

II. Besprechungen.

A. Unter der Redaktion der Geologischen Vereinigung.

Paläogeographische Fragen.

Von **Dr. Th. Arldt** (Radeberg).

Mit Taf. III.

Literatur.

1. TH. ARLDT: Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig 1907.
2. — Die Grösse der alten Kontinente. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1907. I. S. 32—44.
3. — Die geographische Lage der abyssischen Gräben. Globus **93**. 1908. S. 60—63.
4. — Die historische Geographie der Lebewesen, Paläobiogeographie. Gaea **45**. 1909. S. 38—49.
5. — Der Mars, das Zukunftsbild der Erde? Gaea **45**. 1909. S. 298—305.
6. — Methoden und Bedeutung der Paläogeographie. PETERMANN'S Mitteilungen 1910. II. S. 229—233.
7. A. BRUN: Recherches sur l'exhalaison volcanique. Paris 1911.
8. J. M. CLARKE, D. D. LUTHER and H. L. FAIRCHILD: Geologic Maps and Descriptions of the Portage and Nunda Quadrangles. New-York, State Museum. Mem. No. 9. 1908.
9. F. FRECH: Lethaea geognostica. Paläozoikum II. Stuttgart. 1898—1902; Trias 1908.
10. A. W. GRABAU: Physical and faunal Evolution of North America during Ordovician, Silurian and early Devonian Time. Journal of Geology **17**. 1909. p. 209—252.
11. H. v. IHERING: Die geographische Verbreitung der Flussmuscheln. Ausland 1890. S. 941—944. 968—973.
12. — Über die alten Beziehungen zwischen Neuseeland und Südamerika. Ausland 1891. S. 344—351.
13. — Die Paläogeographie Südamerikas. Ausland 1893.
14. — Najaden von S. Paulo und die geographische Verbreitung der Süßwasserfaunen von Südamerika. Archiv für Naturgeschichte 1893. S. 45—140.
15. — Das neotropische Florengebiet und seine Geschichte. ENGLER'S Botanische Jahrbücher **17**. 1893. S. 1—54.
16. — The History of the Neotropical Region. Science **12**. 1900. p. 857—864.
17. — Archhelenis und Archinotis. Leipzig 1907.
18. — Die Entstehungsgeschichte der Fauna der neotropischen Region. Verh. d. k. k. zool.-bot. Gesellschaft in Wien. 1908. S. 282—302.

19. H. v. IHERING: System und Verbreitung der Heliciden. Verh. d. k. k. zool.-b. Gesellschaft in Wien 1909. S. 420—455.
20. — Systematik, Verbreitung und Geschichte der südamerikanischen Raubtiere. Archiv für Naturgeschichte **76**. 1910. I. S. 113—177.
21. E. KOKEN: Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte. Leipzig 1893.
22. — Indisches Perm und die permische Eiszeit. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1907. Festband. S. 446—546.
23. — Indisches Perm und die permische Eiszeit. Nachträge. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1908. S. 449—461.
24. F. KOSSMAT: Paläogeographie. Leipzig 1908.
25. A. DE LAPPARENT: Traité de Géologie. 5 ed. 1906.
26. W. D. MATTHEW: Hypothetical Outlines of the Continents in Tertiary Times. Bulletin of the American Museum of Natural History **22**. 1906. p. 353—383.
27. M. NEUMAYR: Die geographische Verbreitung der Juraformation. Denkschriften der k. Akad. der Wissenschaften Math. naturw. Klasse **50**. 1885. S. 57—142.
28. — Erdgeschichte. Leipzig 1886/87. 2. Aufl. 1895.
29. A. E. ORTMANN: The geographical Distribution of freshwater Decapods and its Bearing upon ancient Geography. Proceedings of the American Philosophical Society Philadelphia **41**. 1902. p. 267—400.
30. W. RAMSAY: Orogenesis und Klima. Öfersigt af Finska Vetenskaps Societetens Förhandlingar **52** A. 1910. S. 1—48.
31. F. v. RICHTHOFEN: Über Gestalt und Gliederung einer Grundlinie in der Morphologie Ostasiens. Sitzungsbericht der kgl. preuss. Akad. d. Wissenschaften zu Berlin, phys. math. Klasse 1900. Heft 40. 38 S.
32. — Gestalt und Gliederung der ostasiatischen Küstenbogen. Ebenda 1901 Heft 36. 27. S.
33. — Die morphologische Stellung von Formosa und den Riukiu-Inseln. Ebenda 1902. Heft 40. 32. S.
34. — Über Gebirgskettungen in Ostasien mit Ausschluss von Japan. Gebirgskettungen in Japanischen Bogen. Ebenda 1903. Heft 40. 52 S.
35. F. SACCO: Essai sur l'orogénie de la Terre. Turin 1906.
36. CH. SCHUCHERT: Palaeogeography of North America. Bulletin of the Geological Society of America **20**. 1910. p. 427—606.
37. W. B. SCOTT: An Introduction to Geology 2. ed. New York 1907. 816 p.
38. H. SIMROTH: Die Pendulationstheorie. Leipzig 1907.
39. A. C. VEATCH: Geology and Underground Water Resources of Northern Louisiana and Southern Arkansas. Professional Paper No. 46 of the U. S. Geological Survey 1906. 422. p.
40. A. R. WALLACE: The geographical Distribution of Animals. London 1876.
41. — Island Life or the Phenomena or Causes of insular Faunas and Floras including a Revision and attempted Solution of the Problem of geological Climates. London 1880. 2. Ed. 1894.
42. B. WILLIS: Paleogeographic Maps of North America. Journal of Geology **17**. 1909. p. 203—208, 253—256, 286—288, 342—345, 403—409, 424—428, 503—508, 600—602.
43. — Principles of Paleogeography. Science **31**. 1910. p. 241—260.
44. L. WILSER: Der nordische Schöpfungsherd. Zeitschrift für den Ausbau der Entwicklungslehre **3**. 1909. S. 121—138.

Die Paläogeographie, die Geographie der vergangenen Perioden der Erdgeschichte, ist zwar eine verhältnismäßig junge Wissenschaft, immerhin weist sie schon recht beachtenswerte Resultate auf, und gerade in den letzten Jahren ist fleissig auf ihren Gebieten gearbeitet

worden, stellt doch z. B. SCHUCHERT (36) fest, dass seit 1863, in welchem Jahre die drei ersten wissenschaftlichen paläogeographischen Karten von Dana in der ersten Auflage seines Manual of Geology veröffentlicht wurden, bis Ende 1909 nicht weniger als 306 verschiedene paläogeographische Karten erschienen sind. Davon entfallen auf SCHUCHERT (36) selbst 50 Karten, die die Entwicklung Nordamerikas vom Kambrium an darstellen und besonders auch die paläozoischen Zeiten eingehend berücksichtigen, auf die 35 Karten entfallen. Sonst seien aus den letzten fünf Jahren noch erwähnt WILLIS (42), der 15 paläogeographische Karten von Nordamerika veröffentlichte, GRABAU (10) mit fünf, CLARKE (8) mit zwei, VEATCH (39) mit zehn paläozoischen Karten Nordamerikas oder von Teilen dieses Kontinentes, SCOTT (37) mit acht Karten des gleichen Festlandes. Paläogeographische Karten der ganzen Erde finden wir in den gleichen Jahren z. B. bei MATTHEW (26), KOKEN (21, 22, 23), FRECH (9), LAPPARENT (25), KOSSMAT (24) auf vorwiegend geologischer Grundlage, bei IHERING (13, 17), ORTMANN (20) und ARLDT (1) mehr auf zoogeographischer. Ausserordentlich zahlreich sind auch die Arbeiten, die sich mit der Paläoklimatologie beschäftigen, auch zur Paläobiogeographie sind wertvolle Beiträge geliefert worden und viele andere Arbeiten beziehen sich auf speziellere Gebiete, während einige, wie WILLIS (43) sich auch mit allgemeinen Prinzipien der Paläogeographie befassen (4, 6).

