© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Besprechungen.

Das Klimaproblem der Vorzeit.

Von **M. Semper** (Aachen).

1—13. Compte rendu des X. internationalen Geologenkongresses 1906.

1. Protokoll der dritten allgemeinen Sitzung: (a) E. Philippi, S. 129: (b) C. Burckhardt, S. 130; (c) Fr. Frech, S. 132; (d) A. Rothpletz, S. 132; (e) C. Diener, S. 133; (f) Fr. v. Kerner, S. 133; (g) Fr. Frech, S. 133; (h) M. Allorge, S. 134; (i) A. Rothpletz, S. 134.
2. Protokoll der vierten allgemeinen Sitzung: (a) W. Davis, S. 136; (b) G. Becker, S 137; (b) A. Heilprin, S. 137; (c) T. W. E. David, S. 137; (d) Fr. Frech, S. 137.
3. David, T. W. E.: Glaciation in lower Cambrian, possibly in precambrian time. S. 271.
4. — — Australasie. Les conditions du climat aux époques géologiques. S. 275.
5. Frech. Fr.: Über die Klimaänderungen der geologischen Vergangenheit. S. 299.
6. — — Über Aviculiden von paläozoischem Habitus aus der Trias von Zacatecas. S. 327.
7. De Lamothe, L.: Le climat de l'Afrique du Nord pendant le pliocène supérieur et le pleistocène. S. 341.
8. Manson, M.: Climats des temps géologiques, leur développement et leurs causes. S. 349.
9. Gregory, J. W.: Climatic variations, their extent and causes. S. 407.
10. Hilgard, E. W.: The causes of the glacial epoch. S. 431.
11. David, T. W. E.: Conditions of climate at different geological epochs with special reference to glacial epochs. S. 437.
12. Coleman, A. P.: Interglacial periods in Canada. S. 1237.
13. Nathorst, A. G.: On the upper Jurassic flora of Hope Bay, Graham-Land. S. 1269.

14. Van de Wiele, C.: Le problème de la recurrence des phases glaciaires au Congrès de Mexiko. Bull. de la Soc. Belge de Géol. etc. Tome XXIII. S. 54. 1909.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

15. Haug, E., Traité de Géologie. Tome II. fasc. 1. 1908.
16. Walther, Joh.: Geschichte der Erde und des Lebens. 1908.
17. Frech, Fr.: Über das Klima der geologischen Perioden. Neues Jahrb. für Min. etc. 1908. II. S. 74.
18. — — Die Entwickelung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Nach Arldt. Geogr. Zeitschr. 1908. S. 307.
19. Kossmat, Fr.: Paläogeographie. Sammlung Goeschen. Nr. 406. 1908.
20. Suess, E.: Das Antlitz der Erde. Bd. III. Abt. 2. 1909.
21. Eckardt, W. R.: Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit. 1909.
22. Walther, Joh.: Über algonkische Sedimente. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. Bd. 61. S. 283.
23. Howchin W.: Glacial beds of Cambrian age in South Australia. Quart. Journ. London. Vol. 64. S. 234. 1908.
24. Basedow and Iliffe: On a formation known as glacial beds of Cambrian age in South Australia. Quart. Journ. London. Vol. 64. S. 260. 1908.
25. Basedow, H.: Beiträge zur Kenntnis der Geologie Australiens. — Über den tektonischen Ursprung der sog. cambrischen Eiszeit Süd-Australiens. Zeitschr. d. Deutsch. geol. Gesellsch. Bd. 61. S. 354.
26. Lohest: Conditions du depôt du terrain houiller. Bull. Soc. géol. de Belgique. Vol. XXXV. S. 232.
27. Philippi, E.: Über die permische Eiszeit. Zentralbl. für Min. etc. 1908. S. 353.
28. Koken, E.: Indisches Perm und die permische Eiszeit. Nachträge. Zentralbl. für Min. etc. 1908. S. 449.
29. Seward and Leslie: Permocarboniferous plants from Vereeniging. Quart. Journ. London. Vol. 64. S. 109. 1908.
30. Molineux: On the Karoo system in northern Rhodesia. Quart. Journ. London. Vol. 65. S. 442. 1909.
31. White: Commissão de estudas das minas de Carvão de Pedra do Brazil. Relatorio final. 1908.
32. Halle: Geology of the Falkland Islands. Geol. Mag. 1908. S. 264.
33. Bross: Glaziale Spuren in Paraná. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 558.
34. Bonney: On the evidence for desert conditions in the british Trias. Geol. Mag. 1908. S. 553.
35. Bosworth: The origin of the upper Keuper of Leicestershire. Geol. Mag. 1908. S. 553.
36. Lang: Über die Lagerung und Entstehung des mittleren Keuper im südlichen Württemberg. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 41.
37. Tornquist: Über die ausseralpine Trias auf den Balearen und in Katalonien Sitzungsber. d. kgl. preuss. Akad. d. Wissensch. Berlin 1909. S. 902.
38. Kerner: Angebliche Gleichförmigkeit des Klimas in der Jurazeit. (Abgedruckt aus Verhandl. d. k. k. geol. Reichsanstalt. 1907.) Gaea. Jahrg. 44. S. 457. 1908.
39. Gothan: Die Frage der Klimadifferenzierung im Jura und in der Kreideformation im Lichte paläobotanischer Tatsachen. Jahrb. d. preuss. geol. L.-A. Bd. 29. S. 220. 1908.
40. Cole: The red zone in the basaltic series of the County of Antrim. Geol. Mag. 1908. S. 341.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

41. Glangeaud: Sur la continuité du phénomène orogénique dans une partie du massif central. Bull. Soc. géol. de France (4.) VIII. S. 272. 1908.
42. Neger: Die untergegangene Pflanzenwelt der Antarktis. Globus. Bd. 93. S. 366. (Referat über: Wissenschaftl. Ergebnisse der schwed. Südpolarexpedition. 1901—1903. Bd. 3. 1908.)
43. Volz: Jungpliozänes Trockenklima in Sumatra und die Landverbindung mit dem asiatischen Kontinent. Gaea. Jahrg. 45. S. 385. 1909.
44. Geinitz: Erwiderung. Zentralbl. f. Min. etc. 1908. S. 196.
45. Hahne und Wuest: Die paläolithischen Fundschichten und Funde der Gegend von Weimar. Zentralbl. für Min. 1908. S. 197.
46. Menzel: Über die Quartärfaunen im nördlichen Vorland des Harzes und die Nehring'sche Steppenhypothese. Zentralbl. f. Min. 1909. S. 87.
47. Wollemann: Erwiderung auf Menzel's Mitteilung über die Quartärfaunen im nördlichen Vorland des Harzes etc. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 317.
48. Wuest: Die Gliederung und die Altersbestimmung der Lössablagerungen Thüringens und des östlichen Harzvorlandes. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 385.
49. Olbricht: Über das Klima der Postwürmzeit und die Bedeutung der Terassen des Ilmenautales (Lüneburger Heide) für die Erkenntnis desselben. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 599.
50. Koken: Diluvialstudien. Neues Jahrb. für Min. etc. 1909. Bd. 2. S. 57.
51. Philipp: Über Glazialerscheinungen in der Rhön. Zeitschr. f. Gletscherkunde. Bd. 3. S. 286. 1909.
52. Eckardt, W. R.: Das Klima der Mittelmeerländer und ihrer Umgebung in Vergangenheit und Gegenwart. Gaea. Jahrg. 45. S. 517. 1909.
53. Noetling: Entwurf einer Gliederung der jungtertiären und diluvialen Schichten Tasmaniens. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 4.
54. Penck: Die Morphologie der Wüsten. Geogr. Zeitschr. 1909. S. 545.
55. Lemoine et Chantard: Sur le phénomène de laterisation. Bull. Soc. géol. de France. (4.) VIII. S. 35. 1908.
56. Kilroe: On the occurrence and origine of the laterite and bauxite in the Vogelsberg. Geol. Mag. 1908. S. 534.
57. Freitag und Kaestner: Über nicht-glaziale Schrammung bei Altenhain i. S. Zentralbl. für Min. 1909. S. 521.
58. Noelke: Die Entstehung der Eiszeiten. Deutsche geogr. Blätter. Bremen. Bd. 32. S. 1. 1909.
59. Gregoire: Sur une cause possible de la glaciation du globe terrestre. Bull. Soc. belge de Géologie etc. Tome 23. 1909.
60. Herz: Die Eiszeiten und ihre Ursachen. 1909.
61. Simrot: Die Pendulationstheorie. Himmel und Erde. Jahrg. 21. S. 509. 1909.
62. Maas: Bemerkungen zu Simrot's Pendulationstheorie. Geogr. Zeitschr. 1908. S 268.
63. Eckardt, W. R.: Die Theorie der Polverschiebungen und ihre Bedeutung für das paläothermale Problem, insbesondere für die diluviale Eiszeit. Globus. Bd. 97. S. 91. 1910.
64. — — Über das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart. Globus. Bd. 95. 1908. S. 334.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

65. Semper: Die Grundlagen paläogeographischer Untersuchungen. Zentralbl. für Min. etc. 1908. S. 434.
66. Knoerzer: Temperaturanomalien in Mitteleuropa, hervorgerufen durch südöstliche und südwestliche Minima. Petermann's geogr. Mitteilungen. Bd. 54. S. 57. 1908.
67. Geinitz: Einige Bemerkungen zum Wesen der Eiszeit. Zentralbl. für Min. 1909. S. 449.
68. Kayser, E.: Zur Arrhenius-Frech'schen Kohlensäure-Hypothese. Zentralblatt für Min. 1908. S. 553.
69. Arrhenius: Die physikalischen Grundlagen der Kohlensäuretheorie der Klimaveränderungen. Zentralbl. für Min. etc. 1909. S. 481.
70. Kayser, E.: Entgegnung an Herrn Arrhenius. Zentralbl. f. Min. etc. 1909. S. 661.

Die Fragen und Probleme des Klimas in der geologischen Vorzeit bildeten einen Verhandlungsgegenstand des X. internationalen Geologenkongresses in Mexiko 1906, und wenn nun eine Übersicht über den Stand der Kenntnisse, speziell über die Entwickelung der Forschung während der Jahre 1908 und 1909 gegeben werden soll, so bieten dafür die Kongressprotokolle, sowie die zur Diskussion eingereichten, teilweise umfangreichen Schriften den natürlichen Ausgangspunkt[1]). Betrachtet man diese Schriften oder den zusammenfassenden Bericht, den van de Wiele (14) unter Einschluss einiger anderen, älteren Schriften erstattet hat, so fällt zunächst auf, dass in den meisten Fällen die klimatischen Phänomene, die Frage nach der Beschaffenheit des vorzeitlichen Klimas verquickt sind mit den Problemen, und in erster Linie als Argumente für oder wider gewisse Theorien zur Erklärung der klimatischen Konstellationen behandelt werden. Das könnte den Eindruck erwecken, als seien die Ansichten über die Phänomene schon ziemlich geklärt, oder als sei es nicht schwierig, zu solcher Klärung zu gelangen.

Jedoch beweisen diese Verhandlungen zu gleicher Zeit, dass wir von solcher Klärung noch sehr weit entfernt sind: Widersprüche begegnen auf Schritt und Tritt, und auf wenigen Gebieten der theoretischen Geologie dürfte die Kühnheit und Sicherheit der Theoriebildung so seltsam mit der Unsicherheit und der Divergenz in der Deutung des Beobachteten kontrastieren, in Einzelheiten und in Gesamtübersichten. Als Beweis dafür seien drei der letzteren, die sich unter den Kongressschriften finden, kurz vorweg skizziert.

