

BIBLIOTHECA
INSTITUTI
BOTANICI
Univ. Jagell.
et
Acad. Sc. Pol.

V

974

Sammlung Götschen

Paläoklimatologie

Von

Dr. Wilh. R. Eckardt

Naturwissenschaftliche Bibliothek

aus der Sammlung Göschen.

Jedes Bändchen elegant in Leinwand gebunden 80 Pfennig.

- Der menschliche Körper** von E. Rebmann. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. S. Seiler. Mit 47 Abbild. u. 1 Tafel. Nr. 18.
- Urgeschichte der Menschheit** von Prof. Dr. M. Hoernes. Mit 48 Abbildungen. Nr. 42.
- Völkertunde** von Dr. M. Haberlandt. Mit 56 Abbild. Nr. 73.
- Tierkunde** von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 78 Abbild. Nr. 60.
- Geschichte der Zoologie** von Prof. Dr. Rud. Burdhardt. Nr. 357.
- Tierbiologie** von Prof. Dr. S. Simroth. Nr. 131.
- Tiergeographie** von Prof. Dr. A. Jacobi. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Das Tierreich I: Säugetiere** von Oberstudientrat Prof. Dr. Karl Lampert. Mit 15 Abbildungen. Nr. 282.
- **III: Reptilien und Amphibien** von Dr. Franz Werner, Privatdozent an d. Univ. Wien. Mit 48 Abbild. Nr. 383.
- **IV: Fische** von Dr. Max Ranther, Privatdoz. d. Zoologie an d. Universität Gießen. Mit 37 Abbildungen. Nr. 356.
- **VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Professor der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Marburg. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.
- **II: Organbildung.** Mit 46 Figuren. Nr. 379.
- Schmaroger und Schmarogertum in der Tierwelt** von Prof. Dr. F. v. Wagner. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Die Pflanze** von Professor Dr. E. Dennert. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Das Pflanzenreich** von Dr. F. Reinecke u. Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Figuren. Nr. 122.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels. Nr. 389.
- Pflanzenbiologie** von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abb. Nr. 127.
- Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen** von Prof. Dr. W. Migula. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.

Die Pflanzenwelt der Gewässer von Prof. Dr. W. Migula.
Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.

Exursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen. 2 Bänden. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.

Die Nadelhölzer von Prof. Dr. F. W. Reger in Charandt.
Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.

Ruhpflanzen von Prof. Dr. F. Behrens. Mit 53 Abb. Nr. 123.

Das System der Blütenpflanzen mit Ausschluß der Gymnospermen von Dr. R. Pilger. Mit 31 Figuren. Nr. 393.

Die Pflanzenkrankheiten von Dr. Werner Friedrich Bruck in Gießen. Mit 45 Abbildungen und 1 farbigen Tafel. Nr. 310.

Mineralogie von Prof. Dr. R. Brauns. Mit 130 Abbild. Nr. 29.

Geologie von Prof. Dr. E. Fraas. Mit 16 Abb. u. 4 Taf. Nr. 13.

Paläontologie von Prof. Dr. R. Hoernes. Mit 87 Abbild. Nr. 95

Petrographie von Prof. Dr. W. Brühns. Mit vielen Abbildungen. Nr. 173.

Kristallographie von Prof. Dr. W. Brühns. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.

Geschichte der Physik von Prof. A. Kistner. Mit 16 Figuren.
2 Bände. Nr. 293, 294.

Theoretische Physik von Prof. Dr. G. Jäger. Mit Abbildungen.
4 Teile. Nr. 76—78 u. 374.

Radioaktivität von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.

Physikalische Messungsmethoden von Oberlehrer Dr. Wilh. Bahrdt. Mit 49 Figuren. Nr. 301.

Geschichte der Chemie von Dr. Hugo Bauer. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.

— II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.

Anorganische Chemie von Dr. F. Klein. Nr. 37.

Metalloide (Anorganische Chemie 1. Teil) v. Dr. D. Schmidt. Nr. 211.

Metalle (Anorganische Chemie 2. Teil) v. Dr. D. Schmidt. Nr. 212.

Organische Chemie von Dr. F. Klein. Nr. 38.

Chemie der Kohlenstoffverbindungen von Dr. H. Bauer.
4. Teile. Nr. 191—194.

Analytische Chemie v. Dr. Johs. Hoppe. 1. u. 2. Teil. Nr. 247, 248.

Makroanalyse von Dr. D. Köhm. Nr. 221.

Technisch-Chemische Analyse von Prof. Dr. G. Lunge. Mit
16 Abbildungen. Nr. 195.

Stereochemie von Prof. Dr. E. Bedekind. Mit 34 Fig. Nr. 201.

- Allgemeine und physikalische Chemie** von Dr. Max Rudolphi.
Mit 22 Abbildungen. Nr. 71.
- Elektrochemie** von Dr. Heinr. Danneel. I: Theoretische Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Figuren. Nr. 252.
- II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Agrikulturchemie. I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer.
Nr. 329.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** von Dr. Paul Krißche.
Nr. 304.
- Physiologische Chemie** v. Dr. med. N. Legahn. 2 Teile. Nr. 240, 241.
- Meteorologie** von Dr. W. Trabert. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
- Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht** von Dr. A. Nippoldt jr. Mit 14 Abbildungen und 3 Tafeln. Nr. 175.
- Astronomie** von Möbius, neubearbeitet von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.
- Astrophysik** von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. Mit 11 Abb. Nr. 91.
- Astronomische Geographie** von Prof. Dr. S. Günther. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
- Physische Geographie** von Prof. Dr. S. Günther. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
- Physische Meereskunde** von Prof. Dr. Gerhard Schott. Mit 28 Abbildungen und 8 Tafeln. Nr. 112.
- Klimakunde. I: Allgemeine Klimalehre** von Prof. Dr. W. Köppen. Mit 2 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 114.

Weitere Bände sind in Vorbereitung.

✓
1.
Sammlung Götschen

Paläoklimatologie

Von

Dr. Wilh. R. Eckardt

Assistent am Meteorologischen Observatorium
und der öffentlichen Wetterdienststelle in Aachen

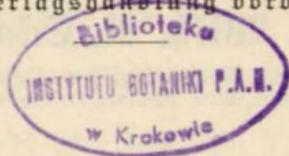


Leipzig

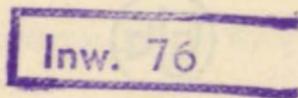
G. J. Götschen'sche Verlagshandlung

1910

Alle Rechte, insbesondere das Übersetzungsrecht,
von der Verlagsbandlung vorbehalten



17973



Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig

Inw. 91

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorbemerkungen	5
Einführung	
Die Aufgabe der Klimatologie und Paläoklimatologie	7
Das Beweismaterial für die Eigentümlichkeiten der geologischen Klimate	9
Das geologische Beweismaterial. Die Bodenbildung unter dem Einfluß des Klimas	9
Das paläontologische Beweismaterial und seine Bedingtheit	15
Das Problem der Akklimatisierung der Organismen	20
Die präkarbonen Perioden	25
Das Karbon	
Der ozeanische Charakter des Klimas und das Problem der Zonengliederung im Karbon	27
Verkohlung und Vertorfung	28
Die Eigentümlichkeiten der Karbonflora und ihre Beziehungen zum Klima	30
Die klimatischen Verhältnisse im Permokarbon	
Der Sitz der permokarbonen Eiszeit	33
Das Klima Mitteleuropas im Perm	36
Das Mesozoikum	38
Der wüstenartige Charakter der mesozoischen Festländer im allgemeinen	39
Die typischen Wüstenbildungen des Mesozoikums	40
Die Klimazonen im Mesozoikum, besonders in der Jura- und Kreideperiode	
Die Jahresringbildung der Holzgewächse	41
Die Zonentheorie von Neumayr und Römer	43
Der Ursprungsort der tropophyten Laubbölzer	44
Die Temperaturverhältnisse der Erde zur Jurazeit nach Neumayr und von Kerner	45
Die Tertiärzeit	46
Die tertiären Pflanzenfunde der höheren Breiten	47
Die höheren Temperaturverhältnisse einiger Länder niederer Breiten zur Tertiärzeit	48
Die Gründe gegen die Kontinuität des Abkühlungsprozesses der Erde im Tertiär	
Die Zonengliederung in der arktischen Zirkumpolarregion	50
Frostspuren im Untermiozän Mitteleuropas	51
Die Ursachen der höheren Wärme im tertiären Norden	52
Die diluviale Eis- oder Schnezeit	
Die Ausdehnung der diluvialen Eismassen	54
Einige Haupteigentümlichkeiten des Glazialproblems	55

