeanen stattfindet.

Der Mittelwert von Land und Meer in dieser ganzen Zone nähert sich hierdurch offenbar wesentlich dem theoretisch normalen. In den niedrigen Breiten der nördlichen Halbkugel sodann tritt der Umfang des Landes mehr zurück, das Verhältnis ist hier ca. wie 70 zu 30 Prozent. Aber die kontinentale Qualität tritt daselbst um so stärker hervor, weil die ganze Sahara mit ihrem exzessiv kontinentalen Wüstenklima in diese Zone hineinfällt. Wäre die räumliche Ausdehnung des Landes in dieser Zone genau die numerisch normale, so würde hier die Qualität des kontinentalen Klimas schon merklich zu stark hervortreten (zu vergleichen die citierte Taf. VII in: Unser Wissen von der Erde und bei ВОЕЙКОВ, Taf. XII): so aber wird der Mittelwert auch hier recht brauchbar sein.

Das gilt jedoch nur von den Mittelwerten der ganzen Jahrestemperatur. Sobald man nicht diese, sondern die Schwankungsamplitüden der Temperatur zwischen den entgegengesetzten Jahreszeiten (Sommer und Winter) berücksichtigt, so stellen sich die dem kontinentalen Klima eigentümlichen exzessiv starken Schwankungen in den höheren Breiten ganz deutlich heraus. Wir verweisen jedoch darüber auf die Tabelle VI unserer Schrift (l. c. S. 33). Wenn die nördliche Halbkugel schon aus den vorgelegten Gründen für die Erkenntnis des Normalklimas allein brauchbar ist, so kommt dazu noch, dass die für den Zweck unserer Aufgabe so wichtigen fossilen Pflanzenabdrücke aus der nördlichen Halbkugel sehr reichlich, aus der südlichen aber sehr spärlich vorliegen. C. v. ETTINGSHAUSEN hat zwar eine Anzahl auch tertiärer Pflanzen aus dem Festland von Neuholland und von Neuseeland bestimmt; das sind jedoch nur schwache Anfänge gegenüber den reichen Schätzen, die aus allen Breiten der nördlichen Halbkugel gesammelt worden sind. Es fällt also auch nach dieser Seite hin das Schwergewicht auf die nördliche Halbkugel.

Eine Vergleichung der Skala der Temperaturen des Seeklimas und Normalklimas der nördlichen Halbkugel (cf. Tabelle I unserer Schrift S. 8) ist nun sehr lehrreich nach zwei Seiten hin, weil sie:

1) den Betrag des Unterschiedes der Temperatur zwischen beiden unmittelbar erkennen lässt und

2) ebenso unmittelbar auch den Grund dieser Differenz angibt.

Der Grund kann selbstverständlich kein anderer sein, als der direkt durch das Thermometer wahrnehmbare und messbare Einfluss des Landes; und für den Betrag ist charakteristisch nicht bloss, dass derselbe bedeutend ist, sondern dass die durch die geographische Breite hervorgerufenen Temperaturdifferenzen bei dem Seeklima nur schwach, bei dem Normalklima aber, durch den Einfluss des Landes, stark hervortreten.

Beides ist sehr wichtig; denn es ist hiermit ein Weg gebahnt, um weiter vorzudringen. Die Kritik könnte sich nur dann an einzelne Ziffern anklammern, wenn man das Resultat erzwingen wollte, dass man eine mathematische Formel daraus ableiten wollte, welche für alle möglichen Fälle eine genaue numerische Anwendung finden sollte. Allein das ist unsere Absicht nicht und es liegt hierzu auch zur Zeit gar kein Bedürfnis vor. Es ist auch an sich höchst unwahrscheinlich, dass die Entwicklung der klimatischen Zustände streng nach einer mathematischen Formel sich vollzogen habe und

in einer solchen sich wiedergeben lasse. Schon die bedeutenden faktischen Unterschiede der Temperaturen auf der nördlichen Halbkugel gegenüber der südlichen sprechen dagegen. Unsere Absicht ist nur diese: ein Verständnis zu gewinnen für jene klimatischen Erscheinungen der Vorwelt, welche so vielfach als ganz unlösbare und widerspruchsvolle Rätsel aufgefasst werden. Hierzu genügen aber vollständig jene Mittelwerte des Seeklimas und Normalklimas, wie sie von SARTORIUS und DOVE aufgestellt wurden, selbst wenn dieselben von unvermeidlichen Beobachtungsfehlern sich nicht hätten ganz frei machen können.

Unsere Hauptaufgabe aber ist, nachzuweisen, dass für den Gang des weiteren Verfahrens zum richtigen Verständnisse des Klimas der früheren Erdperioden dieser Weg und nur dieser Weg zum Ziele zu führen vermöge. Das wird am klarsten hervortreten, wenn wir zuerst die Methode von SARTORIUS besprechen und dann unsere eigene damit vergleichen. Die grossen Verdienste von SARTORIUS werden hierbei ausdrücklich anerkannt und hervorgehoben.

SARTORIUS hat seinerseits den Weg eingeschlagen, dass er das Seeklima direkt um gewisse Beträge verstärkte, ohne Berücksichtigung des Normalklimas und mit nur sehr unvollkommenen Kenntnissen ausgerüstet über die Anforderungen von seiten der Palaeontologen¹. In letzterer Beziehung kommt ihm allerdings zu seiner Entschuldigung voll zu statten, dass ihm die Resultate der Palaeontologie noch gar nicht, oder nur in ihren schwachen Anfängen bekannt sein konnten, da diese selbst erst in ihren wichtigsten Ergebnissen um mehr als ein Jahrzehnt später gefunden und veröffentlicht wurden. Heutzutage aber wäre es ein unverzeihlicher Anachronismus, wenn von diesen so sehr wichtigen Entdeckungen nicht ein umfassender Gebrauch gemacht würde. Dass somit SARTORIUS, wie er selbst sagt, die schwankende Bahn der annähernden Schätzungen (cf. l. c. S. 154) betreten musste, wobei in Irrtümer zu verfallen fast unvermeidlich war, sieht man ohne weiteren Nachweis ein. Er konnte, selbst wenn seine Schätzungen glücklicher ausgefallen wären, als sie sind, nicht ermessen, ob er damit über sein angestrebtes Ziel (Temperaturen der Vorwelt) hinausschiesse, oder hinter ihm zurückbleibe, weil ihm die palaeontologische Kontrolle abging. Ohne diese aber wäre es reiner Zufall gewesen, wenn er dennoch das Ziel richtig getroffen hätte.

¹ cf. Untersuchungen über die Klimate der Gegenwart und Vorwelt S. 323.

Aber auch noch nach einer andern Seite hin fehlte ihm die richtige Direktive, oder brachte er dieselbe nicht in Anwendung, nämlich in welcher Gradation die Skala des Seeklimas zu verstärken sei, um zu dem angestrebten potenzierten Seeklima der früheren Erdperioden zu gelangen. Eine Vergleichung mit dem Normalklima, das DOVE schon 1852 aufgestellt hatte, hätte ihm hier die Orientierung geben können; aber SARTORIUS machte davon keinen Gebrauch, vielleicht weil er ihm nicht das erforderliche Zutrauen schenkte aus irgendwelchen Gründen; sonst müsste es sich ihm ganz nahegelegt haben, eine Vergleichung mit der von DOVE gefertigten Temperaturskala zu vollziehen, welche letztere Festland und Wasser zugleich umfasst, also den Einfluss des Landes auf das Klima bestimmt erkennen lässt. Offenbar gereichte diese Unterlassung seinem Verfahren zum Nachteil, weil er sich nur auf seine Schätzungen angewiesen sah und so konnte es nicht anders kommen, als dass seine Resultate sich später als unzutreffende herausstellten, wenn auch die prinzipielle Grundlage (Seeklima) richtig ist.

Zur objektiven Sicherung unseres eigenen Vorgehens aber haben wir nicht bloss das Seeklima zur Grundlage genommen, wie SARTORIUS, sondern auch als weitere Stütze noch herbeigezogen das Normalklima (DOVE) und als dritte Stütze fügen wir noch hinzu: das palaeontologische Klima, wenn der Ausdruck erlaubt ist, wie es durch die Untersuchungen der fossilen Pflanzen, besonders aus den Polarländern, von HEER sich ergeben hat. Die Vergleichung von Seeklima und Normalklima gibt nach dem, was oben gesagt wurde, die eigentümliche Gradation an die Hand, welche anzuwenden ist, um die Einflüsse des Landes in den verschiedenen geographischen Breiten möglichst zu überwinden, worin ja die auffallendste Eigentümlichkeit, der eigentliche klimatische Charakter der früheren Erdperioden liegt; die palaeontologische Skala aber lässt den Betrag ermassen und abnehmen, wie weit in dieser Richtung voranzugehen ist. Oder mit andern Worten: die Skalen des Seeklimas und Normalklimas, miteinander verglichen, sind ein sicherer Wegweiser dafür, dass heutzutage nicht bloss ein Einfluss des Landes auf das Klima besteht, sondern auch dafür, in welcher spezifischen Richtung und Abstufung dieser Einfluss sich äussert. Ihre Vergleichung liefert den Beweis, dass die Temperaturunterschiede der geographischen Breite nur dann sich energisch geltend machen, wenn Landmassen vorhanden sind, und am meisten gilt dies in hohen Breiten. Denn schon bei der Berechnung des Seeklimas der Gegenwart,

wobei ja die Einflüsse des Landes, so gut als empirisch ausführbar ist, ausgeschlossen wurden, stellen sich die Unterschiede der geographischen Breite nur als schwache oder sehr mässige heraus. Sie können aber ohne Anstand noch mehr verringert werden (durch Rechnung), wenn man nur einen soliden Anhaltspunkt besitzt, wie weit man hierin gehen dürfe und müsse, um hinter dem angestrebten Ziele weder zurückzubleiben, noch dasselbe zu überschreiten. Auch diesen Anhaltspunkt besitzt man heutzutage, dank den Untersuchungen von HEER, in der palaeontologischen Skala. Diese leistet den erwünschten und notwendigen Dienst, dass man einen klaren und spezialisierten Begriff nicht bloss von der Beschaffenheit des Pflanzenkleides, sondern auch von den klimatischen Anforderungen der früheren Erdperioden besitzt. Der Kontrolle der palaeontologischen Skala muss man sich deshalb jedenfalls bedienen und sich ihr unterwerfen, sei es nun, dass man dadurch zur positiven Bestätigung des angewandten Verfahrens gelange, oder zur Widerlegung desselben. Wenn es auf diesem Wege nicht gelingen sollte, eine entsprechende Temperaturskala für die früheren Erdperioden herzustellen, die in gutem Einklang mit den palaeontologischen Forschungen steht, so muss das Verfahren falsch oder wenigstens mangelhaft gewesen sein. Die angewandten Stützen des Verfahrens könnten zwar für sich selbst intakt bleiben, aber es wäre fraglich, ob sie die einzigen Faktoren sind, welche hier in Anschlag kommen. Es könnte noch ein weiterer Faktor oder auch mehrere bestehen, die ebenfalls einen Einfluss ausüben, die aber keine Berücksichtigung gefunden hätten; deshalb müsste sich dann notwendig auch ein unbefriedigendes Resultat ergeben.

Wenn es aber gelingt, wirklich durch dieses Verfahren eine entsprechende Temperaturskala herzustellen, so ist dieser Erfolg der beste Beweis dafür, dass das Verfahren selbst richtig gewesen sei, d. h. dass sämtliche massgebende Faktoren die verdiente Berücksichtigung gefunden haben.

Man darf nicht glauben, dass die Anforderungen, die durch die Palaeontologie gestellt werden, sehr einfach seien, dass sie etwa nur eine um ein paar Grade höhere Temperatur erfordern würden; sie sind im Gegenteil recht kompliziert, sogar rätselhaft, für verschiedene geographische Breiten in ganz verschiedenen Verhältnissen sich bewegend. Wenn desungeachtet gut klappende Temperaturtabellen für die verschiedenen Erdperioden hergestellt werden, so kann hier kein Zufall im Spiele sein. Die Steinkohlenpflanzan machen, nach der Lehre der Palaeontologen und Botaniker, ganz andere

Ansprüche, als die Molassepflanzen; und wieder die Molassepflanzen der höchsten Breiten ganz andere, als die der mittleren und der niedrigen Breiten. All diesen sehr verschiedenen Ansprüchen muss entsprochen werden. Hat man also mit falschen Faktoren gerechnet oder wesentliche unberücksichtigt gelassen, so wird man alsbald auf störende Inkongruenzen stossen. Die Herstellung aber von gut klappenden Temperaturskalen, sowohl für die alten Perioden, als auch für die Molassezeit, soweit man es billigerweise fordern kann, ist die wirkliche bestätigende Probe des angewandten Verfahrens.