M. Manson (8) schliesst, ohne auf die für genügend untersucht erachteten Dokumente näher einzugehen, aus der Verbreitung der marinen Fossilien, dass man bis zum Anbruch der geologischen Gegenwart im Meeresniveau immer mit gleichmässigem Klima in allen Breiten zu rechnen habe. In diesem Niveau sei die Temperatur in sozusagen gradlinigem Verlauf von mehr als tropisch-heissen

---

[1]) Zu meinem Bedauern kann dieses Referat keinen Anspruch auf Vollständigkeit machen, weil die in zahlreichen Zeitschriften, populären und reinwissenschaftlichen Gehalts, sowie in vielen kleineren und grösseren Einzelwerken verstreute Literatur mir hier nur zum geringsten Teil zugänglich und bekannt wird, und weil nur eine verhältnismässig kurze Zeit zur Abfassung verfügbar war. Ich muss mir daher einen Nachtrag vorbehalten.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Klimazuständen im ältesten Paläozoikum zu weniger als gemässigten am Ende des Tertiärs herabgesunken. Das Diluvium bezeichne den äussersten Tiefstand, dem eine Besserung gefolgt sei durch das Wiederauftreten tropischer und gemässigter Klimaformen, jetzt in zonenweiser Gliederung. Da bei den älteren Vergletscherungen keine klimatischen Veränderungen im Meeresniveau, resp. keine klimatisch begründeten Umgestaltungen der marinen Faunen aufträten, so folge, dass sie auf hohe Lagen der Erdoberfläche beschränkt gewesen und in anderen Kausalnexus zu bringen seien.

Statt dieser in ihrem Schematismus anachronistisch anmutenden Ansicht gab Frech (5) eine mit mehrfachen Schwankungen, mehrfachem Auf- und Absteigen der Kurve rechnende. Auch hier erscheint das Paläozoikum bis zum Schluss des Karbons als Epoche universellen und zwar jedenfalls zuletzt nicht tropischen, sondern gemässigten aber feuchten Klimas. Das Perm hätte Differenzierung gezeigt, denn gleichzeitig mit der Vereisung von Australien, Indien und Südafrika hätte das nördliche Europa unter Steppen-, zeitweilig unter Wüstenklima gestanden. Nach einer neuen Periode universeller Gleichheit während Trias und Jura, wiese dann der obere Jura und die Kreide zonar angeordnete Klimastufen auf. Zu Beginn des Tertiärs aber hätten sich diese wieder verwischt, um dann seit der Mitte des Känozoikums sich mit wachsender Schärfe aufs neue auszuprägen, Hand in Hand mit einer allmählichen, allgemeinen Abkühlung, so dass unmittelbar vor der ziemlich jäh hereinbrechenden Eiszeit das Klima annähernd dem ihr nachfolgenden der Gegenwart geglichen habe.

Schliesslich sprach Gregory (9) als seine Deutung der Beobachtungen aus, dass Klimazonen von jeher und mit allen den Merkmalen, die heute für sie charakteristisch sind, bestanden hätten, dass von einer fortschreitenden Abkühlung im Laufe dieser Entwickelung keine Rede sein könne, dass vielmehr das Klima der Erde im Gesamtdurchschnitt immer konstant geblieben und nur örtlichen Veränderungen, relativ geringfügigen Schwankungen unterworfen gewesen sei. (Desgl. 2 a.)

Wo auf Grund eines und desselben, übrigens meist schon seit längerer Zeit bekannten Tatsachenbestandes so wesensverschiedene Schlüsse gezogen werden, in Aufsätzen, die der Persönlichkeit ihrer Autoren nach nicht in die hier sonst umfangreiche Kategorie des zu ignorierenden gehören können, da muss die Ursache dieser Kalamität nicht nur in den Schwierigkeiten des Themas oder der Unvollständigkeit der Kenntnis, sondern auch in der Behandlungsweise gesucht werden. Nun gehört zwar das geologische Klima zu den sog. „interessanten" Kapiteln der theoretischen Geologie; besonders die Frage nach den Ursachen des Klimas hat immer grosse Anziehungskraft auf mehr oder weniger berufene, mehr oder weniger vorbereitete Liebhaber bewiesen, sich aber auch dem sonst solchen Studien meist abgeneigten Fachmann als willkommenes Objekt zu Gelegenheitsaufsätzen dargeboten. Neumayr's Studien über Klimazonen im Jura und einige ähnliche Arbeiten, die sich nicht mit der Beschaffenheit des Klimas, sondern mit der Erklärung tiergeographischer Differenzierung durch nicht näher spezifizierte Klimaunterschiede befassen, nehmen eine besondere Stellung ein; im übrigen aber sind klimatische Schlüsse immer mehr oder weniger als Nebenresultate der eigentlichen Forschung betrachtet worden, und was an zusammenfassenden Darstellungen vorliegt, das zeigt in der Art, wie fast jeder Autor selbständig seine Schlüsse zieht ohne nach vollständiger Literaturberücksichtigung zu streben, eine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sonst unerhörte, das ganze Thema diskreditierende Zusammenhangslosigkeit des Debattierens. Es ist für die Rolle, den dieser Fragenkomplex in der eigentlichen Geologie spielt, sehr bezeichnend, dass seine Aufnahme unter die Verhandlungsgegenstände eines internationalen Kongresses auf sehr vielen Seiten, wenn nicht fast allseitig, verwundertes Kopfschütteln hervorrief. Die Folge einer solchen wildlingsartigen Vorentwickelung ist, dass wenn das Thema nun als sozusagen hauptamtlicher Behandlung bedürftig und zugänglich anerkannt wurde, sein Zustand den primitivsten Anforderungen der Kritik nicht Stand halten will, und dass man die in ihrer Selbstverständlichkeit sonst unverzeihliche Forderung aufstellen muss, erst über die Phänomene wenigstens in den Grundzügen eine mehr als individuelle Klarheit und eindeutige, überzeugende Sicherheit über die Kriterien zur Erkenntnis des fossilen Klimas zu schaffen, ehe man an die Untersuchung der Probleme geht, oder gar von einer an sich, physikalisch möglichen Theorie über die Ursachen ausgehend an die Phänomene herantritt.

Von diesem Standpunkt aus verspricht es wenig Erfolg, den klimatischen Theorien, den wirklichen oder angeblichen Lösungen klimatischer Probleme grössere Aufmerksamkeit zu widmen. Es genügt, sie der Vollständigkeit wegen kurz zu verzeichnen. Andererseits ist es nicht Aufgabe eines Referats, produktive oder polemische Kritik zu üben, dagegen kommt es ihm zu, möglichst alles zu verzeichnen, was solcher Kritik zum Ausgang dienen kann und durch Konfrontierung der abweichenden Ansichten nebst ihren Begründungen die Ansatzstellen der Kritik zu bezeichnen. Dadurch sind diesem Referat seine Richtlinien vorgezeichnet: Aufzählung dessen, was über die Beschaffenheit des Klimas in den verschiedenen Perioden behauptet wurde, Aufzählung der als klimatische Kriterien herangezogenen Beobachtungsreihen, und schliesslich Zusammenstellung der zur Erklärung aufgestellten Theorien.

I.

Schon im Präkambrium, im Algonkian werden Spuren von Vergletscherungen und von Wüstenfazies genannt, klimatische Extreme, die damals, anders wie in der Gegenwart, dicht aneinander gestossen wären, nämlich Gletscher im Copperminedistrikt an der polaren Küste Nordamerikas (9), in Labrador (9) und im kanadischen Staat Ontario nebst den Nachbargebieten von Minnesota und Michigan (15), ferner in Sibirien an der Lenamündung (9), Wüsten aber auf ungefähr der gleichen Breite in Schottland und in Norwegen (22). Da die Gesteinsbeschaffenheit Anlass gab, hier Wüstenexistenz anzunehmen, so müssen wohl auch die gleichzeitigen und ähnlichen Bildungen in Montana, Arizona und Texas (16) in ähnlicher Weise gedeutet werden. Es wäre also im Gebiet dieses uralten nordatlantischen Kontinents ein vergletschertes Zentralgebiet von einer breiten Wüstenzone umgeben gewesen bis an den Rand eines in den äusseren Partien durch zeitweilige Vorstösse sich verratenden Meeres. Aber es wird nicht behauptet, dass diese präkambrische Wüste alle Züge des heutigen Wüstenklimas aufgewiesen hätte, vielmehr, dass damals alles trockene Land unter jedem Klima wüstenartig beschaffen sein musste, weil es noch keine Landpflanzen gab, Insolation und Wind daher ungehindert die Erscheinungen überall hervorbringen konnten, die gegenwärtig auf Wüstenstriche beschränkt sind. „Ebenso wie Buschwerk und wasserbindende Gras- und Moospolster fehlten die Wälder, und damit entbehrte das damalige Klima eines für die Milderung klimatischer Gegensätze heutzutage

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ungemein wichtigen Mittels. Nichts minderte die Kraft des Wüstenwindes, katastrophenartig entluden sich die Gewitter und gewaltige Wirbelstürme beherrschten die Atmosphäre. Kein Wunder, dass unter diesen Umständen, wie man sie heute kaum noch in den ödesten Wüsten beobachten kann, ungeheure Schuttmassen gebildet und verfrachtet, gewaltige Konglomerate, gespickt mit Riesenblöcken aufgeschüttet und riesige Sandfelder durch wandernde Dünen aufgehäuft wurden" (16). Auf der anderen Seite heisst es dagegen, dass im Präkambrium von Schottland und Wales die Winde ebenso stark, die Regentropfen ebenso gross waren wie jetzt und auch mit derselben Kraft fielen (9).

Die Angaben über das Klima im Kambrium erwähnen gleichfalls nur dieser Extreme, doch werden Vergletscherungen häufiger genannt als Wüsten. Freilich schwankt bei fast allen diesen Glazialschichten die Altersbestimmung in sehr weiten Grenzen, bei den Gaisaschichten in Nordskandinavien zwischen Algonkian und Perm (15, 11), bei den in Spitzbergen und Südafrika (3), sowie in der Saltrange bei Blaini (11) und im Yangtsetal bei Wuschang gelegenen (11, 15) zwischen Algonkian und Kambrium. Ebenso lassen sich Einwendungen erheben gegen die Altersbestimmung der kambrischen Vereisung Südaustraliens (28), und nur die Driftspuren, die aus dem Unterkambrium Böhmens bei Skrey genannt werden (22), dürften dem Alter nach ganz sicher bestimmt sein. Jedenfalls ist es auffällig, dass so ziemlich aus allen Weltgegenden von uralten Zeugnissen für kaltes Klima berichtet wird; Hand in Hand geht damit, dass auch ganz andere Argumentierungsreihen vielleicht auf ein universell gleichmässiges, aber kühles Klima im Kambrium führen (15, 16).