Die Ursachen der Eiszeit, bestehend in der Konfiguration der Länder und Meere	57
Die klimatischen und meteorologischen Verhältnisse des Diluviums	58
Das Problem der „Interglazialzeiten“	62
Das Steppenklima Mitteleuropas zur Eiszeit	66
Die Wirkungen des eiszeitlichen Klimas auf die Organismen .	68
Das Ausklingen der Pluvialzeit in die historische Gegenwart .	69
Die allgemeine Konstanz des heutigen Klimas	70
Der Einfluß des Waldes auf das Klima	73
Das Problem der Austrocknung der Kontinente, besonders in seinen Beziehungen zur Diluvialzeit	75
Säkulare Klimaperioden	79
Die Gründe für die Eigentümlichkeiten des Klimas der geologischen Vergangenheit	83
I. Der vermutliche Einfluß der inneren Erdwärme auf das Klima der Vergangenheit	84
II. Das Verhalten des Sonnenkörpers. Die Entwicklungsgeschichte der Sonne in ihren Beziehungen zu den geologischen Klimaten .	86
III. Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und ihre Wirkung auf das Klima	89
Die Theorie Arrhenius-Frech von dem wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Kohlenäure	90
IV. Die geographischen Gründe für die Änderungen des Klimas	
Der Einfluß der Konfiguration der Länder und Meere auf das Klima	95
Das Fundamentalsystem der Luftbewegung	96
Der modifizierende Einfluß der Landmassen auf die Lage und Ausbreitung der großen Luftdruckgebiete	98
Die Verlagerung der Drehungspole bzw. die Bewegungen der Erdkruste	100
Die permokarbone Vergletscherung	103
Die Tertiärzeit	104
Die diluviale Eiszeit	109
Kritik der Theorie der Polverschiebungen und ihrer Bedeutung für die geologischen Klimate	117
Die Pendulationstheorie und die geologischen Klimate	125
Kosmische Ursachen terrestrischer Klimaperioden	128
Die Schiefe der Ekliptik	128
Die Exzentrizität der Erdbahn	129
Unterschied in der Dauer der Jahreszeiten	130
Kritik der kosmischen Ursachen terrestrischer Klimaperioden	131
Zusammenfassung der über das Klima der geologischen Vergangenheit gewonnenen Resultate	135

Vorbemerkungen.

Die von der fachmännischen Kritik meiner in der „Wissenschaft“ bei Friedr. Vieweg und Sohn in Braunschweig 1909 erschienenen Monographie „Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart“ zuteil gewordene günstige Aufnahme veranlaßte mich nicht in letzter Hinsicht, den Ursachen der geologischen Klimate weiter nachzuspüren und den Gegenstand z. T. von neuen Gesichtspunkten aus zu beleuchten. Während ich daher in jenem Buche eine Geschichte der irdischen Klimate gegeben habe, suchte ich an dieser Stelle die Resultate und markanten Momente der paläoklimatologischen Forschung ausführlicher zu behandeln, sie jedoch gleichzeitig dem Zweck der „Sammlung Götschen“ entsprechend zu einem kurzen Lehrgebäude in kompendiöser Form auszugestalten.

Unter der Literatur wäre in allererster Linie hervorzuheben das bereits erwähnte „Klimaproblem“ des Verfassers sowie E. Brückner, Klimaschwankungen nebst Bemerkungen über das Klima der Diluvialzeit, Wien 1890; ferner das vortreffliche Werk von J. Walther, Geschichte der Erde und des Lebens, Leipzig 1908, das als ein allgemein geologisches auch das Klimaproblem eingehender berücksichtigt; sowie das Bändchen der „Sammlung Götschen“ Kossmat, Paläogeographie; auch Neumayrs Erdgeschichte kann mit Erfolg für eine eingehendere Lektüre herangezogen werden. Die bedeutendste Förderung erfuhr aber die paläoklimatologische Forschung neuerdings entschieden durch zahlreiche Veröffentlichungen von Kerners, auf die in den Fußnoten besonders hingewiesen wurde.

Wer sich selbst wissenschaftlich mit dem Problem beschäftigen will, dem werden die zahlreichen Fußnoten willkommene Fingerzeige bezüglich der weiteren wichtigen Literatur geben. Es seien jedoch außer den bereits genannten Werken als wissenschaftliche Grundlagen ein für allemal hier ganz besonders noch hervorgehoben:

J. Hann, Handbuch der Klimatologie, I. Bd., 3. Aufl., Stuttgart 1908.

Lethaea geognostica, Handbuch der Erdgeschichte. Herausgegeben von Fr. Frech. Stuttgart 1897ff.

D. Heer, Flora fossilis arctica Bd. 1—8.

Em. Kayser, Lehrbuch der allgemeinen Geologie, 2. Aufl., 2 Bde., Stuttgart 1905, besonders Band I.

Einführung.

Die Aufgabe der Klimatologie und Paläoklimatologie¹⁾.

Unter Klima verstehen wir die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, die den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche kennzeichnen²⁾. Der Meteorologie hingegen fällt die Aufgabe zu, den Zusammenhang der Erscheinungen der Atmosphäre aufzudecken, d. h. die in der Lufthülle unseres Planeten erfolgenden Veränderungen zu erklären. Die Meteorologie ist, kurz gesagt, die Physik der Atmosphäre. Aber auch die Klimatologie ist ein Zweig der Meteorologie im weiteren Sinne, der zwar ebenso, wie diese überhaupt, sich auf der Experimentalphysik und der Geographie aufbaut, in dem jedoch das geographische Moment das physikalische überwiegt. Eine wissenschaftliche Klimatologie muß vor allem danach streben, alle klimatischen Elemente oder Faktoren durch Zahlenwerte zum Ausdruck bringen zu können, da nur durch wirkliche Messung unmittelbar vergleichbare Ausdrücke und bestimmte Vorstellungen der meteorologischen Verhältnisse und Zustände gewonnen werden können. In der Klimatologie treten aber vor allem jene meteorologischen Erscheinungen in den Vordergrund, die auf das organische

¹⁾ Die Literatur über das paläothermale Problem ist äußerst umfangreich und abgesehen von einigen selbständig erschienenen Abhandlungen in den verschiedenen geographischen, geologischen und allgemein naturwissenschaftlichen Zeitschriften zerstreut. Sie lediglich zu sammeln und nach gewissen Gesichtspunkten zu ordnen würde ein ganzes Buch füllen. An verschiedenen Stellen des Bändchens muß auf die für unseren Gegenstand wichtigsten Erscheinungen kurz besonders aufmerksam gemacht werden.

²⁾ Vgl. hierüber die Bändchen dieser Sammlung: Köppen, Klimafunde I; Trauert, Meteorologie sowie J. Hann, Handbuch der Klimatologie Bd. I, 3. Aufl., Stuttgart 1908, ferner das größere Werk: Ed. Brückner, Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen usw., Wien 1890.

