

Bemerkungen zu Eugen Dubois: Die Klimate der geologischen Vergangenheit.

Von Dr. J. Probst.

In neuester Zeit haben einige hervorragende Naturforscher die Frage nach den „geologischen Klimaten“ mit Lebhaftigkeit aufgenommen und zu beantworten gesucht; insbesondere hat EUGEN DUBOIS im Jahre 1893 eine interessante Schrift über diesen Gegenstand veröffentlicht¹. Alsbald fand dieselbe eine Besprechung und Würdigung durch WOEIKOF², sowie auch in der zweiten Auflage (1898) von HANN: Handbuch der Klimatologie (I, S. 362 und folgende, besonders S. 367), der allerdings in der Hauptsache auf den citierten Kommentar WOEIKOF's verweist. Diese beiden gefeierten Klimatologen nehmen die in der Schrift von DUBOIS vorgetragene Hypothese beifällig auf; allerdings auch mit der gebotenen Vorsicht; sie erklären, dass die von DUBOIS vorgetragene Hypothese mit dem gegenwärtigen Stand der Naturwissenschaften (Astrophysik, Palaeontologie, Klimatologie) nicht im Widerspruche stehe. Bemerkenswert ist ferner, dass sämtliche drei Forscher darin einig sind, dass den Arbeiten von OSWALD HEER (Polarflora etc.) eine hervorragende Bedeutung für die Klimatologie der geologischen Perioden zukomme. DUBOIS insbesondere spricht sich S. 7 seiner Schrift mit voller Anerkennung über die hohe Bedeutung der palaeontologischen Arbeiten aus, an deren Spitze anerkannt HEER sich befindet. Ferner ist der Umstand interessant, dass sämtliche drei Forscher die ADHÉMAR-CROLL'sche Hypothese als ungenügend und hinfällig abweisen.

Der Hauptinhalt der Schrift von DUBOIS wird von WOEIKOF in der schon citierten Abhandlung (S. 252) so bündig zusammengefasst, dass wir seiner Worte uns bedienen dürfen:

¹ Die Klimate der geologischen Vergangenheit und ihre Beziehung zur Entwicklungsgeschichte der Sonne. Leipzig bei Max Spohr, 1893.

² Petermann's Mitteilungen 1895, S. 252.

„Die Hypothese ist folgende: Die Klimate der Erde hängen, jedenfalls seit dem Erscheinen des Lebens, von der Sonne ab. Die Sonne ist ein Stern, welcher vier Stadien durchmachen muss: 1. das eines weissen, viel heissern als jetzt und mit einer nach der Zeit wenig verschiedenen Wärme. Dieses Stadium soll nach ihm (DUBOIS) bis zum Anfang unserer Tertiärzeit gedauert haben; 2. ein relativ rasches Übergangsstadium zum gelben Stadium, mit rascher Abkühlung, welche sich auch auf der Erde fühlbar machte, vom Anfang der Tertiärzeit bis zum Pleistocän; 3. das gelbe Stadium, während lange Zeit die Wärme nahezu dieselbe bleibt; jedoch weist alles darauf hin, dass im gelben Stadium in langen Schwankungen, immer während einer verhältnismässig kurzen Zeit, chemische Verbindungen auftreten, durch die der Stern eine rötliche (oder rote) Farbe erhält und im Spektrum breitere und dunklere Bänder oder Säulen (die Kennzeichen für das Vorhandensein chemischer Verbindungen) erscheinen. Diese Zeiten der Verdunkelung der Sonne sollen die Glacialzeiten sein, die Rückkehr der Sonne zu ihrem gelben Licht aber — die viel längeren Interglacialzeiten, in deren einer wir jetzt leben. Wegen der, übrigens geringen und gleichmässigen, Abnahme der Strahlung während des gelben Stadiums werden diese Schwankungen sich vermutlich lange Zeit hindurch wiederholen und 4. erst kurz vor dem Ende des Sonnenlebens wird die intermittierende kühle Periode rasch anwachsen und alsdann der Körper der Sonne bleibend rot und endlich dunkel geworden sein.“

So WOEIKOF. Auch aus HANN mag ein kurzer Passus (l. c. I, S. 368) entnommen werden, in welchem seine Stellungnahme zu DUBOIS wenigstens angedeutet ist. „Solche Annahmen widersprechen nicht unseren gegenwärtigen astrophysikalischen Kenntnissen; es ist aber unmöglich zu bestimmteren Vorstellungen von dem Einflusse dieser hypothetischen Variationen in der Strahlung der Sonne auf die irdischen Klimate zu gelangen. So viel dürfte wohl sicher sein, dass in Bezug auf die Erklärung der „geologischen Klimate“ mit der Sonne, nicht als mit einer konstanten Wärmequelle unbedingt gerechnet werden kann. Deshalb haben auch Betrachtungen, wie die von DUBOIS, ihre volle Berechtigung.“

Das wird auch von keiner Seite in Abrede gezogen werden, dass DUBOIS seine Hypothese mit vieler Umsicht so aufgestellt hat, dass dieselbe mit den verschiedenen Zweigen der Naturwissenschaft, die hier berührt werden, nicht in Widersprüche sich verwickelt.

Der Standpunkt DUBOIS' besteht wesentlich darin, dass er den

Schwerpunkt für die Erklärung der Klimate der geologischen Periode in die Sonne selbst verlegt; die Sonnenperioden, die er im Einklang mit der Astrophysik auffasst, sind die wirkliche Ursache der klimatischen Änderungen der geologischen Perioden, und die letzteren empfangen durch die ersteren ihre Erklärung; tellurische Ursachen werden von ihm nicht ganz in Abrede gezogen, aber sie treten stark in den Hintergrund.

Hier werden aber die Wege sich scheiden. Anzuerkennen ist der Nachweis, dass von dem heutigen Standpunkt der Astrophysik aus gegen die Möglichkeit und Wirklichkeit von wesentlichen Änderungen des Klimas im Verlauf der geologischen Perioden eine Einsprache nicht zu befürchten ist. Man kann sich nicht verhehlen, dass die Untersuchungsergebnisse der Palaeontologen, an deren Spitze OSWALD HEER steht, bisher vielfach einen so verblüffenden Eindruck gemacht haben, dass man dieselben als zweifelhaft und jedenfalls als unbequem, so gut es ging, ignorierte. Der Gegensatz gegenüber den heutigen klimatischen Verhältnissen erschien als zu schroff; man hielt es für geradezu unannehmbar, dass in den geographischen Breiten von Grönland, Spitzbergen etc. in früheren Zeiten ein gemässigttes oder sogar subtropisches Klima geherrscht haben könnte in der Weise, dass in früheren Erdperioden eine Ausscheidung der klimatischen Zonen kaum, und selbst noch in der Tertiärperiode nur in stark abgeschwächtem Grade sollte vorhanden gewesen sein. Wenn aber nun auch noch die Astrophysik ihr Gewicht in die Wagschale geworfen hätte und demonstriert hätte, dass bei der Sonne, wie bei andern Fixsternen, der thermische Zustand konstant sei, dass weder eine Verminderung noch Verstärkung desselben sich nachweisen lasse, dass somit grosse Wahrscheinlichkeit dafür spreche, dass auch das Klima der von der Sonne abhängigen Himmelskörper wesentlich gleich bleibe, so wäre damit den palaeontologischen Forschungen eine namhafte Schwierigkeit in den Weg gelegt worden. HANN streift die Möglichkeit eines solchen Sachverhalts, wenn er (l. c. I, S. 386) die Bemerkung macht, dass vom astronomischen (d. h. von ADHÉMAR eingenommenen) Standpunkt aus, eher auf eine gewisse Beständigkeit der irdischen Klimate geschlossen werden müsste. Rechnerische Leistungen, wie sie auf dem Gebiete der Astrophysik vorzüglich mit Eifer und, wie gerne zugegeben wird, oft mit Erfolg angestellt werden, imponieren. Das hat die von ADHÉMAR-CROLL aufgestellte rechnerische Hypothese anfangs zu ihrem Vorteil, später zu ihrem Nachteil erfahren. Sobald die wechselnde Excentricität der Erdbahn als