Aber es sind auch zahlreiche, damit nicht in Einklang stehende Angaben und sehr lebhafte Einwendungen gegen die meisten dieser supponierten Eiszeiten laut geworden. In Missouri und Minnesota soll Wüstenklima bestanden haben, also in demselben Gebiet, aus dem schon von algonkischen Wüsten berichtet wurde (16), desgleichen auch in Böhmen vor Eintritt der glazialen Drift (22). Während aber für die vorhergehende Zeit nicht ausdrücklich von heissen Wüsten gesprochen wurde, soll sich jetzt eine klimatische Differenzierung erkennen lassen, so dass schon für das Kambrium den höheren Breiten das Klima der heutigen gemässigten Zone, den niederen das der heutigen Tropen zugeschrieben werden müsste (16). Daneben werden zwar vom selben Autor und in derselben Schrift Anzeichen dafür genannt, dass im damaligen Südschweden, also mitten zwischen den beiden europäischen Glazialgebieten in Nordskandinavien und Böhmen hohe Temperaturen und Trockenheit geherrscht habe, wie jetzt an den Küsten des roten Meeres (16).

Das sind nun Angaben, die sich auf keine Weise in Einklang bringen lassen, und so finden wir denn, dass die Existenz präkambrischer wie kambrischer Eiszeiten kurzweg bestritten wird mit einziger Ausnahme der chinesischen (18) und mit Einschluss der so eingehend beschriebenen Südaustraliens (24, 25).

Über das Klima im Silur steht ebenfalls unvereinbar Meinung gegen Meinung. Eiszeitspuren sind nicht bekannt, ebensowenig Zeugnisse für kontinentale Wüsten, obwohl für Teile von Sibirien, Gotland und der Vereinigten Staaten Trockenheit und Hitze anzunehmen sein soll (15). Wenn dann aber auf der einen Seite behauptet wird, es seien klimatische Differenzen überhaupt nicht nachweisbar und es müsse überall auf der Erde, in allen Meeren eine gleichmässig hohe Temperatur geherrscht haben, höher als im Kambrium (15, 16), so

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

steht die Behauptung entgegen, dass der klimatische Abstand zwischen der Arktis und England im Silur wie in allen folgenden Perioden ebenso gross gewesen sei wie jetzt (9).

Das schon seit dem Präkambrium bekannte und schon für damals als Sitz des Wüstenklimas bezeichnete nordatlantische Festland ist im Devon das Gebiet des Old red sandstone, einer Bildung, die allgemein als in heissen Wüsten entstanden gilt (20). „Das alte rote Nordland" nennt es Walther, der erste und eifrigste Herold der Wüstentheorie, das sich von Sibirien über Norwegen bis nach Labrador und Kanada ausgedehnt habe (16). Von anderer Seite werden freilich Vorbehalte gemacht, wird diesem in den höheren Breiten der Nordhemisphäre liegenden Kontinent wohl ein möglicherweise tropisches, aber nur lokal, z. B. in Zentralsibirien ein wirklich trockenes Wüstenklima zugeschrieben (15). Der klimatische Gegensatz, Vergletscherung, wird nur aus Südafrika genannt (11, 15), das dann dreimal, im Kambrium oder Präkambrium, im Devon und im Perm Sitz von Glazialbildungen gewesen wäre. Auch die ähnlichen Bildungen in Togo können dem Devon angehören, ebenso gut allerdings der frühpaläozoischen oder, wie meistens angenommen wird, der spätpaläozoischen Eiszeit Südafrikas gleichaltrig sein (28). Übrigens teilt diese devonische Eiszeit mit der kambrischen das Geschick, dass ihre Existenz rundweg bestritten wird (18).

Als Gesamtillustration unserer Kenntnisse über das Klima der vorkarbonischen Formationen, wenn man angesichts solcher Kontroversen überhaupt von „Kenntnissen" reden mag, bieten sich zwei Zusammenfassungen dar:

1. „Die Vergangenheit unseres Planeten weist ein vorwiegend gleichmässiges Klima auf; allgemeine Erniedrigungen der Temperatur, sogenannte Eiszeiten bilden die seltenen Ausnahmen. — Selbst die Ausbildung von tropischen, subtropischen und gemässigten Klimazonen ist nur in einer Minderzahl geologischer Zeitabschnitte beobachtet worden. Die Eiszeit am Schluss des Paläozoikum folgt einem gleichmässigen, bis zur Steinkohlenzeit (einschliesslich) andauernden Klima" (5).

2. „Diese Funde (alt-paläozoische Glazialbildungen) beweisen zur Evidenz, dass bereits im Paläozoikum eine deutliche Zonengliederung, bezw. starke klimatische Unterschiede auf der Oberfläche vorhanden waren (21).

Wir überschreiten die Schwelle des Karbon, der Formation, deren Klima wegen des ungeheueren, in den Steinkohlenflözen aufgehäuften vegetabilischen Materials wohl zuerst und am häufigsten Anlass zu Meinungsäusserungen und Studien geworden ist. Verhältnismässig wenig Beachtung hat dabei das Unterkarbon gefunden und nur selten, auch nicht besonders nachdrücklich sind Einwände erhoben (19) gegen die Aufrechterhaltung der alten, hier wie bei den älteren Formationen früher allein herrschenden Annahme allgemein gleichmässigen Klimas (15). Im Oberkarbon, dessen Klima viel behandelt ist, sind die Gegensätze zwischen den geäusserten Meinungen wohl noch schärfer, noch überraschender als bisher, denn während es den einen keines Beweises mehr zu bedürfen scheint, dass die Steinkohlenflora nicht unter tropischen Bedingungen (1 d), sondern unter gemässigtem, aber feuchtem Klima lebte (1 g, 5, 15), etwa unter den Verhältnissen des heutigen Nordwest-Europa (26), gilt es den anderen für völlig über Diskussion erhaben, dass allein auf ein relativ warmes, durch Sommer und Winter gleichmässiges, eben mehr oder weniger tropisches Klima geschlossen werden könne (39). Nur darüber dürfte allgemeines Einverständnis bestehen,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

dass die Standorte der Karbonflora unter dichtem Wolkenschatten lagen, so dass wenig direktes Sonnenlicht zu ihr drang (10). Die extremste Ansicht geht dahin, dass das Karbon durchaus nicht eine überall auf der Erde besonders feuchte Epoche gewesen sei, sondern nur, wie jetzt, niederschlagreich in den Küstenniederungen, und dass ferner Klimazonen ganz wohl erweislich seien, und zwar gemässigte Zonen zwischen etwa 30—50 Grad nördlicher und 25—50 Grad südlicher Breite, die eine wärmere Tropenzone umschlossen; auch liessen sich Anzeichen einer kälteren Polarzone, wenigstens auf der Nordhemisphäre erkennen (21). Als sichergestellt kann gelten, dass in dem Gürtel von Steinkohlenbildungen Europas und Nordamerikas, der einen grossen Teil der soeben begrenzten nördlichen gemässigten Zone ausmacht, die sämtlichen Lebensverhältnisse durchaus gleichartig waren (20).

Gegen Ende des Oberkarbon traten zuweilen trockenere, stark sonnige Zeiten ein (15), vorübergehende Vorläufer des Wüstenklimas, das in einem grossen Teil der Nordhemisphäre mit dem Beginn des Perm, des Rotliegenden einsetzte (15). Auf der anderen Seite gibt es jedoch eine Reihe von Beobachtungen, die sich mit der Annahme trockenen Klimas nicht vereinigen lassen, angebliche Gletscherspuren im Ural (9), an der Basis des Rotliegenden in Westfalen (17), in Nordfrankreich bei Douay und in Schottland (15), Bildungen, deren glazialer Charakter freilich nicht unbestritten geblieben ist (1 a, 9). Erkennt man sie an, so ergibt sich folgende Entwicklung: ein Steppengebiet mit Kañons, Wildbächen und grossen Seen im Rotliegenden, das zur Zeit des unteren Zechsteins durch ein von Norden her transgredierendes Meer eine Abkühlung erfuhr, dann sich aber erwärmte und gegen Ende der Formation nun eine wirkliche aride Wüste wurde (5), wenigstens in Ostrussland, Norddeutschland, den Südalpen und in den Vereinigten Staaten Nordamerikas (15), also auf dem Boden des uralten nordatlantischen Kontinents.

Ganz anders gestalteten sich die Verhältnisse des Perm auf der Südhemisphäre, im Gondwana-continent, der zusammenhängend oder durch relativ schmale Meeresstrassen zerschnitten (16) von Australien bis Vorderindien und über Madagaskar und Afrika nach Brasilien reichte. Dieses Gebiet enthält bekanntlich die Schauplätze starker Vereisungen in Südaustralien, Indien, Südafrika (15), hier ungefähr am Wendekreis des Steinbocks die Nordgrenze findend (30), ferner vielleicht in Togo (2 e; cf. auch oben unter Devon), sicher aber in den brasilianischen Staaten Minas Geraes, S. Paulo, Paraná, Sta. Catharina, Rio grande do Sul (31, 33), sowie schliesslich in den Falklands-Inseln (32).

Es ist aber keineswegs bewiesen, dass nun der ganze Gondwanakontinent vergletschert war, vielmehr wissen wir nur von der Existenz einzelner, weit getrennter Eisherde (9) und bekanntlich können die klimatischen Zustände eines Landes, in dem Gletscher auftreten, nicht denen der Herde, in denen der Schnee sich aufhäuft und konserviert, ganz und gar gleichgesetzt werden.

Die Beobachtungen über das Glazial Brasiliens bedürfen noch der Vervollständigung. Gletscher scheinen nur in Minas Geraes (31) und in Paraná (33) existiert zu haben. Zwischen beiden Zentren finden sich jedoch marine Schichten permischen Alters, die in ihrer genaueren stratigraphischen Stellung noch nicht fixiert sind (31). Die Glazialschichten in Sta. Catharina und Rio grande do Sul, ferner in San Paulo werden als durch Eisdrift gebildet aufgefasst, entstanden in grossen Süsswasserseen, die dem Eisrand vorgelagert waren (31). In eben-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

solche Süsswasserseen sollen auch die afrikanischen, von Norden herkommenden Gletscher ausgemündet und deren Boden mit dicken Driftbildungen bedeckt haben (28). Nur die indischen Gletscher, ebenso die südaustralischen, deren Driftzone über die ganze Breite des Kontinents bis an den Wendekreis des Steinbocks vorgeschoben ist (4, 11), gelangten, beide von Süden herkommend, bis an das Meer. Hierdurch erfuhr das australische Meer eine starke, an polare Verhältnisse gemahnende Abkühlung (2d, 4), wie auch in Indien der bei gelegentlichem Zurückweichen des Gletschers freigelegte schlammige Untergrund gefror (21, 28). Eigentliche Interglazialzeiten sind nicht beobachtet; was an Spuren davon angeführt wird, beschränkt sich auf stärkere, länger währende Schwankungen in den Randgebieten der australischen Drift (11).

Ziemlich allgemein, mit einer einzigen Ausnahme (2d), betrachtet man die Gletscherherde als hochliegende Landstrecken (15), speziell als Gebirge (9), und die Tektonik der nach der Richtung des Eisschubs als Herd in Betracht kommenden Gebiete verleiht dieser Annahme eine Stütze (16, 21). (Man hätte dann jedenfalls in Indien und Australien mit relativ steilem Gefälle der Gletscherbahn, mit rasch vorwärts gedrängten Eismassen zu tun und dem entsprechend mit reichlichem Niederschlag auf den speisenden Firnfeldern). Die Beschaffenheit der afrikanischen Driftsedimente lässt sich nur verstehen, wenn man stark bewegtes Wasser annimmt, das eine Sortierung des feineren und gröberen Detritus, wie er am Stirnrand des antarktischen Eises beobachtet wird (27), nicht gestattete (28). (Es müsste dann in diesen Seen starke Strömung bei raschem Gefälle der Abflüsse stattgefunden haben, also auch rasche Zufuhr von Gletschermaterial und demnach, bei aller geographischen Verschiedenheit, denen Indiens und Australiens klimatisch ähnliche Zustände). Über die Tektonik des brasilianischen Eisherdes liegen noch keine Bemerkungen, jedenfalls noch keine Anwendungen auf diese Fragen vor, wie überhaupt die hier zu besprechenden zusammenfassenden Arbeiten (15, 16, 21) sämtlich damit rechnen, dass in Südamerika keine Glazialspuren vorkämen, obwohl darauf bezügliche Angaben in einer der ungefähr zwei Jahre früher verfassten Kongressschriften schon zitiert werden (11).