Leben der Erde den größten Einfluß nehmen. Die Wichtigkeit der einzelnen klimatischen Elemente wird also von einem außerhalb derselben liegenden Gebiet aus bestimmt, und die Klimatologie erweist sich dadurch auch als eine teilweise im Dienste anderer Wissenschaften und der Praxis stehende Disziplin. So hätten wir denn die Klimatologie schlechthin als die Lehre von dem mittleren Zustand der Atmosphäre und dessen regelmäßigen und extremen Schwankungen zu trennen von der auf die Biologie und allgemeine Geographie angewandten Klimatologie. Denn gleich wie heute die tropische Flora von der gemäßigten und diese sich wieder von der polaren unterscheidet, und das Vorkommen und Fortkommen gewisser Pflanzen innerhalb dieser Zonen gewissermaßen wie ein selbstregistrierendes Thermometer die charakteristischen Temperaturen einer bestimmten Gegend annähernd anzuzeigen vermag, so können wir auch auf Grund der paläophytologischen Funde, wenn auch nicht immer ohne weiteres auf so einfache Weise, Schlüsse ziehen auf die wichtigsten Eigentümlichkeiten der geologischen Klimate. Wir müssen daher das Wort „Klima“ noch in weiterem Sinne fassen und ihm dahin Ausdruck verleihen, daß wir unter Klima alle Veränderungen der Atmosphäre zu verstehen haben, welche die Organismen merklich affizieren, in erster Linie natürlich die Pflanzen, für deren Entwicklung und Gedeihen unter den geographischen Faktoren das Klima unstreitig der wichtigste ist. Ohne Luft kein Leben. Wo aber Veränderungen des Luftkreises stattfinden, da folgen auch Veränderungen des Lebens. Auf diesen Standpunkt stellt sich auch die Paläoklimatologie, die Lehre von dem Klima der geologischen Vergangenheit¹⁾. Die Aufgabe dieses Wissens-

¹⁾ Vgl. W. R. Eckardt, Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart; „Die Wissenschaft“ 31. Heft, Braunschweig 1909. In diesem Buche habe ich nebenbei auch diejenigen Gründe eingehender berücksichtigt, die höchstens als Zufälligkeiten gewisse Eigentümlichkeiten der geologischen

zweiges ist es, lediglich an der Hand des paläontologischen Beweismaterials neben dem rein geologischen Schlüsse auf das Klima der vergangenen Erdepochen zu ziehen.

Das Beweismaterial für die Eigentümlichkeiten der geologischen Klimate.

Die beiden wichtigsten Symptome für die Umgrenzung bestimmter Klimagebiete erblicken wir in den Verwitterungserscheinungen, den Farben der Verwitterungsprodukte sowie in den typischen organischen Einschlüssen, den Leitfossilien, der verschiedenen geologischen Epochen¹⁾.

Das geologische Beweismaterial. Die Bodenbildung unter dem Einfluß des Klimas.

Wenn es sich um das Problem der Bodenbildung²⁾ handelt, so unterscheiden wir die mechanische Zerstörung des festen Gesteins und die chemische Zersetzung desselben. Ganz allgemein kann man sagen, daß in den kühleren Zonen die mechanische Zerstörung der chemischen Zersetzung des festen Gesteins vorausseilt, während in den Tropen das Umgekehrte der Fall ist. Vor allem sind auch die Niederschlagsmengen und ihre Verteilung von Einfluß; denn Feuchtigkeit ist für die Zersetzungsprozesse unbedingt erforderlich und der

Klimate erklären können. Im übrigen findet in diesem Buch die Paläoklimatologie in vieler Beziehung ihre biologische Anwendung. Die Abhandlung bildet namentlich auch in bezug auf die kartographische Darstellung eine notwendige und ausführlichere Ergänzung des vorliegenden Bändchens.

¹⁾ Vgl. besonders hierüber J. Walther, Entwicklungsgeschichte der Erde und des Lebens, Leipzig 1908. Dieses Werk, welches der gesamten erdfundlichen Forschung nach jeder Seite hin in gleicher Weise gerecht wird, indem es auch das Klimaproblem eingehender berücksichtigt, bildet nicht nur eine vorzügliche Grundlage, sondern auch eine der besten und ausführlichsten Ergänzungen des vorliegenden Bändchens.

²⁾ Vgl. E. Rammann, Handbuch der Bodenkunde, 2 Bde., Berlin 1906; ferner J. Probst, Klima und Gestaltung der Erdoberfläche in ihren Wechselwirkungen. Stuttgart 1887.

Verlauf der Verwitterung sowie die hieraus resultierende Bodenbildung ist demnach verschieden in den niederschlagsarmen (ariden) tropischen und subtropischen Ländern¹⁾. Besonders energisch ist der Verlauf der Verwitterung in den niederschlagsreichen Tropen und Subtropen, wo man die durch Eisenoxyd rot oder durch Eisenhydroxyd gelb gefärbten Verwitterungsprodukte als Rot- oder Gelberde bezeichnet. Diese Erden bilden sich aus den verschiedensten Gesteinen, nicht nur aus Eruptivgesteinen, sondern auch aus Flözgebirgen (klastischen und aklastischen Sedimenten) und aus jüngeren Ablagerungen. Laterit ist eine etwas unklare Bezeichnung, die man allgemein für unfruchtbare, nährstoffarme Rot- und Gelberde anwendet; er ist keine bestimmte Bodenformation, sondern eine den Tropen und Subtropen eigentümliche Verwitterungsform, die als sandig-lehmiger Verwitterungsrückstand in mancher Hinsicht dem Lehm gleicht und sich besonders aus Granit, Gneis, rotem Sandstein usw. überall dort bildet, wo starker Regenfall, hohe Wärme und reiche Vegetation den Boden chemisch zersetzen. Starker Eisengehalt bedingt die rote Farbe des zelligen Gewebes, das sich an der Luft rasch verfestigt und den Erdboden oft als harte Tenne erscheinen läßt. Der Laterit scheint besonders die höheren Flächen in erodierten Landschaften einzunehmen und ist im tropischen Afrika, Brasilien und Guayana, Mexiko und Zentralamerika, in Südostasien und den australischen Inseln die herrschende Bodenbedeckung. Er besitzt demnach eine ganz außerordentlich weite Verbreitung, indem er nicht weniger als ein Viertel der gesamten heutigen Festlandoberfläche einnimmt. Überhaupt ist in Anbetracht der Tatsache, daß die heiße Zone sechs Zwölftel der gesamten Erdoberfläche umfaßt, die Wahrscheinlichkeit, in einer fossilen Ablagerung Spuren eines

¹⁾ Hilgard, über den Einfluß des Klimas auf die Bildung und Zusammensetzung des Bodens, Heidelberg 1893.

warmen, tropischen Klimas zu finden, zwei- bis sechsmal größer als bei den Symptomen eines gemäßigten und kalten Klimas.

Schon im Tropenklima selbst, und zwar nach den Passatgrenzen zu, wo die Regenzeit von einer Trockenperiode unterbrochen wird, ruht die chemische Verwitterung während der Dauer der letzteren und es beginnt die mechanische Zerküftung des Gesteins¹⁾. So werden die im Boden enthaltenen chemischen Lösungen eingetrocknet und scheiden sich überall als Konkretionen aus, unter denen man durch Konzentration von Mineralsubstanzen um einen Mittelpunkt herum entstandene, gewöhnlich kugelige oder knollige Massen versteht. Vor allem wirkt nun in den eigentlichen Wüsten, wo ein heißes, aber fast immer trockenes Klima herrscht, die Verwitterung am wenigsten rasch. Die chemische Seite der Verwitterung tritt hier fast ganz zurück. Der Wind, die regelmäßigen Passate, und die Sonnenstrahlung sind die ausschlaggebenden Kräfte, aber auch die seltenen gewaltigen Regengüsse vermögen das Antlitz der Wüste bedeutend zu verändern. Daher wird letzteren nach den neuesten Forschungen von Passarge und Penck gerade in dieser Beziehung auch für die Wüste eine hohe Bedeutung beigemessen. Vor allem sind in den ebenen Gebieten der Wüsten die Bedingungen ausgedehnter Dünenbildungen gegeben, welche transgredierend über den denudierten Felsboden oder über die ausgetrockneten Abfälle toniger und salziger Seen wandern, während der leichtere Staub erst außerhalb der Wüste zur Ruhe kommt, wo ihn die salzigen Flächen der Steppen und zarte Grasbüschel auffangen und festhalten. So ist die Wüste, wo nackter, trockner Lockerboden weite Flächen einnimmt, das eigentliche Reich des Windes. Es kommt noch hinzu, daß über baumlosen

1) Vgl. J. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung, Berlin 1906.