In vielen Fragen ist durch diese zahlreichen Arbeiten eine Klärung herbeigeführt worden. So hat die Annahme einer permischen Eiszeit jetzt wohl ziemlich allgemeinen Anklang gefunden. Aber auf der anderen Seite gibt es doch noch zahlreiche Probleme, bei denen sich die Ansichten noch ganz unvermittelt gegenüberstehen, so in der Paläoklimatologie über die Bedeutung der Zwischeneiszeiten und damit über die Einheit oder Vielheit der Glazialperioden, in der Paläobiogeographie über die Frage, ob wir ein einziges Hauptentwicklungszentrum aller Lebewesen anzunehmen haben, wie das SIMROTH (38) oder auch WILSER (44) annehmen, oder ob jeder Kontinent, jedes Meeresbecken eigene Ausbreitungsherde repräsentieren. Solche Probleme gibt es auch bei der Paläogeographie im alten engen Sinne, soweit sie sich mit der Feststellung der Verteilung von Land und Meer in früheren Erdperioden beschäftigt. Hier ist man z. B. über eine Hauptfrage noch nicht zur endgültigen Einigung gelangt, die schon seit Jahrzehnten von Geologen und Biologen heiss umkämpft wird, die Frage von der Permanenz der Kontinentalblöcke und Ozeanbecken. Während die europäischen Geologen fast durchweg gegen die Permanenz sich ausgesprochen haben und für die vergangenen Erdperioden teilweise eine von der heutigen durchaus abweichende Verteilung von Land und Meer annehmen, lassen die amerikanischen wie WILLIS und SCHUCHERT sie wenigstens in der Hauptsache gelten, ein Unterschied der Auffassung, der sich durch die verschiedene

geologische Geschichte des nordamerikanischen und des europäischen Kontinents erklärt. Die gleiche Verschiedenheit treffen wir übrigens auch bei den Biogeographen, unter denen WALLACE (40, 41) als Anhänger der Permanenz, v. IHERING (11—20) als ihr Gegner erwähnt sei. Mit dieser Frage hängen eine Anzahl anderer eng zusammen, so die nach der Grösse der alten Kontinente und Ozeane, nach dem Alter der Tiefsee und nach der Lage der Gebirge zu den alten Kontinenten. Auf diese Fragen soll im folgenden etwas näher eingegangen werden.

Vor einigen Jahren habe ich den Versuch gemacht, die Grösse der alten Kontinente auf paläogeographischen Karten auszumessen (2). Wer weiss, wie unsicher im einzelnen und selbst oft in grossen Zügen die Linienführung solcher Karten ist, wird den absoluten Werten dieser Grössenzahlen keine allzugrosse Bedeutung beimessen. Immerhin bieten sie doch in vielfacher Beziehung Interesse, indem sie uns erst die paläogeographischen Karten recht auffassen lehren. Diese sind ja meist auf Merkatorkarten entworfen, also alles andere als flächentreu. Auf ihnen erscheinen immer die Nordkontinente zu gross, die südlichen, besonders das alte Gondwanaland, viel zu klein. Dabei ergab sich als auffällige Tatsache, dass für die Gesamtgrösse des festen Landes ziemlich hohe Werte ermittelt wurden. Dies erklärt sich teilweise durch den einfachen Verlauf der Küstenlinien auf paläogeographischen Karten grosser Erdräume, der sich mit dem Verlaufe der Meeresisobathen vergleichen lässt. Dann können wir bei den alten Kontinenten nicht immer scharf zwischen Küstenlinien und Kontinentalsockelgrenze unterscheiden. Alle ermittelten Werte vom Kambrium bis zum Quartär sind grösser als 135 Mill. qkm, die jetzige Grösse der Kontinente ohne das antarktische Gebiet, das wir paläogeographisch so gut wie gar nicht kennen, aber kleiner als 222 Mill. qkm, die ungefähre Grösse der jetzigen Kontinentalsockel, dem freilich z. B. der Wert für die Untertrias mit 218 Mill. qkm sehr nahe kommt. Es scheint hiernach also doch früher das Land wenigstens teilweise ausgedehnter gewesen zu sein.

Dagegen lässt sich nun der Einwand erheben, der auch von WILLIS tatsächlich erhoben worden ist, wo denn dann früher die Gewässer waren, wenn die Becken früher so klein waren, oder wo sie hergekommen sind, wenn sie sich während der postkambrischen Perioden erst gesammelt haben. Es wird zur Beantwortung dieser Fragen zweckmässig sein, zunächst einmal die mittlere Tiefe der Ozeane für die einzelnen Perioden zu berechnen unter der Voraussetzung, dass sich der Rauminhalt der Meere nicht wesentlich geändert habe. Nehmen wir die gegenwärtige mittlere Tiefe mit rund 3500 m an, so ergeben sich folgende Werte, wobei aber von den Gebieten südlich von 60° südlicher Breite abzusehen ist:

	Land in Mill. qkm	Meer	mittlere Tiefe ¹⁾ der Ozeane in m
Gegenwart	135	340	3500
Quartär	151	324	3700
Pliozän	168	307	3900
Miozän	160 (154 ?)	315 (321 ?)	3800 (3700 ?)
Oligozän	146 (138 ?)	329 (337 ?)	3600 (3500 ?)
Eozän	185 (177 ?)	290 (298 ?)	4100 (4000 ?)
Senon	183	292	4100
Cenoman	162	313	3800
Neokom	174	301	4000
Malm	178	297	4000
Lias, Dogger	203	272	4400
Keuper	209	266	4500
Untertrias	218	257	4600
Oberperm	152	323	3700
Unterperm	176	299	4000
Oberstes Karbon	185	290	4100
Oberkarbon	193	282	4200
Unterkarbon	189	286	4200
Oberdevon	179	296	4000
Unterdevon	215	260	4600
Obersilur	181	294	4000
Untersilur	198	277	4300
Oberkambrium	169	307	3900
Unterkambrium	147	328	3600

Die beim älteren und mittleren Tertiär in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf die Annahme eines innerasiatischen „Hanhai“ und eines Amazonasmeeres, die noch nicht genügend gesichert erscheinen. Wir sehen aus den Zahlen, dass die Schwankungen der mittleren Tiefe durchaus nicht so gross sind, als die Schwankungen der Grösse der Kontinente. Während diese während ihres mutmasslichen Maximums, in der Untertrias um etwa 62 % grösser gewesen sein könnten als jetzt, würde die zur Unterbringung der ozeanischen Gewässer erforderliche mittlere Tiefe nur um etwa 31 % grösser sein müssen als heute. Auch absolut genommen bieten diese Zahlen nichts absolut undenkbares, liegen doch noch jetzt ausserordentlich grosse Gebiete des Meeresbodens in Tiefen, die noch über 4600 Meter hinausgehen, so fast der ganze nordpazifische Ozean zwischen Melanesien, den Philippinen, Japan, den Kurilen und Aleuten, Nordamerika und den Marquesas-Inseln, mit Ausnahme der vom Marianenbogen und vom Hawaiizuge eingenommenen Gebiete, ferner der süd-pazifische Ozean östlich von Neuseeland und Tonga und südlich von den Cook- und den Tubuai-Inseln, dann der Indische Ozean zwischen den

¹⁾ Auf Hunderter abgerundet.