ein klimatischer Faktor erkannt worden war, freilich zunächst nur auf Grundlage einer einseitigen Auffassung und Berechnung, so flogen dieser Hypothese Anhänger von allen Seiten her zu. Was konnte auch verlockender und bestechender sein als, einerseits der Hinweis auf die thatsächlichen Eisverhältnisse der südlichen Hemisphäre, die so lebhaft an die Verhältnisse der Eiszeit auf der nördlichen Halbkugel erinnern, und andererseits: der rechnerische Nachweis, dass gegenwärtig auf der Südhemisphäre das längere Semester auf den Winter fällt, während das auf den Sommer fallende Semester dort kürzer ist als auf der nördlichen Halbkugel. Das ist wohl richtig, aber die Grundlage der Rechnung war eine unvollständige, einseitige und deshalb die Rechnung selbst irrtümlich. Als dann nachher die Grundlage allseitig richtig gestellt wurde, ergab sich eine vollständige Kompensation des Wärmeempfangs beider Halbkugeln im Laufe des ganzen Jahres. Nunmehr trat aber auch die Abwendung von der ADHÉMAR'schen Hypothese ganz deutlich zu Tage, wie wir oben schon bemerkt haben.

Eine Einsprache gegen die Möglichkeit und Wirklichkeit von wesentlichen klimatischen Schwankungen während der geologischen Perioden, die sich zuerst durch die palaeontologischen Forschungen herausgestellt haben, ist nach dem gegenwärtigen Stand der Physik und Astrophysik nicht mehr zu befürchten. Das ist ein wertvolles Ergebnis; ob aber die Verhältnisse nun so liegen, wie DUBOIS dieselben auffasst, ob der solare Standpunkt nunmehr ganz in den Vordergrund trete, der tellurische Standpunkt der Forschungsweise aber notwendig in den Hintergrund zu verweisen sei, ist eine Frage, die damit noch lange nicht gelöst ist.

Es ist fast befremdend, dass von DUBOIS nicht bloss der gegenwärtige thermische Zustand der Sonne als gewissermassen bekannt und feststehend vorausgesetzt wird, sondern dass auch der thermische Zustand der weissen und der roten Sonne und ferner, dass die Koincidenz derselben mit den Klimaten der geologischen Perioden sozusagen selbstverständlich sei. Welche enormen Schwierigkeiten aber bestehen, um nur der Erkenntnis des gegenwärtigen Temperaturzustands der Sonne etwas näher zu rücken, darüber verweisen wir auf eine interessante Abhandlung von SCHEINER in der Zeitschrift: *Himmel und Erde*, Jahrgang X S. 433. Dass aber andererseits auch die Geologen und Palaeontologen in Abschätzung der Dauer der geologischen Perioden äusserst unsicher sind, ist bekannt. Daraus ergibt sich: die Temperatur der gegenwärtigen Sonne ist

noch nicht gesichert; die Temperaturen einer weissen oder einer roten Sonne (Fixstern) sind noch gar nicht bekannt; ferner die Dauer der geologischen Perioden ist sehr unsicher; die Dauer der Sonnenperiode und der Grad ihrer Einwirkung auf das Klima der geologischen Perioden entziehen sich jeder genaueren Beurteilung. Solange nun diese fundamentalen Werte mit so grosser Unsicherheit behaftet sind, kann von einem Vertrauen einflössenden Rechnungsergebnis keine Rede sein.

Darauf deutet auch HANN hin in der oben ausgehobenen Stelle, und auch WOËIKOF warnt mit Recht vor Rechnungen und Schätzungen, die auf ganz unsicherer Grundlage ausgeführt werden, betreffen dieselben diesen oder irgend einen andern Gegenstand. Die Wichtigkeit der thermischen Beobachtungen an den Fixsternen, die sich ja nicht bloss in ihrer Farbe, sondern auch in ihrem Spektrum zu erkennen giebt, wird nicht verkannt, aber die Auffassung, als ob solche Beobachtungen eine solide Basis für die konkrete Erkenntnis der geologischen Klimate darbieten könnten, ist nach unserer Ansicht verfrüht.

DUBOIS beseitigt allerdings die tellurischen Faktoren bei dem Klima der geologischen Perioden nicht gänzlich; er verwertet die Absorption und Selektion der Sonnenstrahlen durch den Luftkreis. Aber das sind doch nur untergeordnete Modifikationen; als die eigentliche Ursache steht doch bei ihm immer die Sonne selbst im Vordergrund. Wenn die Lufthülle der Erde als ein wirklicher Faktor für das Klima zur Zeit der weissen wie auch der roten Sonnenperiode ernstlich eingeführt werden wollte, so müsste man notwendig auch die damalige Beschaffenheit des irdischen Luftkreises, seinen Gehalt an Wasserdampf und Kohlensäure, seinen Druck etc. mit einem gewissen Grad von Genauigkeit kennen. Man kann nicht zugeben, dass die heutzutage bestehenden diesbezüglichen Zustände der Atmosphäre (die aber selber vielfach noch der genaueren Untersuchung und Bestätigung bedürfen), ohne Bedenken auf jene weit entlegenen Zeiträume übertragen werden dürfen. Schon die heutzutage im Schosse der Erde ruhenden Steinkohlenflötze lassen das nicht zu. Wollte man dennoch einen gewagten Schritt thun, so würde damit nur die Zahl der unzuverlässigen und unbekanntenen Werte vermehrt, das Resultat aber hierdurch weder gefördert noch gesichert werden.

Ganz anders sind die Wege und Methoden jener Naturforscher, denen man überhaupt die erste Ahnung und Erkenntnis des Klimas

der geologischen Perioden verdankt, der Geologen und Palaeontologen. Diese suchen vor allem festen Boden zu gewinnen, um von da aus mit einer gewissen Sicherheit Schlüsse ziehen zu können. Das Forschungsgebiet der Palaeontologie, die fossilen Reste der Organismen, sind in ihrer Art berechtigt; sie geben Aufschluss, ob ein Schichtenkomplex im Meere oder Brackwasser oder im süßen Wasser sich gebildet habe; sie geben ferner Aufschluss, ob dem ehemaligen Meer oder Land ein warmes oder kaltes Klima zuzuschreiben sei. Die Vergleichung mit den lebenden Organismen leitet hier, vorsichtig angewandt, sicher genug. Besonderes Interesse musste sich be- greiflich an die Fossilreste aus den Polarländern knüpfen, die in überraschender Fülle in den siebziger Jahren in die Hände von OSWALD HEER gelangten. Dass in Grönland und Spitzbergen noch in der Tertiärzeit üppige Holzvegetation bestand, wie sie heutzutage nur in mittleren Breiten gefunden wird, erregte berechtigtes Erstaunen; aber die Thatsache kann nicht bezweifelt werden. Man mag zugeben, dass eine Reihe von Fossilresten noch zweifelhaft sind; die Kritik hat auch hier nicht verfehlt, ihre Pflicht zu thun; insbeson- dere hat SCHENK strenge Kritik geübt; aber die Hauptsache wurde bestätigt. Noch mehr befremdlich war das Forschungsergebnis, ab- geleitet aus den fossilen Pflanzen der noch älteren geologischen Perioden aus den gleichen geographischen Breiten, dass damals eine Ausscheidung der klimatischen Zonen überhaupt noch nicht bestanden habe. Aber auch dieses Resultat hielt der Kritik gegenüber in der Hauptsache stand.