Hier von einem *circulus vitiosus* zu reden, ist völlig ungerechtfertigt. Der Sachverhalt liegt so: die fossilen Organismen der früheren Perioden verlangen (nach unserer Gesamtauffassung) ein mehr reines Seeklima, als die Gegenwart irgendwo bietet, wobei die Verschiedenheit der klimatischen Ansprüche während der älteren und während der tertiären Formation zunächst ausser Betracht bleiben kann. Die *Phytopalaeontologie* (HEER) hat die betreffenden Werte, ganz von ihrem Standpunkt aus, zu eruieren sich bemüht. Der Passus in der *Urwelt der Schweiz* (II. Aufl. S. 657) lautet (abgekürzt) wie folgt: „Mit der obersten Kreide beginnt erst die zonenweise Verteilung der Wärme; sie ist unzweifelhaft ausgesprochen in der unteren miocänen Flora der arktischen Zone. Während die Tropenwelt wahrscheinlich kaum beträchtlich heisser war als gegenwärtig, war Mitteleuropa zu jener Zeit um ca. 9° C. wärmer als jetzt; Spitzbergen aber muss nach seiner reichen Waldflora noch bei 78° n. Br. eine Jahrestemperatur von 9° C. und das Grinell-Land bei 82° eine solche von wenigstens 8° C. gehabt haben. Die Westküste von Spitzbergen hat gegenwärtig eine mittlere Jahrestemperatur von $-8^{\circ},6$ C., ist also um $17^{\circ},6$ C. kälter als zur Miocänzeit; im Grinell-Land betrug die mittlere Jahrestemperatur bei $81^{\circ}44'$ n. Br. 1875/1876 $-20^{\circ},13$ C.; der Unterschied steigt also hier auf 28° C.“

Das der Sachverhalt. Nun erwächst aber die Aufgabe, durch Aufstellung eines gemeinsamen Koeffizienten die Skala des Seeklimas der Gegenwart so zu behandeln, dass allen diesen gewiss verschiedenartigen Ansprüchen genügt wird. Nicht für jedes einzelne Glied der zehngliederigen Skala darf, je nach Bedarf, immer wieder ein anderer Koeffizient in Anwendung gebracht werden, das wäre ein *circulus vitiosus*; sondern ein und derselbe Koeffizient gilt für sämtliche 10 Glieder der Skala. Durch die Anwendung eines einzigen Koeffizienten muss das Seeklima der Gegenwart sich so potenzieren lassen, dass die hierbei resultierenden Werte

mit jenen, die von der Phytopalaeontologie aufgestellt worden sind, übereinstimmen. Bei der sehr grossen Verschiedenheit der letzteren sieht man wohl, dass hier keine ganz einfache Anforderung gestellt wird. OSWALD HEER hat bei seinen Arbeiten keine Rücksicht darauf genommen, ob und wie die von ihm gefundenen botanischen Werte auch physikalisch erklärt werden können, und sämtliche Palaeontologen machen kein Hehl daraus, dass man sehr weit davon entfernt sei, all diese weit auseinandergelenden Werte unter einen Hut und hiermit dieselben zum physikalischen Verständnis zu bringen. Wenn nun aber doch dargethan werden kann, dass schon die Anwendung eines einzigen Koeffizienten auf die Skala des Seeklimas der Gegenwart ausreicht, um allen diesen Anforderungen gerecht zu werden und so eine Skala aufzustellen, die den auf palaeontologischem Wege gefundenen Werten wesentlich entspricht, so ist hiermit der Beweis geliefert, dass nicht mit falschen Faktoren gerechnet worden ist. Wollte man diese Übereinstimmung dem Zufall zu gut schreiben, so müsste man nachweisen, ob es wahrscheinlich sei, dass der Zufall eine so ganz unbegreifliche Wirkung haben könne, und die Wahrscheinlichkeitsrechnung würde ein Resultat ergeben, das den Zufall hier vollständig ausschliesst.

Wer einen andern Weg, als den hier von uns betretenen, einzuschlagen vorzieht, mag das thun; aber solange er keine befriedigende Skala herzustellen vermag, welche die Kontrolle der Phytopalaeontologie aushält, so lange ist keine Garantie gegeben, dass er sich nicht auf dem Boden einer unkontrollierten Hypothese bewege. Unsererseits glauben wir die Versicherung geben zu sollen, dass nur das Zusammenklappen der Resultate aus den verschiedenen hier in Betracht kommenden Disziplinen uns den Mut gegeben hat, diesen Gegenstand in der Öffentlichkeit zu besprechen. Wenn also jemand aus irgendwelchen Gründen von der Annahme ausgeht, dass ein potenziertes Seeklima niemals bestanden habe, so muss er auf irgend einem andern Wege durch Herstellung einer konkreten Temperaturskala den Nachweis führen, dass die Wälder von Spitzbergen etc. in früheren Perioden die Bedingungen zu ihrer Existenz gehabt haben; denn sowohl die Existenz als auch das Indigenat derselben ist von HEER so gut erwiesen worden, als irgend eine naturhistorische Thatsache erwiesen werden kann (cf. Polarflora I. B. S. 14, 30, 49). Eine Änderung in der Exzentrizität der Erdbahn ist aber dazu untauglich, weil durch dieselbe nur die Unterschiede in den verschiedenen Jahreszeiten entweder exzessiver gemacht oder aber abgeschwächt werden

können, der Mittelwert aber der ganzen Jahrestemperatur gleich bleibt. Bei einem Mittelwerte von -8° C., was die heutige Temperatur von Spitzbergen ist, kann aber weder die Holzvegetation der Molassezeit, noch viel weniger die der Kreide- und Steinkohlenzeit daselbst bestanden haben. Durch eine Änderung in der Lage der Erdachse würden sodann die verschiedenen klimatischen Zonen wohl räumlich in ganz andere Gegenden verlegt werden können, aber die Temperaturen innerhalb dieser verschobenen Zonen selbst würden sich nicht ändern, womit wieder nicht geholfen ist. Wollte man aber zur Erklärung die Eigenwärme der Erde in früheren Perioden herbeiziehen, welche durch warme und heisse Quellen den Boden und die Luft so sehr erwärmt haben müssten, dass das Klima von Spitzbergen die erforderlichen Eigenschaften erlangt hätte, so führt das ebensowenig zum Ziele. Es ist nicht in Abrede zu ziehen, dass in einem gewissen Stadium der tellurischen Entwicklung die Eigenwärme der Erde eine sehr grosse gewesen sein muss, so dass überall, selbst in polaren Gegenden, die Luft durch Berührung mit dem heissen Boden und den heissen Quellen ganz bedeutend erwärmt wurde. Aber dieses Stadium konnte nur während der azoischen Periode bestanden haben; es konnte nicht einmal bis zur Steinkohlenperiode andauern, noch weniger bis in die Molassezeit; denn wenn der Boden der Erde eine solche Wärmemasse an die Luft abgeben konnte, dass die Jahrestemperatur um einige Dutzend Grade erhöht werden konnte, so musste schon in ganz geringer Tiefe eine wirkliche Siedhitze bestehen. Dann konnten aber die grossen baumartigen Gewächse, welche doch zu ihrer Befestigung ihre Wurzeln in die Tiefe senden mussten, nicht bestehen, weil die Siedhitze ihnen tödlich geworden wäre. Aus dem gleichen Grund konnten auch keine Tiere des Wassers bestehen, so wenig als in den heissen Quellen von Neuseeland heutzutage (HOCHSTETTER). Deshalb ist jene Erklärung unzulässig. Ein kleiner Zuschuss jedoch von 2° — 3° R., wie ihn SARTORIUS für die ältesten Perioden in Anrechnung bringt, unterliegt keiner Beanstandung und wird auch nicht von der Hand gewiesen werden dürfen. Mit den azoischen Perioden haben selbstverständlich wir jedoch hier nichts zu schaffen; unsere Aufgabe besteht darin, dass wir nach Massgabe der fossilen Tier- und Pflanzenreste die klimatischen Zustände jener Perioden physikalisch zu erklären suchen, in welchen Tiere und Pflanzen wirklich bestanden haben. Es mag jedoch genügen, auf die obigen Erklärungsversuche und ihre Unzulänglichkeit hingewiesen zu haben.

Nur dagegen muss man sich mit Entschiedenheit verwalten, dass man die Argumentation sozusagen umkehre und ein Akklimationsfähigkeit seitens der Organismen unterstelle, welche vermocht hätte, sich an jede Art von Klima im Laufe der verschiedenen Erdperioden anzupassen. Das von HEER bearbeitete Material der Nordpolexpeditionen beweist gerade das Gegenteil. Wenn jene Unterstellung richtig wäre, so hätten die zur Molassezeit in Spitzbergen bestandenen Waldbäume sich auch an das heutige Klima daselbst (wenn auch mit Modifikationen) anpassen müssen und können, was aber nicht zutrifft. Längst schon trägt der Golfstrom einzelne sehr hartbeschalte Sämereien aus den niedrigen Breiten bis an die Gestade der hochnordischen Länder¹; aber sie sind weit entfernt, sich in diesen Gegenden zu entwickeln und zu akklimatisieren. Da aber früher solche Organismen daselbst thatsächlich bestanden haben, so ist der Schluss gerechtfertigt, dass sie zwar damals ihre Existenzbedingungen auch in den höchsten Breiten gefunden haben, dieselben aber heute dort nicht mehr finden, sicherlich nur aus dem Grunde allein, weil daselbst das Klima sich ganz wesentlich geändert hat. Die Erklärung muss sich nach den Thatsachen richten, nicht umgekehrt.

Dagegen leistet nun die von uns vertretene Warmwasserheizung durch die ozeanischen Gewässer ohne Schwierigkeit die erforderlichen Dienste. Schon das empirische ozeanische Klima der Gegenwart (SARTORIUS) leistet hierin viel; durch eine entsprechende Verstärkung desselben, die aber ganz im Gebiete der Zulässigkeit liegt, wird darin noch viel mehr geleistet, so viel, dass alle billigen Anforderungen erfüllt werden. Die Tabellen III, V, VI unserer Schrift (l. c. S. 27, 31, 33) sind ganz geeignet, diesen Beweis zu liefern für die alten Perioden und die Tabelle VII daselbst (l. c. S. 48) für die Molassezeit.

Wenn man sich somit der Vergleichung des Seeklimas und Normalklimas als der empirischen Grundlagen bedient und noch die palaeontologische Skala zur weiteren Orientierung herbeizieht, so vermag man damit ein Ziel zu erreichen, das den Anforderungen entspricht. Spekulationen sind, wie man sieht, hierbei ausgeschlossen.

Nun tritt aber die Aufgabe heran, auch solche Einwendungen zu besprechen und zu beseitigen, die von benachbarten Gebieten aus, besonders von der Geologie aus, gemacht werden können.

¹ cf. Heer, Flora foss. arctica. Bd. I, S. 14 Note.

III. Besprechung und Beseitigung einiger anderer Einwände.

1) Die Warmwasserheizung wird durch das Auftauchen des festen Landes beeinträchtigt. Wenn dieses sich zu Kontinenten zusammenschliesst, welche, nach dem heutigen Massstabe, Hunderttausende von Quadratmeilen messen, so schaffen sich dieselben ihr Klima selbst; es entsteht das kontinentale Klima, welches in einem deutlichen und scharfen Gegensatz zum Seeklima steht und der Besitzstand des letzteren wird geschädigt oder ganz verdrängt. Solange aber das feste Land noch nicht in geschlossenen Massen auftritt, sondern in Inseln und Archipelen zerteilt ist, so ist immer noch eine Ausbreitung der Gewässer nach allen Seiten der Oberfläche hin ermöglicht und damit eine Regulierung im Sinne des Seeklimas vorhanden, wie andererseits das zerstückelte Land seine zu einem kontinentalen Klima hindrängenden Eigenschaften nur wenig oder nicht zu bethätigen vermag.

Man sieht, wie Warmwasserheizung und archipelartige Verteilung des Landes in den alten Perioden miteinander stehen und fallen, dass das Prinzip der Warmwasserheizung nicht aufrecht erhalten werden kann, wenn man Kontinente in den alten Perioden zulässt, dass aber auch andererseits, wenn man den Bestand von Archipelen aufrecht erhalten kann, dadurch das Prinzip der Warmwasserheizung selbst eine weitere Stütze findet.

Man weist nun allerdings auf gewisse Landstrecken hin, die, wenn sie auch nicht den Umfang von Kontinenten im heutigen Sinn besitzen, aber doch von grossem Umfang sind (Canada, die Umgebung der Ostsee etc.), in welchen die alten Urgesteine stark vorherrschen und von meerischen Sedimenten nur wenige Spuren vorhanden sind. Allein solche Erscheinungen können nicht mehr als beweiskräftig angeführt werden dafür, dass diese Länder seit den ältesten Zeiten festes Land gewesen seien, seitdem man die sehr wichtige Rolle kennen gelernt hat, welche der Denudation und Abrasion zugefallen ist (RICHTHOFEN, SUESS). Ohnehin müsste der Mangel an aufeinander folgenden Süsswasserbildungen in diesen Gegenden darauf aufmerksam machen, dass hier der ursprüngliche Zustand offenbar nicht erhalten ist, sondern dass Umänderungen vorgekommen sind, welche sogar bis in die jüngsten Perioden hereinreichen können.