Maskarenen, den Tschagosinseln, Sumatra, Java, Westaustralien und Tasmanien, sowie im Atlantischen Ozean die Becken zwischen der Union, Westindien und den Azoren, Kap Verdischen Inseln, St. Paul und Guayana, zwischen St. Paul, Brasilien, Südgeorgien und der mittelatlantischen Schwelle und endlich zwischen dieser und Westafrika, also nicht weniger als sieben grosse Becken, abgesehen von verschiedenen kleineren. Man kann also keinesfalls es als unmöglich ansehen, dass in vergangenen Zeiten das Meer zeitweilig eine derartige mittlere Tiefe gehabt hätte. Immerhin ist es recht gut möglich, dass die Grössen der alten Kontinente und damit die mittleren Tiefen des Ozeans noch beträchtlich zu reduzieren sind. Die grossen Werte, die uns besonders im Untersilur, Unterdevon, Oberkarbon und in der Trias begegnen, werden hervorgerufen durch die Annahme eines gewaltigen Südkontinentes, der den südatlantischen und Indischen Ozean überbrückte. Nun führen uns die geologischen und biogeographischen Tatsachen zunächst nur zu der Annahme, dass die jetzigen archaischen Kerne von Südamerika, Afrika, Madagaskar, Vorderindien und Australien landfest miteinander verbunden waren, aber ob die Brücken so breit waren, wie dies die paläogeographischen Karten meist angeben, dafür haben wir keinen sicheren Anhalt. Interessant ist in dieser Beziehung ein Vergleich des südatlantischen Kontinentes der oberen Jurazeit, wie ihn NEUMAYR (27, 28) und wie ihn LAPPARENT (25) rekonstruierte. Während der erste die Küstenlinien geradlinig quer über den Ozean führte, zeichnete sie letzterer in nach den angrenzenden Meeren offenem Bogen, so dass bei ihm der Kontinent in der Mitte viel schmaler erscheint, während er bei NEUMAYR überall annähernd gleichbreit ist. Wenn wir auch bei dem paläozoischen Gondwanalande die Küsten ähnlich wie LAPPARENT zeichnen würden, so erhalten wir schon beträchtlich kleinere Gebiete für das Festland. Auch noch eine andere Möglichkeit müssen wir ins Auge fassen. Innerhalb der grossen Kontinente können ausgedehnte Binnenseen sich befunden haben, die Millionen von Quadratkilometern bedeckten, wie nachweislich im Pliozän das sarmatische Mittelmeer in Südosteuropa, oder wie die grossen Oldredseen des Devon. Wenn diese Binnenmeere wohl auch nicht allzutief gewesen sein werden, so wurden doch dadurch beträchtliche Wassermengen innerhalb des Kontinentsockels aufgespeichert und dadurch die mittlere Tiefe der Ozeane etwas erniedrigt.

Wir haben bisher gesehen, dass wir unter der Voraussetzung einer sich gleichbleibenden Wassermenge der Ozeane auch bei den grössten für die Ausdehnung des Landes angenommenen Werten nicht zu mittleren Tiefen für die Ozeane kommen, die über die Grenzen der Möglichkeit hinausgingen. Diese Voraussetzung ist freilich sicherlich nicht unbedingt richtig. Der Wasserbestand der Ozeane dürfte kaum konstant sein. Wir kennen verschiedene Faktoren, die den freien Wasservorrat an der Erdoberfläche verringern und andere, die ihn

vermehren. Je weiter die Abkühlung der Erdkruste und damit ihre Verdickung fortschreitet, um so mehr Wasser muss als Hydratwasser und Kristallwasser chemisch und physikalisch gebunden werden, um so mehr Wasser wird auch als Bergfeuchtigkeit mechanisch in den Gesteinen eingeschlossen. Vereinzelt hat man ja daraus den Schluss gezogen, dass der Wasservorrat auf der Erdoberfläche ständig geringer werden müsse, so in neuerer Zeit noch SACCO (35)! Die geologischen Befunde stimmen aber gar nicht zu einer derartigen Auffassung der Frage. Als unsere geologischen Kenntnisse noch vorwiegend auf Europa beschränkt waren, da konnte man wohl noch an einen weltumspannenden Ozean der kambrischen, silurischen, devonischen und unterkarbonischen Zeit denken, aus dem nur kleine Inseln emporragten, die erst im Oberkarbon zu grösseren Landgebieten verwuchsen. Denn diese alten Formationen sind hier tatsächlich vorwiegend durch rein marine Schichten vertreten. Unsere jetzige umfassendere Kenntnis hat uns aber gelehrt, dass auch schon im Kambrium mächtige Kontinente vorhanden waren, die verschiedene Meeresprovinzen mit eigenartigen Faunen voneinander trennten, und an deren Gestaden mächtige Ströme gewaltige Trümmersmassen als Konglomerate, Grauwacken und andere klastische Gesteine ablagerten. Sehen wir uns die oben angegebenen Zahlen an, so sehen wir auch, dass in keiner Weise von einer Abnahme der Meeresflächen die Rede sein kann, dass diese früher eher kleiner waren als gegenwärtig. Denn berechnen wir die Mittelwerte für die Hauptperioden, so erhalten wir für die Grösse der Ozeane in Mill. qkm

Gegenwart	340	Perm	311
Känozoikum	312—317	Karbon	286
Kreide	302	Devon	278
Jura	280	Silur	286
Trias	262	Kambrium	318

Wir sehen, dass sich hier für die älteren Formationen im allgemeinen eine kleinere Ausdehnung der Ozeane ergibt, nur das Kambrium und das Perm machen eine Ausnahme. Es ist nun nicht ohne Interesse, damit zusammenzuhalten, dass das Perm eine sicher nachgewiesene Eiszeit einschliesst, und dass man auch Grund zu der Annahme einer kambrischen Eiszeit hat. Zur Bildung von grösseren Eismassen gehört ja auch ein nicht zu kontinentales Klima. Ein solches können wir aber bei kleineren Kontinenten eher erwarten. Das Zusammentreffen der Eiszeiten mit den grössten Ausdehnungen der Meere im Kambrium, Perm und Quartär ist also sehr bezeichnend. Andererseits fallen die Minima der Ozeanflächen, bei denen wir ausgesprochen kontinentales Klima erwarten müssen, mit den beiden Hauptperioden der „Roten Sandsteine“, mit dem Devon und der Trias zusammen. Diese roten Sandsteine werden ja tatsächlich jetzt allgemein als Wüstenbildungen betrachtet. Die angegebenen Zahlen-

werte stimmen also recht gut zu dem uns bekannten Klimacharakter grosser Gebiete der betreffenden Perioden und dürften hiernach wenigstens relativ richtig sein, wenn sie auch auf absolute Genauigkeit keinen Anspruch machen können.

Wenn aber auch in den älteren Formationen anscheinend kleinere Meere existierten als später, so ist diese Tendenz doch durchaus nicht entschieden ausgeprägt, da weder die Maxima noch die Minima ständig anwachsen. Vielmehr scheint ein ziemlich unregelmässiges Aufundabschwanken vorhanden zu sein. Dies erklärt sich aus den Wasser fördernden Faktoren, die nicht ständig gleichmässig wirken, wie die Wasser verzehrenden wie die Hydratisation, Kristallisation usw., sondern in periodischen Schwankungen. Sie sind ja durchaus vulkanischer Natur, mag es sich um juvenile Quellen, um Fumarolen oder um die Aushauchungen tätiger Vulkane handeln, deren Rolle freilich durch die Arbeiten BRUNS (7) etwas in Frage gestellt ist. Immerhin darf man doch wohl noch eine fortschreitende Entgasung des Erdinnern annehmen, die der Erdoberfläche ständig neue Wassermengen zuführt. Nun zeigen uns die geologischen Funde, dass vulkanische Eruptionen wohl in allen Perioden eingetreten sind, dass sie aber in gewissen Zeiten ebenso wie der Gebirgsfaltungsprozess eine maximale Entwicklung gefunden haben, während sie in anderen Perioden fast ganz aufhörten. Solche Perioden starker vulkanischer Tätigkeit waren das Algonkium, Silur und Devon, Oberkarbon und Unterperm, sowie das Tertiär. Nach solchen Zeiten sollten wir ein Anwachsen der Wassermengen und damit der Meere erwarten. Tatsächlich folgt der Eruptionsperiode des Algonkiums das Ozeanmaximum des Unterkambrium, der unterpermischen das Maximum im Oberperm, der tertiären das rezente Maximum und auch im Obersilur und im Oberdevon treten uns kleinere Maxima entgegen, die wir zu den Diabasruptionen in Beziehung setzen könnten. Bloss bei dem cenomanen Maximum, das durch grossartige Transgressionen hervorgerufen wurde, scheint kein Eruptionsmaximum vorhergegangen zu sein.