Hiermit ist jedoch die Palaeontologie an der Grenze ihres Forschungsgebietes angekommen.

Die weitere Frage: Kommen ähnliche oder wenigstens an- nähernd ähnliche Erscheinungen auch heutzutage noch thatsächlich vor, führt schon in das Gebiet der Klimatologie hinüber; aber auf der Grundlage der Arbeiten der Klimatologen lässt sich dieselbe be- antworten. In gleichen geographischen Breiten und bei gleicher Erhebung über den Meeresspiegel kommen heutzutage noch Unter- schiede in der mittleren Jahrestemperatur vor, die so schroff sind als jene, welche die Palaeontologen zu verschiedenen Perioden am gleichen Ort gefunden haben, wenigstens denselben sich stark nähern. Wir entnehmen zwei nicht anzufechtende Beispiele aus HANN's Klima- tologie (II. Auflage, Bd. III S. 218). Die Temperatur von Jakutzk in Sibirien unter $62^{\circ} 1'$ n. B. beträgt bei nur 100 m Meereshöhe im Januar $- 42,9^{\circ}$ C., im April $- 9,4^{\circ}$ C., im Juli $+ 18,8^{\circ}$ C. und im

Oktober — $9,0^{\circ}$ C.; die mittlere Jahrestemperatur beträgt — $11,1^{\circ}$ C. Die ebenfalls von HANN angegebene (l. c. III. S. 119) Temperatur von drei Beobachtungsorten auf der Gruppe der Faröer ($61^{\circ} 18'$ n. B.) im Atlantischen Ocean beziffert sich: Januar $+ 3,4^{\circ}$ C., April $+ 5,5^{\circ}$ C., Juli $+ 10,9^{\circ}$ C., Oktober $+ 6,9^{\circ}$ C.; die mittlere Temperatur des ganzen Jahres $+ 6,7^{\circ}$ C. Somit ergibt sich unter der fast ganz gleichen geographischen Breite bei fast gleicher Erhebung über die Meeresfläche ein Unterschied der mittleren Jahrestemperatur von $17,8^{\circ}$ C.

HANN führt noch an anderen Orten (l. c. I. S. 136 und anderwärts) ganze Reihen von Lokalitäten an, in deren Temperatur sich der Unterschied zwischen oceanischem und mehr oder weniger kontinentalem Klima mit allen Abstufungen ganz deutlich ausprägt. Das giebt zu denken. Der einzige Grund dieser Gegensätze liegt darin, dass die eine Gruppe der Örtlichkeiten von dem milden ausgleichenden Seeklima ganz direkt oder wenigstens in der Nähe beeinflusst wird, während der andere Teil von dem kontinentalen Klima mehr oder weniger stark beherrscht wird. Nicht die Beschaffenheit, auch nicht der Stand der Sonne ruft solche auffallende Differenzen hervor, auch nicht der Unterschied in der Meereshöhe, sondern nur die physische Beschaffenheit der betreffenden Gegenden.

Damit tritt für alle klimatischen Fragen, auch für jene nach der Eigentümlichkeit der geologischen Perioden die physische Beschaffenheit der verschiedenen Teile der Erdoberfläche stark in den Vordergrund. Das spricht auch HANN aus, wenn er (l. c. I. S. 372) sich äussert, dass die ungleiche Verteilung von Wasser und Land (auf den beiden Hemisphären) der mächtigste klimatische Faktor sei.

Dass aber die Gestaltung der Erdoberfläche zu verschiedenen Zeiten starkem Wechsel unterworfen war, hat die Palaeontologie längst nachgewiesen; sie hat erkannt, dass, je weiter man in der Reihenfolge der Formationen zurückgeht, die aus dem Meere entstandenen Schichtenkomplexe an räumlicher Ausdehnung im allgemeinen zunehmen, dass das Meer eine grössere Oberfläche hatte, dass somit auch der Einfluss desselben auf die Gestaltung des Klimas einen viel grösseren Einfluss ausüben konnte und musste.

Ferner tritt bei den angeführten Beispielen in überraschender Weise die nahe typische Verwandtschaft des oceanischen Klimas mit dem Klima der älteren geologischen Perioden hervor. Beide stimmen darin überein, dass polwärts die Wärme nur ganz langsam abnimmt

und ebenso gegen den Aequator zu dieselbe nur langsam zunimmt¹. Ebenso tritt die höhere Gesamtlage der mittleren Jahrestemperaturen bei dem Seeklima deutlich hervor. Das sind objektive Errungenschaften der Klimatologie, wodurch sich die physische Konstitution der Erdoberfläche von selbst in den Vordergrund drängt, wo immer es sich um klimatische Zustände, sei es der Gegenwart, aber auch der Vergangenheit, handeln mag.

Zu einem gleichen Ergebnisse gelangt man, wenn man einen Blick auf die anderen Körper unseres Sonnensystems wirft.

Die physische Konstitution des Mondes der Erde ist hinreichend gut bekannt; sie ist, trotz der Nähe und innigen Verbindung mit dem Hauptplaneten, eine, wie bekannt, sehr abweichende; sein Klima weicht dementsprechend sehr weit ab. Ebenso lehren die Beobachtungen über den Planeten Mars, dass dort wieder sehr eigentümliche, von Mond und Erde abweichende Zustände bestehen, wobei wir nur auf das rote Licht hinweisen wollen, in welchem dieser Planet erglänzt, und im übrigen auf die Untersuchungen von SCHIAPARELLI verweisen. Man darf nicht zweifeln, dass jeder Himmelskörper unseres Sonnensystems, wie seine eigentümliche physische Konstitution, so auch sein eigentümliches Klima besitzt, das freilich nur auf ihm selbst genauer untersucht werden kann. Aber diese Eigentümlichkeiten machen sich geltend, trotzdem, dass die Sonnenperioden für alle Himmelskörper unseres Sonnensystems offenbar die gleichen sind. Die Sonnenperioden treten hiermit stark in den Hintergrund, die physische Konstitution der einzelnen Himmelskörper aber tritt mit aller Entschiedenheit in den Vordergrund. Selbst die verschiedenen Entfernungen derselben von der Sonne und die verschiedene Grösse der einzelnen Kugeln ist nicht allein entscheidend, sondern vor allem die physische Konstitution sowohl auf der Erde als bei den anderen Planeten. Wären Grösse und Entfernung von der Sonne die einzigen Faktoren für die Entwicklung der Planeten, so würden wohl beträchtliche Unterschiede

¹ Eine tabellarische Zusammenstellung über den Gang und Stand des reinen (empirischen) Seeklimas nach Sartorius von Waltershausen und des aus Land und Meer zusammengesetzten gemischten Klimas nach Dove ist vom Verfasser gegeben worden in den Schriften: Klima und Gestaltung der Erdoberfläche in ihren Wechselwirkungen, dargestellt von D. J. Probst, Stuttgart 1887; und: Über einige Gegenstände aus dem Gebiete der Geophysik von D. J. Probst, Stuttgart 1889. Die Benennung „Normalklima“, die Dove anwendet, werden wir in die Benennung „gemischtes Klima“ abändern dürfen, was wohl sachlich richtiger sein dürfte.

unter ihnen wahrzunehmen sein, die aber nur verschiedenen Stadien entsprechen würden, diese würden sich harmonisch aneinander reihen lassen, so dass schliesslich in dem Endstadium eine Unterschiedslosigkeit derselben in allen wichtigeren Zügen sich ergeben müsste, vielleicht so, wie heutzutage der Mond der Erde sich darstellt. Dazu ist aber keine Aussicht vorhanden, eben weil die physische Konstitution der Himmelskörper schon von Anfang an eine verschiedene ist.