Dagegen ist eine andere Beweisführung zu gunsten des Bestandes von Archipelen statt geschlossener Kontinente so naheliegend und, möchte man sagen, fast handgreiflich, dass man das Gewicht der-

selben nicht wird abschwächen können; es ist die Auffindung von zahlreichen Meerespetrefakten bis tief in die heutigen Kontinente hinein, während die Land- und Süßwasserfossilien sehr spärlich sind und zwar, je weiter zurück in der Reihe der Formationen, desto spärlicher. Das ist ein selbstredendes positives Zeugnis für die ehemalige Existenz von Archipelen an der Stelle der heutigen Kontinente.

Der hauptsächlichste Grund aber, der, trotz dieses Zeugnisses, doch für die Existenz von umfangreichen Kontinenten schon in den ältesten Perioden angeführt wird, besteht darin: man müsse über den Meeresspiegel emporragendes umfangreiches Festland annehmen, um das Schichtenmaterial der späteren Formationen zu erklären, besonders die Sand- und Thonschichten. Das Material der Kalkschichten könne sich im Meere selbst unter Mitwirkung der Organismen gebildet haben, aber das Material der Sand- und Thonschichten (Grauwacken etc.) weise mit Bestimmtheit darauf hin, dass irgendwo Land gewesen sein müsse und zwar ausgedehntes Land, durch dessen Unterspülung etc. das Material in das Meer gekommen sei, um so immer und immer wieder neue Sand- und Thonschichten zu erzeugen. NEUMAYR, Erdgesch. I, S. 367. Dieser Grund ist genauer ins Auge zu fassen und zu prüfen. Zunächst ist zuzugeben, dass auf solche Weise und durch die Sedimente der Flüsse, welche diese angenommenen alten Kontinente durchströmten, das Material zu den Grauwacken und Sandsteinen, worunter auch die groben Sorten begriffen sind, gebildet werden konnte.

Aber misslich ist, dass auf diesem Wege keine Zunahme des Festlandes durch die ganze Reihe der Formationen hindurch stattfinden konnte, sondern eine stetige Abnahme sich ergeben haben müsste. Mögen die Sande etc. auch noch so oft umgesetzt werden, so kommt doch kein weiteres Material hinzu, als jenes, das schon ursprünglich als Festland über das Meer emporragte. Das bisherige Festland verschwand nach und nach unter dem Meeresspiegel und es mussten schon recht günstige Zustände obwalten, wenn nur gleich viel Land sich wieder über das Wasser erhob; aber ein Zuwachs konnte nicht erfolgen. Die fortwährende Abtragung des festen Landes und Ausbreitung des Materials über die weiten Räume des Meeres hin, auch in die Tiefen des Meeres hinein, bewirkte eine fortlaufende Nivellierung der vorhandenen Unebenheiten. Bei diesem Prozess aber könnte und müsste das Land mehr und mehr und zuletzt ganz unter dem Meeresspiegel

verschwinden, vorausgesetzt, dass die Masse des Wassers so gross ist, dass sie die ganze Oberfläche der Erde bedecken kann. Letzteres ist aber der Fall, wie KRÜMMEL berechnet hat, und zwar in der Weise, dass nach Einebnung aller heutigen Kontinente das Meer noch 2520 m. tief die ganze Oberfläche überfluten könnte¹.

Man sieht, wie misslich diese Konsequenz ist und wie wenig dieselbe mit den palaeontologischen Beobachtungen übereinstimmt. Diese Auffassung vermag sodann auch nicht den geringsten Anhaltspunkt zu liefern, um die wesentlichsten und unverkennbaren Züge in der Physiognomie der Festlandmassen (zentrale Depressionen und erhöhte Ränder) zu verstehen. Wir verweisen jedoch darüber auf die Darlegungen in unserer Schrift (l. c. S. 138).

Es gibt aber auch noch einen andern Weg, um das Material der Sandsteinformationen zu erklären.

Wir gehen davon aus, dass die Erhabenheiten der Kontinente keineswegs schon in den alten Perioden vorhanden waren, sondern durch einen Prozess, der in früheren Publikationen schon von uns vorgeführt wurde, allmählich in kleinen Anfängen aus dem Meere auftauchten. Hierbei mussten aber die Schollen notwendig den zerstörenden Brandungsgürtel passieren und konnte hierbei ebensogut eine grosse Menge von Sand etc. bereitet werden, als durch die Unterspülung von von Anfang an bestehendem festem Lande. Diese Zerstörungsprodukte wurden in das Meer vertragen, aber die Brandung vermochte nicht alles zu verschlingen; weitere Punkte von Festland rückten fortwährend nach, und wenn auch Massen von Sand in das Meer gelangten und letztere das Material zu neuen Schichten gaben, so wurde dadurch der Zuwachs neuen Landes nicht unmöglich gemacht. Bei dieser Auffassung erklärt sich auch die Beobachtung der Palaeontologen ganz einfach, dass die Meeresfossilien in den alten Perioden so stark vorherrschen.

Freilich kann man noch zu der Behauptung greifen, dass die alten Kontinente schliesslich auf den Grund der Meere niedergesunken seien. Aber das ist nicht mehr als eine Behauptung, die weit entfernt ist, begründet werden zu können. Man sieht im Gegenteil recht gut ein, dass eine Gegend, die in den ältesten Perioden schon ein Senkungsgebiet war, ein solches auch später werde geblieben sein und sich nur noch mehr vertieft haben werde. Gebiete der Hebung aber, selbst wenn sie anfänglich auch noch nicht

¹ cf. Morphologie der Meeresräume. S. 107.

über den Wasserspiegel hervorragten, fuhren fort sich zu heben und bildeten die Sockel der späteren Kontinente. Das ist ein natürlicher Prozess ohne Umkehrung der natürlichen Ordnung. Für ein Niedersinken aber von grossen alten Kontinenten auf den tiefen Grund des Meeres lässt sich gar kein Motiv ausfindig machen¹.

Die Annahme von Archipelen ist somit für die alten Perioden nach unserer Auffassung nicht abzulehnen, sondern lässt sich als ein ganz natürliches Entwicklungsstadium begründen, womit die klimatischen und palaeontologischen Beobachtungen im Einklang stehen. Die Annahme aber von umfangreichen Kontinenten für diese Perioden hat mit den grössten Schwierigkeiten zu kämpfen. Dem Eindruck, den die (marinen) Versteinerungen der alten Perioden machen, können sich auch jene Geologen nicht ganz entziehen, welche die Existenz von uralten Kontinenten glauben verteidigen zu müssen. NEUMAYR äussert sich gelegentlich so (Erdgesch. II. S. 140): „Indem der Geolog in den ältesten Ablagerungen beginnt, umgibt ihn nur marines Leben, zuerst der hohen See, erst allmählich in jüngeren Schichten kommen andere Erscheinungsformen hinzu. Sein Weg gleicht dem des grossen Genuesen, der, eine neue Welt zu entdecken, zuerst den Atlantischen Ozean durchschiffte. Lange Tage segelte die Expedition, nur Meer und Himmel, nur die grünen Tangmassen des Sargassomeeres vor Augen, als Vertreter des pflanzlichen Lebens. Endlich

¹ Darauf, dass die Meere als die eigentlichen Senkungsgebiete zu betrachten seien, weist auch der merkwürdige Schlusspassus hin, mit dem Prof. Suess den I. Band seines Werkes: *Antlitz der Erde* (S. 778) abschliesst: „Würden die tangentialen Spannungen in dem äussern Felsgerüste der Erde sich vollkommen das Gleichgewicht halten und würde dasselbe im stande sein, sich als ein freies Gewölbe selbständig von allen Vorgängen der Erdtiefe aufrecht zu halten, würden keine Einbrüche und Faltungen eingetreten sein, — so würde wahrscheinlich die Oberfläche der Erde ein ziemlich regelmässiges Sphäroid darstellen, allenthalben bedeckt von einer ununterbrochenen ozeanischen Hülle. Die Einbrüche sind es, welche die Wasser in den tiefen Weltmeeren gesammelt haben; hierdurch erst sind die Kontinente entstanden und sind Wesen möglich geworden, welche durch Lungen atmen.“ Wir möchten hierbei auf unserem Standpunkt nur den Umstand noch betonen, dass sicher die Kontinente nicht auf einmal entstanden und schon in den alten Perioden als fertige Komplexe vorhanden gewesen sein können, sondern dass sie notwendig das Stadium der Archipele langsam durchgemacht haben werden. In welchen Perioden endlich das kontinentale Stadium selbst erreicht worden sei, darüber hat offenbar nur die beobachtende Palaeontologie die letzte Entscheidung zu geben. Ob aber die in dem angeführten Schlusspassus des I. Bandes ausgesprochene Idee genau die nämliche sei, welche anderwärts von Suess in seinem Werke durchgeführt wird, darüber enthalten wir uns jeder Äusserung.

wird ein vereinzelter Treibholzstamm gesehen; man hofft auf nahes Land, aber wieder verschwinden die trügerischen Zeichen. Nach einiger Zeit stellen sich wieder treibende Bäume, Zweige, Blätter ein; ein vom Wind verschlagenes Insekt umflattert die Masten; die Boten eines nahen reichen Pflanzenwuchses mehren sich und endlich betritt die Mannschaft nach langer Fahrt an der neu entdeckten Küste den tropischen Urwald.“

Dieser Urwald im Sinne NEUMAYR's ist die Steinkohlenformation; sie verdient diesen Namen nach der Üppigkeit des Pflanzenwuchses; ob aber hier schon Kontinente anzunehmen seien, ist eine ganz andere Frage. Land ist da, niedriges, sumpfiges über verschiedene Breiten- und Längengrade hin zerstreut; aber grosse trockene Kontinente nachzuweisen, die diesen Namen auch nur mit einem Schein von Recht beanspruchen könnten, das ist niemanden gelungen.

Und nachher folgen dann wieder Schichten, die zwar nicht ganz so stark vorherrschend, aber doch immer noch in stark überwiegender Zahl den meerischen Ursprung verraten, bis in das Tertiär hinein, in welchem Landtiere und dikotyledone Pflanzen auftreten. Aber auch hier noch, wieviel fehlt bis zu den trockenen, grossen, zusammenhängenden Kontinenten der Gegenwart!

Die Annahme von uralten Kontinenten scheint nur noch ein zäher Rest zu sein von jener veralteten, allgemeinen Auffassung, welche die Gebirge mit ihren oft zu Tag tretenden krystallinischen Felsmassen, als den eigentlichen, uralten Kern, als das Gerippe der Kontinente ansah. Bei den Gebirgen hat sich die Unhaltbarkeit dieser Vorstellung längst ergeben, der Nimbus ihres Alters schwindet immer mehr; die Palaeontologie hat den thatsächlichen Nachweis geliefert, dass noch ganz junge Schichten an der Bewegung der mächtigsten Gebirge teilgenommen haben.

Aber auch der nicht gebirgige Teil der Erdoberfläche, selbst die Tiefebenen sind streng genommen doch nichts anderes als Gebirge, wenn auch die Energie der Bewegung hier weniger stark zu Tage tritt. Sie sind Niederungen nur gegenüber den Gebirgen; gegenüber den Meerestiefen sind dieselben schon entschiedene Höhenlagen und zwar so, dass ihr Sockel noch tief unter den Spiegel des Meeres hinabreicht. Wie das hohe Alter der hohen Gebirge hinfällig geworden ist, so wird diese Annahme auch bei den Kontinenten nicht aufrecht erhalten werden können. Die Palaeontologie hat auch hierfür längst schon den Beweis geliefert dadurch, dass sie Meeres-

versteinerungen der verschiedensten Formationen über die ganze Ausdehnung der Kontinente hin, wie in den Gebirgen so auch in den Ebenen, nachgewiesen hat. In neuester Zeit spricht sich DE LAPPARENT sehr bestimmt dahin aus, dass „ein stetiger Fortschritt in der Auftauchung von Festland zweifellos vorhanden sei; dass beinahe die ganze Oberfläche der heutigen Kontinente von Asien, Amerika, Europa und Afrika dem Meere entstiegen sei“ (cf. Bulletin de la Société géol. 1887. Tom. XV. No. 3).

Noch deutlicher wird dieser Gegenstand beleuchtet werden können, wenn auch die Erscheinungen der Tier- und Pflanzenverbreitung damit in Zusammenhang gebracht werden.