Alle diese Erwägungen nebst einer Reihe anderer (21) wirken dahin zusammen, ein kontinentales Klima mit recht beträchtlichen Gegensätzen zwischen Winter und Sommer für das Gondwanaland und seine Flora anzunehmen, verhindern aber, die Flora, die Glossopterisflora, wie es meist geschieht (15), kurzweg als Glazialflora zu bezeichnen. Die Meinungen darüber, wie man sich die jahreszeitliche Niederschlagsverteilung in den Gletscherzentren vorzustellen habe, gehen weit auseinander: sommerlicher Schneefall mit relativ trockenen Wintern (2a) oder umgekehrt winterlicher Schneefall (2b, 2d), sehr strenge (21) oder umgekehrt mildere Wintertemperaturen (2c) werden von verschiedenen Seiten postuliert.

Es gibt aber eine Reihe von Beobachtungen und Schlüssen, welche sich diesen Vorstellungen nicht einfügen lassen.

Zunächst werden an der Gleichzeitigkeit der Gondwanavereisungen nicht nur Zweifel angedeutet (21), sondern es wird die afrikanische direkt in das Oberkarbon verwiesen (9). Das Vorkommen europäischer Pflanzen des Stephanien in den Kohlenflözen über dem glazialen Dwykakonglomerat (16, 29) gab dazu die Veranlassung, gleichzeitig aber auch dazu, für das Gebiet zwischen Europa und dem Kapland nicht ein gegensatzreiches und kontinentales, sondern ein sehr

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

gleichmässiges Klima anzunehmen (16), das man sich aber doch, weil die Flöze des Stephanien binnenländischer Entstehung sind, immer noch trockener und kontinentaler vorstellen muss als das des parhalischen Westfalien Europas. Wenn die Flöze der Karoo- und Gondwanaformation auf kalt gemässigtes Klima deuten (5), andererseits eine Verwandtschaft zwischen den Floren der ersteren und denen des obersten Karbons von Europa besteht, so erfährt dadurch der Widerspruch zwischen den Angaben über das Klima des Rotliegenden — stark besonntes, trockenes Klima oder das einer Steppe mit starken Wasserläufen, Seen und einzelnen Vergletscherungen — eine absonderliche, den Kontrast verschärfende Beleuchtung.

Wenn Penck (54) schreibt, es sei noch unmöglich, sich ein klares Bild von den Klimazonen dieser Periode zu machen, so muss man den Ausspruch dahin erweitern, dass trotz der vielen, auf dieses Thema schon verwandten Mühe noch nicht einmal ein Bild von der Beschaffenheit des Klimas, geschweige denn von der geographischen Anordnung der Klimaformen gewonnen ist.

In der Trias fehlen Glazialspuren (15); nichts deutet auf die Existenz von Klimazonen (1 e), vielmehr finden wir auf europäischer Seite über dem Festland klimatische Gleichförmigkeit auf allen Breitengraden bis nach Franz-Josephs-Land hinauf und dasselbe über der ganzen Fläche des dazu antipodisch gelegenen Stillen Ozeans (6). In Europa wandelte sich das aride Wüstenklima, das den Abschluss des Perm bildete, in heisses Steppenklima um und schuf so Zustände, die denen des Rotliegenden ähnlich waren (5), von anderer Seite aber als ausgesprochen wüstenartig bezeichnet werden (16). Abermals drang wie im Zechstein ein boreales (kühles?) Meer heran, in dem sich der Muschelkalk bildete (1 g), und so vorübergehend eine vom mediterranen klimatisch gesonderte, freilich tief in mediterranes Gebiet eingreifende (37) Provinz bildete; im Keuper stellte sich dann in Deutschland ein heisses, trockenes Klima wieder her mit häufigen unregelmässigen und starken Niederschlägen (36). Weiter westlich, in England, wohin die boreale Transgression des Muschelkalkmeeres nicht mehr gelangte, schloss sich an den Buntsandstein mit einem Klima wie heute in Turkestan und den persischen Wüsten (34) sogleich die Keuperbildung an mit gleichfalls trockenem heissem Klima und mit Zuständen, die sich denen des Toten Meeres und seiner Umgebung vergleichen lassen (34, 35).

Nach dieser Übereinstimmung in den Ansichten über das triassische Klima begegnet man im Jura, wo man sich völlig gewöhnt hatte, nach Neumayr Klimazonen anzunehmen, wieder den schroffsten Divergenzen zwischen gleichzeitigen Autoren. „Kein Anzeichen für zonar klimatische Gliederung“ (1 e), „keine Klimadifferenzen zwischen Europa, Indien und dem Südpolargebiet“ (13), „gleichmässig warmes Klima in allen Breiten beider Halbkugeln“ (16) heisst es auf der einen Seite und auf der andern mit gleicher Bestimmtheit „Jahreszeitlicher Wechsel in den mittleren und höheren Breiten beider Halbkugeln und sinkende Temperaturen gegen die Pole hin, wenn auch im allgemeinen wärmer und mit weniger starken jahreszeitlichen Kontrasten als heute“ (39).

Ähnlich steht es mit den Ansichten über das Kreideklima. Eine zonare Gliederung dürfte fast allgemein zugestanden sein (1 e, 1 g, 19, dagegen steht 16), aber sehr weit differiert, was über die Beschaffenheit des Klimas in diesen Zonen

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ausgesagt wird. Eine allgemeine Abkühlung gegen die vorhergehende Formation wird als unverkennbar dargestellt; immerhin soll die Wintertemperatur in der Breite des mittleren Europa nicht unter 4 Grad C gesunken sein (39), während andererseits behauptet wird, das Meer des englischen Chalk sei ziemlich kühl gewesen, Eisberge seien dahin vorgedrungen, das arktische Klima müsse indessen als direkt kalt, jedenfalls kälter als das gleichzeitige Englands betrachtet werden (9). Die früher gelegentlich zitierte kretazische Vereisung Australiens wird dagegen nicht mehr aufrecht erhalten (4, 11).

Auf die Verhältnisse des Tertiärs wirft, je höher man in der Stufenfolge aufsteigt, der Zustand der Gegenwart ein immer helleres Licht. Es ist daher nicht auffällig, dass die Lehren über das Klima weniger widerspruchsvoll lauten und dass sie zugleich spezialisierter und bestimmter gefasst sind. In Europa schliesst sich an das immerhin gemässigte Klima der Kreidezeit im Eozän ein tropisches oder nahezu tropisches (5, 21) an, dessen Spuren sich bis in das nördliche Irland verfolgen lassen (40). Sonderbarerweise werden in allen Arbeiten, über die hier zu berichten ist, auch in den sonst so vollständigen und umsichtigen Zusammenstellungen Eckhardt's (21) die Schlüsse Saporta's völlig übergangen, nach denen das warm-gemässigte Klima des französisch-belgischen Paläozän einen Übergang zwischen der Kreide und dem wärmeren eigentlichen Eozän bilden würde.

Im Oligozän wird Gliederung erkennbar, denn der Norden, das Gebiet der Bernsteinflora, würde als gemässigt (16, 21), nur der Süden noch als tropisch zu betrachten sein (41). Aber die Ansichten divergieren darüber, ob als rezentes Analogon für das damalige Südeuropa der malayische Archipel (21) oder Neuholland (16) in Frage komme, ob also feuchtes oder trockenes Klima zu folgern sei.

Aus dem Gebiet der Ostalpen wird ein Temperaturfall zwischen Oligozän und Miozän berichtet (1 f), der aber offensichtlich mit der Alpenerhebung zusammenhängt und nur lokale Bedeutung beanspruchen kann (1 g). Dennoch führte im allgemeinen die Entwickelung bei steter Abkühlung und Kontinentalisierung immer näher an die gegenwärtigen Verhältnisse heran. So finden wir im jüngeren Tertiär in Europa, wie übrigens auch in Kalifornien, den heutigen Gürtel ariden Klimas, der sich zwischen den humiden-gemässigten und den humiden-tropischen einschaltet, schon deutlich vorhanden, in Europa nur wenige Grade, von Marokko bis Spanien nach Norden vorgeschoben, in Kalifornien fast an der heutigen Stelle (54). Völlig vereinzelt steht die Angabe, dass an der Grenze von Oligozän zum Miozän in Mittel- und Nordeuropa eine Verbesserung des Klimas eingetreten sei (17). Jedenfalls wäre das nur eine ganz vorübergehende Verbesserung gewesen, denn es ist längst bekannt, dass im Miozän die mitteldeutsche Flora von Frostschäden betroffen wurde (21).

Durchaus parallel verlief die Entwickelung in Nordamerika: im Alttertiär tropisch, im jüngeren Miozän warm-gemässigt, im Pliozän kühler (5); immerhin aber herrschten in den mittleren vereinigten Staaten Nebraska, Colorado, Utah u. a. Zustände, wie jetzt in den Südstaaten (21). Es ist wohl nicht allein klimatisch zu erklären, wenn gleichzeitig die Vegetationsart sich verwandelte, wenn die eozänen Urwälder immer mehr von Steppen unterbrochen und verdrängt wurden, und diese letzteren allmählich austrockneten, bis im Miozän die Ausbreitung dürrer Grassteppen ihren Höhepunkt erreichte (16). (Aber es wird bei diesen Angaben im Auge zu behalten sein, dass so spezielle Angaben nicht auf den

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ganzen Umfang des Kontinents gleichzeitig zutreffen können, sondern örtlich spezialisiert werden müssen, um ein klares und brauchbares Bild der Verhältnisse zu liefern.)

Aus dem Gebiet des Stillen Ozeans und den benachbarten sind nur zusammenhangslose Einzelheiten zu berichten. Das japanische Miozän war kühler als die Gegenwart (21). In Hinterindien und im malayischen Archipel ging dem Diluvium eine Trockenperiode unmittelbar vorauf. Jedoch schon im älteren Pliozän finden sich Anzeichen feuchteren Klimas, wie solches schliesslich das ganze australische Tertiär charakterisiert (43).

Die auffälligsten Erscheinungen bietet jedoch das Tertiärklima der beiden Polargebiete. So müssen ungefähr auf dem südlichen Polarkreis, auf der Seymour-Insel in einer nicht näher bestimmten Periode des Tertiär Verhältnisse geherrscht haben, die an mittlere Breiten des heutigen Südamerika erinnern: in den höheren Lagen gemässigtes, in den tieferen subtropisches Klima (42). Damit würde übereinstimmen, dass gleichfalls im Tertiär das Tropenklima an der südamerikanischen Westküste in höhere Breiten vordrang als jetzt (21).