So wichtig nun aber die physische Konstitution im allgemeinen und das oceanische Klima insbesondere mit seinen charakteristischen Eigenschaften für die Erkenntnis des Klimas der geologischen Perioden erscheint, so ist doch ohne Bedenken einzuräumen, dass das heutzutage bestehende und durch Beobachtung festgestellte Seeklima nicht ausreicht, um die Möglichkeit der Existenz der Molasseflora, noch weniger die der noch älteren fossilen Floren zu erklären. SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN glaubte allerdings seiner Zeit, einer weiteren Nachhilfe hierzu nicht zu bedürfen, mit Ausnahme eines sehr geringen Zuschusses von Wärme durch das Erdinnere. Das war jedoch zu einer Zeit, da die fossile Flora der hochnordischen Gegenden noch nicht bekannt geworden war; und OSWALD HEER musste und konnte mit Recht, auf Grund seiner eigenen Untersuchungen, die Aufstellungen jenes Gelehrten ablehnen. Aber in dem Seeklima, d. h. in der Warmwasserheizung durch die warmen, oben schwimmenden Gewässer der oceanischen Strömungen ist doch immerhin eine so solide Grundlage für das Verständnis des Klimas der geologischen Perioden thatsächlich schon gegeben, dass es gar nicht angezeigt ist, auf ein ganz anderes Gebiet hinüber zu schweifen. Es bedarf bloss einer angemessenen Verstärkung desselben auf der Grundlage der Vergleichung des Seeklimas der Gegenwart (SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN) mit dem gemischten Klima der Gegenwart (DOVE).

Jedoch ist hier zuvor ein Kardinalpunkt zu erörtern, die Frage: wo ist der echte Typus des Seeklimas zu suchen und zu finden?

Bei Beantwortung dieser Frage gehen die Klimatologen in zwei Gruppen auseinander. HANN, FORBES und andere bezeichnen die Meere der südlichen Hemisphäre als diejenigen, bei welchen die charakteristischen Züge des Seeklimas naturgemäss am meisten hervortreten müssen, weil hier die Meere sehr ausgedehnt sind, während das feste Land sehr eingeschränkt ist; Abweichungen in andere Meere würden nach ihrer Auffassung darauf hinweisen, dass hier

schon der echte Typus mehr oder weniger verwischt wäre. Als eine anomale Erscheinung wird von ihnen besonders der Nordatlantische Ocean aufgefasst, der durch die hervorragende Wärme seiner Gewässer einen sehr fühlbaren Einfluss auf die Westküsten von Europa ausübt. Die Anomalie soll darin bestehen, dass der Nordatlantische Ocean in seinen niedrigen Breiten eine zu starke Zufuhr von warmen Wassern empfangt, während er in seinen nördlichen Teilen sich verengert, so dass die warmen Wasser zusammengepresst werden. Man kann diese Umstände als solche, welche für die Erhaltung der Wärme günstig sind, gelten lassen; aber die Hauptsache ist das nicht; die Hauptsache ist vielmehr diese, dass der Nordatlantische Ocean seine Wärme aus sich selbst hat und in sich selbst trägt; er nimmt dieselbe auf als äquatoriale Meeresströmung in seinen niedrigen Breiten, bewahrt und verfrachtet sie zu einem ansehnlichen Teil bis in die hohen Breiten hinüber. Bei dem Nordatlantischen Ocean walten nicht Verhältnisse ob, wie z. B. bei dem Roten Meer, das in langer Ausdehnung, aber in nur geringer Breite zwischen zwei heißen Kontinenten sich einlagert und seine hervorragende Wärme offenbar diesem Umstand verdankt. Allerdings ist die Breite des Nordatlantischen Oceans geringer als die der zusammenhängenden südlichen Meere, aber von der Küste Südamerikas (Kap St. Roque) bis an die europäisch-skandinavische Küste ist ein so weiter Weg, wie er überhaupt nur bei wirklichen Weltmeeren vorkommt. Die Verengerung im Norden hat ihre Bedeutung vorzüglich nur nach der Richtung hin, dass die Kommunikation mit dem Eismeer, d. h. die Zufuhr von Eis und Eisbergen, hierdurch vermindert wird.

Viel gewichtiger sind aber die Bedenken, welche gegen die Auffassung sprechen, dass die südlichen Meere als der echte Typus des Seeklimas aufzufassen seien; denn

1. ist keineswegs die Gesamtheit des Raums, der auf den Karten als Meer bezeichnet ist, mit wirklichem Wasser erfüllt. Dass auch im antarktischen Polarkreise Inseln und Archipelle vorkommen, ist bekannt, aber ohne Bedeutung. Dagegen legt sich an diese Inseln ein Kranz von Küsteneis an, der sich so ausdehnt, dass die einzelnen Inseln zu einem Kontinent verbunden werden; denn Eis, obwohl es aus den chemischen Elementen des Wassers besteht, ist ein Mineral. Das giebt auch HANN zu, wenn er bemerkt (l. c. I. Bd. S. 209), dass das Wasser von -9° bis -10° C selbstverständlich eine „Fiktion“ sei, weil auch das Seewasser bei -3° bis -4° gefriere. Somit ist das Land in der südlichen Halbkugel

doch namhaft weiter ausgebreitet, sogar den ganzen Polarkreis ausfüllend, als es nach der Darstellung in den Karten erscheint. Aber auch darauf ist noch nicht der Hauptnachdruck zu legen, sondern

2. dass gerade dieses Mineral, das aus den chemischen Bestandteilen des Wassers besteht, in seinem Aggregatzustand als Eis, genauer bei seinem Abschmelzen, Eigenschaften besitzt, wodurch es ganz hervorragend befähigt wird, das Klima zu beeinflussen. Dasselbe hat bei seinem Abschmelzen einen Heisshunger, der auf Verschlingung der Wärme (79 Kalorien) gerichtet ist. Überdies ist das Eis so leicht, dass es auf dem Wasser, wenn auch teilweise eingetaucht, zu schwimmen vermag; dass somit die Bruchteile desselben, die in das Meer stürzen, bis tief in mittlere geographische Breiten hinein vertragen werden können und hierbei sowohl dem Wasser als der Luft unberechenbare Mengen von Wärme entziehen. Die Meere der südlichen Halbkugel sind wegen der grossen Menge ihrer Eisberge berüchtigt und gefürchtet.

3. Damit stimmt ganz gut die Beobachtung überein, dass gerade die Sommer der südlichen Hemisphäre auffallend kühl sind. Kerguelen hat unter 49° s. B. im wärmsten Monat nur + 7° C. (HANN). Der Sommer ist aber die Zeit, in welcher die Eisberge schmelzen und ihren starken abkühlenden Einfluss auf das Klima ausüben. Sodann ist noch zu beachten

4. dass die Beobachtungen an grösseren Wasseransammlungen (Genfersee etc.) eine Erhöhung der mittleren Jahrestemperatur, also nicht einen abkühlenden Einfluss erkennen lassen. Alles zusammen genommen wird man berechtigt sein, die südlichen Meere, trotz ihrer grossen geographischen Ausbreitung, nicht als den Typus des echten Seeklimas anzuerkennen; man wird sich vielmehr mit SARTORIUS VON WALTERSHAUSEN dem Nordatlantischen Ocean zuwenden müssen. Dieser Nordatlantische Ocean hat, wie seine Wärme beweist, den Typus des echten Seeklimas relativ am besten konserviert.