Ebenen die untersten Schichten der bewegten Luft eine verhältnismäßig geringe Reibung erleiden und die Windstärke schon unmittelbar am Boden einen hohen Grad erreicht.

Staubniederschläge und Staubtransporte finden zwar gelegentlich auch in allen anderen Gegenden der Erde statt, aber nur auf grasbedeckten Ebenen oder in abflußlosen Becken in der Nähe von Wüstenräumen, deren zerfallende kristallinische Gesteine viel Staub liefern, erreichen sie einen nennenswerten Betrag und wirken oberflächengestaltend. Auf stark geneigtem Boden spült sie der Regen wieder ab, und auf nacktem Boden erfaßt sie wieder der nächste Windstoß und trägt sie weiter.

Ist die Trockenheit so groß, daß die Flüsse das Meer nicht erreichen, so beschränkt sie nicht nur direkt den Pflanzenwuchs, sondern auch indirekt, indem die Salze, die derselben Quelle entstammen wie der Staub selbst und durch Wind und fließendes Wasser überall hin verbreitet werden, den Aufschüttungsboden imprägnieren. So entsteht die Salzsteppe nicht bloß dort, wo sich das Meer erst vor kurzer Zeit zurückgezogen hat, oder wo Salzseen austrocknen, wenn auch im letzteren Falle der Salzgehalt des Bodens in der Regel am größten ist, oft so groß, daß Salzkrusten wie frischgefallener Schnee den Boden weithin bedecken¹⁾.

Tritt eine Klimaänderung ein, so daß der Niederschlag den Betrag der Verdunstung übersteigt, so bahnen sich die erstarrten Flüsse einen Weg zum Meere oder zu den nächsten ozeanischen Flüssen, graben tiefe Erosionsschluchten in das Becken der Salzsteppe ein, tragen die äolischen Ablagerungen dem Meere zu und befreien den Boden von seinem Salz-

¹⁾ Einen vortrefflichen Überblick, über die Beziehungen des Klimas zur Bodenbildung, der vielfach auch allgemeine Gültigkeit besitzt, hat S. Passarge in seiner speziellen Abhandlung gegeben: Die klimatischen Verhältnisse Südafrikas seit dem mittleren Mesozoikum, Z. d. Gef. f. E. 1904, Nr. 3.

gehalt. Die Steppengebilde werden auf diese Weise nach F. von Richthofens Theorie in Löß verwandelt¹⁾.

Infolge des fehlenden Schutzes der Wolken erzeugt in der Wüste die Erhitzung am Tage und die durch Ausstrahlung bedingte Abkühlung in der Nacht Temperaturunterschiede von ungewöhnlicher Stärke, unter deren Einfluß mit der Zeit ganze Gebirge in gewaltige Trümmerfelder verwandelt werden und riesige Schuttmassen verschieden großer Gesteinsblöcke sich in allen Depressionen anhäufen. So sind große Flächen Zentralasiens mit hochrot gefärbten Schuttmassen bedeckt, karminrote Dünen wandern über Arabien hinweg, gelbe Dünen sind in Transkaspien und in Nordafrika verbreitet. Dagegen halten sich, wie gesagt, in Gebieten höherer Breiten mit mehr oder weniger reichlichen Niederschlägen die chemische und mechanische Seite der Verwitterung die Wage, und im Gegensatz zu den hochroten bis braunroten lateritischen Bildungen der Tropen und Subtropen gelangt hier als Endprodukt verschiedener Verwitterungsvorgänge Lehm zu weiterer Verbreitung, der hauptsächlichste Verwitterungsrückstand aller glimmerreichen kristallinischen Gesteine, ein inniges Gemenge von Ton und Sand, durch Eisenoxyd gelb, grau oder braun gefärbt. Vorwiegend in dieser Form finden wir den Eluvialboden in ganz Sibirien, in China, im Osten der Vereinigten Staaten wie in Kalifornien, dem mittleren und südlichen Europa und Australien verbreitet.

In gleicher Weise müssen also die helleren und hauptsächlich die bräunlichen und gelblichen Sandsteine früherer Perioden auf die nördlichen und südlichen Gebiete der Erde wie ihre roten Verwandten auf die Tropen und Subtropen verweisen, und es lassen sich demnach den Regionen der Lateritbildung die der lehmigen Zersetzung gegenüberstellen.

¹⁾ Die geologische Bedeutung des Windes erkannt zu haben, ist überhaupt das epochemachende Verdienst F. von Richthofens; sie in ihrem ganzen Umfange klargelegt zu haben, das Verdienst von Joh. Walther.

Der zähe, in Mitteleuropa gelbbraune Lehm steht aber allem Anschein nach den helleren Sandsteinen ebenso nahe wie der Laterit den roten, indem er das farbige Bindemittel liefert. Weil nun das gemäßigte und kalte Klima seine Heimat ist, so muß dort auch das Vorbereitungsgebiet zukünftiger großer schmutzig-bräunlicher Sandsteinmassen zu finden sein.

Die eigentliche Ursache dieser sonderbaren Verschiedenheiten unter den Verwitterungsprodukten ist noch nicht genügend bekannt, wenn man auch über die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Lehmartens ziemlich gut unterrichtet ist.

Die Zusammensetzung des roten Sandsteins sowie die darin enthaltenen organischen Überreste lassen aber noch einen wichtigen, seine Bildungsweise betreffenden Schluß zu, welcher für unsere Untersuchung von besonderem Werte ist. Die Hauptmassen dieses Gesteines erscheinen nämlich entweder in Seen oder in fast abgeschlossenen Meeresstellen entstanden zu sein. Die Abwesenheit der roten Färbung wird deshalb dann am auffälligsten sein, wenn der betreffende Fundort auch heute noch im Tropengürtel liegt, wenn dort die Ablagerung des Sandes in einem mehr oder weniger abgetrennten Becken stattgefunden hat und wenn überdies gleichzeitig gebildeter dunkelroter Sandstein außerhalb der Tropen und selbst an den Grenzen der kalten Zone angetroffen wird.

Aus alledem geht aber hervor, daß die Beweisraft des in großen Massen angehäuften dunkelroten Sandsteines zugunsten eines warmen Klimas viel größer ist als diejenige des gelb-braun gefärbten Sandsteines für ein kühleres Klima. Denn wenn sich auch die typisch rote Farbe nur unter dem Einfluß der Wärme zu entwickeln scheint, so kann doch auch in den Tropen heller gefärbter Sandstein unter verschiedenen Bedingungen entstehen, so z. B. wenn die anstehenden ver-

witterten Felsarten nicht genügend Eisen enthalten¹⁾. Immerhin können wir aus den für die einzelnen Klimazonen charakteristischen Farben in den geologischen Formationschichten mit ziemlicher Sicherheit auf alte klimatische Ursachen schließen.

Schließlich beruht das paläothermale Problem noch auf der Untersuchung der Gerölle, also auf dem Nachweis der Ritzung und Politur, bzw. auf der Feststellung eines pseudoglazialen Ursprungs beruht die Feststellung des Vorhandenseins und der Verbreitung ausgedehnter ehemaliger Eismassen. Bekanntlich haben die Gletscher durch die Bewegung den Felsuntergrund geschrammt und abgeschliffen, sie vermochten sogar flache Vertiefungen auszuhobeln, so daß sie sehr charakteristische Formen erzeugten. Das frühere Erosionsrelief wurde stark umgeändert, mitunter ganz verwischt; die Schuttwälle, welche die Eismassen zurückließen, dämmten die Wasserläufe häufig auf, so daß der Reichtum an Seen, Torfmooren und Sümpfen für die von eiszeitlichen Gletschern bedeckt gewesenen Gebiete äußerst bezeichnend ist. So ist selbst das Erdrelief zu einem guten Teil ein Produkt des Klimas, und frühere klimatische Verhältnisse lassen sich aus demselben ableiten²⁾.

Das paläontologische Beweismaterial und seine Bedingtheit.