Wegen reicheren Materials an Beobachtungen knüpft sich vorläufig an das nordpolare Gebiet grösseres Interesse, doch enthalten die zu referierenden Schriften, soweit Phänomene in Betracht kommen, darüber nichts Neues. Die Gleichzeitigkeit der gewöhnlich dem Miozän zugewiesenen betr. Ablagerungen ist zwar nicht erwiesen (1 i); ebensowenig sind, nachdem die Angaben Heer's über die zu postulierenden Temperaturen allgemein als unzuverlässig anerkannt sind (9, 21), neue präzisiert worden. Im ganzen wird kalt-temperiertes Klima angenommen. Dabei müssen in dem nördlich von Europa und Amerika liegenden Teil, in Franz-Josephs-Land, Spitzbergen und Grinnelland, die Zustände wesentlich günstiger gewesen sein als in Neusibirien (21), wenn auch der Abstand zwischen Tertiär und Gegenwart in keinem Fall die in der Antarktis konstatierte Grösse erlangt zu haben scheint. Es wird sogar bestritten, dass für Neusibirien überhaupt mit einer Klimaänderung zu rechnen sei; die dortigen Lignite seien nicht autochthon aus einer miozänen Waldvegetation entstanden, sondern aus Schwemmholz, gewachsen in weiter südlich liegenden Strecken Sibiriens; Baumwurzeln seien nicht vorhanden, sondern nur die von niedrigem Gesträuch, wie es noch jetzt sehr wohl in diesen Breiten bestehen könne (9). Immerhin wird von irgendwelchen Eisspuren niemals etwas berichtet.

Das Klima der diluvialen Eiszeit ist ein schon fast unzählige Male behandeltes Thema. Weil es sich um eine der Gegenwart so naheliegende Zeit handelt, ist die Untersuchung der geologischen und daher auch der klimatologischen Phänomene so ins einzelne geführt, dass ein vollständiges und ausführliches Referat den für dieses Mal gesteckten Rahmen überschreiten würde. Das Inlandeis war, wie nunmehr wohl nicht länger bezweifelt werden dürfte, auf Nordeuropa und Nordamerika beschränkt (16). Das sibirische Bodeneis ist dagegen nicht als Gletschereis, sondern als eine seit dem Diluvium fortdauernde Aufsammlung gefrierenden Grundwassers zu betrachten (5). Zwischen dem europäischen Inlandeis und den vergletscherten Alpen befanden sich wie Vor- und Zwischenposten (16) selbständige Vergletscherungen der Mittelgebirge, zu denen im Süden des unvereisten Thüringer Waldes die Rhön (51) hinzugekommen ist. Im Mittelmeergebiet war die Regenmenge so über die Jahreszeiten verteilt, wie jetzt

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

etwa in Patagonien, Neuseeland oder Alaska, d. h. bei nicht wesentlich grösserer Kälte feuchtere Sommer (52).

Eine noch unentschiedene Streitfrage knüpft sich an die Interglazialzeiten. Hier hat bekanntlich Geinitz die Ansicht vertreten, es handle sich nur um Schwankungen des Eisrandes, um Vorstösse und Zurückweichungen des in einzelnen Gletscherzungen auslaufenden Inlandeises. Daher sei es falsch, Interglazialbildungen als stratigraphische Leithorizonte anzuwenden, vielmehr seien diese örtlich neben — nicht aber zeitlich zwischen — Glazialbildungen entstanden; das Klima der sog. Interglazialzeiten wäre dann das neben und ausserhalb der vergletscherten Gebiete andauernd existierende gewesen, nicht eine allgemeine Unterbrechung des eigentlich glazialen (Geinitz, Die Eiszeit. 1906. Ferner 44, 67). In den Randgebieten des Inlandeises, von denen die meisten der hier genannten Schriften handeln, lässt sich über diese Fragen nichts entscheiden. Dass die Vereisungszentren, die Alpen und Skandinavien-Finnland, im Diluvium niemals eisfrei wurden, wird aus tiergeographischen Untersuchungen zu erweisen gesucht (5). Solange freilich die Lage der Gletscherzungen und Interglazialgebiete, sowie die Reihenfolge der Vorstösse nicht aufgezeigt ist, was bisher noch nicht gelang (67), wird diese Auffassung eine Anschauungsweise, eine Theorie bleiben müssen, vor der die ältere, mit unterbrochenem Glazial rechnende, den Vorzug der Bequemlichkeit hat (44).

Eine ähnliche Meinungsverschiedenheit besteht über das Glazial von Kanada. Will man mit allgemeinen Interglazialzeiten rechnen, so ergäben sich deren mindestens drei, deren Klima etwas wärmer gewesen wäre als das der Gegenwart (11). Nach einer anderen Darstellung müsste man die Vereisung Kanadas in zwei Partialvergletscherungen zerlegen, von denen die ältere zu Beginn des Pleistozäns in den Rocky mountains, die jüngere ebenfalls noch im älteren Pleistozän in Labrador ihren Sitz gehabt hätte, die letztere verdrängt durch die erst in der Gegenwart zum Maximum aufgestiegene Vereisung Grönlands (9).

Es liegt auf der Hand, dass die Betrachtung der klimatischen Zustände über das generellste nicht hinausgehen kann, solange über die Beschaffenheit der geologischen Phänomene so bedeutungsvolle Differenzen bestehen.

Zwischen das mediterrane Waldland, resp. dessen durch vergletscherte Hochgebirge bezeichneten Nordrand und das nördliche Inlandeis schob sich eine Zone der Steppen und Waldvegetation mit trockenem Klima ein (21). Die Einzelheiten, über die namentlich aus Thüringen und dem Vorland des Harzes (45, 46, 47, 48), aber auch aus der Lüneburger Heide (49) und aus Schwaben (50) berichtet wird, lassen sich vorläufig kaum klimatologisch zusammenfassen (um so weniger, als ganz spezielle und rein lokale Zustände bei der Ausbildung dieser überall verschiedenen Profile mitgewirkt zu haben scheinen. Auch weist Löss- und Dünenbildung zwar auf Vegetationslosigkeit der vom Gletscher verlassenen Landstriche, aber das Fehlen von Pflanzenwuchs kann ebensogut Folge der Bodenbeschaffenheit als der klimatischen Faktoren sein).

Eine ganze Anzahl von Beobachtungen hat dazu geführt, das Quartär als Pluvialzeit, als Zeit verstärkter Niederschläge für die ganze Erde zu betrachten. Aber es erhebt sich doch Widerspruch gegen allzuweit gehende Verallgemeinerung. So wird die Angabe, dass die Sahara im Diluvium regenreicher als jetzt, freilich immer noch dürftige Steppengegend gewesen sei (21, 52) bestritten und dahin beschränkt, dass die aride Zone, die im Neogen nördlicher lag als jetzt, im Di-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

luvium nach Süden ausgewichen sei, da das von Norden her vordringende Glazialklima das gemässigt-humide und dieses das aride vor sich hergeschoben habe (54). Es würde sich dann nur um lokale Veränderungen in der Zonenlage, nicht um Verwischung der Zonenmerkmale handeln und damit würde stimmen, dass sich an der Küste von Algier keine klimatische Veränderung seit dem Pliozän erweisen lassen soll (7). Auch sonst wird betont, dass die auf allgemeines Pluvialklima gedeuteten Beobachtungen weit über Wert eingeschätzt seien, da weitaus die meisten keineswegs aus dem Umfang der heutzutage noch, ohne Klimaänderung vor sich gehenden Schwankungen herausträten (16). Inlandeis ist nirgends ausserhalb des nordatlantischen Bezirks beobachtet, auch nicht in dem dafür noch am günstigsten liegenden Australien. Hier (4) wie in Neuseeland (4), Tasmania (53) und Kerguelen (4) bestanden nur einzelne, von den Gebirgen ausgehende Gletscher, deren Existenz und Grösse allerdings auf stärkere Niederschläge schliessen lässt. Zugleich wurden dadurch die Verhältnisse von Inneraustralien günstiger gestaltet, so dass es bei reicherer Vegetation für grosse Herbivoren bewohnbar wurde (4, 9). Andererseits wird freilich für das Diluvium Sumatras Pluvial-, für das Australiens Trockenklima angegeben (43).

Der Übergang vom diluvialen Klima zum gegenwärtigen erfolgte im ganzen durch allmähliche Annäherung, in immer schwächer werdenden Oszillationen (50), vielfach auch durch einen vorübergehenden Vorstoss wärmeren Klimas unterbrochen (5). Aber wenn auch die letzten Ausläufer der Pluvialzeit sich noch bis in die neolithische Zeit hinein erstrecken mochten; so ist doch trotz aller gelegentlich ausgesprochenen Vermutung des Gegenteils seit Beginn der historischen Zeit keine Klimaänderung mehr eingetreten, vielmehr lässt sich in manchen Fällen direkt Konstanz des Klimas so gut wie sicher beweisen (21).

II.

Als klimatische Kriterien kommen teils geologisch-petrographische, teils paläontologisch-biologische Beobachtungen in Betracht. Die aus ersteren abgeleiteten Schlüsse fussen darauf, dass eine Reihe von Typen der Gesteinsbeschaffenheit jetzt nur unter bestimmten klimatischen Zuständen entstehen, also diese auch für die Vorzeit erfordert haben müssen. Von den zweitgenannten Beobachtungen aus gelangt man zu präziseren klimatischen Schlüssen nur mit Hilfe der Erfahrungen über heutige Tier- und Pflanzengeographie und über den Einfluss des Klimas als Existenzbedingung der rezenten Organismen, schiebt also zwischen Beobachtung und Schluss mehr Analogieschlüsse und ähnliche hypothetische Argumente ein, als bei jener ersten Schlussweise, so dass die Ergebnisse als weniger gesichert, weniger exakt begründet zu betrachten sind.

Wie seit langem bekannt und durch Lemoine und Chantard (55) neu bestätigt, ist Laterit ein auf die Tropen, auf Gebiete intensiver Besonnung beschränktes Verwitterungsprodukt. Nur als Ausnahme, unter ganz besonderen, lokal begrenzten Bedingungen kann Laterit auch in kühlerem Klima entstehen (56), hat dann aber nur geringe Verbreitung, so dass mächtige und weit ausgedehnte Gesteine auf diese Weise nicht entstanden sein können. Unter normalen Verhältnissen bilden sich vielmehr in gemässigtem und kalten Klima, soweit die gegenwärtige Erfahrung reicht, nur gelbe und braune Verwitterungsprodukte (21).

Hieraus resultiert für das Gebiet der roten Sandsteine im Kambrium (16) im Devon (15, 16, 20), Karbon, Perm und Trias (5, 15, 36), ebenso für das Eozän

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Nordirlands (40) und das Oligozän Südfrankreichs (41) starke Insolation, für das Kambrium ausserdem zonare Gliederung des Klimas (16).

Aus der ungeheuren Mächtigkeit der zwischen Devon und Trias gebildeten Sandsteine schliesst man, dass im nordatlantischen Festland grosse Wüsten sich ausgedehnt hätten (16). Es macht für klimatische Fragen wenig aus, ob man dabei mit Walther die Sandsteine für Kontinentalbildungen hält, oder ob man mit Suess (20) sie für marin hält und an die Mengen von Sand denkt, „die heute aus der Sahara durch Stürme in den Atlantischen Ozean getragen werden". Ob man die Wüsten etwas mehr oder etwas weniger weit im Norden sucht, ist zunächst indifferent, wenn die Tatsache nur feststeht, dass lateritische Verwitterung und Wüstenbildung damals in Breiten vorkamen, aus denen sie jetzt ausgeschlossen sind.