Aber auch hier wird man nicht beweisen, nicht einmal wahrscheinlich machen können, dass die ihm zukommende Wärme sich seit den ältesten Zeiten konstant in ungetrübter Stärke und Reinheit durch alle Perioden hindurch bis auf den heutigen Tag ohne alle Verstümmelung erhalten habe. Man kann sogar das Gegenteil beweisen, dass nämlich die warme Strömung vom Aequator her eine ganz bedeutende Einbusse noch heutzutage erleidet durch ihre Begegnung mit den Eisbergen des kalten Labradorstromes bei Neufundland.

Die Existenz einer üppigen Waldlandschaft in den höchsten Breitegraden (zur Tertiärzeit und noch mehr zur Zeit der Kreideformation) ist eine für sich feststehende Thatsache; gleichzeitig mit ihr konnte eine Vergletscherung, wie sie heutzutage dort besteht, nicht bestanden haben; dieselbe muss also späteren Datums sein und durch sie erst wurde auch (vermitteltst des Labradorstromes) die Wärme jenes Stromes, der aber immer noch die europäischen westlichen Küsten beträchtlich zu erwärmen vermag, wesentlich herabgedrückt.

Deshalb ist die Zulässigkeit einer Verstärkung der Wärme des Seeklimas, sogar des Nordatlantischen Oceans, dem Prinzip nach nicht zu beanstanden. Wie hoch sich aber die Einbusse an mittlerer Jahrestemperatur in verschiedenen Breitegraden belaufe, lässt sich freilich nicht direkt nachweisen; aber günstigerweise bestehen so viele wichtige Vorarbeiten auf dem palaeontologischen Gebiete, dass man sich doch auf die Beantwortung der einschlägigen Fragen einlassen kann. Es kommen hier zwei Punkte in Betracht:

1. Die fossilen Pflanzenreste aus den verschiedensten Breiten, besonders nach den Untersuchungen von OSWALD HEER.

2. Jene Temperaturtabellen, welche die Klimatologen geliefert haben, sowohl für das Seeklima der Gegenwart (SARTORIUS) als auch für das gemischte Klima (DOVE), die sich vom Nordpol bis zum Aequator erstrecken.

Was den ersten Punkt betrifft, so verlangt bekanntlich HEER für das Molasseklima der hohen nördlichen Breiten im Grinnellland (81° n. B.) $+ 8^{\circ}$ C. mittlerer Jahrestemperatur; für Spitzbergen (78° n. B.) $+ 9^{\circ}$ C.; für Grönland unter 70° n. B. $+ 12^{\circ}$ C.; für die mittleren Breiten (Öningen 48° n. B.) verlangt er $+ 18^{\circ}$ C.; von da weg nähert sich das Molasseklima äquatorwärts immer mehr dem heutigen Klima, so dass dasselbe in den Tropen keinen Unterschied mehr aufweist. Es hat somit eine Verstümmelung des Seeklimas seit der Molassezeit bis auf unsere Tage stattgefunden, sogar in hohem Betrage, aber keineswegs in allen geographischen Breiten gleichmässig; in sehr hohen Breiten ist dieselbe sehr bedeutend, nimmt in mittleren Breiten ab und verschwindet in den Tropen.

Was den zweiten Punkt anbelangt, so sind in unserer schon oben citierten Schrift die Tabellen der Klimatologen, sowohl für das Seeklima der Gegenwart als für das gemischte Klima nebeneinander gestellt und zugleich die Differenz derselben in einer besonderen

Kolumne ausgeworfen. Indem wir darauf verweisen (S. 8), mag zunächst nur im allgemeinen konstatiert werden, dass auch diese Tabellen (der Klimatologen) für verschiedene geographische Breiten sehr bedeutende Unterschiede erkennen lassen; für die höchsten Breiten die stärksten; für mittlere nur mässige; für die Tropen so viel wie keinen Unterschied. Es besteht somit zunächst in den allgemeinen Zügen der Abstufung nach der Breite eine Übereinstimmung mit jenen klimatischen Zuständen daselbst, die HEER aus den fossilen Pflanzen abgeleitet hat. Auch heutzutage noch werden durch die Wirkung des festen Landes Zustände hervorgerufen, bei denen die Züge des heutigen Seeklimas sehr stark alteriert erscheinen, und zwar in hohen Breiten am stärksten; in den Tropen am wenigsten; letzteres hängt jedoch sichtlich auch mit den tropischen Sommerregen zusammen.

Aus den von OSWALD HEER registrierten klimatischen Verhältnissen ist noch kein Einblick zu gewinnen in die Ursachen der Veränderung des Klimas, sondern nur in die vollendete Thatsache selbst.

Aus den Tabellen der Klimatologen aber erkennt man sofort und unzweifelhaft auch die Ursache der Änderung des Klimas; es ist sicher nichts anderes als das feste Land mit seinen spezifischen Eigenschaften, die sich dem Wasser gegenüber geltend machen, die aber schon vor Jahrtausenden ganz die gleichen gewesen sein müssen, wie sie heute noch sich kundgehen. Da nun aber die einerseits von HEER konstatierten und die von den Klimatologen andererseits eruierten Erscheinungen in ihren wichtigsten Zügen ganz zusammenstimmen — so wird man mit Bestimmtheit darauf hingeleitet, für die klimatischen Änderungen während der geologischen Perioden auch die gleiche Ursache voranzusetzen; denn gleichen Wirkungen liegen gleiche Ursachen zu Grunde; und je grösser sich die Übereinstimmung in den Wirkungen zeigt, desto sicherer wird der Schluss auf die Gleichheit der Ursachen sein.

Tritt man somit durch direkte Vergleichung der Zifferreihen, wie sie in den klimatologischen Werken vorliegen, der Sache näher, so stellt sich heraus, dass jener Betrag, um welchen die mittlere Jahrestemperatur des Seeklimas heutzutage noch, durch die Wirkung des festen Landes herabgedrückt wird, sehr gross ist, so gross, dass man selbst in den höchsten Breitengraden nicht diesen ganzen Betrag hinzuzufügen notwendig hat, um das Klima eines am Meer gelegenen Ortes in gleicher Breite, aber zur Molassezeit zu ge-

winnen. Um das an einem Beispiel zu erläutern, wählen wir den 80° n. B. Für Grinnellland und Spitzbergen (81° n. B., 78° n. B.) verlangt HEER, um die Existenz der Molasseflora daselbst zu ermöglichen, eine mittlere Jahrestemperatur von $+ 8^{\circ}$ und $+ 9^{\circ}$ C. Heutzutage noch hat das reine Seeklima in jenen Breiten (nach SARTORIUS) $+ 1,49^{\circ}$ R. Durch die Wirkung des festen Landes wird aber, bei dem gemischten Klima, die Jahrestemperatur auf $- 11,20^{\circ}$ R. herabgedrückt (DOVE), somit um volle $12,69^{\circ}$ R. Würde man diesen ganzen Betrag, um welchen die Temperatur durch die Einwirkung des festen Landes heutzutage sinkt, zu der heutzutage noch bestehenden Temperatur des Seeklimas daselbst ($+ 1,49^{\circ}$ R.) hinzufügen, so würde man für den 80° n. B. eine mittlere Jahrestemperatur von $+ 14,18^{\circ}$ R. = $17,72^{\circ}$ C. gewinnen; somit schon beträchtlich mehr als HEER für den dortigen und damaligen Pflanzenwuchs verlangt. Schon durch die Hinzufügung der Hälfte des obigen Betrags wird dem Verlangen HEER's entsprochen; denn $+ 1,49^{\circ}$ R. beziffert sich die noch bestehende Temperatur des Seeklimas daselbst; dazu addiert die Hälfte von $12,69^{\circ}$ = $6,34^{\circ}$ R., zusammen $+ 7,83^{\circ}$ R. = $9,78^{\circ}$ C.