Hiernach hat es den Anschein, als wenn die Zeiten einer grossen Ausdehnung der Ozeane gleichzeitig auch Zeiten grösseren Wasserreichthums gewesen wären. Da dadurch die mittlere Ozeantiefe in ihnen sich vergrössern musste, so dürfte diese geringeren Schwankungen unterworfen gewesen sein, als es unter der Voraussetzung der Konstanz der Wassermengen der Fall sein müsste. Wir könnten annehmen, dass bis zum Tertiär herauf mittlere Meerestiefen von etwa 4000 Meter und mehr sich ziemlich konstant erhalten hätten und brauchten nicht ein so hochgradiges Schwanken in der Ozeantiefe anzunehmen und das um so mehr, als wir annehmen dürfen, dass in den Perioden vulkanischer relativer Ruhe, wie z. B. in der Trias oder im Jura die Gesamtwassermenge eher kleiner gewesen ist, als jetzt, da wir doch eben eine vulkanische Periode unmittelbar hinter uns haben. Während also die mittleren

Tiefen im Kambrium, im Perm usw. wahrscheinlich etwas grösser waren, wie oben angegeben, waren sie in Trias und Jura usw. wohl etwas geringer, im Mittel vielleicht etwa 4100 Meter (Mittelwert der vortertiären Perioden). Merkwürdig ist nur der Umstand, dass die Minima der Ozeanflächen den grössten Ausdehnungen ziemlich rasch zu folgen pflegen, dass also die Abnahme der Meeresflächen nicht allmählich erfolgte, wie man das erwarten sollte. Es sind hier offenbar noch mehr Faktoren mit wirksam, die man bis jetzt noch nicht mit in Rechnung gesetzt hat. Immerhin dürfen wir sagen, dass die mittleren Meerestiefen anscheinend weniger sich verändert haben, als die wechselnde Grösse der Kontinente dies erwarten lassen sollte; dass die Maxima der Ozeanflächen den Zeiten stärkster vulkanischer Tätigkeit folgen, dass wir nur in ihnen Eiszeiten mit ihren durch ozeanisches Klima bedingten Vergletscherungen antreffen, dass die Minima der Meere dagegen mit einer grossen Ausdehnung von Wüsten zusammenreffen. Durch Hinzukommen weiterer Faktoren und deren zufälliges Zusammentreffen wird dann die scheinbar regellose Mannigfaltigkeit der Grössenwerte verursacht.

Für die Frage der Grösse und Tiefe der alten Ozeane ist nicht unwichtig die Feststellung des Alters der Tiefsee. Die mittlere Tiefe wird ja nicht unwesentlich durch das Vorhandensein tiefer abyssischer Gräben beeinflusst. Wenn diese fehlten, so wird dadurch eine grosse mittlere Tiefe weniger wahrscheinlich. Nun neigen verschiedene Geologen zu der Ansicht von einem sehr geringen Alter der Tiefsee, die erst auf die tertiäre Faltungsperiode zurückgehen soll. Ist es nun wahrscheinlich, dass es tatsächlich in den vorhergehenden Perioden noch keine abyssischen Gräben gegeben habe? Wir glauben diese Frage verneinen zu müssen. Die gegenwärtigen abyssischen Gräben schliessen sich durchweg an junge Faltengebirgszüge oder ihnen gleichwertige Inselzüge eng an, wie folgende Zusammenstellung zeigt (3):

I. Asiatischer Grabentypus: Aussenseite der Gebirgsbogen, etwa 10000—11000 Maximaldifferenz und meist über 8000 m absolute Tiefe.

- | | | |
|-----------------------|--------------|---------------------------------|
| 1. Marianengraben: | 9600 m tief, | 10100 m Differenz mit Marianen. |
| 2. Kermadekgraben: | 9400 „ „ | 10000 „ „ „ Kermadek-Inseln. |
| 3. Tongagraben: | 9200 „ „ | 10100 „ „ „ Tonga-inseln. |
| 4. Philippinengraben: | 8900 „ „ | 10800 „ „ „ Philippinen. |
| 5. Puertoricograben: | 8500 „ „ | 9700 „ „ „ Grossen Antillen. |

- | | | | | | |
|-------------------|--------------|----------------------------------|---|---|---------------------|
| 6. Kurilengraben: | 8500 m tief, | 10500 m Differenz mit Kurilen u. | | | japanischen Inseln. |
| 7. Aleutengraben: | 7300 „ „ | 10000 „ „ | „ | „ | Aleuten. |
| 8. Sundagraben: | 7000 „ „ | 10500 „ „ | „ | „ | Java. |

II. Riukiugrabentypus: Doppelgraben, Hauptgraben auf der Aussenseite, etwa 8000 m Differenz und etwa 7000 m Tiefe.

- | | | |
|-----------------|--------------|-----------------------------------|
| 9. Riukiutiefe: | 7100 m tief, | 7800 m Differenz mit Riukiuiseln. |
|-----------------|--------------|-----------------------------------|

III. Mediterraner Grabentypus: Innenseite von Gebirgsbogen, etwa 6—8000 m Differenz und 5—7000 m Tiefe.

- | | | |
|---------------------|--------------|--|
| 10. Florestiefe: | 5300 m tief, | 8000 m Differenz mit kleinen Sunda-inseln. |
| 11. Bandatiefe: | 6500 „ „ | 7300 „ „ „ kleinen Sunda-inseln. |
| 12. Bartlett-Tiefe: | 6300 „ „ | 6300 „ „ „ Cayman Inseln. |

IV. Südamerikanischer Grabentypus: Innenseite von Gebirgsbogen, etwa 10000—14000 m Differenz, aber unter 8000 m Tiefe.

- | | | |
|-------------------------|--------------|---|
| 13. Graben von Taltal: | 7600 m tief, | 14300 m Differenz m. Cordilleren von Chile. |
| 14. Graben v. Arequipa: | 6900 „ „ | 13000 „ „ „ Cordilleren v. Peru. |
| 15. Graben von Iquique: | 6500 „ „ | 13000 „ „ „ Cordilleren von Chile. |
| 16. Graben von Lima: | 6200 „ „ | 11000 „ „ „ Cordilleren von Peru. |

Nur die einen fünften, ozeanischen Typus repräsentierende, 7200 m erreichende Romanchetiefe, westlich vom südatlantischen Walfischrücken schliesst sich nicht an ein junges Faltengebirge an. Die Cayman Inseln sind ja auch nur niedrige Koralleninseln, liegen aber so ausgesprochen in der Richtung des südkubanischen Gebirges und der mittelamerikanischen Querketten, dass wir annehmen dürfen, sie seien auf einem versunkenen Stücke eines jungen Faltengebirgszuges aufgebaut. Es kann also keinem Zweifel unterliegen, dass die eigentlichen abyssischen Gräben mit den jungen Faltengebirgen in einem ursächlichen Zusammenhang stehen, und das um so weniger, als die nicht von abyssischen Gräben begleiteten Faltengebirge in der Regel wenigstens an ausgesprochene Senkungsfelder angrenzen, teils an ihrer Innenseite, teilweise aber auch aussen. Deren Bildung steht zweifellos mit der des Gebirges in ursächlichem Zusammenhange.

Von Gebirgsbogen mit innen eingeschlossenem Senkungsfelde seien erwähnt:

1. Der Alaska-Aleutenbogen mit dem Beringmeer (5400 m tief).
2. Der Kamtschatka-Kurilenbogen mit dem Ochotskischen Meere (3400 m).
3. Der japanische Bogen mit dem Japanischen Meere (3700 m).
4. Der Formoso-Luzon-Palawanbogen mit dem Südchinesischen Meere (5200 m).
5. Der Philippinenbogen mit der Sulu- und Celebessee (5100 m).
6. Der melanesische Bogen mit dem Korallenmeer (4700 m).
7. Der Tonga-Neuseelandbogen mit dem Fidschibecken (4400 m).
8. Der Rakiurabogen mit der Tasmansee (5900 m).
9. Der Marianenbogen mit dem Becken zwischen Marianen und Philippinen (8900 m).
10. Der Karolinenbogen mit dem Becken zwischen Karolinen und Melanesien (4800 m).
11. Der tyrrhenische Bogen (Sierra-Nevada-Atlas-Apenninen-Pyre-näen) mit dem westmediterranen Becken (3700 m).
12. Der Alpenbogen mit dem adriatischen Becken.
13. Der Karpatenbogen mit dem ungarischen Becken.
14. Der pontische Bogen (Balkan-Krim-Kaukasus) mit dem pon-tischen Becken (2600 m).
15. Der antillische Bogen mit dem karibischen Meere (3500 m).
16. Der kubanische Bogen mit dem Becken zwischen Kuba und Honduras (6200 m).
17. Der Sundabogen mit der Bandasee (6500 m).