Eine andere Frage ist, wie weit diese paläozoisch-triassischen Wüsten dem entsprachen, was wir jetzt unter Wüste verstehen. „Das einzige sichere Merkmal ariden Klimas sind Salz- und Gipslagerstätten. Alle sonstigen Oberflächenformen der Wüste können bei Abwesenheit der Vegetation unter humidem Klima ebensogut entstanden sein" (54). Nach diesem Grundsatz Penck's verfuhr Haug (15), wenn er das aride Klima auf die im vorigen genauer bezeichneten Gegenden (Silur—Trias) beschränkte. Da aber Salz- und Gipsbildungen noch jetzt bekanntlich auch in gemässigten Breiten entstehen, wird durch dieses Argument nicht hohe Temperatur, sondern nur Trockenheit des betr. Gebiets bewiesen. Auch Bonney (34) und Bosworth (35) bedienen sich dieses Arguments für die englische Trias, der letztere, indem er auch starke Deflation für diese Wüsten im Keuper nachweisen zu können glaubt. Im Diluvium kommt zu den Argumenten für trockenes, steppen- oder wüstenartiges Klima bekanntlich noch der Löss hinzu (45—48, 50).

Frech (5) und andere (36) stellen sich die meisten der älteren, nicht direkt als arid nachweisbaren sog. Wüstengebiete als Steppen vor, weil deutliche Spuren fliessenden Wassers vorhanden sind. Nach Penck's erwähnter Darstellung (54) wären jedoch alle die Wüstenmerkmale, die Walther als durch Wind hervorgebracht reklamiert hatte, in Wirklichkeit Folge des rinnenden Wassers; dann würde dieses Argument weder für Wüste noch für Steppe beweisen. Es liegt hier eine noch ungelöste Frage vor: das geologische Phänomen ist noch nicht so klar fixiert, dass man ein klimatisches daraus ableiten könnte. Entscheidend wäre es, wenn die Flora dieser Steppen näher bezeichnet werden könnte, was bisher nicht der Fall ist. Nach Walther (16) wären die paläozoisch-triassischen Wüsten auch nicht ihrer Trockenheit wegen, sondern nur deshalb vegetationslos gewesen, weil die Pflanzen nach missglückten Versuchen vom Silur ab erst seit dem Karbon das trockene Land von den Küsten aus zu besiedeln begannen. Wir hätten dann überhaupt keinen Anhalt, um eine Vorstellung über das Klima dieser „Urwüsten" zu gewinnen. Es wird jedoch wenig Geneigtheit bestehen, dieser hier nicht näher zu besprechenden Theorie zuzustimmen, die übrigens für Eckhardt Veranlassung war, die Annahme feuchten Karbonklimas auf die Küstenstriche zu beschränken (21). Nur die Wüsten des Algonkian und des ältesten Paläozoikum braucht man sicherlich nicht für klimatisch bedingt zu halten und daher in der Nachbarschaft von Wüstenfazies resp. Urwüste und Vereisung keinen unversöhnlichen Widerspruch zu sehen. Die Wüsten oder Steppen der nachkarbonischen Zeit wird man dagegen lieber als

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wirkliche Trockengebiete betrachten und dem auch hier sich zeigenden Problem der engen Nachbarschaft dieser sich jetzt abstossenden Klimaformen lieber anders beizukommen suchen.

Die meisten der vorpermischen Vereisungen werden, wie erwähnt, bestritten und die betr. Erscheinungen, Blocklehme, Tillite und geschrammte Geschiebe, aus tektonischen Vorgängen erklärt (18, 24, 25). Es mag jetzt, nachdem die anfangs so schroff abgelehnte permische Eiszeit allgemein anerkannt ist, allzuleicht Anlass genommen werden, von weiteren paläozoischen Vereisungen zu reden; andererseits muss man sich erinnern, dass anfangs jede, selbst die gewagteste tektonische Erklärung der permischen Glazialspuren plausibler schien als die Annahme einer Eiszeit. Daher wird man besser mit der Formulierung klimatischer Phänomene und Probleme warten bis weitere Erforschung die geologischen Phänomene klar gestellt hat. Weitere Gründe zu dieser abwartenden Stellung liegen darin, dass die von Frech (18) anerkannte kambrische Eiszeit in China auch nur eine im Vorkommen von moränenartigen Bildungen und von Gletscherschliffen (11) bestehende, also keine bessere Begründung hat als sie für alle andern angeführt wird, ferner dass ein räumlich so weit ausgedehntes Gebilde wie das kambrische „Glazial" Australiens (4, 11) sehr viel schwieriger als tektonisches Pseudoglazial aufgefasst werden kann, als die ganz lokalen Moränen im deutschen Rotliegenden, die nach Frech wirklich glazialer Entstehung sein sollen (17), und schliesslich darin, dass bei der letztgenannten Vereisung und der kambrischen Chinas ein paläontologisch-biologisches Kriterium, das Frech, wie später zu besprechen (17), beachtet wissen will, ebensowenig nachgewiesen ist, wie bei den meisten der verworfenen, während sich bei einigen der nicht anerkannten eine Andeutung davon zeigt. Die Ähnlichkeit glazialer und durch tektonische Störung hervorgerufene Schrammung und Polierung ist oft betont (1h, 57 u. a.), ebenso auch, dass beide sich sehr wohl unterscheiden liessen (1i); es ist jedoch nicht zu leugnen, dass es jemandem, der sich für gewisse klimatische Theorien stark engagiert hat, leicht begegnen kann, unbewusst den mit der Theorie disharmonierenden Eiszeiten gegenüber kritischer zu verfahren, als gegenüber den zur Bestätigung der Theorie verwendbaren.

Die aus dem böhmischen Kambrium (22) und aus dem englischen Chalk (9) angeführten Driftspuren gründen sich auf das Vorkommen fremder Gesteinsblöcke in marinen Schichten. Ähnliche Vorkommnisse im produktiven Karbon wurden früher auf gleiche Weise gedeutet; es scheint also auch hier noch weitere Untersuchung erforderlich, ob die Anschauungen über den Transport dieser karbonischen Erratika sich auf die kambrischen und kretazischen anwenden lassen oder nicht.

Für die Beurteilung des Klimas in den jüngsten Formationen kommen dann noch die Oberflächenformen des Geländes hinzu, indem sich aus ihnen Aufschlüsse über die Richtung und Art der erodierenden Kräfte ergeben, die einen Vergleich mit der Gegenwart ermöglichen (7, 43, 49). Nur in Ausnahmefällen zeigt sich dieses Argument auch auf ältere und älteste Zeiten anwendbar (9).

Eine Mittelstellung zwischen den geologischen und den paläontologischen nehmen die aus dem Vorkommen von Kohlen abgeleiteten Argumente ein. Indem man die Verhältnisse, unter denen sich heute in Mooren und dergl. vegetabilisches Material ansammelt, für fossile Analoga voraussetzt, gelangt man zu den erwähnten Angaben über das Klima des Oberkarbon (1g, 5, 10, 15, 21, 26), des

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

südlichen Perm (5) und des norddeutschen Oligozän und Miozän (21). Auffällig ist, wie selten (nur 21) diese Schlüsse auf die sonstigen, weniger verbreiteten und weniger wertvollen Kohlenvorkommnisse z. B. im Lias, im Wealden usw. angewendet werden. Wenn für diese sowie für die jungen Kohlen der Tropen (43) andere klimatische Bedingungen als für die weit ausgedehnten karbonischen und tertiären in Betracht kommen können, so wäre doch die Frage zu prüfen, ob bei den ebenfalls räumlich beschränkten Kohlenbildungen des karbonischen Inlands der Vergleich mit den heutigen Vertorfungsgebieten wirklich überall und allein massgebend ist.

Als ein gleichfalls zwischen beiden Gruppen mitten inne stehendes Argument ist hier auch zu erwähnen, dass nach Walther (16) die Abdrücke von Quallen im Silur von Südschweden (und wohl auch im Malm von Solenhofen usw.) für ein trockenes warmes Klima beweisen, da die Gallertscheibe unter Wasser oder auf feuchtem Sand wohl verwest und zerflossen wäre, während sie bei heisser Sonne zu einem papierdünnen Pergamentblatt eintrocknet, welches das Relief des Abdrucks auch dann noch erhalten kann, wenn trockener Sand darüber weht.

Findet man an fossilen Pflanzen Frostspuren (21 Miozän), so ist der klimatische Schluss unmittelbar gegeben, desgleichen, wenn fossile Vegetation auftritt in jetzt vegetationslosen, ihres Klimas wegen vegetationsunfähigen Gebieten. Der Schluss auf klimatische Wandlungen ist dann so gut ein einfaches Beobachtungsresultat, wie in den entsprechenden Fällen bei Anwendung geologisch-petrographischer Argumente. Aber damit ist über die wirkliche Beschaffenheit des Klimas, z. B. des Polarklimas in Jura, Kreide und Tertiär noch sehr wenig ausgesagt. Um zu präziser gefassten Phänomenen zu gelangen, muss man Analogieschlüsse anwenden, denn nur in ganz seltenen Fällen ist es annäherungsweise möglich, die Existenzbedingungen eines beliebigen Lebewesens gewissermassen aus seinen Merkmalen zu berechnen. Ein solcher Fall tritt ein beim Vorkommen von Jahresringen in fossilem Holz. Wenn sich in dieser Beziehung schon in Jura und Kreide eine starke Übereinstimmung mit der Gegenwart zeigt, dergestalt, dass in hohen Breiten scharfe und gedrängte Ringe auftreten, in niederen und mittleren aber entweder gar keine oder nur schwache (39), so wird damit eine Zonengliederung des Klimas mit einem sich polwärts akzentuierenden Jahreszeitenwechsel zweifelsfrei erwiesen.

Damit fällt auf die Kriterien, die zu den entgegengesetzten Schlüssen geführt haben, ein sehr scharfes Licht, und wenn man sich scheut, sie direkt als wertlos zu bezeichnen, so müssen sie wenigstens für höchst trügerisch und unzuverlässig gelten. Sie beruhen sämtlich auf Betrachtung der gleichzeitigen Tier- und Pflanzengeographie.

Nathorst kann der Juraflora von Grahamland nicht einmal einen von der gleichzeitigen europäischen und indischen abweichenden Charakter, geschweige denn klimatische Differenziertheit zuerkennen (13). Es geht daraus hervor, dass bei älteren Floren, wo die klimatischen Existenzbedingungen der Arten nicht mehr selbständig, nicht durch den Vergleich mit der gegenwärtigen Verbreitung der gleichen Arten festgestellt werden können, der Zeitcharakter vor dem klimatischen prävaliert, so dass bei der Bezugnahme auf die Verbreitung der gleichzeitigen Verwandten die Übereinstimmungen sich vordrängen und irre führen.