Und ganz übereinstimmend stellen sich die Resultate der klimatologischen und palaeontologischen Forschungen heraus durch die ganze Skala der Breitengrade hindurch, worüber wir auf unsere Tabelle l. c. S. 48 verweisen. Aber auch, um das frühere Klima der noch älteren geologischen Perioden, von der Kreidezeit an aufwärts, zu erklären, reicht das eingeschlagene Verfahren vollständig zu. HEER und mit ihm die anderen Palaeontologen verlangen für die nördliche Halbkugel (nur von hier sind bisher fossile Pflanzen in genügender Anzahl gefunden worden) ein subtropisches bis tropisches Klima, so dass eine Ausscheidung der klimatischen Zonen, die heutzutage so schroff hervortreten, für jene alten Perioden nicht stattfinden. Hier muss aber selbstverständlich ein namhaft grösserer Betrag zu dem noch bestehenden Seeklima der verschiedenen Breitengrade hinzugefügt werden, jedoch nicht grösser als jener Betrag, um den heutzutage noch das Seeklima durch Einwirkung des festen Landes alteriert wird.

Um auch hier ein einzelnes Beispiel herauszugreifen, verweisen wir zunächst auf HEER, der für die Kreidezeit in Spitzbergen (78° n. B.) und Grönland (unter 70° n. B.) ein subtropisches Klima mit ca. 18° C. mittlerer Jahreswärme verlangt. Die Temperatur des heutigen Seeklimas in jenen Gegenden (in 80° n. B.) ist $+ 1,49^{\circ}$ R.; die

Alteration desselben durch den Einfluss des festen Landes beträgt wieder, wie zuvor angeführt (bei Berechnung des Molasseklimas), $12,69^{\circ}$ R. Fügt man nun aber hier, behufs Berechnung des Klimas der älteren Formationen, diesen ganzen Betrag zu der bestehenden Temperatur des heutigen reinen Seeklimas in 80° n. B. hinzu, so ergeben sich: $+ 14,18^{\circ}$ R. = $17,72^{\circ}$ C.; somit ein subtropisches Klima unter 80° nördlicher Breite. Ähnlich bei Grönland (70° n. B.). Das reine Seeklima beziffert hier sich auf $+ 3,36^{\circ}$ R.; die Abminderung der Temperatur durch das Land bei dem gemischten Klima beträgt hier $10,56^{\circ}$ R. Dieser Betrag, zu der Temperatur des Seeklimas hinzugefügt, beläuft sich auf $13,82^{\circ}$ R. = $17,27^{\circ}$ C., wodurch ein subtropisches Klima gewonnen wird. Und so wie hier, so durch die ganze Skala der Breitengrade hindurch, wobei sich das subtropische Klima ganz allmählich in ein tropisches verwandelt, ohne dass unter den Tropen selbst der heutige Wärmebetrag überschritten würde. Wir verweisen auch hier auf unsere Tabelle l. c. S. 27.

Selbstverständlich ist, dass sowohl in den Arbeiten der Palaeontologen als auch der Klimatologen Verbesserungen Platz greifen können; aber im grossen und ganzen ist der Stand der Sache als ein gesicherter anzusehen.

Dem Prinzip einer Warmwasserheizung durch die warmen Meeresströmungen ist offenbar auch WOEIKOF zugethan, wenn er sich in seiner oben citierten Abhandlung (S. 255) äussert: „ein grosser Teil der Wärme, welche die Meere empfangen, kommt sicher durch warme Strömungen den mittleren und höheren Breiten zu gut.“ Mit dem Prinzip der „Kontinentalität“ aber, das er anderseits betont, wird man sich weniger einverstanden erklären können. Kontinente von der Ausdehnung, wie sie heutzutage bestehen, sind ein weit vorgeschrittenes Stadium, ein relativer Reifezustand der Erdoberfläche, wie ein solcher in den älteren Perioden und selbst noch in der Tertiärperiode nicht bestanden hat, den man deshalb auch nicht für dieselben voraussetzen darf. Alles weist vielmehr darauf hin, dass die Oberfläche der Erde aus einer anfänglich sehr stark dominierenden Wasserbedeckung, durch ein lang andauerndes archipelartiges Stadium hindurch erst ganz schliesslich in einen Zustand übergegangen sei, der, neben tiefen Meeren, breite Kontinente mit hochragenden, langen Gebirgszügen aufweist. So lange das feste Land nur einen geringen Prozentsatz der Erdoberfläche ausmachte, besonders in hohen Breiten, somit die Warmwasserheizung so viel wie keinen ernsthaften Gegner hatte, erhielt sich auch das fast

gleichförmige Klima der älteren Perioden; als aber in der Tertiärzeit das feste Land successive in grösserem Umfang, aber immer noch vielfach zerschnitten durch Meeresarme, auftauchte, stellte sich das schon einigermaßen differenzierte Klima dieser Periode ein. In der Quartärperiode hatte das Land schon in der Hauptsache den heutigen Umfang und auch die heutige Verteilung von Land und Meer bestand schon. Das ist die „terripetale Entwicklung“ (BRONN) der Erdoberfläche, mit welcher die Umgestaltung des Klimas gleichen Schritt zu halten fortfuhr.

Hält man nun die von DUBOIS vertretenen Ansichten und die von dem Verf. vorgetragenen in ihren Hauptpunkten zusammen, so ergeben sich zwar keine Widersprüche, aber namhafte Unterschiede. Bei DUBOIS steht immer die Sonne selbst mit ihrem Temperaturwechsel im Vordergrund; aber DUBOIS hat mit der Schwierigkeit zu kämpfen, dass er nur mit unbekanntem oder wenigstens sehr unbestimmten Werten sich behelfen muss, die nur durch die Farbe und die Spektrallinien der Gestirne angedeutet werden. Ebenso stehen ihm für die Überleitung der Sonnenstrahlen in die Lufthülle der Erde zur Zeit der früheren geologischen Perioden und für ihre weitere Überleitung auf die feste und flüssige Oberfläche derselben keine bestimmten Werte zu Gebot.

Die vom Verf. vertretene Ansicht schliesst die Möglichkeit einer Änderung der Sonnentemperatur nicht aus, aber es wird davon kein Gebrauch gemacht aus den oben angeführten Gründen. Er hält sich an die Arbeiten der Palaeontologen und Klimatologen. Auf diesen Gebieten, die der Beobachtung ganz zugänglich sind, ist schon sehr viel vorgearbeitet worden und sind ziffermässig dargestellte Ergebnisse errungen worden. Das Resultat ist, dass von der Zeit an, da organisches Leben auf der Erde sich einstellte, und die fossile Erhaltung der organischen Reste ermöglicht war, bis zur Tertiärzeit einschliesslich, schon die physische Konstitution der Erde selbst zureichende Mittel darbietet, um die Änderungen des Klimas der geologischen Perioden zu erklären. Ein Hinübergreifen auf nichttellurische Faktoren, also auch insbesondere auf Änderungen in der Temperatur der Sonne selbst, ist nicht notwendig.