Schon früh mußte man erkennen, daß die fossile Lebewelt, deren Reste man eingeschlossen in den geologischen Formationen fand, ihrem klimatischen Charakter nach von der heute an Ort und Stelle existierenden verschieden war. Denn außer tropischen Pflanzentypen finden sich sogar Riffkorallen, die heute

¹⁾ Vgl. D. Reichgauer, Äquatorfrage, Stehl 1902, Kap. 11, Verbreitung des Roten Sandsteines S. 289 ff.

²⁾ Vgl. Wm. M. Davis, Topographical records of changing climates, Americ. Met. Journ. Vol. 12, S. 378.

eine Wasserwärme von mindestens 20° beanspruchen, nicht nur in gemäßigten Gegenden — z. B. in den Alpen, der Eifel und auf der Insel Gotland —, sondern sogar innerhalb des Polarkreises in karbonischen Schichten auf Nowaja Semlja und sind neuerdings im Devon des Heureka Sund unter 78° n. Br. nachgewiesen. Auf die allgemeine Verbreitung der Landflore allein oder der Meeresfaunen allein würde ein weitgehender Schluß auf Gleichmäßigkeit der klimatischen Verhältnisse a priori nicht begründet werden können. Aber die gleichartige Beschaffenheit der beiden verschiedenartigen Gruppen scheint auf den ersten Blick jeden Zweifel auszuschließen; man müßte denn andererseits annehmen, daß die betreffenden Organismen früher eben unter ganz anderen Bedingungen gelebt hätten als heute. Beide Ansichten beruhen jedoch, wie wir noch ausführlicher zeigen werden, oft auf Fehlschlüssen. Mit Recht drängt sich daher ohne weiteres der Gedanke an eine Klimaänderung auf. Zwei Wege gab es nun, die zur Feststellung der geologischen Klimate führen konnten. Entweder man verglich die organischen Formen aus verschiedenen Formationen und aus der Gegenwart miteinander und suchte aus der Änderung des Charakters derselben die Änderungen des Klimas im Laufe der Zeiten zu erkennen. Oder aber man legte das Hauptgewicht auf den Vergleich der Floren und Faunen ein und derselben Periode und strebte danach, für die Vorzeit die Existenz oder das Fehlen von Klimaabstufungen festzustellen, wie wir ihnen heute zwischen Pol und Äquator begegnen. Beide Wege sind eingeschlagen worden, aber sie führen ohne weiteres nicht immer zu einem einwandfreien Resultat.

Vor allem ist bei derartigen Untersuchungen die Auswahl der Organismen durchaus nicht gleichgültig. Man denke nur an die heute ausschließlich tropischen Proboszidier, während ein Vertreter dieses Säugetierstammes, als kälteangepaßtes,

sogar mit einer Austerklappe geschütztes Mammuth, im Diluvium nicht nur die arktischen Gebiete Europas, sondern selbst die eisigen Tundren Sibiriens bewohnte. Die Pflanzen und Tiere des Landes bilden jedoch immerhin ein empfindlicheres Prüfungsmittel als die des Meeres, da diese den schroffsten Temperaturwechseln entzogen sind. Aber auch innerhalb des Meeres selbst treten wieder schwerwiegende Unterschiede auf, denn nur die Bewohner der oberen Meeresschichten sind vom Klima stärker beeinflusst und sind deshalb auch zu dessen Feststellung geeigneter als die Tiere der Tiefsee, die in den verschiedensten Teilen nur geringe Unterschiede zeigen, da hier zu jeder Jahres- und Tageszeit dieselben klimatischen Bedingungen herrschen. So sind lediglich gerade die litoralen und Flachseefaunen in ihrer Verbreitung hochgradig beeinflusst durch die Temperatur des solaren Klimas. Eine geringe Verschiebung des Poles, eine Änderung der Küstengestalt, die den Meeressströmungen neue Wege vorzeichnet und damit Veränderungen der Meerestemperatur herbeiführt, genügt, um sofort eine Wanderung ganzer Faunengruppen zu veranlassen. Wir sehen dann im Profil konkordant auf marinen Schichten eine marine Schichtenreihe mit einem kleinen oder großen Prozentgehalt neuer Formen. So sind im allgemeinen die marinen Tiere, welche die Mehrzahl unserer Leitfossilien bilden, überhaupt für die Beurteilung des Klimas nicht durchaus geeignet, zumal eben die gleichmäßigen Temperaturverhältnisse der größeren Wassertiefen sowohl, wie auch die oberflächlichen Meeressströmungen u. dgl. eine allgemeinere Verbreitung von Bewohnern der offenen See begünstigen. Um daher speziell aus der Verbreitung der marinen und Flachseebewohner sichere Schlüsse auf das Klima ziehen zu können, wird es nötig sein, daß möglichst viele und die verschiedenartigsten Organismen eines betreffenden Gebietes für gewisse Eigentümlichkeiten im Klima desselben sprechen.

Je weiter wir aber in die Vorzeit eindringen, desto mehr solcher Zeugnisse eines bestimmten Klimas müssen verlangt werden. Denn je weiter wir in die geologische Vergangenheit rückwärts dringen, umso einförmiger wird die Lebewelt, und in diesem Umstand ist für das Klimaproblem der Erde eine der Hauptschwierigkeiten begründet. Was dagegen die Organismen der jüngeren Vergangenheit anlangt, so besitzen diese unter den gegenwärtig lebenden Verwandte, aus deren Lebensbedingungen sich oft ohne weiteres ein ungezwungener Schluß auf die der fossilen Verwandten ziehen läßt. Erinnert sei nur an die tertiären Riffkorallen, aus deren Vorkommen wir allein auf ein wärmeres Klima ihrer Fundorte zu schließen berechtigt sind.

Was aber die Gleichartigkeit der Flora oder Fauna einer geologischen Epoche anlangt, so folgt daraus noch keineswegs auch ihre absolute Gleichaltrigkeit¹⁾. Speziell die fossilen Floren höherer Breiten sind Küstenfloren gewesen, und ihre Bildung ist mit der Änderung der Konfiguration des Geländes allmählich mehr lokal entstanden, und es braucht daher nicht auf den weitesten Strecken des Erdballs ein und dieselbe Flora gleichzeitig existiert zu haben. So kann man, um ein Beispiel vorwegzunehmen, in der arktischen Tertiärfloora mit subtropischem Charakter sowohl ein Äquivalent der tropischen Cozän- und Oligozänflora als der subtropischen Miozänflora Mitteleuropas sehen. Im ersteren Falle würde zwischen der subtropischen Tertiärfloora der Polargebiete und der subtropischen des schweizer und westdeutschen Miozäns ein ähnliches Altersverhältnis bei gleichzeitiger naher Verwandtschaft bestehen, wie zwischen der fossilen miozänen Flora Mitteleuropas und der heute noch fortlebenden nahe verwandten subtropischen Vegetation Japans und der südlichen Vereinigten Staaten, und die Temperaturdifferenz zwischen Mitteleuropa und dem Polargebiete wäre bedeutend und

1) Bgl. S. Potonié, Lehrbuch der Pflanzenpaläontologie, Berlin 1899, S. 357.

keineswegs bestände ein homogenes Klima¹⁾. Gleichwie aber die Erde auch heute nicht gleichmäßig von den Organismen bewohnt wird, so wäre eine zuverlässige Lösung dieser Frage für die geologische Vergangenheit nur durch kontinuierliches Verfolgen der Tertiärschichten nach Norden möglich; ein solches aber ist infolge der Unterbrechung des Festlandes durch den Ozean ausgeschlossen. Namentlich aus solchen Gründen aber sind wir außerstande, ein zusammenhängendes geologisches Profil der ganzen Erdkruste freizulegen.

Nicht zu vergessen ist aber schließlich die oft große Unvollständigkeit der paläontologischen Überlieferung. Es sei nur an diejenigen Fossilien erinnert, welche vermöge ihrer weichen Körperbeschaffenheit, ihres Aufenthaltes oder ihrer Lebensweise überhaupt, nur durch das zufällige Zusammenreffen seltener Umstände als Fossilien erhalten werden können, wie z. B. Quallen, Aszidien, Insekten, Vögel, kleine Säugetiere, krautartige Pflanzen u. a. m.