Burckhardt (1b), Diener (1e) und Walther (16) stützen sich darauf, dass im Jura die geographische Verbreitung der Tiere im pazifischen Gebiet keine

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zonare Begrenzung zeige, sondern dass eine Universalfauna durch alle Breiten hindurchgehe. Auch Suess weist, ohne klimatische Deutungen daran zu knüpfen, darauf hin, dass im pazifischen Gebiet für boreal gehaltene Ammonitengattungen über den Äquator vordringen bis nach Neu-Kaledonien (20). Ebenso zeigt die oberkretazische Fauna von Grahamland grosse Übereinstimmung mit der gleichzeitigen von Chili, Kalifornien, Indien, schwächere sogar mit dem Mediterrangebiet (Kilian und Reboul, Sur une faune neocretacée des regions antarctiques. Comptes rendus de l'Assoc. franç. pour l'avancement des Sci. 1908. p. 440 ff.). Auch dies ist also eine Universalfauna, existierend in einer Zeit, für welche die Landflora sichere Beweise klimatischer Gliederung ergibt. Eckhardt (21) weist darauf hin, dass in weitverbreiteten Faunen vielfach geographische Varietäten vorkommen und als Anzeichen klimatischer Differenzen aufgefasst werden können. Im allgemeinen wird man mindestens Rothpletz beipflichten müssen (1 d), welcher klimatischen Schlüssen auf Grund der marinen Tiergeographie geringeren Wert zuschreibt als den auf Grund der terrestrischen gezogenen; vorzuziehen scheint es freilich, den sog. Universalfaunen der älteren Perioden in diesen Fragen gar kein Gewicht beizumessen und die daraus gewonnenen Ansichten über das Universalklima im Kambrium (15), Silur (15. 16), Devon (5), Unterkarbon (5, 15) und Trias (1 e, 6) ebenso fallen zu lassen, wie man dazu im Jura und in der Kreide gezwungen ist.

Eine andere Frage bleibt, ob man in Umkehrung des Schlusses aus dem allgemeinen Fehlen von Jahresringen in der Karbonflora mit Gothan (39) auf das völlige Fehlen jahreszeitlicher Gegensätze schliessen darf. Es gibt keine lebenden Cordaiten, Sigillarien, Lepidodendren, Kalamiten, nicht einmal nahe Verwandte von ihnen und so dürfte schwer zu entscheiden sein, ob sie auf jahreszeitlichen Wechsel durch Ausbildung von Frühjahrs- und Herbstholz reagiert haben würden oder nicht. Wenn Gothan (39) meint, das Fehlen von Jahresringen bei rezenten Araukarien müsse auf die Gleichmässigkeit des Klimas in ihrer Heimat Süd-Brasilien zurückgeführt werden, so fehlt dem Beweis noch das wichtigste Glied, nämlich, dass Araukaria unter geeigneten Bedingungen Jahresringe bildet. Vorläufig bleibt die Annahme möglich, dass Araukaria als ein sehr altertümlicher Holztypus nur e i n e Art von Holzstruktur auszubilden vermag, und dass diese — dann das Argument für klimatische Schlüsse unbrauchbar machende — Eigentümlichkeit allen Hölzern der paläozoischen Zeit zukam.

Wie ein bekanntes Kinderspielzeug, das jedesmal wieder aufsteht, so oft man es auch umwirft, verhält sich ein fast überall wiederkehrendes angebliches klimatisches Kriterium, das die Existenzbedingungen fossiler Arten nach denen ihrer lebenden Verwandten feststellen will. Es liegt auf der Hand, dass Schlüsse dieser Art für das Diluvium (46 u. a.) selbst noch zuweilen für das Tertiär (1 f, 5, 16, 21, 42) triftig sein können, wenn man sich auf identische oder wenigstens sehr nahe verwandte Formen beschränkt. Dahin gehören die jetzt borealen Arten, die sich im marinen Quartär des Mittelmeeres finden (1 e). Freilich ist die Beziehung immer unzuverlässig und verliert an Wert, je weiter man sich von der Gegenwart entfernt und je lockerer die Verwandtschaft wird. Ferner ist nicht nur, worauf Eckhardt (21) ausführlich eingeht, noch durchaus ungenügend bekannt, wie weit die klimatische Anpassungsfähigkeit besonders der Pflanzen geht. Sehr häufig werden auch Tatsachen angeführt, nach denen die

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zum Vergleich herangezogenen Arten eine sehr viel breitere, sehr viel weiter in das Kalte vordringende Existenzmöglichkeit besitzen, als man nach den Verhältnissen des hauptsächlichen oder bekanntesten Wohnsitzes annehmen möchte (9). Wenn man sich schliesslich (21) dagegen wehren muss, dass die Cycadeen im Perm als Glieder der Glossopterisflora zur Glazialflora gerechnet werden (cf. 15) und in der Trias wegen ihrer Verwandtschaft mit der reintropischen Sagopalme Zeugnis für warmes Klima (cf. 6) ablegen sollen, so dürfte die Wertlosigkeit dieses Arguments nicht besser beleuchtet werden können. Ebensowenig ist es dann auf die Karbonflora anwendbar (cf. 39).

Eine andere Schlussreihe stützt sich auf die bekannte Tatsache, dass gewisse morphologische Eigentümlichkeiten an bestimmte klimatische Zustände gebunden sind, dass allgemeiner ausgedrückt unter gleichen Bedingungen lebende Organismen oft Konvergenzerscheinungen zeigen. In diesem Sinne verwertet Walther die Beschaffenheit der Blätter in der Oligozänflora von Aix, um ein Steppenklima, vergleichbar dem Neuhollands anzunehmen, wo ähnliche Merkmale auftreten (16); ferner die Häufigkeit von Hyolithen im angeblich glazial beeinflussten Kambrium von Böhmen (16, 22), desgl. in Lappland, Schottland, Nordamerika und im Talchirkonglomerat des permischen Glazials, da sie durch ihre Schalengestalt und durch die möglicherweise anzunehmende Brutpflege an die rezenten, in kalten Gewässern lebenden Pteropoden erinnerten (22). Es ist unbestreitbar, dass diese — auch von Eckhardt sehr mit Vorbehalt verzeichneten — Indizien für kaltes Klima keine starke Beweiskraft haben, indessen bieten sie doch immerhin eine Andeutung des von Frech (17) geforderten biologischen Merkmals einer kambrischen Eiszeit. Nach David (4) erinnern grosse Avikulopekten im permischen Glazial Australiens an die grossen Pektiniden (*P. islandicus*) des heutigen borealen Atlantik und der Diluvialfaunen der Nordhemisphäre. Sonst wird meist die aus Indien bekannte Fauna mit Allorisma als Glazialfauna betrachtet (31).

Bemerkenswert ist, dass aus einer ganz anderen Erwägung heraus Haug (15) den kambrischen Meeren eine kühle Temperatur zuzuschreiben neigt. Er bezieht sich darauf, dass in den kambrischen Faunen alle Korallen und stark kalkabsondernden Organismen fehlen, dass sie aber, die auf relativ hohe und konstante Temperatur weisen, im Silur in allen Breiten plötzlich auftreten. Ganz allgemein und seit langem wird das Vorkommen von Korallenriffen als Anzeichen für den Klimatypus der tropischen Meere angesehen. Dazu veranlassen biochemische Gründe; der Frage, ob das Wärmebedürfnis der rezenten Korallen auf die paläozoischen ohne weiteres übertragen werden dürfe, kommt hier also keine Bedeutnng zu (cf. 21). Dagegen macht Gregory (9) darauf aufmerksam, dass die Korallen des arktischen Silur Zwergformen seien und durch ihre Verkümmerung bewiesen, dass sie unter ungünstigen Bedingungen gelebt hätten.

Damit tritt ein Argument hervor, dass auch von Eckhardt angewandt wird (21), um die Existenz einer kühleren Polarzone im Karbon nachzuweisen, da Lepidodendren den Kohlenflözen der höheren Breiten entweder fehlen oder doch nur in kleinen Exemplaren dort vorkommen sollen. Die Fauna der arktischen Kreide bezeichnet Gregory (9) als klimatisch gleichfalls verkümmert, stärker als die des Chalk, die in der Spärlichkeit und Kleinheit der Krinoiden wieder eine Verkümmerung gegen die der mediterranen Gebiete erkennen lasse. Es scheint, dass Konstatierungen dieser Art grössere Beachtung verdienen, als

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

ihnen gemeiniglich zuteil wird. Freilich ist zu beachten, dass ausser dem Klima auch andere Faktoren Verkümmerung verursachen können.

Die Existenz von Klimazonen in Jura und Kreide wurde von Neumayr und Roemer angenommen auf Grund der zonenförmig angeordneten tiergeographischen Provinzen des atlantisch-mediterranen Bezirkes in Europa und Amerika. Ähnlich verfährt Frech, wenn er aus der von Norden her nach Deutschland eindringenden Transgression des unteren Zechsteins eine Abkühlung motiviert (5) und das Meer des deutschen Muschelkalks (vielleicht unter Berücksichtigung seiner faunistischen Verkümmerung) als boreal bezeichnet (1 g).

Es erhellt aus dieser Übersicht der klimatischen Kriterien, die sich bei dem Stand der Frage wohl kaum überall auf ein blosses Referieren beschränken konnte, dass wohl eine Anzahl der früher aufgezeigten Widersprüche sich durch sorgfältige Ausmerzung der unzuverlässigen Argumente beseitigen liesse. Aber in den meisten Fällen liegt die Ursache der Kontroversen begründet in der Unbestimmtheit der Kriterien. Vielfach mangelt es noch an genügender Erforschung der geologischen Phänomene. Dann aber liefert die biologische Beobachtung, besonders das biologische Experiment noch nicht genügende Handhaben zur Ableitung präzis gefasster paläoklimatischer Phänomene oder die Verwertung scheitert an der Schwierigkeit, die zahlreichen Forschungsgebiete, die in Betracht kommen, vollständig zu überschauen. So sind die Postulate über das „fossile" Klima sehr weitgehend bestimmt durch vermutende Vorausnahme und schätzende Verallgemeinerung der mehr oder weniger nur vorläufigen Resultate von Partialuntersuchungen. Dabei sind meistens mehrere Möglichkeiten offen, und bei der Auswahl kann vielfach nur die Individualität oder die wissenschaftliche Grundstimmung des betreffenden Verfassers leiten. Der gegenwärtige Zustand dieses Fragenkomplexes ist durch Eckhardt (21), der bei seiner sehr vollständigen Literaturverwertung auch das meiste des hier referierten herangezogen und es mehr nach der aufbauenden als nach der kritischen Seite hin benutzt hat, sehr glücklich wie folgt zusammengefasst:

„Im übrigen ist es ja auch eine in der Geschichte der Wissenschaften charakteristische Erscheinung, dass einige wenige auffallende Tatsachen zur Aufstellung einer sehr weittragenden Theorie führen, die vorläufig befriedigt, und mit welcher man nun ohne allzuviel Kritik alle neuen Erfahrungen auf demselben Gebiete in Einklang zu bringen strebt; aber allmählich stellen sich Widersprüche und Schwierigkeiten ein; diese häufen sich immer mehr bis man sich endlich überzeugt, dass man auf falscher Grundlage aufgebaut hat und dass das Gebäude, welches auf derselben errichtet worden ist, vollständig eingerissen werden muss. Es folgt dann eine Zeit der Kritik und der Sammlung von Tatsachen, in welcher es noch nicht gelingt, eine neue und richtige Erklärung an Stelle der alten zu setzen, bis durch emsige Arbeit eine breitere und sichere Basis geschaffen ist.

In einem solchen Zwischenstadium — so können wir auf den Worten M. Neumayr's fussend, auch heute noch behaupten — in dem der alte Boden verlassen und ein neuer eben gewonnen wird, befindet sich heute unser Wissen von den klimatischen Verhältnissen der Vorzeit."

III.