2) Die geographische Verbreitung der Tiere und Pflanzen in der Gegenwart bietet zahlreiche und bedeutende Rätsel dar. Ein erster Anfang der Zurückführung der Verbreitung der Pflanzen auf solche Zentren, welche schon zur Molassezeit bestanden, ist HEER gelungen durch den Nachweis eines Verbreitungszentrums und einer radialen Verbreitung von den Gegenden des nördlichen Polarkreises aus¹. Diese schöne Errungenschaft legt nun die Frage nahe: Wie muss man sich die Verteilung des Festen und Flüssigen, zunächst in jenen Gegenden und zu jener Zeit vorstellen, um nicht bloss die Existenz einer solchen Flora daselbst, sondern auch ihre radiale Verbreitung von dort aus zu ermöglichen?

Ein Kontinent, der allenfalls von Spitzbergen nach Grönland und noch weiter sich erstreckt hätte, ist dazu unbrauchbar; derselbe müsste nur geradezu seine physikalisch-klimatischen Eigenschaften verleugnet haben; denn es ist bekannt, dass bei dem sehr strengen kontinentalen Klima in so hohen Breiten ein üppiger Holzwuchs, eine Waldvegetation überhaupt nicht mehr stattfinden kann.

Anders, wenn nicht bloss in diesen hohen Breiten, sondern überhaupt damals kein Kontinent bestand, wenn nur Arclüpele bestanden haben, wenn der grosse Raum beispielsweise von Grönland in Inseln aufgelöst war und ebenso die grossen kontinentalen Massen im nördlichen Amerika und Asien und wenn überdies in den jetzt inselleeren oder inselarmen Räumen der nördlichen Ozeane eine Anzahl von Inseln, wenn auch nur von kleinerem Umfang, sich befanden. Unter solchen Umständen konnte eine Waldvegetation auch hier noch gedeihen, weil die warmen Wasser auf der Oberfläche des Ozeans noch überall hin gelangen und eine Warmwasserheizung be-

¹ Zu vergleichen darüber: Schröter, Lebensbild von Osw. Heer, S. 320.

wirken konnten. Die Waldbäume von Spitzbergen hatten zwar zur Zeit der Molasseformation schon fallendes Laub, waren also auf eine Winterruhe eingerichtet; aber die Winterkälte war eine mässige und vermochte die Kraft der Warmwasserheizung wohl zu schwächen aber nicht vollständig zu brechen, wofür der ganze Charakter der damaligen Flora spricht.

Wenn also damals ein ozeanisches mildes Seeklima über einen Archipel hin verbreitet war, ein Seeklima, das nicht durch Abschmelzung von Eisbergen etc. seiner Kraft schon beraubt war, und wenn dasselbe mit der dem Seeklima eigentümlichen Gleichförmigkeit auch, ohne bedeutende Steigerung oder Abnahme der mittleren Jahreswärme, weit nach den andern Himmelsgegenden sich ausbreitete über Archipele und Inselketten hin, so waren die Bedingungen für Ermöglichung einer umfassenden Wanderung erfüllt. Diese Anordnung entspricht den schwierigen Anforderungen der Pflanzen- und Tiergeographie aus dem Grund am besten, weil sie einerseits die Wanderung ermöglicht und anderseits dieselbe mässigt und einschränkt; das eine ist so notwendig, wie das andere. Darauf weist auch WALLACE hin, wenn er bemerkt, dass die Hauptabteilungen der Geographie ungefähr mit denen der Zoologie übereinstimmen und dass Veränderungen in der Verteilung von Flüssigem und Festem mehr durch Hinzufügungen zu schon bestehendem Land erfolgt seien, als durch Erheben gänzlich neuer Kontinente (cf. Geograph. Verbreitung der Thiere Bd. I, S. 45, 47, ferner S. 464, 338, 534 etc.).

RÜTIMEYER teilt ein recht lehrreiches Beispiel mit aus der heutigen Tierverbreitung in dem Archipel der Sundainseln zwischen Neuholland und Asien. Es besteht nach ihm eine gegenseitige allmähliche Abnahme und Erlöschen der Zahl der gemeinsamen Spezies, wenn man sich von dem einen oder andern Verbreitungszentrum entfernt oder eine Zunahme, wenn man sich ihm nähert. „Neuholland hat 107 Beuteltiere; von hier weg in der Richtung nach Indien hat: Neuguinea noch 10, die Aruinseln 9, Waigiu und Amboina noch 3 und Celebes nur noch 2 Beuteltiere. Umgekehrt hat in der Richtung von Indien gegen Neuholland zu: Sumatra an echten Raubtieren 20 Arten, Java und Borneo 13, Celebes und Amboina nur noch die Zibetkatze und den Rollmarder, Timor nur noch eine kleine Katze¹.“ Man sieht daraus, wie ein Archipel die Wanderung ermöglicht, aber auch zugleich einschränkt.

¹ Rüttimeyer, Herkunft unserer Thierwelt, S. 11.

Ganz anders ist die Verbreitung bei einer breiten kontinentalen Verbindung, wovon die grosse paläarktische Region (WALLACE) als Beispiel dienen mag. Diese Region umfasst die weitausgedehnten Landstrecken des nördlichen und mittleren Asien und Europa. Die Hauptzüge der Tierwelt sind die gleichen. Wären aber diese Ländermassen in ihrer Mitte durch einen breiten Meeresarm unterbrochen und nur durch einen Archipel besetzt, so würden dieselben ohne Zweifel in zwei viel schärfer getrennte Regionen, eine östliche und eine westliche zerfallen, weil dadurch die Hin- und Herwanderung eingeschränkt, wenn auch nicht aufgehoben würde¹. So gut nun eine kontinentale Landverbindung passt, um die Verbreitung einer typisch fast einheitlichen Tierwelt über einen weiten Raum hin zu verstehen, so wenig passt dieselbe um das rätselhafte sporadische Auftreten einzelner Tierarten in weit entfernten, durch Meere getrennten Gegenden zu erklären. Das sind aber gerade die zahlreichsten und schwierigsten Fälle. Man findet bei der Tier- und Pflanzenverbreitung überall hin einzelne Beziehungen, aber mit vielen Lücken und Beziehungen, die nach den verschiedensten Himmelsgegenden hinweisen. Zu ihrer prinzipiellen Erklärung leistet eine archipelartige Beschaffenheit die besten Dienste; denn ein Archipel ist ein elastisches Prinzip, wie man es hier notwendig braucht; ein Kontinent ist schwerfällig, leistet bald zu viel, bald zu wenig; letzteres besonders dann, wenn es sich um Wanderungen in der Richtung der Meridiane handelt. Hier zieht schon der Unterschied in der Temperatur des kontinentalen Klimas der Verbreitung ziemlich enge Schranken, während ein Archipel durch sein gleichförmiges Seeklima einen weiten Spielraum lässt.

Selbstverständlich ist, dass zu gleicher Zeit, als das Land in Inseln aufgelöst war, auch das Meer eine andere Physiognomie darbot. Das Meer war breiter, weniger tief und ebendeshalb an vielen Stellen mit Inseln besetzt, die heutzutage ganz leer oder wenigstens ganz arm an Inseln sind. Die flächenhafte Geschlossenheit und grosse Tiefe der Meere trat erst ein zugleich mit, oder besser, unmittelbar vor der Geschlossenheit der grossen Kontinente.

Mit einem Wort: die Differenzierung zwischen Land und Meer war zuvor nicht so gross wie heutzutage; mit der Vertiefung des Meeresgrundes verschwanden viele Inseln, welche zuvor noch als Haltpunkt für eine Wanderung dienten, die nun aber bei der heutigen Ordnung der Dinge schwer zu begreifen ist.

¹ cf. Wallace, l. c. Bd. I, S. 276.

Um nochmals spezieller auf die von HEER nachgewiesene radiale Verbreitung der Pflanzen¹ von dem arktischen Polarkreise aus zurückzukommen, welcher leichtlich auch eine ähnliche Verbreitung vom antarktischen Polarkreis aus entsprochen haben dürfte, so schliesst sich die Annahme von Archipelen recht gut an jene schöne Entdeckung an, auch noch nach einer andern Seite.

In sehr hohen Breiten vermag eine Inselkette von ganz mässiger Ausdehnung für Verbreitung der Tiere und Pflanzen viel mehr zu leisten, als in niedrigen oder mittleren; denn dort verengert sich das Netz der Längengrade, die Räume schliessen sich enger zusammen. Eine Inselkette vermag dort zwei Erdhälften leicht zu verbinden, die schon in mittleren Breiten durch gewaltig grosse Räume getrennt sind. Die Räume konvergieren dort gegeneinander, wie das besonders auch auf der Südhalbkugel deutlich hervortritt, woselbst sich die Spitzen der Kontinente, die sich nach Süd vorschieben, einander deutlich nähern. Wie günstig hier eine limitierte Verbindung durch Archipele, bei gleichzeitigem Bestand eines gleichförmigen, relativ warmen Seeklimas, wirken konnte, ist ohne weiteren Beweis einzusehen.

Die Schwierigkeiten, welche gegen den Bestand von vorherrschenden Archipelen von seiten der Pflanzengeographie her erhoben werden, fallen hiergegen nicht schwer ins Gewicht. Der Haupteinwand ist der, dass schon die Tertiärflora so reich sei und so mannigfaltig, dass hierzu nur Kontinente passen, aber nicht kleine Inseln.

Dagegen ist vor allem zu bemerken, dass bei unserer Auffassung von Archipelen keineswegs bloss Inseln von kleinstem Umfang verstanden sind. Inseln von der Grösse von England oder Irland unterliegen dem Einfluss des ozeanischen Klimas in hohem Grade und vermögen von sich aus noch kein Kontinentalklima zu erzeugen. Aber auf Festlandkomplexen von solchem Umfang vermag doch auch schon eine mannigfaltige Flora sich zu halten. In dem Wettbewerb fällt dann den Pflanzen der grösseren Inseln durch ihre grössere Expansivkraft auch die grössere Bedeutung zu. Die Molasseformation ist aber, wie es scheint überall, durch die Eigentümlichkeit ausgezeichnet, dass selbst in solchen Gegenden, in welchen nach dem Resultat von eingehenden Spezialuntersuchungen, nur kleine Inseln bestanden haben konnten, doch eine sehr mannigfaltige und reiche Flora existierte.

Wir können als Beispiel den bekannten Fundort Oeningen an-

¹ Zu vergleichen Schröter: Lebensbild von Oswald Heer, S. 307 u. f.

führen. Derselbe liegt innerhalb des weitausgedehnten, fast meerartigen Sees, der zur Zeit der oberen Molasseformation die Gegend zwischen den Alpen und dem Jura weithin ausfüllte und so sehr mit seinen Sedimenten in grosser Mächtigkeit bedeckte, dass für grosse Inseln hier sichtlich kein Raum war. Und doch ist in Oeningen wie weiterhin in Heggbach und Reissensburg etc. (abgesehen von vielen unbedeutenderen Fundorten mit Resten von Schildkröten und Krokodilen etc.) eine sehr reiche Flora, wie bekannt, vorhanden.

Was sodann die geographische Verbreitung der Tiere betrifft, so spricht zu gunsten der archipelartigen Verteilung des Landes der Umstand, dass abgesehen von Vögeln und Amphibien, auch die Säugetiere der tertiären Periode vorherrschend Wasser- und Sumpftiere waren, denen eine beträchtliche Schwimffähigkeit nicht abgesprochen werden kann. Die Palaeotherien sind den Tapiren, die Anthracotherien den Nilpferden sehr nahe stehend und selbst den schweinsartigen Tieren schreibt WALLACE eine vorzügliche Schwimffähigkeit zu (l. c. Bd. I, S. 16). Wir brauchen kaum zu wiederholen, dass auch hier, wo es sich um Verbreitung der Tiere handelt, nicht ausschliesslich nur kleinste Inseln anzunehmen sind, sondern auch solche von stattlichem Umfange und dass die Unterbrechungen des Landes durch das Wasser zwar viel zahlreicher, aber auch viel weniger breit und tief waren, als heutzutage.

Aus all dem mag hervorgehen, dass die Annahme von Archipelen nach verschiedenen Seiten hin einen Vorzug vor der Annahme von Kontinenten in den früheren Perioden habe und erwächst dadurch dem Prinzip der Warmwasserheizung eine weitere Kräftigung. Der gesamte, stetige Entwicklungsgang der Erdoberfläche tritt hierdurch in befriedigende Beleuchtung.

Sobald aber die Warmwasserheizung und was mit ihr verbunden war, beträchtlich geschwächt, wenn auch nicht ganz aus dem Feld geschlagen wurde, so beginnt eine neue Ordnung der Dinge, die sich sogleich im Beginn der neuen Aera, in der sogenannten Eiszeit, in sehr scharfen Zügen kundgibt.