Diese inneren Senkungsfelder finden sich also besonders im Osten des Grossen Ozeans und im mittelmeeerischen Gürtel. Im ersten Gebiete haben wir gleichzeitig auch Senkungsfelder an der Aussen-seite der Bogen, wie sie weiter in Amerika und Südasiens vorherrschen. Hier seien erwähnt:

1. Der dinarisch-taurische Bogen mit dem ostmediterranen Becken (4400 m).
2. Der südiranische Bogen mit Mesopotamien und dem persischen Meerbusen.
3. Der Himalayabogen mit der hindostanischen Ebene.
4. Der birmanisch-sundanesischer Bogen mit dem Golf von Ben-galien und dem östlichen Indischen Ozean (7000 m), sowie die ganze nord- und südamerikanische Westküste.

Wenn auch nicht alle diese Senkungsfelder vom Meere bedeckt sind, so ist doch zu bedenken, dass sie dann gewaltige Alluvialebenen darstellen und dass der eigentliche Boden des Senkungsfeldes be-rächtlich tiefer liegen muss als die gegenwärtige Oberfläche. Wir reffen also ganz allgemein ausgedehnte Senkungsfelder als Begleit-erscheinung der modernen Faltengebirge, die ja nach der Dana-

schen Auffassung erst selbst aus derartigen Geosynklinalen emporgestiegen sind. Da liegt denn zum mindesten der Wahrscheinlichkeitsschluss nahe, dass auch die Entstehung der älteren Faltengebirge gleichzeitig zur Vertiefung abyssischer Gräben geführt habe. So könnten wir also für Kreide-, Jura- und Triaszeit und das obere Perm als Zeiten tektonischer relativer Ruhe allenfalls die Nichtexistenz von abyssischen Gräben für möglich oder selbst wahrscheinlich halten. Wie damals die Oberfläche der Kontinente wenig gegliedert gewesen sein mag (5), was das gleichförmige Klima des Mesozoikums zur Folge haben musste (30), so mögen auch die damaligen Ozeane geringere Tiefenunterschiede als gegenwärtig aufgewiesen haben. Wir können sie uns als tiefeingesenkte Becken mit ziemlich ebenem Boden etwa ähnlich dem jetzigen nordpazifischen Ozeane östlich von den grossen ostasiatischen Gräben vorstellen, dem sie auch in ihrer mittleren Tiefe nahegekommen sein müssen. Ganz anders mussten aber die Verhältnisse im Unterperm und im Oberkarbon liegen, als die mächtigen herzynischen Faltungen um den ganzen Erdball herumgriffen.

Wenn damals in allen Kontinenten mächtige Falten aufgetürmt und Decken übereinandergeschoben wurden, wenn grosse Verwerfungen das Gefüge der alten Schichten zerrissen und Höhen und Tiefen auf den alten eingeebneten Festländern schufen, so konnte davon auch der Meeresboden nicht völlig verschont bleiben. Auch auf ihm mussten Horste stehen bleiben, wie wir jetzt vielleicht einen im mittelatlantischen Walfischrücken zu sehen haben, auch auf ihm mussten Gräben absinken bis zu abyssischen Tiefen. Es erscheint ganz undenkbar, dass derartig die ganze Erde umfassende Spannungen bei ihrer Auslösung die ozeanischen Flächen hätten ganz unbeeinflusst lassen sollen. Jeder in einem im Mittel etwa 4000 Meter tiefen Meere mit grösserer Sprunghöhe absinkende Graben muss aber als ein abyssischer bezeichnet werden. Wenn solche Gräben sich im Karbon bildeten, so musste das selbstverständlich das Fassungsvermögen des Ozeans beträchtlich erhöhen.

Gehen wir noch weiter in der Erdgeschichte zurück. Im Unterkarbon, Ober- und Mitteldevon haben wir wieder Transgressionszeiten, Zeiten der tektonischen und teilweise auch vulkanischer Ruhe. In ihnen mögen abyssische Tiefen wieder gefehlt haben. Im Unterdevon und Obersilur treffen wir wieder auf eine Faltung, die „kaledonische“, deren Spuren nicht mehr so allgemein nachgewiesen sind, wie die der herzynischen, was sich vielleicht aus dem höheren Alter erklärt. Dem älteren Silur scheint die brasilische Faltung anzugehören. In diesen Zeiten dürften wir auch wieder abyssische Gräben erwarten. Im Kambrium treffen wir dann auf eine neue Ruheperiode, um endlich im Algonkium wieder auf Spuren einer grossartigen weltumfassenden Faltung zu stossen, die an Grossartigkeit wahrscheinlich selbst die permokarbonische und die tertiäre Faltungsperiode hinter sich liess.

Das sind Wahrscheinlichkeitsgründe, die für eine Existenz der Tiefsee auch in älteren Perioden sprechen. Positive Beweise dafür sind ja nur schwer zu geben, da die typischen Tiefseeablagerungen wie der rote Ton ausserordentlich wenig mächtige Schichten liefern, die rasch der Abtragung unterliegen, und wo sie doch erhalten sind, unter Umständen nur schwer als Tiefseeablagerungen zu erkennen sind, da ihnen infolge der lösenden Wirkung des Tiefseewassers alle aus kohlensaurem Kalke bestehenden Schalenreste von Tieren fehlen. Nur aus Kieselsäure gebildete Schalen können wir in ihnen erwarten, wie sie z. B. im Radiolarien- und Diatomeenschlamm sich finden. Immerhin sind verschiedene Gesteine bekannt, die als echte abyssische Bildungen angesprochen werden. Die kambrischen Trilobitenschiefer allerdings, die NEUMAYR¹⁾ für Tiefseebildungen ansprach, gelten jetzt nicht mehr als solche, seit man erkannt hat, dass diese Trilobiten eher im Schlamm Boden der Flachsee wühlende, als im Dunkeln der Tiefsee hausende Tiere waren. Dagegen dürften abyssisch viele dünne Tonschieferlager unterhalb und innerhalb von Kalklagern sein, ferner aus Radiolarienschlamm gebildete Hornsteine und aus geringeren Tiefen z. B. die Aptychenkalke und roten Cephalopoden-Kalke der alpinen Trias. Übrigens handelt es sich bei diesen Schichten schon nicht mehr um solche, die ganz auf die abyssischen Gräben beschränkt sind, bedeckt doch der rote Tiefseeton den grössten Teil der unter 4000 m tiefen Gebiete des Ozeans, besonders den ganzen nordpazifischen Ozean.

Ebenso gibt uns auch die lebende Tierwelt der Tiefsee keinen sicheren Aufschluss auf ihr Alter, da biologisch die Tiefsee schon bei etwa 500 m Tiefe beginnt. In diesem weiteren Sinne begegnen uns in der Tiefseefauna Tiere, die erst spät ihren jetzigen Lebensbezirk erreicht haben können, wie von den Tiefseefischen z. B. die Langschwänze (Macruriden), die Armflosser (Pediculati), Drachenfische (Trachiniden) und Sensenfische (Trachypteriden) oder auch die Haifische und die Riesenkrabben der Tiefsee, die alle nach dem geologischen Alter ihrer Verwandten nicht vor der Kreidezeit in der Tiefsee erschienen sein können. Auf der anderen Seite finden wir aber auch Organismen wie die Diatomeen und Radiolarien, deren Alter bis in das Algonkium zurückreicht und die also schon in den ältesten abyssischen Gräben gelebt haben können, auf die wir aus dem Gebirgsbau der Kontinente zurückschliessen können.