Ob freilich in jenen Zeiten, die dem Bestehen des organischen Lebens auf der Erde vorangegangen sind (azoische Periode), die Verhältnisse ebenso beschaffen gewesen seien, entzieht sich, von unserem Standpunkt aus, der Beurteilung vollständig, kommt aber auch zunächst nicht in Frage.

Es erübrigt nur noch die Auffassung DUBOIS' über das Eiszeitklima und die Ursachen desselben zu besprechen. Er führt dasselbe zurück auf das rötliche Stadium der Sonne und für die Interglacialzeiten nimmt er die Veränderlichkeit der Helligkeit in Anspruch, die bei den rötlichen und roten Sternen besonders häufig beobachtet wird.

Dass die rötliche Farbe und die damit verbundenen eigentümlichen Spektrallinien auf eine niedrigere Temperatur der betreffenden Sterne hinweisen, ist nicht zu beanstanden. Auch der Umstand, dass Änderungen in der Helligkeit bei rötlichen Sternen zumeist vorkommen, ist zu beachten; allein zur Erklärung eines Wechsels von Eiszeitperioden und Interglacialperioden genügt die Berufung auf die Veränderlichkeit mancher Sterne durchaus nicht. Die Veränderung in der Helligkeit vollzieht sich in äusserst kurzer Zeit, die mit geologischen Perioden durchaus nichts zu thun haben kann. Die Intervalle werden bei den Regulären unter den Veränderlichen (Algolgruppe) nur nach Stunden, bei den Irregulären nur nach Tagen gemessen und selbst die ganz ausserordentlich grossen Schwankungen des TYCHO'schen und des KEPLER'schen Sternes (1572 und 1604) vollzogen sich in der Frist von nur zwei Jahren (cf. VOGEL: Populäre Astronomie, II. Aufl., S. 499 u. f.). Es liegt auf der Hand, dass hier ganz andere Ursachen obwalten müssen, wie solches bei den Regulären in Wirklichkeit schon nachgewiesen ist. Die Bemerkung bei DUBOIS (S. 66): „wo es Perioden von kurzer Zeitdauer giebt, da können auch längere Perioden als wahrscheinlich angenommen werden“ ist keineswegs begründet; denn die verschwindend kurze Dauer widerspricht geradezu dem Begriff einer geologischen oder astrophysischen Periode in dem hier allein berechtigten Sinn dieses Ausdrucks.

Überdies liegt der spezifische Charakter des Eiszeitklimas weniger in der Verminderung der Temperatur um einige Grade, als vielmehr in der gewaltigen Ausbreitung einer lange dauernden Eisbedeckung, auch in solchen Gegenden, die heutzutage davon frei sind. Für jene Gegenden, die dem Fusse der hohen Gebirge (Alpen etc.) sich unmittelbar anlagern, ist die kausale Verbindung mit den Gebirgshöhen evident. Nicht bloss die liegen gebliebenen Gesteinsfragmente weisen auf das Muttergestein im Gebirge hin, sondern auch die fächerförmige Ausbreitung der Eis- und Gesteinsmassen am Fuss der Gebirge lässt das Gebirge als den eigentlichen Sitz und Herd der erratischen Formation erkennen. Selbst jene Gegenden,

die heutzutage weit von Gebirgen entfernt sind (norddeutsche Ebene), geben durch ihre erratischen Blöcke zweifellos den Zusammenhang mit dem skandinavischen Gebirge zu erkennen. Das sind aber Züge, die recht deutlich auf die Beschaffenheit der Oberfläche der Erde hinweisen; auch hier, bei dem Eiszeitklima, tritt die Oberflächenbeschaffenheit der Erde ganz deutlich in den Vordergrund. Durch eine fortgesetzte energische Schollenbewegung der festgewordenen Erdkruste entstanden Tiefen und Höhen auf der Erdoberfläche; das trockene Land gewann an Umfang und Höhe, wie die Meere an Umfang verloren, aber an Tiefe zunahm. In den verschiedensten geographischen Breiten erhoben sich Gebirgszüge, welche die Grenze des ewigen Schnees erreichten.

Durch solche Vorgänge auf der Oberfläche der Erde musste aber notwendig ein mächtiger Einfluss auf die Umgestaltung des Klimas ausgeübt werden; der mächtige Unterschied zwischen kontinentalem und oceanischem Klima trat erst jetzt in seiner Schärfe hervor. — Jenen Gebirgszügen aber, welche die Grenze des ewigen Schnees erreichten und überschritten, fiel noch eine ganz besondere und auffällige Stellung bei der Abänderung des Klimas zu. Da diese jungen Gebirge nachweisbar in einem mehr geschlossenen, noch weniger zerstückelten Zustande sich befanden, so boten sie ein breites Postament dar, auf dem sich die winterlichen Niederschläge (Schnee) notwendig ansammeln mussten, weil ihnen der Abzug aus dem Gebirge durch die Erosion (Querthäler) noch nicht, oder nur in ganz ungenügender Weise geöffnet war. Erst durch die Fortschritte der Erosion wurde Bresche gelegt und die angesammelten Schnee- und Eismassen flossen ab und breiteten sich am Fusse des Gebirges fächerförmig aus. — Schon während des Vordringens der Gletscher verschlechterte sich das Klima und die Erniedrigung der Temperatur hielt lange Zeit an, da durch den Abschmelzungsprozess 79 Kalorien absorbiert wurden.

Es entgeht uns nicht, dass man gegen eine solche Auffassung der Ursachen der Eiszeit auf die Universalität dieser Erscheinung hinweist; aber wir haben auch keine Ursache, diesen Standpunkt direkt zu bestreiten; denn auch die Gebirgsbildung hat eine universale Verbreitung. Über alle geographischen Breiten und Längen hin, auch die Tropen nicht ausgenommen, sind Kontinente und Gebirge vorhanden, anerkannt junge Gebirge, welche die Schneegrenze überragen. Es kann deshalb gar nicht befremden, auch nicht von unserem Standpunkt aus, dass das Eiszeitklima über so weite Areale hin sich verbreiten konnte.

Was nun die Fortschritte in der Untersuchung der Beschaffenheit der quartären Formation selbst anbelangt, verweisen wir auf die empfehlenswerte Schrift¹ von H. KRAUSS und heben nur einige Punkte hervor, die uns sachlich interessant erscheinen.

In England und in benachbarten Gegenden tritt eine Gliederung der Formation markiert hervor, weil hier, wie schon LYELL hervorgehoben hat, wiederholte Niveauschwankungen stattgefunden haben. Da aber anderwärts ein Wechsel von Senkungen und Hebungen während dieser Periode nicht nachweisbar ist, so können die dortigen Verhältnisse für die gesamte Formation nicht als typisch gelten. Eine Ausnahmsstellung kommt auch jenen Schichtenkomplexen in Nordamerika zu, die unter dem Namen „fossile Seen“ bekannt sind. In weitester Verbreitung wurden zwei Glieder, der untere und obere Geschiebelehm beobachtet; nicht so allgemein und nicht so bestimmt der interglaciale Schichtenkomplex, der naturgemäss und notwendig als eine kontinuierliche, trennende Schicht sich zwischen die beiden glacialen Schichten einlagern müsste. Bemerkenswert ist insbesondere, dass „bei der neuen jetzt abgeschlossenen Kartenaufnahme des Königreichs Sachsen es nicht gelungen ist, sichere Beweise von Interglacialbildungen für eine mehrmalige Vereisung der Gebietsfläche von Norden her nachzuweisen, wenn auch einzelne Profile Oscillationen des Eises andeuten“ (l. c. S. 89). Zu einem übereinstimmenden Resultate gelangte, wie bekannt, auch die amtliche Aufnahme des württembergischen (oberschwäbischen) Gebiets. Anderwärts wurden drei- und auch vierfache Vereisungen verzeichnet.