3) Das Zurückweichen der Warmwasserheizung lässt sich erklären durch die Zunahme des Landes und das Vordringen des Frostes und seiner Produkte von den Polen aus in immer niedrigere Breiten. Nachdem festes Land, auch und besonders in hohen Breiten aufgetaucht war, so konnte sich der Frost hier festsetzen, um seine Herrschaft von da aus weiter auszudehnen. Damit wurde eine neue Aera inaugurirt; aber jene Erscheinungen, welche man als die spe-

zifische der Quartärzeit bezeichnen kann und welche diese Periode von andern, auch von der heutigen Periode, unterscheiden, ist damit noch nicht erklärt, nämlich: die gewaltige Ausdehnung der Eismassen von den Gebirgen herab und die Erscheinung des sog. Inlandeises.

Wie sollen und können nun gerade diese spezifischen Erscheinungen erklärt werden? Die Annahme, dass es eben einfach eine solche Periode thatsächlich gegeben habe und dieselbe wieder thatsächlich aufgehört habe, ist selbstverständlich ganz ungenügend. Diese auffallenden Phänomene müssen erklärt werden, d. h. ihr ursächlicher Zusammenhang muss begründet werden. Das empirische Studium der Gletscherverbreitung in Europa und anderwärts ist sicher weit genug gereift, dass man sich keiner Übereilung mehr schuldig macht, wenn man sich dieser Aufgabe unterzieht.

In früheren Publikationen wurde von uns, unter Ablehnung von aussertellurischen Ursachen, die Ansammlung von Schnee- und Eismassen auf den geschlossenen Gebirgen als Prinzip aufgestellt und zu begründen gesucht.

Im Gegensatz dazu bestehen aber auch andere Auffassungen, deren Tragweite dahin geht, dass eine Ansammlung gar nicht möglich sei; oder aber, dass die Annahme einer Ansammlung wenigstens ganz unnötig sei. Diesen beiden Gesichtspunkten müssen wir zur Aufrechterhaltung des Prinzips der Ansammlung eine Besprechung widmen.

Eine Ansammlung der Schneemassen in grossem Massstab kann nur in geschlossenen Gebirgen, seien dieselben nun Kettengebirge oder Plateaugebirge, stattfinden. Je zahlreicher und tiefergreifend die Einschnitte, durch Erosion hervorgebracht, sind, desto leichter wird sich das Schneematerial stetig und fortlaufend durch diese Abfuhrwege entfernen können, so dass eine Ansammlung desselben gar nicht oder nur in geringem Masse stattfinden kann. Bei den Kettengebirgen können schon von Anbeginn wohl Längsthäler vorhanden sein, ohne dass dadurch der Charakter der Geschlossenheit des Gebirges aufgehoben wird; denn diese sind, so lange sie nicht durch Erosion nachträglich zubereitet worden sind, noch nicht tauglich, um als Abfuhrwege aus dem Gebirge hinaus zu dienen. Die wirkliche volle Zerstückelung dieser Gebirge tritt aber erst durch die Erosion der Querthäler ein und damit auch die weitere Verhinderung der Ansammlung in grossem Umfang.

Nun besteht aber vielfach die Anschauung, auf manche Beobachtungen in den Gebirgen gestützt, dass die Erosion der Ge-

birgsfaltung vorausseile, dass also schon das werdende, in der Aufrichtung begriffene Gebirge eine Ruine sei. Wenn dies richtig wäre, dann sieht man, dass ein Gebirge in keinem Stadium den Charakter der Geschlossenheit besitzen könnte, sondern von Anfang an zerstückelt wäre, so dass hiermit eine Ansammlung der Schneemassen in grossem Massstab ausgeschlossen wäre.

Es wird zuzugeben sein, dass an manchen Stellen der Gebirge der Eindruck unmittelbar hervorgerufen werden kann: hier ist die Erosion vorangeeilt; hier hat dieselbe während der Faltung mit solchem Erfolg gearbeitet, dass sie die Faltung überflügelt hat. Das wird besonders der Fall sein, wenn ein Gebirge seiner ganzen Breite nach durch einen Flusslauf durchquert wird. NEUMAYR führt solche Beispiele an, gegen welche nichts zu erinnern sein wird. Aber er stellt sich auch mit Recht die Frage, ob das auch zutrefte bei solchen Gebirgen, welche nicht ihrer ganzen Breite nach durchbrochen sind, sondern einen Gebirgskamm mit Wasserscheide haben. Diese Frage hält er noch nicht für spruchreif. (Erdgeschichte Bd. I, S. 440.)

NEUMAYR hat hiermit sicher den entscheidenden Punkt berührt; aber nach unserer Auffassung ist diese Frage ganz spruchreif. Offenbar ist hier nicht die Erosion vorausgeeilt, sondern die Faltung des Gebirges. Das Gebirge ist da, aber die Erosion ist ganz sichtlich in ihrer Arbeit zurück; dieselbe sucht gegenwärtig noch in Schluchten und Klammen sich gegen den Gebirgskamm heraufzuarbeiten, das Gebirge vollends zu durchbrechen, hat aber dieses Ziel immer noch nicht erreichen können.

In diesen Gebirgen wenigstens ist somit offenbar die Faltung (Aufrichtung) voran, die Erosion aber zurückgeblieben; denn sie sind heute noch nicht ganz zerstückelt und waren es früher offenbar noch weniger, trugen deshalb früher den Charakter der Geschlossenheit noch mehr an sich und ermöglichten dadurch eine Ansammlung des Schnees in grossem Massstab.

Die weitere wichtige Frage ist nun aber diese: welche Beschaffenheit ist als die Regel, welche als die Ausnahme anzusehen? Sind jene Fälle die Regel, dass die Gebirge durch Flussläufe ihrer ganzen Breite nach durchschnitten sind, oder sind das Ausnahmen? NEUMAYR selbst gibt an: „dass Gebirge wie die Alpen, Apenninen, Pyrenäen, Kaukasus, Anden etc. von keinem Fluss ganz durchbrochen werden,“ womit auch jede Karte übereinstimmt, welche bei diesen und wohl bei allen Gebirgen einen Gebirgskamm als

Wasserscheide erkennen lassen. Die ursprüngliche Geschlossenheit der Gebirge ist somit so durchschlagend die Regel, dass hiergegen jene Fälle, wovon NEUMAYR einige Beispiele angibt, als interessante, aber als relativ recht seltene Ausnahmen sich ergeben.

Dabei handelt es sich nicht bloss um einen einzigen Gebirgskamm mit der Hauptwasserscheide, sondern auch um jene zahllosen kleineren Gräten und sekundären Gebirgsrücken, welche von ebenso zahlreichen kleineren Rinnsalen umgeben werden. Diese Rinnsale suchen allerdings die trennenden Hindernisse mehr und mehr zu überwinden, das ganze Gebirge bis in seine innerste Partien hinein zu zerstückeln und zuletzt ganz abzutragen; — allein dieser Erfolg liegt noch fern. Die Arbeit der Zerstückelung, die so emsig betrieben wird, aber doch fast noch nirgends ihr Ziel vollständig erreicht hat, ist nur ein Beleg dafür, welche feste Geschlossenheit den Gebirgen früher eigen gewesen war, wie leicht es somit den Schneemassen gewesen sein mag, sich daselbst lange und in grossem Massstab anzusammeln. Nur das Zugeständnis wird zu machen sein, dass an den äussersten und niedrigsten Ketten eines Gebirges die Erosion alsbald, schon mit dem Beginn der Faltung und Aufrichtung begonnen haben könne, aber nicht an den innern und höhern Ketten. Hier verharrten die eigentlichen Sammlungsgebiete der Schneemassen im Zustand der Geschlossenheit so lange, bis im weiteren Verlauf der Erosion von aussen nach innen, auch an sie, aber erst später, die Zerstückelung näher und näher herantrat. Die heutigen Firnmulden sind noch die schwachen Reste des früheren Zustandes der ungleich grösseren Geschlossenheit der Gesamtheit des Gebirgs und durch die stets weiteregreifende Erosion wird auch der heutige Umfang der Firnmulden, wenn auch langsam so doch stetig, eingeschränkt und parzelliert.

Die gleichen Gesichtspunkte wie bei den Kettengebirgen gelten auch bei den Hochebenen und selbst bei den Tiefebene n, wenn hier überhaupt die klimatischen Zustände so beschaffen sind, dass der Schnee übersommern und sich sog. Inlandeis bilden kann.

Wenn eine Hochebene (Plateaugebirge), die bis in die Region des ewigen Schnees hinaufreicht, von einem oder mehreren Flussläufen ganz durchquert wird, so wird die Vermutung dafür sprechen, dass hier wirklich die Erosion vorausgeeilt ist; dann werden aber auch die Schneefelder, weil ihrem Material schon ein Abzugsweg offen stand, nur geringen Umfang und geringe Mächtigkeit erlangt haben. Ist das aber nicht zutreffend, so ist die Erosion offenbar im Rück-

stand und die Schneemassen konnten, beziehungsweise mussten sich in grossem Umfang und ansehnlicher Mächtigkeit ansammeln. Eine solche Hochebene ist nichts anderes als eine Firnmulde. Eine Tiefenebene ist allerdings schon ihrer Lage nach weniger geeignet in die Region des ewigen Schnees einzugreifen. Wenn aber das aus irgendwelchen Gründen doch geschehen ist, so sind die Verhältnisse für die Ansammlung hier sogar besonders günstig, weil in ihr das Gefäll nur gering ist. In Gebirgen und Hochebenen gewinnt die Erosion eine vermehrte Kraft durch das starke Gefäll. Hier, in der Tiefenebene, ist sie träg und deshalb haben die Ansammlungen des Schnees Zeit genug, um sich zu grosser Mächtigkeit zu steigern, immer vorausgesetzt, dass die klimatischen Verhältnisse sich nicht ändern.

Eine andere Einwendung gegen das Prinzip der Ansammlung, geht dahin, dass dieselbe gar nicht notwendig sei. Möge die Beschaffenheit der Gebirge gewesen sein, wie sie wolle, so genüge schon die Annahme für sich allein, dass in der Quartärzeit die Menge der Niederschläge überhaupt grösser gewesen sei als jetzt.

Das wird man aber kaum eine Erklärung nennen dürfen und können. Denn vor allem wird es schwer halten, sich irgend eine Vorstellung von der Massenhaftigkeit der Niederschläge zu machen, um ohne Ansammlung derselben, solche Wirkungen fortlaufend hervorzubringen. Sodann möchte man einen Grund dafür wissen, warum die Vermehrung derselben gerade in dieser Zeit so enorm gross gewesen sei und endlich, warum die Menge derselben sich nachher so ganz bedeutend sollte verringert haben. Man kann für letzteres nicht einmal grosse Veränderungen in der Verteilung des Festen und Flüssigen, oder Entstehung von Gebirgszügen etc. vorbringen; denn gerade seit und während des quartären Zeitalters haben sich darin keine grossen Änderungen ergeben. Auf die Möglichkeit allein aber sich zu berufen, ist ungenügend.

Dagegen kann auf charakteristische Züge in der Physiognomie der alten Gletscherlandschaften hingewiesen werden, welche deutlich darauf hinweisen, dass im Beginn der Gletscherzeit eine Ansammlung des Materials stattgefunden haben müsse.

Die alten Eisströme z. B. des Rhein- und Rhonethals haben sich fächerförmig über die vorliegende Ebene hin ausgebreitet. Diese spezifische Gestalt ist nicht weniger signifikant, als das Material, aus dem die Schichten und Trümmerhaufen dieser Formation bestehen. Kaum hat der Eisstrom die Gebirgsthäler verlassen, so

zeigt derselbe eine solche Fülle und so gewaltigen Drang, dass er sich fächerförmig auszubreiten bestrebt ist. Dieses geschlossene Vordringen des Eisstromes weist, wie ich glaube, mit Bestimmtheit darauf hin, dass sein Material sich zuvor lange ansammelte, so lange, als es einen Ausweg noch nicht hatte, um dann die ganze Fülle des seit lange gesammelten Vorrats in die Ebene hinaus zu entsenden. Die fächerförmige Ausdehnung macht einen ganz andern Eindruck als den einer Verzettelung oder einer hin und her schwankenden Bewegung, die sich schon durch den Einfluss der verschiedenen Jahreszeiten, wie bei den heutigen Gletschern, ergeben müsste; sie macht den Eindruck vielmehr einer seit lange durch Ansammlung vorbereiteten einheitlichen Invasion.

4) Schliesslich muss noch eines Einwandes gedacht werden, der sich auf die Zulassung nicht bloss von Senkungen sondern auch von Hebungen namhafter Teile der Erdrinde bezieht. Vor wenigen Jahrzehnten oder Jahren noch wäre gar keine Veranlassung vorhanden gewesen, auf diesen Einwand sich ernstlich einzulassen. Der unmittelbare Eindruck, den die Gebirgsmassen ausüben, war so kräftig, dass man ohne Beanstandung den Hebungen den weitesten Spielraum einräumte. Prof. SUESS und seine Schule wollen jedoch, wenn auch nicht ohne Widerspruch (DE LAPPARENT, BITTNER), nur Senkungen anerkennen, während die (scheinbaren) Hebungen nur als Begleiterscheinungen der Runzelung und Faltung aufgefasst werden.