Vor allem beruht jedoch das Wesen der Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferung auf dem fortwährenden Wechsel heteromesischer, heterotopischer und heteropischer Bildungen, und diese Lückenhaftigkeit ist natürlich mit der in der Reihe der Formationen allenthalben nachweisbaren Änderung der physikalischen Bedingungen notwendig verknüpft; sie ist um so größer, je weniger Terrain die geologische und paläontologische Forschung auf der Erdoberfläche erschlossen hat, und je ungenauer die Untersuchungen sind²⁾.

¹⁾ Vgl. die verschiedenen Ansichten Heers in *Flora fossilis arctica* Bd. I S. 73, Bd. VII S. 22 und Engler, *Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt*, 2 Bde., Leipzig 1879 und 1882 sowie A. Penck in *Verh. des V. Deutschen Geographentages*, Berlin 1885, S. 33; Neumayr, *Erdgeschichte* Bd. II, 1. und 2. Aufl., Leipzig.

²⁾ H. Hoernes, *Die Unvollständigkeit der paläontologischen Überlieferung*, Kosmos, Ztschr. f. einheitliche Weltanschauung auf Grund der Entwicklungslehre, herausg. von Dr. Ernst Krause, IV. Jg., VII. Bd., Leipzig 1880.

Das Problem der Akklimatisierung der Organismen¹⁾.

Wenn die Wahrscheinlichkeit, in einer fossilen Ablagerung Spuren eines warmen, tropischen Klimas zu finden, zweibis sechsmal größer ist als bei den Symptomen eines gemäßigten und kalten, so ist es schon in Anbetracht dieser Tatsache kein Wunder, wenn tatsächlich weitaus die meisten Fossilien den Charakter solcher Typen tragen, welche heute für die heißen Gegenden charakteristisch sind. Aber man darf nicht vergessen, daß daneben, allerdings weniger häufig, auch der entgegengesetzte Fall eintritt. So ist in allen älteren Formationen eine Abteilung der Bryozoen oder Mooskorallen, die Gruppe der Zyklostomen überaus verbreitet, welche jetzt ganz vorwiegend in den polaren Meeren lebt. Die in den mesozoischen Ablagerungen so überaus häufige und verbreitete Muschelgattung *Astarte* ist heute fast ganz auf die kalten Meere beschränkt, und hier findet sich auch der letzte Vertreter der früher vielfach verbreiteten Gruppe *Cyprina*; die schon im Silur häufige und namentlich in Jura und Kreide in zahlloser Menge auftretende Brachiopodensippe *Rhynchonella* ist jetzt hochnordisch, und die Haifischgattung *Selache*, welche jetzt auf die grönländischen Gewässer beschränkt ist, findet sich in den Kreideablagerungen weit südlicherer Gegenden.

Solche durchaus nicht vereinzelte Fälle lehren jedenfalls mit untrüglicher Sicherheit, daß die tierischen und auch die pflanzlichen Typen nicht unabänderlich auf dieselben äußeren Verhältnisse und namentlich auf bestimmte Wärmegrade angewiesen sind, sondern daß sie sich akklimatisieren. Mögen wir nun annehmen, daß die Riffkorallen ehemals in kühleren, oder daß die zyklostomen Bryozoen in wärmerem Wasser gelebt haben als heute, oder daß beide ihre Gewohnheiten geändert

¹⁾ Vgl. W. R. Eckardt, über die Gründe der Artenarmut Mitteleuropas an Holzgewächsen und das Akklimatisierungsproblem der Pflanzen, Geogr. Ztschr. Jg. 1909, S. 11, sowie: Derselbe, Klimaproblem S. 57—68.

haben, jedenfalls geht aus einer übergroßen Zahl von Thatsachen mit zwingender Notwendigkeit die Richtigkeit des Schlusses hervor, daß eine Anpassung der Organismen an Veränderungen der Temperatur im Laufe der Erdgeschichte vor sich gegangen ist, und zwar in weit höherem Grade, als man das in der Regel vorausgesetzt hat.

Es ist ein Grundzug der organischen Schöpfung, daß sie sich von der Sonnenwärme immer freier zu machen sucht. Man braucht nur an die beiden höchsten Klassen zu denken, an die Säugetiere und Vögel. Diese allein haben den Vorzug, daß sie von der äußeren Temperatur unabhängig sind, indem sie als homöotherme Tiere die Fähigkeit erlangt haben, ihre Körpertemperatur zumeist unausgesetzt auf demselben Niveau zu erhalten. Wahrscheinlich ist alles Leben aus dem Wasser ans Land gestiegen. Denn die Emanzipation vom Wasser und dann vom Sumpf ist nicht nur die Geschichte der Tierwelt, sondern auch der vegetabilischen Organismen. Die Karbonflora war zum weitaus größten Teil noch rein amphibischer Natur. Auch die höhere Tierwelt hat im Wasser oder an der Küste ihren Ursprung genommen und bevölkert als Amphibien bereits im Paläozoikum die Küstengegenden der Festländer, als Reptilien im Mesozoikum auch die trockneren Binnenlandstriche. Aber die Existenz dieser Tierwelt ist doch durchweg immer noch eng an das nasse Element oder doch wenigstens an einen üppigen Pflanzenwuchs gebunden, der sich eben seinerseits wiederum nur an feuchteren Lokalitäten vorfindet: in den Küstengegenden, den Ufern der Seen, in sumpfigen Niederungen und Flußthälern. Nur in der Nähe des Wassers waren die nötigen Bedingungen zum Unterschlupf gegen alle kontinentalen Einflüsse am ehesten gegeben für eine mit wechselwarmem Blute ausgestattete Tierwelt, die für größere klimatische Gegensätze sehr empfindlich sein mußte. Diese Eigenschaft der Tierwelt, oder besser gesagt, der Großtierwelt,

verliert sich aber mit zunehmender Anpassung der betreffenden Organismen, vor allem auch der vegetabilischen, an alle kontinentalen Gegenseite, also vor allem auch an das Klima der großen Kontinentalmassen, die den weiten lebenerhaltenden Raum den Organismen im „Kampf ums Dasein“ darboten. Es entstehen die Warmblütler: die Säugetiere und Vögel, in der Pflanzenwelt die ausgeprägten Xerophyten und Tropophyten. Gleichzeitig geht die Artenzahl der großen Reptilien zurück, zunächst namentlich in den mit einem kontinentalen Klima ausgestatteten Ländern höherer Breiten, und die Warmblütler treten an die Stelle jener. Trotzdem stirbt die Amphibien- und Reptilienwelt nicht aus, aber die „Entstehung der Arten“ weist die Tatsache auf, daß die Individuen, indem sie dem Eroberungszuge der Pflanzenwelt über die kontinentalen Landmassen hin folgen, im allgemeinen an Größe abnehmen, weil die Bedingungen des Unterschlupfes mit zunehmender Kontinentalität schlechter werden, während sie sich zum Zwecke der Erhaltung einer solchen stenothermen Tierwelt in jenen Gegenden verbessern müßten.