Ein ganz neuer Gesichtspunkt drängte sich, zur Überraschung der Geologen, bei dem bekannten Schweizersbild (Schaffhausen) auf². Eine ganze Anzahl von Geologen kamen hier zur Überzeugung, dass der gesamte Schichtenkomplex daselbst der postglacialen Zeit angehöre, nicht, wie bisher als zweifellos angenommen wurde, der glacialen und interglacialen Periode. Im Gefolge dieser Änderung wurde auch Thayingen aus seiner bisher als interglacial angenommenen Stellung, wie auch Schussenried aus der bisherigen glacialen Einordnung verdrängt und beide Lokalitäten in die postglaciale Zeit verlegt (t. c. S. 175 u. f.). Es bleibt abzuwarten, wie weit noch andere bisherige Stützen und Pfeiler der an sich schon schwankenden Einteilung hierdurch erschüttert werden. Diese

¹ Die Eiszeit und die Theorien und Ursachen derselben. Ravensburg 1898.

² Neue Denkschriften der schweizerischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft 1896.

namhaften Abänderungen sind jedenfalls eine Mahnung bei Feststellung der Gliederung mit grösster Genauigkeit und umsichtiger Auswahl vorzugehen.

Man wird sich dem Eindruck nicht leicht entziehen können, dass die bisherigen geologischen Untersuchungen, weil sie mit Vorliebe auf die Peripherie der diluvialen Gletschergebiete sich geworfen haben, nicht ohne Einfluss auf die bisherigen Unsicherheiten gewesen sein mögen. Nach unserer Ansicht sollte nicht, jedenfalls nicht vorherrschend, die Peripherie zum Forschungsgebiet auserwählt werden, sondern die centrale Gletscherlandschaft.

In der Peripherie drängen sich allerdings alsbald Geröllbänke und Terrassen in verschiedener Höhenlage und Ausdehnung der direkten Beobachtung auf; aber diese Gebilde können sehr trügerisch sein. Jedes Hochwasser kann in rascher Folge Geröllbänke da oder dort hinwerfen, dieselben eine Zeitlang nach Länge und Breite vergrössern; schon bei mässig veränderter Richtung des Gerölle führenden wilden Stromes haben dieselben keine Aussicht auf Berücksichtigung ihrer Existenz, sondern werden rücksichtslos angegriffen, fortgeschafft und umgelagert, so dass ganz neue Gebilde sich gestalten. Bei niedrigem Wasserstand tritt wohl Ruhe ein; aber jedes, vielleicht nach kurzer Zeit eintretende, neue Hochwasser schafft sich wieder neue Bahnen. Das sind so turbulente Vorgänge, dass es, unseres Erachtens, unausführbar sein wird, dieselben zur Grundlage einer systematischen Untersuchung zu nehmen.

Ebenso trügerisch wird es sein, die Lehme systematisch verwerten zu wollen. Auch diese Gebilde sind ihrer Natur nach zur Umlagerung, Verschwemmung sehr geeignet und es ist sehr gewagt, dieselben als aufgehäuften Verwitterungsprodukte in situ aufzufassen. Jedenfalls müssen jene lehmartigen Bildungen, welche die zarten Schalen von *Succinea* etc. unversehrt einschliessen, hiervon ausgenommen werden, wie auch jene Lehme, die Kalkgerölle mit wohl erhaltenen Kritzen aufweisen.

Anders liegt der Sachverhalt in der centralen Region der diluvialen Gletscherlandschaften. Während die Gebilde der peripherischen Region schon lange in proteusartigem Wechsel begriffen waren, beharrte die noch unter der Eismasse begrabene, von der Erosion erst spät angegriffene centrale Landschaft noch lange in Ruhe. Als die Erosion auch hier ihre Wirkung auszuüben anfing, wurden die Gerölle und Schlammgebilde auf kürzestem Weg gegen die Peripherie hinausbefördert; für Ablagerungen derselben und Um-

lagerungen fehlte in den engen Thalschluchten schon der Raum. Hiermit sind aber die gefährlichsten, am meisten trügerischen Gebilde in dieser Region so viel wie beseitigt. Da nun aber auch in der centralen Region Aufschlüsse, die bis in das unterlagernde ältere Gebirge hinabreichen, zahlreich genug vorhanden sind, so werden hier an den Thalgehängen Profile zu Tage treten, die über die Gliederung der glacialen Formation keinen Zweifel bestehen lassen können.

Freilich muss hier dem Einwande entgegengetreten werden, als ob gerade in dieser (centralen) Region die auspflügende Kraft des Gletschers die stärksten Wirkungen hervorgebracht habe. Man kann zugeben, dass einem in enge Thalwände eingeschlossenen, mit starkem Gefäll begabten mächtigen Gletscher, eine auspflügende Kraft inneohnt, solange er unter solchen Verhältnissen sich voranbewegt. Sobald aber der Eisstrom sich horizontal und fächerförmig auszubreiten vermag, so hat ganz deutlich die vertikal wirkende, auspflügende Kraft aufgehört und ist in eine horizontale übergegangen. Das trifft aber bei den am Fusse der Gebirge liegenden centralen Gletscherlandschaften vollständig zu, wofür ihre fächerförmige Gestalt Zeugnis ablegt. Man wird auch die Bewegung des Gletschers in dieser Region nicht als ein glattes Gleiten sich vorstellen dürfen, aber die horizontale Bewegung hat über die vertikale (auspflügende) entschieden das Übergewicht erlangt. Hier nun muss der gesamte Schichtenkomplex, wie er sich horizontal ausgebreitet und niedergelegt hat, an den Aufschlüssen der Thalwände zu Tage kommen in jener Anordnung und Reihenfolge, wie sich die einzelnen Glieder abgelagert haben.

Auch die Anwesenheit von interglacialen Schichten kann hier nicht verborgen bleiben und besonders würden die eingelagerten Torfschichten ein recht augenfälliges, nicht zu übersehendes Kennzeichen desselben liefern.

Es ist somit eine Orientierung über die Gliederung der quartären Formation keineswegs aussichtslos; nur muss die richtige Auswahl unter den Profilen getroffen werden, um sich vor Irrtümern zu schützen. Wenn über das Centrum einer von diluvialen Gletschern occupierten Gegend hin der Wechsel von glacialen und nicht glacialen (interglacialen) Schichten sich in regelmässiger Folge fortsetzt, so ist mit Bestimmtheit eine Gliederung, wenigstens dieses Schichtenkomplexes, vorhanden. Wenn jedoch die Punkte der interglacialen Formation nicht in guter Ordnung auftreten, sondern nur sporadisch und durch weite Räume von einander getrennt, so dürfte der Gesichtspunkt von Oscillationen mehr Recht auf Berücksichtigung haben.

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: 1899

Band/Volume: [55](#)

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

Artikel/Article: [Bemerkungen zu Eugen Dubois: Die Klimate der geologischen Vergangenheit. 366-386](#)