Der einzige Fall von wirklicher Senkung und wirklicher Hebung zugleich, der auch von SUESS als Thatsache nicht beanstandet werden will, wird von ihm auf S. 34 und 35 des II. Bandes seines Werkes: *Antlitz der Erde*, mitgeteilt. Es ist jedoch nicht ersichtlich, ob und inwieweit diesem vereinzelt Fall irgend eine prinzipielle Bedeutung eingeräumt werde. Das physikalische Prinzip, das der gesamten Auffassung von SUESS offenbar zu Grunde liegt, ist am deutlichsten von ihm im I. Band seines Werkes S. 741 ausgesprochen. Hiernach ist „durchaus keine Kraft bekannt, welche im stande wäre, zahlreiche grosse und kleine Gebirgsstöcke einzeln oder zwischen glatten Flächen vertikal emporzutragen und im Gegensatz zur Schwerkraft dauernd in dieser Stellung festzuhalten.“

Es ist zuzugeben, dass das Gewicht eines auch nur sehr mässig grossen Erdrindenteils oder einer Scholle so gewaltig gross sich herausstellt, dass die hebende Kraft von Dämpfen und Gasen, die man früher supponieren wollte, nicht zureichend ist. Diese mögen genügen, um die explosiven Erscheinungen bei vulkanischen Aus-

brüchen, Emporschleudern von Blöcken etc. zu erklären, reichen aber nicht zu, um die Hebung von Schollen der Erdrinde zu bewirken. F. PFAFF hat das Gewicht einer Scholle von nur 10 Kubikmeilen berechnet (Mechanismus der Gebirgsbildung S. 62) und gelangt zu so gewaltigen Zahlen, dass der Auffassung von SUESS daraus eine relative Berechtigung erwächst.

Dagegen kann nicht zugegeben werden, dass man eine Scholle ganz und gar isoliert, d. h. von der Gesamtheit des Volums der Erde unabhängig auffasst. Jede Scholle befindet sich in unmittelbarem Kontakt mit dem Erdinnern und ebendamit mit der Gesamtheit des Volums der Erdkugel. Dieses letztere ist aber sehr gross und sehr schwer gegenüber jeder einzelnen Scholle und überdies hat das Erdinnere ein sehr bedeutendes spezifisches Gewicht und eine sehr hohe Temperatur.

Verlässt man also den unberechtigten Standpunkt der Isolierung der Schollen und fasst man dieselben in Zusammenhang mit der gesamten Erdkugel auf, so ergibt sich ein ganz anderes Resultat.

In unserer Schrift (l. c. S. 152) wurde schon angeführt, dass die tiefsten Meerestiefen und höchsten Bergeshöhen sich gegenüber dem Durchmesser der Erdkugel nur verhalten ungefähr wie 1 : 1720. Das wird aber viel anschaulicher werden, wenn eine Reduktion auf einen kleinen Massstab stattfindet. Nimmt man statt der Erdkugel einen künstlichen Globus, dessen Durchmesser die stattliche Grösse von 1 m hat, so verhalten sich hiezu, nach gleichem Massstab reduziert, die Bergeshöhen des Himalaya circa wie $\frac{1}{1720}$ m oder wie $0,0005\frac{1}{1720}$ m, das ist ein halb Millimeter. Die Alpen würden sich darstellen wie Erhöhungen von nur $\frac{1}{4}$ mm. Das sind kaum noch fühlbare Rauigkeiten auf der Oberfläche eines metergrossen Globus!

Dass die Hervorbringung solcher minimalen Unebenheiten an sich kein Ding der Unmöglichkeit sei, glauben wir nicht weiter begründen zu müssen, besonders wenn man dabei noch das bedeutende spezifische Gewicht und die sehr hohe Temperatur dieses Globus in Anschlag bringt. Im Gegenteile dürfte es einiges Befremden erregen, dass die Unebenheiten auf der Oberfläche der Erde gar so gering sind, verglichen mit dem gesamten Volum desselben.

Allein man darf nicht vergessen, dass die Erde noch keineswegs am Ende ihrer geologischen Entwicklung angekommen ist. Jene Kräfte, durch welche die Unebenheiten der Oberfläche hervorgerufen werden, sind sichtlich noch keineswegs erschöpft, sondern es bestehen

noch gewaltige Reserven, die erst im Laufe der weiteren Entwicklung in Aktion treten werden. Anders ist es bei dem Mond der Erde, der in seiner geologischen Entwicklung offenbar schon wesentlich weiter vorgeschritten ist, als die Erde. Seine Berge erreichen zwar nicht vollständig die absolute Höhe der höchsten Gebirge der Erde, obwohl sie ihnen sehr nahe kommen; wenn man aber bedenkt, dass der Durchmesser des Mondes nur der vierte Teil des Durchmessers der Erde ist, so ist klar, dass die Unebenheiten (Berge) des Mondes relativ, d. h. verglichen mit seinem Durchmesser, wesentlich bedeutender sind als die der Erde.

Ferner könnte die Vermittlerrolle, welche, nach unserer Auffassung, bei der Hervorbringung der Unebenheiten der Erdoberfläche den kalten Grundgewässern der Ozeane zufällt, beanstandet werden. Man könnte sagen: das Volum der Gewässer der Erde ist nach KRÜMMEL (cf. Morphologie S. 103) nur $\frac{1}{843}$ des gesamten Erdvolumens und der Temperatur eines so geringen Bruchteils kann kein wesentlicher Einfluss zugestanden werden; sie muss sich assimilieren an die Temperatur der ganzen Erdkugel.

Allein man darf nicht übersehen, dass durch die Vermittlung der Gewässer wesentlich die kalte Temperatur des Weltraums mit der Erde in Verbindung gebracht wird. Die Einwirkung der Kälte auf das feste Land ist in hohen Breiten zwar hochgradig, aber sie vermag doch nur wenig in die Tiefe zu dringen; selbst die Kälte von Sibirien dringt in den Eisboden bei Jakutsk nur einige hundert Fuss tief in der Weise ein, dass die Temperatur dort noch unter 0° steht. Die kalten Meeresgewässer aber setzen in einer Tiefe von 25 000 Fuss mit einer Temperatur von ca. 0° ein, um dann von dem Meeresboden mit grosser Energie, wie sie nur dem flüssigen Wasser zukommt, Wärme abzufordern. Diese kalten Grundgewässer aber, seien sie nun in mittleren Breiten oder in tropischen Gegenden, haben ihren Ursprung in den Kälteprodukten der Polarkreise und hier ist es offenbar die Kälte des Weltraums, welche mit Macht ihren Einfluss geltend machen kann. Wir können jedoch hier auf die Darlegungen in unserer Schrift (Klima und Gestaltung der Erdoberfläche S. 115—118) verweisen und fügen nur hinzu, dass auch FAYE, worauf wir am angeführten Orte (l. c. S. 118) ausdrücklich hingewiesen haben, eine Auffassung veröffentlicht hat, welche mit der oben von uns schon zuvor gegebenen in wichtigen Punkten übereinstimmt; insbesondere darin, dass in den ozeanischen Gebieten die Rindenstücke eine grössere Dicke und Dichtigkeit haben, als unter den Kontinenten

und dass diese Verdichtung durch die kalten Meeresgewässer hervorgerufen sei. Die Motive jedoch, die uns auf diese Auffassung hingeletet haben, sind aus den neuesten Forschungen der Palaeontologie (HEER) entnommen. Die Phytopalaeontologie vermochte den Gang der klimatischen Entwicklung der Polarländer, sozusagen, Schritt für Schritt zu verfolgen. Die zonenweise Ausscheidung der Klimate erfolgte sehr langsam, deutlich erst seit der miocänen Periode. Aber auch dazumal bestand in den Polarländern noch keine hochgradige Kälte, sondern ein gemässigttes Klima; erst gegen Ende der Tertiärformation gewann der Frost seine volle Herrschaft und dehnte sich zugleich bis in die mittleren Breiten (England) aus. Die Fossilreste sind immer nur die thatsächlichen äusseren Symptome der eingetretenen klimatischen Änderung; aber es ergab sich uns gleichzeitig auch der Schlüssel zum physikalischen Verständnis dieser Vorgänge, und zwar durch die Vergleichung des Seeklimas (SARTORIUS) und des Normalklimas (DOVE). Die Fortschritte des Frostes stellten sich uns dar als durch den Einfluss des Landes bedingt, wie andererseits die Änderung des Klimas nicht ohne Einfluss bleiben konnte auf Senkungen und Hebungen. Es besteht somit eine Wechselwirkung zwischen Klima und Gestaltung der Erdoberfläche. Der Frost ist für den von uns eingenommenen Standpunkt keine unvermittelte Erscheinung, so wenig als Senkungen und Hebungen; dieselben haben beide in kleinen Anfängen begonnen und beide wechselseitig aufeinander eingewirkt bis dahin und fahren fort, aufeinander einzuwirken, auch für alle Zukunft.

Ebenso ist für uns die relativ gleichmässige Wärme, die Frostlosigkeit der älteren Formationen, die durch die Palaeontologie als eine nicht zu bestreitende Thatsache festgestellt ist, kein unlösbares Rätsel, keine ausserordentliche Erscheinung, sondern sie ist der ursprüngliche Zustand. Der intensiven und extensiven Warmwasserheizung war dazumal noch gar kein nennenswerter Gegner erwachsen; deshalb bestand dieselbe damals in ungeschwächter Kraft und dauerte sehr lange an, bis in der Molasseformation die Ausscheidung der klimatischen Zonen deutlich, aber langsam sich einstellte. Damit waren die heutigen klimatischen Zustände allmählich eingeleitet und angebahnt.

Wir müssen jedoch, um irrige Auffassungen zu beseitigen oder denselben vorzubeugen, wiederholt betonen, dass nach unserer gesamten Auffassung die Gestaltungen der Erdoberfläche und die klimatischen Erscheinungen in Wechselwirkung zu einander stehen.

Es wäre freilich einfacher und durchsichtiger, wenn man sagen könnte und dürfte: hier, auf der einen Seite ist die Ursache; dort, auf der andern Seite die Wirkung.

Allein wie es bei einer Menge von andern allmählich und lang fortlaufenden Prozessen in der Natur geschieht, so auch hier; Wirkung und Ursache greifen ineinander über und bewegen sich in mannigfaltigen Wechselbeziehungen.

Rückblick.

Es möge nun gestattet sein, auf die Hauptpunkte der vorstehenden Abhandlung einen übersichtlichen Rückblick zu werfen.

Die feste Grundlage, von der ausgegangen wird, ist:

1) Es besteht ein Seeklima, das sich durch eine relative Gleichförmigkeit seiner Temperaturskala über die Breitengrade hin und relativ ansehnliche Wärme in den höheren und hohen Breiten auszeichnet (Warmwasserheizung) und das hierdurch eine typische Übereinstimmung mit dem Klima der alten Perioden zeigt. Eine Verstärkung desselben ist an sich möglich und zulässig und kann das Bedürfnis derselben nachgewiesen werden.

2) Daneben besteht das Normalklima (gemischtes Klima). Dasselbe unterscheidet sich dadurch von dem Seeklima, dass hier die Einflüsse des Landes auf das Klima grundsätzlich in Rechnung gebracht sind.

3) Eine Vergleichung beider untereinander lässt somit den Einfluss des Landes auf das Klima hervortreten, wie derselbe heutzutage besteht, nämlich eine Verschärfung der Unterschiede des Klimas und besonders in den hohen Breiten eine Verstärkung des Frostes.

4) Ob nun aber diese beiden Faktoren (Wasser und Land) die einzigen und weit überwiegenden seien, welche das Klima bestimmen, ob man also, durch Vergleichung beider, auf diesem Wege auch zur Erkenntnis der Änderungen des Klimas der Vorwelt überhaupt gelangen könne, das muss erst erprobt werden und zwar durch eine weitere Vergleichung mit dem palaeontologischen Klima, das durch die fossilen Pflanzen an die Hand gegeben wird. Offenbar ist der Fall nicht zum voraus auszuschliessen, dass vielleicht durch Änderungen in der Stellung der Erdachse oder der Exzentrizität der Erdbahn etc. ein wesentlicher Einfluss auf das Klima der früheren Perioden ausgeübt worden sein könnte. Wenn ein solcher Einfluss stattgefunden hätte, so ergäbe sich dadurch eine Komplikation, die nur schwer zu entwirren sein würde, weil diese Faktoren das Klima

nach einer Richtung beeinflussen würden, die ihnen spezifisch zukommt und jedenfalls von den klimatischen Folgen der Zunahme des festen Landes abweichen würde. Der Versuch, die Änderungen des Klimas in den früheren Erdperioden nur auf die Grundlage der Verteilung von Wasser und Land (Seeklima und gemischtes Klima) zurückzuführen, müsste somit alsbald auf wesentliche Inkongruenzen stossen und aufgegeben werden.