Bietet so die Welt der großen Amphibien und Reptilien im allgemeinen einen guten Maßstab für die Beurteilung des Klimas der vergangenen Erdperioden, so läßt sich daselbe von der Pflanzenwelt nicht immer in gleicher Weise behaupten. Man darf nicht ohne weiteres aus der Tatsache, daß Pflanzen, die heute nur noch in den wärmeren und heißen Gegenden der Erde vorkommen, ehemals auch in kühleren gemäßigten wuchsen schließen, daß die weitgehendsten Anpassungen auch der vegetabilischen Organismen an das Klima, sei es, was die Temperaturverhältnisse anlangt, in positivem oder negativem Sinne, unter allen Umständen stattgefunden hätten. Man darf nicht vergessen, daß Arten, die jetzt in den Tropen und früher in höheren Breiten wuchsen, wohl in der größeren Mehrzahl nicht ein und dieselben sind. Einander nah ver-

wandte Arten verlangen oft ein sehr verschiedenes Klima. Es sei hier nur an die typischen Eichenarten erinnert. Aus den fossilen Pflanzenarten früherer Perioden die genauen Wärmeverhältnisse der betreffenden Gegenden in allen Fällen ziffernmäßig bestimmen zu wollen, geht demnach nicht an. Im Laufe der geologischen Epochen müssen Anpassungen auch der pflanzlichen Organismen an das Klima erfolgt sein. Sind doch eben die Arten nichts anderes als Fähigkeiten der Natur: Produkte sämtlicher Einflüsse der Außenwelt, nicht allein, aber wohl zum größten Teil des Klimas. Denn alles, was tatsächlich an einer Zelle, einem Organe, einer ganzen Pflanze geschieht, wird durch die inneren Bedingungen bestimmt. Die fundamentale Tatsache aber, auf der die ganze biologische Forschung beruht, ist die Abhängigkeit der inneren Bedingungen von der Außenwelt. Alle inneren Bedingungen sind veränderlich; ihre Veränderungen stehen in notwendigem Zusammenhang mit Änderungen der Außenwelt. So konnte lediglich der „Kampf ums Dasein“, nicht aber der den vegetabilischen Organismen etwa willkürlich innewohnende Anpassungstrieb die Ansprüche der Arten an das Klima bei der immer fortschreitenden Differentiierung im Laufe der geologischen Epochen für die Folge für unsere Begriffe dauernd festlegen. Denn das, was wir heute bei den Pflanzen Akklimatisirung nennen, ist nichts anderes als eine bloße Akkomodation oder Adaption: eine Ausnutzung der klimatischen Bedingungen, die zum Gedeihen der betreffenden Gewächse ein für allemal gegeben sein müssen.

In der Regel ist die klimatische Grenze eines Gewächses, sowie eines Lebensgebietes überhaupt, keine absolute, sondern nur eine relative; sie ist eben keine Linie, sondern ein flächenhafter Saum, an dessen Innenseite die geschlossene oder Massenbewegung, deren Träger die Individuen einer Art

oder die Bäume eines Waldes sind, zum Stehen kommt, während die Vorposten oder Ausläufer darüber hinausgehen. Das ist von großer Bedeutung für die Erkenntnis der Richtung, in der die Bewegung geht, denn wo ihr Halt geboten wird, bricht sie in der Regel nicht plötzlich ab, sondern bezeichnet die Richtung ihres Vorschreitens durch eine Anzahl von Vorposten, die über die geschlossene Linie hinausgehen: die Hauptwelle ist im Vorschreiten gehemmt, aber sie zittert nun in weiter hinausgeworfenen, niedrigeren Wellenringen über den Ort des Stillstandes hinaus. Die Masse kann die Bewegung nicht fortsetzen, die einzelnen Glieder übernehmen sie mit Hilfe ihrer Fähigkeit, günstige Bedingungen in räumlich beschränktem Vorkommen auszunutzen. Es ringen in diesem Raume mit der betreffenden Art andere Gewächse im „Kampf ums Dasein“, die besser eingerichtet sind, den verschiedensten feindlichen Agentien Trotz zu bieten, die erstere daher verdrängen und so eine weitere Akklimatisation der eindringenden oder ursprünglich ebenfalls einheimischen Gewächse verhindern. So verschwinden z. B. im Laufe der geologischen Epochen aus den gemäßigten Klimaten allmählich die Palmen, um den, für den Wechsel des Klimas besser eingerichteten Tropophyten und xerophytischen Koniferen Platz zu machen.

Wir müssen dabei namentlich einen sehr merkwürdigen Umstand ins Auge fassen, nämlich die große Lebenskraft, Anpassungsfähigkeit und Zähigkeit der Organismen der gemäßigten und namentlich der nördlichen gemäßigten Zone bei ihrer Übertragung in fremde Erdstriche. Sie greifen, in fremde Regionen verpflanzt, aufs rascheste um sich und verdrängen häufig genug die dort einheimischen Tiere und Pflanzen. Man kann so gewissermaßen von einer ausgeprägten Aggressivkraft solcher Organismen sprechen, die ihre Eigentümlichkeiten einem kontinentalen Klima verdanken, indem sie im „Kampf

uns Dasein“ gestählt werden. Etwas Ähnliches war im Mesozoikum der Fall, wo die kontinentale Fazies der Flora des Permokarbons, die Glossopterisflora, westerobernd über den ganzen Erdball hinwegschritt.

Es fällt uns zunächst die Aufgabe zu, die Eigentümlichkeiten des Klimas der einzelnen geologischen Epochen¹⁾ näher ins Auge zu fassen und eventuell zuzusehen, ob sich ohne Anwendung irgendwelcher hypothetischer Hilfsfaktoren Erklärungsgründe für dieselben finden lassen.

Die präkarbonen Perioden.

Über das Klima der präkarbonen Perioden können wir uns kurz fassen. Wenn in den festländischen Ablagerungen des Algonkiums noch keine Spur von Landpflanzen gefunden wurde, so muß der wüstenartige Charakter des damaligen Festlandes betont werden. Die eckige Beschaffenheit und die geringe Entfernung des Gesteinschuttes von seinem Ursprungsort spricht für seltenen Regen, die Trockenrisse für intensive Sonnenwärme. Die ersten deutlicheren Spuren des Erdklimas sind uns aus dem Kambrium überliefert. Wenn wir uns die oben angedeutete Wirkung der verschiedenen Klimate der Erde auf die Bodenbildung vergegenwärtigen, so kommen wir für diese Epoche zu dem bemerkenswerten Resultate, daß ganz analog den heutigen Verhältnissen rote Konglomerate, Sandsteine und Schiefer in niederen Breiten,

¹⁾ Vgl. hierzu als geographische Grundlage das in dieser Sammlung erschienene Bändchen Kosmat, Paläogeographie (Geologische Geschichte der Meere und Festländer) 1908; namentlich auch die beigegebenen Tafeln: Verteilung von Land und Meer während der wichtigsten Formationen, im vorliegenden Falle Figur 1 und 2.

gelbe, graue und grüne Farben dagegen in höheren Breiten vorwiegen. Aus dieser Tatsache aber ist ohne weiteres der Schluß berechtigt, daß auch damals bereits klimatische Unterschiede existierten und ferner die Lage der Klimazonen zwischen Äquator und Pol annähernd dieselbe wie heute gewesen sein muß. Ist doch auch unter dem Wendekreise in Nordindien ein abflußloses Gebiet nachgewiesen worden, wo ein Salzlager von 150 m Mächtigkeit in der Salt-range auftritt¹⁾.

Was dagegen die nördlichen Gebiete anlangt, so sind Spuren von Gletscherwirkungen im Kambrium von Pennsylvanien vermutet worden, sowie östlich des Nordkaps am Baranger Fjord, ganz abgesehen von der nicht ganz beweiskräftigen Verbreitung der Holoithen in Lappland, Schottland und Nordamerika. Neuerdings sind auch aus Australien und China kambriische Moränen beschrieben worden, und wenn auch noch keineswegs an allen diesen Stellen der Erde die Eiswirkung vollkommen einwandfrei erwiesen ist, so ist doch an der Existenz von Eisdecken bereits im Kambrium nicht mehr zu zweifeln. Hat man doch auch an der Basis des Kapsystems im mutmaßlich silurischen Tafelbergsandstein einen „Tillit“ entdeckt, d. h. ein Gestein, welches aufs Haar einem verfestigten, in Schottland „Till“ genannten Geschiebelehm gleicht und gekriste Geschiebe von echt glazialen Charakter führt²⁾. Ferner hat man in einem noch tieferen Horizonte, nämlich in den Prätoriaschichten des Transvaalsystems, gleichfalls Spuren von „Tillit“ gefunden, die ebenfalls zweifellos für glazial gehalten werden müssen. Diese Funde beweisen also zur Evidenz, daß bereits im Paläozoikum eine deutliche Zonengliederung, bzw. starke klimatische Unterschiede auf der Erde vorhanden waren. Da im übrigen das Silur- und Devonklima dem karbonischen sehr ähnlich gewesen sein dürfte, so

¹⁾ Walther a. a. O. S. 198.