Um das eben Auseinandergesetzte noch einmal kurz zusammenzufassen, so ist es wahrscheinlich, dass die rezenten abyssischen Gräben im allgemeinen nicht über den Anfang der Tertiärzeit zurückreichen. Aber auch schon in früheren Perioden der Gebirgsbildung, wie im Algonkium, im Silur, im Unterdevon, im Oberkarbon und Unterperm dürften derartige Gräben

¹⁾ M. NEUMAYR: Die geographische Verbreitung der Juraformation Denkschriften der k. Ak. d. Wiss. Math. naturw. Kl. Bd. 50. 1885. 134. 335.

existiert haben. Im weiteren Sinne haben aber Tiefenbecken, d. h. solche von über 4000 m Tiefe wohl schon von den ältesten Zeiten her existiert, deren Geschichte wir noch auf geologischem Wege entziffern können, und wir können kaum annehmen, dass solche Becken erst seit dem Karbon angefangen hätten, sich auszubilden, wir müssten denn gerade annehmen, dass vorher die Wassermenge der Ozeane beträchtlich kleiner und die Ozeane dementsprechend flacher gewesen wären. Dafür haben wir aber durchaus keinen positiven Anhalt, besonders spricht auch die relativ grosse Ausdehnung der kambrischen Ozeane nicht gerade für eine derartige Annahme. Wenn auch der Wasserstand nicht immer der gleiche gewesen sein wird, so können wir doch von einer ausgesprochenen Tendenz der Zunahme oder Abnahme auf Grund der gegenwärtigen Feststellungen ganz sicherlich nicht sprechen.

Wir haben oben auf die Beziehungen der Faltengebirge zu den tiefen Gräben hingewiesen. Damit ist zugleich die allgemeinere Beziehung ausgesprochen, dass diese Gebirge in den Kontinenten eine Randlage gegenüber den Ozeanen einzunehmen pflegen, wenn sie nicht gar vorgelagerte Inselzüge bilden und zwar grenzen sie, wie schon erwähnt, meist an tiefe Senkungsfelder. Es dürfte nicht ohne Interesse sein, einmal die Verbreitung der alten Gebirge mit der Ausdehnung der Kontinente ihrer Bildungszeit zu vergleichen.

Die rezenten Faltengebirge treten allerdings nur an den Rändern der Kontinente gegen den Grossen Ozean und gegen den mittelmeerischen Gürtel auf, wo wir eben auch auf die ausgesprochensten Senkungsfelder stossen. Eine Aufzählung dieser Gebirge ist hier überflüssig, sind sie doch allgemein bekannt. Fast überall liegen sie an den Rändern der jetzigen Kontinente, und wo das nicht der Fall ist, erklären die Verhältnisse der Tertiärzeit ihren Verlauf. So lag der Himalaya noch im Miozän am Rande des asiatischen Kontinents, der Karpatenbogen an den Ufern des Sarmatischen Mittelmeeres, während wir beim Kuenlun- und beim Tienschanzug schon bis ins ältere Tertiär und in die obere Kreide zurückgehen müssen, in denen das Mittelmeer nach Innerasien übergriff. Die Gebirgszüge zeigen übrigens verschiedene Haupttypen. Unter den pazifischen Gebirgen können wir mit RICHTHOFEN (31—34) deutlich die Zerrungsbogen von ostasiatischem Typus von den Stauungsbogen des amerikanischen Typus unterscheiden. Im mittelmeerischen Gürtel aber sind die Stauungsbogen vom mittelmeerischen Typus (tyrrhenischer, Alpen-, Karpaten- und pontischer Bogen) ebenso scharf von den Abflussbogen des südasiatischen Typus unterschieden.

Wenden wir uns nun den herzynischen Gebirgen zu, so müssen wir die Verteilung von Land und Meer im Karbon und im unteren Perm ins Auge fassen. Während dieser Zeit existierten nach übereinstimmender Ansicht von FRECH (9), KOKEN (22, 23), KOSSMAT (24) und LAPPARENT (25), der auch ich mich angeschlossen habe,

drei grosse Kontinente, der riesige Südkontinent, der sich von etwa 138 Mill. km² im Unterkarbon bis zu 104 Mill. km² im Unterperm verkleinerte, um sich dann zeitweise in Einzelkontinente zu zerlegen, dann der nordatlantische Kontinent, der in der gleichen Zeit von 33 auf 38 Mill. km² anwuchs und endlich der Angarakontinent, dessen Grösse etwa zwischen 18 und 20 Mill. km² schwankte. Es empfiehlt sich, die uns bekannten herzynischen Faltengebirge nach diesen Kontinenten zu gruppieren. Die nordatlantischen Randketten beginnen in Spitzbergen, wo sie an den arktischen Ozean angrenzten. Der Südrand gegenüber dem syrischen und nordatlantischen Becken des mittelmeeerischen Ozeans wurde entsprechend der Verschiebung der Küstenlinien nach Süden während des Karbon von einer in Europa besonders breiten Zone von herzynischen Faltengebirgen eingefasst. Dem Südrande der „pontischen Halbinsel“ folgten Ketten, die von Afghanistan über Chorassan, den Elburs, das Gebirge von Gilan, den Karadagh und die Araxeskette nach Westen führten. Dem gleichen Zuge gehörten vielleicht an die Faltenzüge im Rhodopegebiete, in Korsika und Sardinien und in der iberischen Meseta, wo die Südküste ein Stück nach Norden umbog und entsprechend auch die karbonischen Gebirge, die in Galizien unter den jüngeren asturischen Falten untertauchen. Weiter landeinwärts, aber immer noch unmittelbar an den äusseren Zug sich anschliessend und mit ihnen wohl ein Hochland nach Art Kleinasiens, Irans oder Hochasiens bildend, folgten eine Reihe weiterer Parallelzüge, die meist im französischen Zentralmassive sich zusammenscharten. Zunächst ist die paläokarnische Kette an der Stelle der jetzigen Alpen zu erwähnen, dann die variskischen Züge, von denen die südlichen über das Plateau von Langres, den Wasgenwald, Schwarzwald, Thüringerwald, Fichtelgebirge und Erzgebirge führend, in den Sudeten nach Südosten und schliesslich nach Süden umbogen, um etwa bei Wien zu enden, während die nördlichen über das Rheinische Schiefergebirge und den Harz nach Schlesien führten und sich vielleicht im Donezgebiete fortsetzten, wenn auch das Verbindungsstück jetzt von den jüngeren Falten der Karpaten überdeckt ist. Endlich haben wir nach Westen hin die armorikanischen Ketten in der Bretagne, Südengland, Wales und Südirland, die nach ihrem ganzen Verlaufe quer über den jetzigen Atlantischen Ozean hinweg am Südrande der Nordatlantis entlang führten, um sich in Neufundland und den atlantischen Staaten in den Appalachen fortzusetzen. Diese bildeten mit ihrer südlichen Umbiegung in äquatorialer Richtung, die sich bis 100° W zu den Ouachitabergen verfolgen lässt, die Südgrenze des amerikanischen Teiles der Nordatlantis und in ihrer Fortsetzung zog sich vermutlich ein Gebirge entlang der Westküste, dessen Spuren wir im Coloradogebiete erkennen.