Fällt aber dieser Versuch so aus, dass keine wesentlichen Inkongruenzen sich ergeben, sondern eine recht zufriedenstellende Übereinstimmung mit dem palaeontologischen Klima, so wird daraus deutlich genug hervorgehen, dass die in Anwendung gebrachten Prinzipien wirklich die massgebenden bei der Entwicklung des tellurischen Klimas gewesen sind. In der Herstellung der erforderlichen Temperaturskalen liegt die thatsächliche Erprobung des Verfahrens.

Ob aber das eingeschlagene Verfahren überzeugend sei und Zutrauen verdiene? Nicht überzeugend wäre dasselbe, wenn:

1) die Grundlagen desselben rein hypothetisch wären oder gar den physikalischen Gesetzen widersprechend. Aber weder das eine noch das andere trifft zu. Eine ozeanische Warmwasserheizung besteht thatsächlich (England, Irland, skandinavische Westküste etc.), wenn dieselbe auch heutzutage vielfach, oder besser überall, durch konträre (offene und versteckte) Einflüsse herabgedrückt ist. Ebenso besteht ein gemischtes oder Normalklima (Meer und Land einschliessend), das in seinen Mittelwerten auf der nördlichen Halbkugel sich als praktisch brauchbar herausstellt. Die Vergleichbarkeit beider und die unmittelbaren Folgerungen aus der Vergleichung derselben sind wohl nicht zu beanstanden. Denn der Grund der Differenz zwischen Seeklima und gemischtem Klima (oder Normalklima) liegt ganz klar vor Augen. Er liegt darin, dass bei dem Seeklima solche Stationen ausgewählt sind, bei denen (empirisch) das Wasser allein das Klima beherrscht; bei dem gemischten Klima (Normalklima) aber wird auch die Bedeutung, die dem festen Land hierbei zufällt, ausdrücklich berücksichtigt. Die Abstufung sodann, die sich bei der Differenz zwischen beiden Arten von Klima ergibt, ist keine zufällige, sondern eine charakteristische. Sie zeigt, wie durch den Einfluss des Landes die Temperatur der hohen Breiten besonders herabgedrückt wird, wie aber das Seeklima, je reiner dasselbe ist, desto mehr die durch die geographische Breite bewirkten Unterschiede der Temperatur auszugleichen und zu überwinden vermag.

Eine Einwendung hiegegen wäre nur berechtigt, wenn die be-

nützten klimatischen Tabellen von SARTORIUS und DOVE ihrer Methode oder ihrer empirischen Grundlage nach veraltet und unbrauchbar wären. Die Berechnungen von DOVE wurden in neuester Zeit (1885) einer Revision unterzogen und in der Hauptsache richtig befunden¹. Gegen SARTORIUS wurde wirklich schon der Einwand erhoben, dass seine Tabellen des Seeklimas veraltet seien. Auf die Methode seiner Berechnungen kann sich dieser Vorwurf jedoch nicht beziehen; denn SARTORIUS hat sich wie DOVE der Methode der kleinsten Quadrate bedient, die auch von HANN und SPITALER angewandt wurden. Was aber die Grundlagen, das Material, das der Berechnung empirisch zu Grund liegt, anbelangt, so heben wir nur die zwei wichtigsten Stationen im nordatlantischen Ozean hervor, bei welchen wesentlich die Entscheidung liegt für den gesamten Charakter des Seeklimas der nördlichen Halbkugel. Für die Faröer und Reikiavik hat SARTORIUS eine Jahrestemperatur von 5^o,60 R. und 3^o,30 R. aufgenommen; HANN (1883) führt für dieselben an: 6^o,30 C. (in Thorshavn) und 3^o,30 C. (in Reikiavik). Der klimatische Charakter dieser wichtigsten Stationen ist somit nach beiden Autoren wesentlich der gleiche; die Unterschiede bewegen sich nur innerhalb der Dezimalstellen². Anders ist es bei der südlichen Halbkugel, für welche HANN ein grösseres und besser beglaubigtes Beobachtungsmaterial zu Gebot stand, als SARTORIUS möglich war. Hier wurde aber dies Resultat der HANN'schen Berechnungen ausdrücklich von uns benützt und mit jenem von SARTORIUS verglichen (cf. Klima und Gestaltung etc., Tabelle II, S. 10 und Tabelle IX, S. 95). Die Ausstellung, als ob wir uns in der citierten Schrift auf veraltete Quellen und Hilfsmittel gestützt hätten, ist somit ganz unberechtigt. Nach unsern Begriffen von Priorität sind die Angaben jenes Autors zu beachten und zu citieren, der zuerst einen Gegenstand wissenschaftlich behandelt hat, jedoch selbstverständlich nur soweit, als dieselben nicht veraltet sind; was aber richtig ist, veraltet nicht.

2) Nicht überzeugend wäre unser Verfahren, wenn die Ansprüche der Palaeontologen nur als hypothetische oder gar absurde anzusehen wären. Die Verantwortlichkeit darüber ist zunächst Sache der Botaniker und Palaeontologen; aber ihre Aufstellungen sind nicht bloss nach unserem unmassgeblichen Urteil, sondern nach dem gesamten Stand der Sache als wichtige Thatsachen zu respektieren, die we-

¹ cf. Dr. Spitaler: Wärmeverbreitung auf der Erdoberfläche, S. 3.

² cf. Sartorius: Untersuchungen über die Klimate der Vorwelt, S. 121, und Hann: Klimatologie S. 453 u. 714.

der beseitigt werden können, noch umgangen werden dürfen. Man möge sich dabei nur erinnern, dass in Spitzbergen etc. Wälder mit üppiger Holzvegetation thatsächlich bestanden haben, noch zur Tertiärzeit, die eine spezialisierte Vergleichung mit der recenten Waldvegetation ermöglichen und geradezu herausfordern. Wesentliche und grobe Irrtümer können bei einem so grossartigen Material und in so erfahrenen Händen nicht vorgekommen sein¹. Es sind auch vorzüglich Nichtbotaniker, welche HEER gegenüber eine ablehnende oder wenigstens sehr reservierte Stellung einnehmen zu müssen glauben. Die Fachmänner, wie SAPORTA, ENGLER, GEYLER, SCHRÖTER² etc. teilen diese Bedenken keineswegs und nehmen keinen Anstand, ihre Übereinstimmung mit HEER auszudrücken. Man darf diese Übereinstimmung ohne Bedenken sogar auch auf die älteren Phytopalaeontologen: UNGER, GÖPPERT, C. v. ETTINGSHAUSEN ausdehnen, obwohl dieselben teilweise (UNGER und GÖPPERT) schon vor dem Erscheinen und Abschluss der Polarflora gestorben sind. Denn auch diese Botaniker sahen sich bei ihren eigenen Arbeiten über die fossilen Pflanzen darauf angewiesen, die gleichen, vielfach exotischen Geschlechter und Familien zur Vergleichung heranzuziehen, wodurch sich eine prinzipielle Übereinstimmung derselben mit HEER nicht bloss in der systematischen und morphologischen Auffassung der Pflanzen, sondern notwendig auch in der klimatischen ergibt.

Es möge gestattet sein, hierfür ein Beispiel anzuführen. ALEX. BRAUN, UNGER und ETTINGSHAUSEN schwankten lange Zeit, in welche lebende Familie sie gewisse, weit verbreitete und deshalb sehr wichtige Blätter der mittleren Tertiärformation unterbringen sollen. HEER war durch sein vortreffliches Material von Öningen in den Stand gesetzt, nicht bloss Blätter, sondern auch Früchte und blühende, belätterte Zweige dieses Baumes zu untersuchen und auf Grund dieses Materials das lebende Geschlecht *Cinnamomum* als das zutreffende recente zu bezeichnen. In ihren späteren Werken nahmen nun UNGER und C. v. ETTINGSHAUSEN keinen Anstand, die HEER'sche Bestimmung zu adoptieren. Die Anerkennung der Existenz des Zimmtbaumes in

¹ cf. Schröter: Lebensbild von Osw. Heer. S. 147, 152 u. a. a. O.

² Prof. Schröter in seinem trefflichen Lebensbild von Oswald Heer gibt S. 406 einen Überblick, wie letzterer mit dem Skeptizismus allerdings schwer zu ringen hatte, aber auch überall siegreich durchdrang, sobald ein näheres Eingehen auf den Gegenstand selbst zu erreichen war. Besonders interessant ist, wie auch Lyell und Hooker (l. c. S. 407, 408) Heer ihre sachliche Anerkennung nicht länger vorenthalten konnten.

mittleren Breiten zur Tertiärzeit (im Verein mit vielen anderen Vorkommissen) ist aber von solchem Gewicht, dass man wohl sieht, wie auch die angeführten Botaniker wesentlich die gleichen oder wenigstens sehr ähnlichen klimatischen Anforderungen stellen mussten, wie HEER gethan hat.

Um sich einen Begriff zu machen, mit welcher Genauigkeit und Umsicht HEER bei der Bestimmung der Temperaturverhältnisse zu Werk ging, verweisen wir nur auf seine Untersuchungen in der Polarflora, I. Band, S. 61 und VII. Band, S. 217 und folgende, sowie auf seine Tertiärflora der Schweiz, III. Band, S. 327 und folgende. Man wird sich unter dem gewichtigen Eindruck, den diese mühsamen und speziellen Studien machen, gewiss von dem Vorurteil befreien, dass HEER seine in diesen Werken niedergelegten Resultate mehr oder weniger aus der Luft gegriffen haben könne (cf. SCHRÖTER: Lebensbild von OSW. HEER S. 157).

Untergeordnete häusliche Streitigkeiten sind damit nicht ausgeschlossen, sondern ganz selbstverständlich; aber ein Protest, um ein Beispiel anzuführen, wie ihn HEER auf S. 75 im I. Band seiner Flora foss. arctica ausspricht, ist offenbar nicht bloss ein persönlicher Akt, sondern im Namen der Prinzipien der gesamten Pflanzenkunde ausgesprochen. Wenn später wieder einmal ein anderer Phytopalaeontolog das gleiche gewaltige Material untersuchen sollte, welches die sieben Bände der Polarflora enthalten, so könnten, nach unserem Dafürhalten, die Mittelwerte der von ihm abgeleiteten Temperaturbestimmungen wohl vielleicht um 1° mehr oder weniger differieren; das wäre möglich, aber hierdurch wird die gesamte Grundlage nicht erschüttert.

Geophysiker und Meteorologen pflegen das Klima oft wesentlich und einzig nur nach den Gesichtspunkten aufzufassen, welche sie auf Grundlage der gegenwärtigen Beschaffenheit der Erdoberfläche gewonnen haben. Das ist ein ganz berechtigter Standpunkt für die Beurteilung der heutzutage obwaltenden Zustände, gilt aber nicht in uneingeschränkter Weise für die früheren Perioden der Erde. Überträgt man aber dennoch diesen Standpunkt direkt auf die geologischen Formationen, so setzt man sich in scharfen Konflikt mit andern Wissenschaften. Man setzt dabei stillschweigend voraus, dass der Frost sich im uralten Besitz der Erdoberfläche in höheren Breiten befunden habe; dadurch aber setzt man sich in Widerstreit mit der Astronomie, Spektralanalyse und besonders mit der Palaeontologie. Auf Grund ihrer Beobachtungen muss die letztere

sich dagegen verwalten, dass das Klima immer die gleiche Beschaffenheit gehabt habe wie heutzutage und wer einen unbefangenen Blick sich bewahrt hat, muss darin notwendig der Palaeontologie ihr Recht widerfahren lassen. Diese vermag mit Sicherheit aus der Beschaffenheit der fossilen Organismen (ob Meeres- oder Landtiere) nachzuweisen, dass in der Verteilung des festen und flüssigen, also in einem anerkannt sehr wichtigen klimatischen Faktor und in der Ausdehnung desselben sehr starke und tiefgreifende Änderungen eingetreten sind. Sie vermag ferner mit Sicherheit nachzuweisen, in welcher Richtung diese klimatischen Änderungen sich vollzogen haben. Die fossilen Pflanzen und Tiere von Spitzbergen und Grönland verlangen zu ihrer Existenz absolut ein wärmeres Klima, als heutzutage dort besteht. Sie vermag aber noch einen Schritt weiter zu gehen und durch genaue und umsichtige Vergleichung einer ganzen Reihe von sehr nahe stehenden (homologen) lebenden Arten auch die Anzahl der Grade mit grosser Wahrscheinlichkeit zu berechnen, welche diese fossilen Pflanzen als damalige mittlere Jahrestemperatur erheischten.