Als man anfing, sich mit den Problemen der Paläothermie zu beschäftigen, veranlasst durch den anscheinend tropischen Charakter der Steinkohlenflora,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

existierte noch keine Meteorologie und Klimatologie im heutigen Sinne. Überdies glaubte man in der Vorzeit nur mit grösserer Wärme rechnen zu müssen, da man auch Mammut und Rhinozeros als Zeugen für ein tropisches Diluvialklima auffasste. So kam es, dass man die Erklärung nicht in meteorologisch-geographischen Kräften suchen konnte, und dass die älteste dieser Erklärungstheorien die innere Erdwärme heranzog, ja, als Beweis für die Existenz der inneren Erdwärme geradezu das früher allgemein tropische Klima anführte. Diese auch von Buffon vertretene Anschauung lebt in einer den heutigen Kenntnissen möglichst angepassten Variante als Theorie M. Manson's fort (8, 10).

Eine ebenfalls alte Hypothese geht von der Annahme verschieden temperierter Räume im Weltall aus. Sie ist neuerdings von Nölke dahin variiert worden, dass das Sonnensystem in den Eiszeiten durch kosmische Nebel hindurchgegangen sei, wo dann ein grosser Teil der Sonnenwärme auf dem Weg zu den Planeten abgefangen und absorbiert worden sei (58).

An Schwankungen der Sonnenwärme, veranlasst durch Zunahme oder Verschwinden der Sonnenflecken, knüpft eine weitere, ebenfalls lang bekannte, immer wieder auftauchende Theorie an (11, 16), die freilich neuerdings meist meteorologisch-geographische Veränderungen als Hilfsfaktoren mit heranzieht.

Eine andere Gruppe von Theorien zieht nur Allgemeinveränderungen auf der Erde in Betracht. Die „cause possible de la glaciation" Grégoires (59), wonach die Zentren der Vergletscherungen Teile des kalten Meeresbodens wären, auf denen sich nach ihrem mehr oder weniger plötzlichen Aufsteigen die atmosphärische Feuchtigkeit als Schnee und Eis kondensiert hätte, dürfte wohl besser als „cause impossible" bezeichnet werden. Herz widmet in einem umfangreichen Werk über die Eiszeit (60) dem geologischen Element der Frage ebenfalls verhältnismässig wenig Raum. Mitarbeiterschaft eines Geologen hätte nur zum Vorteil gereichen können. Dann wäre auf Seite 42 das „bei der Verwitterung der kristallinen Gesteine freiwerdende Kristallwasser" vermieden und gleich im ersten Absatz, der sehr viel weniger schief hätte ausgedrückt sein können, die Verwechslung von Streichen und Fallen; an und für sich gewiss indifferente Details, die aber den Geologen, der meist nicht imstande sein wird den komplizierten Berechnungen des Verfassers zu folgen, stutzig machen und an der geologischen Verwendbarkeit der Resultate zweifeln lassen. Referent erklärt sich ausser stande anzugeben, was das Resultat dieser Berechnungen ist. Die Form der Darstellung nimmt auf die Bedürfnisse des Nichtmathematikers keine Rücksicht. Die Richtigkeit der ausführlich vorgeführten Rechnungen zuzugeben, wird man ohne weiteres gern bereit sein, aber man möchte in allgemein-verständlicher Sprache erfahren, auf welcher Basis gerechnet wird und was dabei herauskommt.

Die Pendulationstheorie von Reibisch-Simroth ist in einem 1907 erschienenen Werk Simroth's ausführlich, in einem 1909 gedruckten Aufsatz gedrängter behandelt (61). Sie nimmt ausser der Rotation noch eine Schwingung der Erde an, letztere um zwei in Ecuador und antipodisch in Sumatra gelegene Pole. Der umfangreichen tiergeographischen Begründung im erstgenannten Werk hat Maas (62) eine Anzahl von Einwürfen entgegengestellt.

Die Theorie von Reibisch-Simroth ist eine stark umgestaltete Abzweigung der alten Theorie der Polverlegung, die schon Herder (Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit) wie eine bekannte Anschauungsweise vortrug. Auch

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

sie erscheint, mehr oder weniger als akzessorischer Hilfsfaktor bei Walther (16) und besonders bei Eckhardt (21, 64). Der letztere, der ausserdem noch Horizontalverschiebungen infolge der Gebirgsfaltung gelegentlich Einfluss zuschreibt, widmet dem Nachweis ausführliche Darstellung, dass nicht nur geologische, sondern auch aus diesen gefolgerte meteorologische Tatsachen gebieterisch die Annahme von Polwanderungen fordern, um dann schliesslich den Einwürfen F. v. Kerner's (Verh. k. k. geol. Reichsanstalt 1909, Nr. 12) nachzugeben und im Anschluss an Woeikoff auszusprechen, dass alle klimatischen Veränderungen auf der Erde nur durch Veränderungen im Zusammenwirken der auch heute noch wirksamen meteorologischen und klimatologischen Faktoren erklärt werden könnten und müssten (63).

Diese von Meteorologen von jeher vertretene Ansicht, dass die heute klimatische Zonen schaffenden Faktoren doch nicht erst seit Jura-Kreide existierten und vorher auch nicht geruht haben könnten, gewinnt auch bei Geologen immer mehr an Gewicht, wenngleich die speziellen Durchführungen (9, 14, 28, sowie Koken, Indisches Perm und die permische Eiszeit, N. Jahrb. für Min. etc. 1907. Festband) nicht immer für ausreichend gehalten wurden (27). Auch ist fraglich, ob unsere paläogeographischen Rekonstruktionen den Anforderungen an zeitliche Genauigkeit entsprechen, die bei paläoklimatischen Zwecken an sie gestellt werden müssen (65). Es wird übrigens auch nicht behauptet, dass sie diesen Anforderungen entsprächen, ebensowenig freilich, dass diese Anforderungen übertrieben seien (28).

Es darf auch füglich bezweifelt werden, ob die Meteorologie schon soweit gedrungen ist, dass sie das Klima eines Teils der Erdoberfläche allein aus der geographischen Konfiguration rekonstruieren kann, ohne Anlehnung bei den in ihrem Zustand, aber nicht vollständig ihrem Zusammenhang nach bekannten Verhältnissen der Gegenwart zu suchen. Man kennt in der komplizierten Maschinerie von teils selbständigen, teils sich wechselseitig bedingenden Faktoren, die insgesamt unter Klima verstanden werden, wohl einige Räder genau, andere, sehr einflussreiche, wie z. B. die Verhältnisse der höheren Luftschichten, höchst unvollkommen oder so gut wie gar nicht. Man weiss z. B., dass die Minima der mittleren Breiten sich auf einigen bestimmten Strassen bewegen, aber man hat nicht genügende Beobachtungen über die Einflüsse, welche ein bestimmtes Minimum auf eine bestimmte dieser Strassen zwingen. Die Häufigkeit, in der eine Strasse benutzt wird, kann nur beobachtet, aber nicht erklärt werden; diese Häufigkeit ist aber eine sehr wesentliche Determinante des örtlichen Klimas. Ob man nun zur Erklärung eines „fossilen" Klimas nur mit Veränderungen der geographischen Konfiguration und sonst mit unveränderten klimatischen Faktoren rechnet, oder ob man ausserdem noch andere Abweichungen vom heute Beobachteten annehmen will: in allen Fällen weiss man, dass jede einzelne Veränderung im Zusammenwirken eine Veränderunfi von der ganzen Linie zur Folge haben muss, kennt aber die Verkettung nicht genau genug, um wirklich vollständig rekonstruieren zu können. Auch hier müssen also Schätzungen auf Grund vorläufiger Theorien an Stelle von Beobachtungen treten; auch hier ist, wenn überhaupt ein Resultat entstehen soll, die Mitwirkung mehr oder weniger persönlicher, mehr oder weniger gewagter Meinungen notwendig.

Aber wie die Existenzbedingungen der diluvialen Organismen meistens nach den lebenden, identischen oder sehr nahe verwandten bestimmt werden

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

können, ebenso kann es zu haltbaren Ergebnissen führen, wenn Erfahrungen über die gegenwärtigen meteorologischen Vorgänge auf die unmittelbar vorhergehende Zeit mit ihrer wenig abweichenden geographischen Gestaltung angewendet werden, wie das von Eckhardt (21) umfassender, von Philipp (51), Knörzer (66) und Geinitz (67) für Einzelheiten geschehen ist.

Die Frage, ob man so zu „ausreichenden" Erklärungen kommt, würde am besten vorläufig aus der Debatte ausscheiden, bis feststeht, zu welcher Erklärung man kommt, und für was sie „ausreichen" muss. Deshalb kann auch die in lebhafter Polemik umstrittene „Kohlensäuretheorie" von Arrhenius-Frech nur kurze Erwähnung finden (5, 6, 17, 18, 68—70). Sie schreibt den meteorologisch-geographischen Faktoren wichtigen Einfluss zu, ohne ihn zu spezialisieren, hält ihn aber nicht für ausreichend, ignoriert ihn deshalb de facto und nimmt an, dass durch vulkanische Exhalation in Perioden starker Eruptivität der Kohlensäuregehalt der Luft vermehrt werde. Dadurch soll in diesen Zeiten die Ausstrahlung der irdischen Wärme in den Weltenraum verhindert werden und die Debatte dreht sich nun erstens um die Frage, ob die Theorie physikalisch haltbar sei, zweitens darum, ob die Zeiten starker vulkanischer Tätigkeit mit den geologischen Epochen warmen Klimas zusammenfallen und umgekehrt Eiszeiten mit Perioden des Nachlassens und der Seltenheit von Eruptionen.

Im ganzen und im einzelnen ist es also ein höchst unerquicklicher, verwirrter und ungeklärter Zustand, in dem sich heute unsere Anschauungen über das Klima der geologischen Vorzeit befinden. Es ist mehr als nur verständlich, wenn sich auf sehr vielen Seiten keine Geneigtheit zeigt, diesem Thema näher zu treten und ihm im Lehrgebäude der theoretischen Geologie mehr zu bewilligen als eine anhangsweise Berücksichtigung. Soll es jemals auf Vollberechtigung Anspruch erheben können, so werden ihm dazu, was manche erfolgreiche Ansätze gewährleisten, nur Untersuchungen zwecks Sichtung der Kriterien oder über die klimatischen Zustände engbegrenzter Gebiete und Zeiten, sozusagen Spezialaufnahmen verhelfen, aber sicherlich nicht Zusammenfassungen, Generalisationen und die Gedankengänge erklärender Hypothesen.

Die Montagne Pelée nach der Eruption.

Von **Bergeat** (Königsberg).

Lacroix, A.: La Montagne Pelée après ses éruptions avec observations sur les éruptions du Vésuve en 79 et en 1906. Ouvrage publié par l'académie des sciences. Paris 1908.

In seinem grossen Werke „La Montagne Pelée et ses éruptions" hatte der Verf. alle Ereignisse der Eruption von Martinique und alle Veränderungen des Vulkans bis in den Dezember 1904 verzeichnet und vor allem die hauptsächlichsten Erscheinungen dieser denkwürdigen Eruptionen, die heissen Wolken sowie die Bildung der Staukuppe und die damit eng zusammenhängende Emporhebung

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie

Jahr/Year: 1910

Band/Volume: 1

Autor(en)/Author(s): Semper Max

Artikel/Article: Besprechungen. Das Klimaproblem der Vorzeit 1057-1080