Dieser Zug hat möglicherweise im Angarakontinente eine Fortsetzung im werchojanischen Bogen gefunden, der von der

Beringstrasse über die Tschuktschenhalbinsel, das Stanowoi Gebirge und das Werchojangebirge nach der Lenamündung führt. Dieser Bogen scheint eine Ausnahme von der Regel darzustellen, er ist möglicherweise kontinental, insofern er nicht direkt an der Küste entlang läuft, die vielmehr nach den Karten von LAPPARENT (25) und KOKEN (22) von der noch marinen Lenamündung an ostwärts etwa dem 70. Breitengrade ndl. Br. folgte. Es erscheint aber auch nicht ausgeschlossen, dass das Meer im Becken der Jana, Indigirka und Kolyma etwa bis 53⁰ ndl. Br. nach Süden reichte, denn in dem fraglichen Gebiete ist kontinentales Karbon meines Wissens bisher ebensowenig gefunden worden, wie marines, so dass hier auch Meer gewesen sein könnte. Wir können also auch diesen Bogen zur Zeit noch unbedenklich als nördliches Randgebirge des Angarakontinentes der Oberkarbon- und Permzeit bezeichnen. Es setzt sich fort im Gebirge der Taimyrhalbinsel. Noch ausserhalb des Kontinentes fielen die Störungen auf Franz-Josef-Land, an die sich die westlichen Randgebirge des Angarakontinentes anschliessen, zunächst der Nowaja-Semljabogen über Nowaja-Semlja, Waigatsch- und das Pae-choigebirge. Hier schart es mit dem Ural zusammen (mit dem sich weiterhin das ebenfalls herzynische Timangebirge vereinigt), der sich schliesslich unter dem Usturtplateau verliert, direkt vor der Südwestecke des permischen Angarakontinentes, entsprechend der bis ins Perm sich fortsetzenden Auffaltung dieses Gebirgszuges. Am Südrande des Kontinentes haben wir als permokarbonische Faltenzüge die nordöstlichen Ketten des Tienschan, das Altai- und das westsajanische Gebirge nebst den Ketten der Gobi, sowie als südliche weiter meerwärts gelegene Parallelkette den westlichen Kuenlun und das Tsinlinggebirge, von denen das erste möglicherweise einer die armenisch-iranische Kette fortsetzenden Inselreihe entsprach, während das zweite den Südrand der südöstlichen sinischen Halbinsel des Angarakontinentes bildete. Dieser ebenfalls insular vorgelagert müssen die südchinesischen Ketten zwischen dem Jangtsekiang und dem Meere gewesen sein, an die sich als wahrscheinlich ebenfalls insulare Ketten die permischen Störungen in Japan anschlossen.

Wenden wir uns nunmehr dem Südkontinente zu, so können wir in dessen weiterstreuten Resten natürlich einen so geschlossenen Verlauf der herzynischen Ketten nicht mehr nachweisen. Immerhin fehlen auch hier die Randgebirge nicht. Dem Südrand gehörten an die Sierrren der argentinischen Pampas und die südafrikanischen Gebirge. In den australischen Cordilleren biegen sie nach der Ostküste um, wo sie weiter nördlich sich auf Sumatra und in Cochinchina fortsetzen. Vom Nordrande kennen wir dagegen nur die Faltungszüge der Ostghats, die weiter landeinwärts gelegen sind. Wir sehen also, dass die herzynischen Faltengebirge ähnlich den gegenwärtigen eine ausgesprochene Randlage gegenüber den damaligen Kontinenten einnahmen, dass deren Inneres also nur von älteren Massiven einge-

nommen war. Die beigegebene Karte mag davon ein anschauliches Bild geben, wenn sie natürlich auch nur eine Phase aus der Verteilung von Land und Meer darstellen kann, als welche wir das Oberkarbon gewählt haben. Allzusehr weicht übrigens auch die Linienführung des Unterperm nicht von ihr ab, zumal die Karte ja nur die grossen Züge in der Ausdehnung der Kontinente zeigen soll und auf die Darstellung von Einzelheiten, wie von Inseln und kleineren Einbuchtungen verzichtet.

Wenden wir uns nunmehr der kaledonischen und brasilischen Faltung zu, so können wir uns erheblich kürzer fassen, da wir hier bedeutend weniger über die Ausdehnung dieser älteren Faltengebirgsketten wissen. Zugrundelegen werden wir am besten die Verteilung von Land und Meer im Obersilur. Hier haben wir zunächst wieder den mächtigen Südkontinent (159 Mill. km²), den auch KOSSMAT (24) und LAPPARENT (25) annehmen, während FRECH (9) Südamerika als isoliert ansieht. Zeitweilig mag allerdings das nordwestliche Südamerika abgetrennt gewesen sein, aber kaum durch Tiefsee, so dass es immer noch dem südlichen Kontinentalblocke angehörte. Im Norden haben wir zunächst die Nordatlantis (12 bis 8 Mill. km²), die von der Hudsonbai bis Skandinavien reichte, dann einen hoch im Norden Sibiriens gelegenen paläarktischen Kontinent (8—3 Mill. km²) und die grosse mandschurische Insel (6 Mill. km²). Wir betrachten nun zunächst die der Nordatlantis zugehörigen kaledonischen Züge. Der am besten bekannte Zug tritt hier am Südrande auf, dem er vorgelagert ist. Das von ihm eingenommene Gebiet wird dann durch die erfolgte Hebung im Devon der festländische Rand. Er beginnt im Koloradogebiete, wo uns im Felsengebirge Störungen aus dieser Zeit entgegentreten, ebenso wie in der kambrischen Scholle von Austin. Weiterhin treffen wir auf die Appalachen, die besonders im Norden in den Grünen Bergen sich schon damals erhoben. Jenseits des Ozeans biegt dann dieser Zug nicht südlich ab, wie der herzynische entsprechend dem Küstenverlaufe der pontischen Halbinsel, sondern nordostwärts und bezeichnet den Südostrand des nordatlantischen Festlandes von Irland und Wales über Schottland durch ganz Norwegen hindurch. Sonst kennen wir silurische Falten noch von Grönland, wo sie der Nordküste der silurischen Nordatlantis entsprechen. Ihr genauer Verlauf lässt sich aber zurzeit noch nicht festlegen.

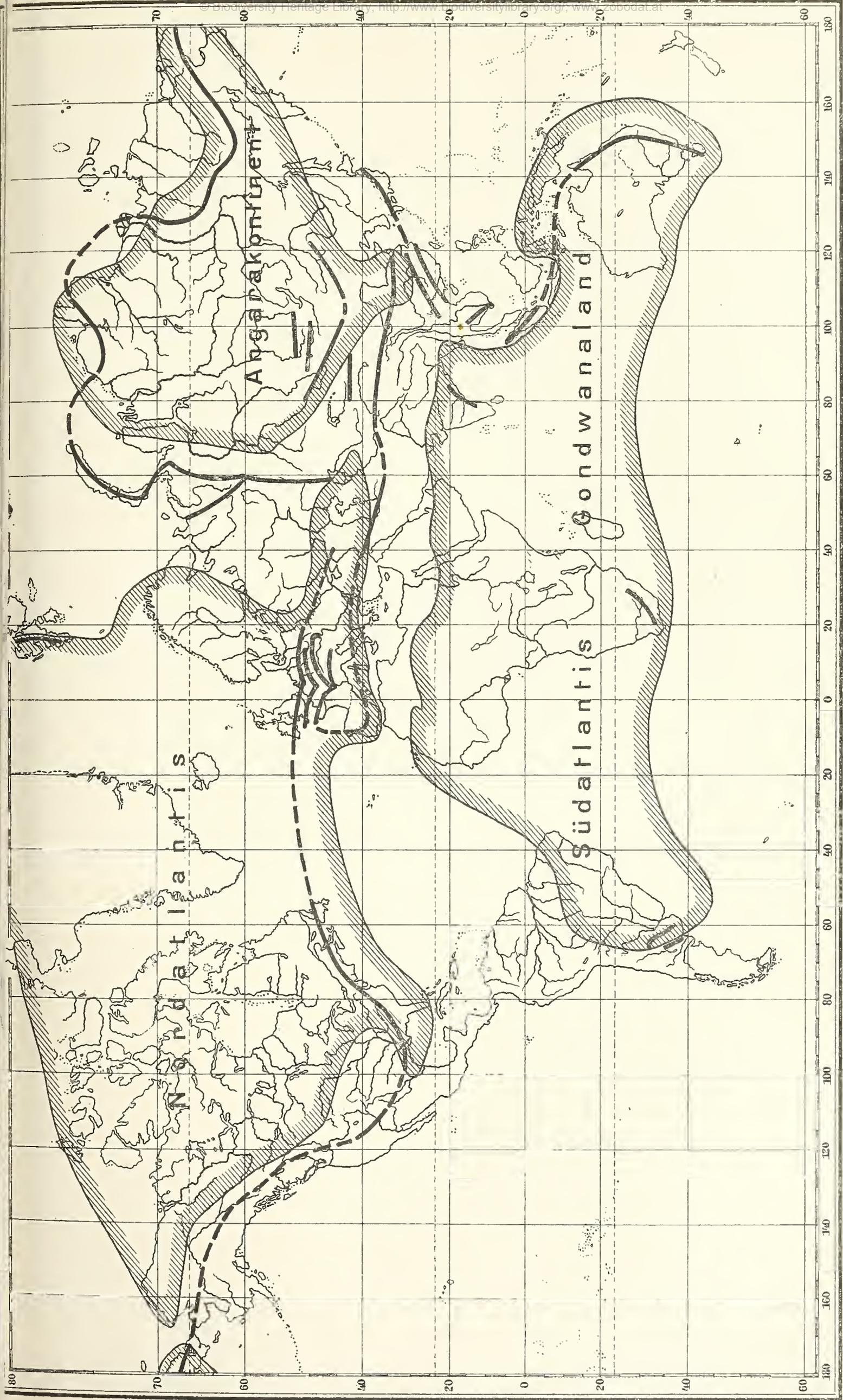
Der Paläarktis gehören nur sehr wenige uns bekannte tektonische Störungen der Silur- und Devonzeit an, nämlich auf Spitzbergen. Am Nordrande der mandschurischen Insel treffen wir auf die Faltungen im westsajanischen Gebirge und in der Gobi, die dann im Devon den Südrand des Angarakontinentes bildeten.