Über solche wichtige Punkte darf man nicht einfach mit Still-schweigen hinweggehen, sondern es erwächst die Aufgabe, den Entwicklungsgang dieser klimatischen Änderungen zu verfolgen und sie zum Verständnis zu bringen, wobei wesentlich die fossilen Organismen als Wegweiser und Kontrolle dienen müssen. Wer davon absieht und eine Theorie sich aufbauen will, ohne Berücksichtigung derselben, räumt offenbar seiner Theorie eine Bedeutung ein, die ihr nicht gebührt, jedenfalls nicht in diesem Umfang. Die fossilen Pflanzen, die nicht mehr aus der Welt geschafft werden können, erheben Einsprache gegen diese theoretischen Aussprüche und verlangen gebieterisch die ihnen gebührende Berücksichtigung.

Daraus ergibt sich ein weiteres und sehr einschneidendes Kriterium zur Beurteilung der Haltbarkeit oder Unhaltbarkeit des von uns eingehaltenen Verfahrens. Dasselbe wäre verfehlt,

3) wenn der Unterschied zwischen den Anforderungen der Palaeontologen und den resultierenden Ziffern der von uns angewandten Methode so gross wäre, dass er als wesentlich zu bezeichnen wäre. Die Berechnungen von SARTORIUS leiden wirklich an diesem Fehler; sie weichen davon in den hohen Breiten teilweise um 6° — 8° ab. Das ist so bedeutend, dass man wohl sieht, wie der von SARTORIUS eingeschlagene Weg an irgend einem Gebrechen leiden müsse, liege dasselbe, wo es wolle. Unsere eigenen Tabellen aber weichen

nur um 1^o plus oder minus ab, was zu keinen Beanstandungen führen dürfte.

4) Misslich wäre es ferner, wenn man unserer Arbeit den Vorwurf machen könnte, dass dieselbe zuviel beweisen wolle. Deshalb ist auch das Vorurteil zu beseitigen, als ob es eine Vermessenheit sei, das Klima der früheren Erdperioden mit solcher Bestimmtheit angeben zu wollen, dass man die Werte desselben in Tabellen zusammenfasst. Aber weder Verdienst noch Verantwortung liegt hier auf unserer Seite. Die Meteorologen und Mathematiker haben die Tabellen für das Seeklima und Normaklima geliefert und die Phytopalaeontologen und Botaniker haben das ihnen zu Gebot stehende fossile Material dazu benützt, um für eine so grosse Zahl von Lokalitäten die mittlere Jahrestemperatur zu berechnen, dass hiermit thatsächlich (wenn auch nicht formell) auch palaeontologische Temperaturtabellen geboten wurden. Man wird denselben für ihre bedeutende Mühe den Dank nicht vorenthalten dürfen. Von unserer Seite ist aber weiter nichts geschehen, als dass der Nachweis geliefert wurde, dass durch eine geeignete Benutzung und Verwertung der Arbeiten der Meteorologen und Palaeontologen (SARTORIUS, DOVE, HEER) auch das Klima der früheren Perioden zum Verständnis gebracht werden könne. Dass also von unserer Seite förmliche Tabellen entworfen werden konnten, das hängt wesentlich ab von dem Stand der weit geförderten Vorarbeiten der Meteorologen und Phytopalaeontologen. Ohne sie wäre es gar nicht möglich, den Gegenstand in Angriff zu nehmen. Die wichtigste und entscheidende Förderung ist zu verdanken den Arbeiten von OSWALD HEER. Während die Palaeontologen vor ihm sich begnügten und begnügen mussten, nur in allgemeinen Ausdrücken über den allgemeinen Charakter der klimatischen Zustände der Vorzeit sich auszusprechen, that HEER, auf Grundlage des ihm und nur ihm zu Gebot stehenden fossilen Materials, den entscheidenden Schritt vorwärts, dass er auf konkrete ziffermässige Resultate hinarbeitete. Wer seine Werke kennt, wird die Überzeugung gewonnen haben, dass er hierbei keine Mühe und Arbeit gescheut hat und deshalb vollständig ausgerüstet war, um diesen kühnen und wichtigen Schritt zu thun.

Das Bestreben, überall, wo es nur angeht, konkrete und ziffermässige Werte einzusetzen, dürfte aber auch am besten geeignet sein, den Verf. vor dem Vorwurf zu schützen, dass er in seiner Schrift (Klima und Gestaltung der Erdoberfläche etc.) sich auf dem Boden von Spekulationen bewege.

Bedenklich wäre es sodann, wenn anderweitige gut begründete Thatsachen¹, sei es aus dem Gebiete der Geologie oder Ozeanographie etc. mit den gefundenen Resultaten in unlösbarem Widerspruch sich befinden würden. Auf die wichtigeren Punkte wurde jedoch schon im Text eingegangen; auf alle denkbaren Bedenken einzugehen, ist wohl nicht erforderlich, da viele derselben kaum irgend einen objektiven Wert haben dürften.

Wie weit nun aber von dem Gebiete der Palaeontologie aus, die ihre jetzige Bedeutung für die Geophysik wesentlich, wenn auch nicht ausschliesslich, den Arbeiten von OSWALD HEER verdankt, ein Scherflein beigetragen werden könne, um auch auf anderweitige Probleme, die sonst noch auf diesem Gebiete bestehen, ein nicht ganz zu verschmähendes Licht zu verbreiten, das ist vorerst freilich noch nicht zu ermesen. Doch mag es gestattet sein, auch solche Fragen in Anregung und in Fluss zu bringen.

Die Palaeontologie signalisiert den Moment der beginnenden Besitzergreifung des Frostes in den Polarländern, ungefähr in der Mitte der Tertiärzeit. Damals bestanden noch Wälder in Spitzbergen etc., deren Bäume aber schon fallendes Laub hatten, somit auf eine Winterruhe eingerichtet waren; sie weisen auf eine mittlere Jahrestemperatur von $+ 9^{\circ}$ C. (HEER) hin, wobei schon Kälteprodukte des Winters, Eis und Schnee sich zeitweise einstellen können. Gegen Ende der Tertiärzeit (Pliocän) werden schon ganz bedeutende Fortschritte des Frostes konstatiert, so dass in England nicht bloss die

¹ Am meisten rätselhaft sind die sogenannten Talchirsichten und andere, die sich in weiter Ausdehnung um den Indischen Ozean vorfinden, worüber wir auf Neumayr, Erdgeschichte, II. Band, S. 194 verweisen. Neumayr greift, um wenigstens die Probe einer Möglichkeit der Erklärung durch eine Verschiebung der Erdachse zu machen, zu der unter den gegebenen Verhältnissen günstigsten Position und verlegt den einen Pol nach der Insel Ceylon, der andere fällt dann in die Gegend von Mexiko (l. c. S. 197). Aber selbst eine solche gewisse kühne Annahme beseitigt, wie Neumayr selbst bemerkt, die Schwierigkeiten nicht. Bei so ganz rätselhaften Erscheinungen ist nach unserer Meinung zunächst die volle Bestätigung der Beobachtungen abzuwarten. Sodann erinnere man sich aber an die Blöcke im Flysch der Schweiz, die man auch anfänglich gar nicht anders deuten zu können glaubte, als durch Annahme einer Eiszeit in dieser Periode. Allein jetzt schon mehren sich die Stimmen, welche einer anderen Auffassung den Vorzug geben, worüber wir auf die Urwelt von Heer, II. Aufl., S. 291 verweisen. Überdies ist auf eine Bemerkung in Gumbel's Grundzügen der Geologie hinzuweisen (S. 256), wonach „gekritzte und gestreifte Steine, welche den erratischen Gletschergeschieben sehr ähnlich sind, auch bei rutschenden Bewegungen im Gehängeschutt sich bilden, wenn die Fragmente gepackt aneinander liegen.“

Bewohner des Landes (Pflanzen), sondern auch die Bewohner des Meeres (Muscheln) deutliches Zeugnis hiervon ablegen. Also eine gewisse zeitliche Koinzidenz zwischen dem Auftreten des Frostes und Erhebung der mächtigsten Gebirge. Wir müssen darauf noch etwas näher eingehen.

Früher war man geneigt, überall wo Gneisse und Granite vorkommen, ein uraltes Gebirge anzuerkennen. Man fand aber bald, dass hiermit wesentliche Irrtümer begangen wurden, dass wohl das Material sehr alt sein könne, dass aber, desungeachtet das Gebirge selbst, seine Entstehung durch Faltung etc. jung sein könne und dass das oft wirklich nachweisbar sei. Der Grundsatz: Die jüngsten Gebirge sind die höchsten und die höchsten die jüngsten, findet jetzt keine Beanstandung mehr (cf. NEUMAYR, Erdgeschichte, II, S. 398); und gerade die Tertiärzeit ist es, die durch Gebirgsbildungen sich auszeichnet; also innerhalb gewisser Grenzen ein Zusammenfallen zwischen den tief greifenden Umgestaltungen auf der Oberfläche der Erde und — dem Auftreten des Frostes in hohen Breiten! Sollte das ganz zufällig sein? Ein solches Zusammentreffen ist immerhin ein bedeutsamer Wink, dass Klima und Gestaltung der Erdoberfläche in Beziehungen zu einander stehen könnten; es ist ein Gesichtspunkt, der festgehalten und verfolgt zu werden verdient. Die bisherigen Theorien über gebirgsbildende Kräfte und verwandte Gegenstände sind ja keineswegs schon ganz sicher in sich selbst ruhend und ganz allseitig gereift, sondern bewegen sich noch in recht starken Schwankungen. Vor wenigen Jahrzehnten sah man (L. v. BUCH, B. STUDER, A. v. HUMBOLDT) überall Hebungen, in neuester Zeit will man gar keine Hebungen anerkennen, als nur solche, die durch die Faltung hervorgebracht wurden; dagegen überall Senkungen. Dieser jähe Wechsel zeigt für sich schon, dass beide Arten von Auffassungen mit ansehnlichen Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Es wird somit gestattet sein, diese Erscheinungen auch unter dem Gesichtspunkt zu betrachten, dass sowohl Senkungen (und diese zuerst), als auch Hebungen stattgefunden haben und diese Vorgänge in Verbindung mit dem Prozess der ungleichen Abkühlung zu setzen.

Die Gegenstände, an denen die Gesichtspunkte, von denen wir ausgegangen sind, erprobt werden können, sind mannigfaltig: die Verteilung des Festen und Flüssigen auf der Erdoberfläche; die Tektonik der Kontinente und des Meeresgrundes; die Lage der Gebirge und Vulkanreihen gegenüber den Meeren und auch der Platz, den sie in bezug auf die Kontinente einnehmen etc. Wir haben in

unserer citierten Schrift die Verfolgung dieser Gesichtspunkte nach all diesen Seiten hin durchzuführen versucht. Es konnte aber nicht unsere Meinung sein, als ob für diese sämtlichen Erscheinungen eine strikte und beweiskräftige Erklärung gegeben worden sei oder überhaupt zur Zeit gegeben werden könnte. Aber die Zulässigkeit und Berechtigung des eingenommenen, von der Palaeontologie ausgehenden Standpunktes selbst wird kaum zu beanstanden sein, sofern derselbe geeignet sein dürfte, ein tieferes Eindringen in das Verständnis mancher Erscheinungen anzubahnen.

Offenbar ist es für die gesamte Auffassung der gegenwärtig bestehenden Zustände unseres Planeten von grösster Bedeutung, was für Begriffe man sich von der Lebewelt, von den Organismen, Pflanzen und Tieren der früheren Erdperioden macht. So wichtig die Anwendung der Gesetze der Chemie und Physik (DAUBRÉE) ist, so gebührt ihnen doch kaum mehr die erste Stellung, seitdem die Palaeontologie, speziell die Phytopalaeontologie, durch ihre gewaltigen Fortschritte die Möglichkeit an die Hand gegeben hat, einen tiefen Blick in die Lebewelt der Vorwelt und in ihre Existenzbedingungen zu werfen. Die Belege, welche die Palaeontologie für den Entwicklungsgang der Erdoberfläche vorzuführen vermag und wirklich schon vorggeführt hat (HEER), sind von sehr hoher Wichtigkeit, höheren Ranges noch als die aus der Physik etc. entnommenen. Freilich ist auch die Palaeontologie noch lange nicht fertig; aber ihre Vollendung kann nicht abgewartet werden, so wenig als bei anderen Wissenschaften. Sie braucht auch nicht abgewartet zu werden; denn schon ihre bisherigen Resultate geben eine genügend gesicherte Grundlage zur Erklärung vieler einschlägiger Erscheinungen. Insbesondere tritt die klimatische Entwicklung der Erdoberfläche durch das von der Palaeontologie gelieferte Material in eine hellere Beleuchtung. Wenn aber durch weitere Verwertung des palaeontologischen Standpunktes sich auch nach anderen Seiten hin Gesichtspunkte eröffnen, die von den bisherigen Auffassungen abweichen, so ist das nur ein Beleg der grossen Bedeutung dieses Wissenszweiges für die weitere Erforschung der gesamten Entwicklungsgeschichte der Erde.

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: 1889

Band/Volume: [45](#)

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

Artikel/Article: [Ueber einige Gegenstände aus dem Gebiete der Geophysik. 65-119](#)