Grösser ist die Zahl der uns bekannten Randgebirge des silurischen Südkontinentes. Hierzu müssen wir zunächst den Zug rechnen, der von den Ardennen über den Bayrischen und Böhmer-

wald führt und der eine Brücke von der Nordatlantis zum Gondwanaland bildete, die mit diesem die ganze Silurzeit hindurch landfest verbunden war. Weiter nach Osten haben wir an dessen Nordküste noch Ketten im Dekhan, nach Westen hin entsprechen dem Nordrande der Südatlantis die silurischen Falten Nordafrikas und das Gebirge von Guayana. Von der Südküste ist uns dagegen nur das brasilische Gebirge als Randgebirge bekannt. Inwieweit in Westaustralien silurische Falten auftreten, lässt sich noch nicht feststellen, auch hier würden sie aber genau dem Rande des Kontinentes entsprechen. Eine Karte der kaledonisch-brasilischen Gebirge lässt sich jetzt leider noch nicht entwerfen, dazu sind die Angaben über den Verlauf der silurisch-devonischen Störungen noch zu unbestimmt, besonders in Grönland, Nordafrika und ev. in Australien.

Noch weniger geht dies im Algonkium an, für das wir ja überhaupt noch keine paläogeographischen Karten besitzen. Soweit wir jetzt die Tatsachen übersehen können, scheinen ähnliche Verhältnisse geherrscht zu haben, wie im Kambrium. Es gab wahrscheinlich einen grossen Südkontinent, der dann im Unterkambrium durch eine grosse Transgression im Gebiete des Indischen Ozeans in einen südatlantischen und einen indoaustralischen Teil zerlegt wurde. Noch mehr gesichert erscheint die Existenz eines nordatlantischen Kontinentes, der das Material zu den mächtigen Konglomeraten des Algonkiums und des untersten Kambriums geliefert hat, die uns im Gebiete der grossen kanadischen Seen, in Grossbritannien und Skandinavien, sowie in der Bretagne und Böhmen begegnen.

Betrachten wir nun die Verbreitung der algonkischen Gebirge, so haben wir da zunächst einen Zug, der von den Lofoten nach den Hebriden führt. Seine Fortsetzung führt uns auf Neufundland zu, wo er sich in nordöstlicher Richtung längs der Küsten von Labrador und Baffinland fortsetzt und weiterhin vielleicht auch noch die arktischen Inseln von Nordamerika durchzieht. Er entspricht in seinem Verlaufe in der Hauptsache der Südgrenze der oberkambrischen Nordatlantis, und es wäre recht wohl denkbar, dass dieser Kontinent auch früher eine ähnliche Form gehabt haben könnte, wenn er auch im Unterkambrium in Nordamerika bedeutend weiter südwärts reichte. Auf der anderen Seite ist aber ebensogut möglich, dass der Zug der Nordrand von Kontinentalmassen war, deren Kerne der kanadische und der skandinavische Schild bildeten. Dafür könnte man eine Reihe weiterer algonkischer Ketten ins Feld führen, die ihren Südrand bezeichnen mögen, nämlich im Koloradogebiete, in der Bretagne und in der russischen Tafel. Wenn wir mit Recht aus den Verhältnissen des Känozoikums, der Karbon- und Permzeit und des Silur und Devon den Schluss ziehen dürfen, dass die Faltengebirge den Rand von Kontinentalmassen bezeichnen, so würde die Verbreitung der eben genannten Züge am meisten dafür sprechen, dass auf dem nordatlantischen Quadranten zwei wahrscheinlich durch eine gebirgige



//// Kontinente im Oberkarbon.

===== Züge der Faltengebirge.

Inselkette verbundene Kontinente existierten, ein nearktischer und ein europäischer. Einer dritten Landmasse, dem Angarakontinente, dessen Kernland dann ebenso wie Skandinavien und das Hudsonbai-gebiet bei Beginn und im Verlaufe des Kambrium überspült wurde, schliessen sich dann vielleicht als Randgebirge an das ostsajanische Gebirge und überhaupt die Gebirge Transbaikaliens, die Gebirge der Mandschurei, Koreas, Schantung und der Umgebung von Peking. Vom Nordrande des Südkontinentes wäre nur das südindische Arvaligebirge zu erwähnen.

Wir sehen also, dass in allen den Perioden, in denen wir den Verlauf der Faltengebirgszüge mit dem der Küstenlinien vergleichen können, die ersteren den Kontinentalrändern benachbart sind und ihnen im grossen und ganzen parallel verlaufen, sei es auf dem Festlande selbst oder auf vorgelagerten Inselreihen wie jetzt z. B. in Ostasien. Ganz allgemein lassen sich die Gebirge als Gebiete erkennen, die an ältere Festlandsgebiete angegliedert worden sind, indem in den ihrer Faltung unmittelbar vorhergehenden Perioden an ihrer Stelle in der Regel das Meer sich ausbreitete, wie z. B. im Alttertiär und in der Kreidezeit an der Stelle der alpinen Faltungszüge in Südeuropa und Südasiens, oder im Devon und Unterkarbon an Stelle der Appalachen oder Mitteleuropas, oder im Kambrium und Silur an Stelle des kaledonisch-norwegischen Gebirges. In allen diesen Fällen dürfte es sich vorwiegend um Stauungsgebirge handeln, während Zerrungsgebirge auch auf ursprünglich kontinentalem Boden sich gebildet haben könnten. Noch sind wir weit davon entfernt, die Orographie weit entlegener Perioden in der Erdgeschichte entschleiern zu können, immerhin scheint uns doch, wie aus dem eben Entwickelten hervorgeht, die Möglichkeit geboten, wenigstens einiges über die grossen Züge im Verlaufe der Faltungsgebirge festzustellen, am ehesten in der Zeit der herzynischen Faltung, die mehr als die späteren Perioden vom Zechstein bis zur Kreide ähnliche Zustände wie die gegenwärtigen auf der Erdoberfläche erwarten lässt.

Die Binnenmeerfazies der Trias.

Von **A. Tornquist** (Königsberg i. Pr.).

Literatur über die Genese der Triassedimente.

- J. WALTHER, Das Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1900.
 — Über die Fauna eines Binnensees in der Buntsandsteinwüste. Zentralbl. für Min., Geol. etc. 1904. S. 5.
 — Estheria im Buntsandstein. ebenda. S. 195.
 — Geschichte der Erde und des Lebens. Leipzig 1908.
 E. FRAAS, Die Bildung der germanischen Trias etc. Jahresh. für vaterl. Naturkunde. Stuttgart. 1899. S. 2.
 E. PHILIPPI, Lethaea geognostica. II. 1. 1903.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie](#)

Jahr/Year: 1912

Band/Volume: [3](#)

Autor(en)/Author(s): Arldt Theodor

Artikel/Article: [Paläogeographische Fragen 93-111](#)