²⁾ H. Penck, Südafrika und die Sambesifälle, Geogr. Ztschr. 1906, 36. XII, Heft 11.

wollen wir uns in der Hauptsache auf die Charakteristik des Karbonklimas beschränken und nur gelegentlich, wenn es der Gegenstand erfordert, auf die Klimate früherer Epochen verweisen.

Das Karbon.

Der ozeanische Charakter des Klimas und das Problem der Zonengliederung im Karbon.

Da Tieffseebecken vom Charakter der heutigen abysalen Depressionen im Karbon noch nicht existierten oder doch erst in den Anfängen ihres Entstehens begriffen waren¹⁾, so mußte der Weltozean seinen Spiegel höher spannen über die damaligen Kontinente als in der Gegenwart und die Herrschaft eines ozeanischen Klimas mußte sich auf weiten Gebieten des Erdballs geltend machen. Die weltweite Verbreitung der Steinkohlenflora mag daher wenigstens zum Teil auf diese Tatsachen sich zurückführen lassen; ausschließliche Ursache der allgemeinen Verbreitung dieser Flora konnte das ozeanische Klima jedoch nicht sein. Denn es ist nicht zu vergessen, daß überhaupt noch im Paläozoikum eine einförmigere Organismenwelt existierte. Ist doch nicht nur die karbonische Meeresfauna in ihrer pelagischen Fazies, sondern auch in den Brachiopoden-, Schnecken-, Seelilien- und Korallenablagerungen der Flachsee an den entferntesten Punkten der Erde eine überraschend gleichartige. In den unteren Karbonschichten unter 74 und 76° n. Br. entdeckte man dieselbe üppige Karbonflora, welche auch die Gebiete der gemäßigten neuen und alten Welt zur Karbonzeit besiedelte, während man im Kohlenfalk an der Nordküste von Grinelland (83° n. Br.)

¹⁾ J. Walther, über Entstehung und Besiedelung der Tieffseebecken, Naturw. Wochenschrift N. F., Bd. III, Hft. 46.

auf Korallen und Kephelopoden von dem Habitus eines mindestens warmen Klimas stieß. Auch von der Bäreninsel und von Spitzbergen wurden karbonische Pflanzengattungen und Arten beschrieben, die mit denen Europas identisch waren. Ja, die den Bärlappen und Schachtelhalmen verwandten Bäume sowie die Farne, welche die Steinkohlenflöze in der Hauptsache gebildet haben, verbreiten sich, abgesehen vom äußersten Norden, über 76° fast unverändert von Spitzbergen und Nowaja Semlja bis an den Sambesi und Südbrasilien.

Verkohlung und Vertorfung.

Vornehmlich auf Grund dieser Funde hat man geschlossen, daß in der Karbonzeit ein homogenes Klima auf der Erde geherrscht habe. Dagegen sprechen jedoch folgende wichtige Tatsachen: Wenn es sich auch bei Entstehung der Steinkohlen, wie man bisher fast allgemein angenommen hat, nicht um einen Vertorfungsprozeß, sondern wohl um eine Art Gärungsprozeß handelt¹⁾, so scheint dieser doch auf den ersten Blick gleichwie der Vertorfungsprozeß, annähernd von denselben Temperaturen abhängig gewesen zu sein, denn zwischen der geographischen Verbreitung der Steinkohlenfelder und der tertiären Braunkohlenlager besteht zu einem guten Teile eine nicht verkennbare Übereinstimmung. Wir wissen nun aus der Gegenwart, daß der Vertorfungsprozeß im allgemeinen mittlere und niedere Temperaturen verlangt, daß Torfbildung im Tropenlande daher im allgemeinen zu den Seltenheiten gehört²⁾. Auch im Paläozoikum hätten die Kohlenlager um so

1) Vgl. F. Walthers, Lebensgeschichte der Erde sowie A. Dannenberg, Geologie der Steinkohlenlager, Berlin 1907.

2) Vgl. Naturwiss. Wochenschr. Bd. VI, Nr. 42, wo eine Schilderung des von Coorders durchquerten und mit immergrünem Mischwald bestandenen Tropenmooses entworfen wird, welches sich in einer heißen Ebene des flachen östlichen Teiles der Insel Sumatra am Ufer des Kamparsflusses mehr als 90 km von der Küste entfernt findet, eine Breite von 12 km besitzt und einen Flächenraum von 80 000 ha einnimmt. Vgl. auch H. Streimme, über tropische Moore „Gaean“ 1909.

eher imstande sein müssen, ein wichtiges Glied in dem gleichzeitig entstandenen Schichtenverbände zu bilden, je mehr ihre klimatischen Entstehungsbedingungen denen der Äquatorialgrenze der tertiären und unserer heutigen Moorgürtel entsprachen: eine gewisse Höhe der Temperatur setzt eben der Moorbildung im allgemeinen eine gewisse Grenze, innerhalb der Vermoorungsklimate erreicht die Intensität der Torfbildung ihr Maximum, jedoch in relativ warmen Gegenden¹⁾. So tritt in der Tat die typische Steinkohlenflora zwischen den heutigen Wendekreisen zurück und an ihre Stelle tritt hier schon frühzeitig die kontinentale Fazies der Karbonflora²⁾: die Glossopterisflora. Auch muß andererseits das Fehlen der Sigillarien in den Kohlenfeldern höherer Breiten oder doch ihre Seltenheit, bzw. kümmerliche Entwicklung, auffallen. Immerhin sind diese Tatsachen noch nicht ganz beweiskräftig für das Klima, denn die Karbonflora war ja amphibischer Natur und konnte auch am Gestade eines Meeres gedeihen, welches unter der Herrschaft des Passatwindes stand, wo ja an den Westseiten der Kontinente die Auftriebswässer, sogenannte kühle Meeresströmungen, unter dem Einfluß jenes Windes entstehen. Infolge des ausschließlich litoralen Pflanzenwuchses im Paläozoikum, dessen Möglichkeit eben selbst in den Passatzonen gegeben war, sowie aus weiter unten noch näher zu erörternden Gründen, ist aber auch die Rekognoszierung des festländischen Wüstengürtels besonders für das Karbon in hohem Maße erschwert³⁾. Der Vorgang der Kohlenbildung ist also für das Klima des Karbons noch nicht ganz beweiskräftig, zumal wir annehmen müssen, daß es sich bei Entstehung der Steinkohle wohl in erster Linie

¹⁾ F. Solger, Die Moore in ihrem geographischen Zusammenhang, Btschr. d. Geol. f. Erdkunde zu Berlin 1905, Hft. 9.

²⁾ Vgl. weiter unten S. 33 ff.

³⁾ Über die Verteilung von Land und Meer während der Karbonzeit vgl. R o s s m a t, Paläogeographie (Sammlung Götschen) Figur 3.

um einen Gärungsprozeß gehandelt hat, der etwa wie die fossilen Faulschlammbildungen in der Gegenwart, als eine vom Klima nur sehr wenig abhängige Humusform¹⁾ vor sich ging.

Die Eigentümlichkeiten der Karbonflora und ihre Beziehungen zum Klima.

Da ferner der Karbonflora im allgemeinen alle Merkmale eines im Rhythmus mit den Jahreszeiten vor sich gehenden Dickenwachstums fehlte, letzteres vielmehr der niederen phylogenetischen Stellung der Karbonflora entsprechend, sicher in ganz anderer Weise vor sich ging als das unserer dikotylen Laubhölzer und Koniferen, so können wir auch hieraus nicht ohne weiteres auf das Klima schließen. War doch die Karbonflora, wie erwähnt, eine Strandflora amphibischer Natur, die im Begriff stand, vom Meer aus den Brackwassergürtel sumpfiger Küstengebiete zu durchschreiten, um auf das Festland erobernd vorzudringen²⁾. Als solche aber hätte sie in den höheren Breiten nur an die Existenz warmer Meeresströmungen gebunden sein müssen und wäre somit den starken klimatischen Kontrasten der Kontinente wenigstens bis zu einem gewissen Grade entrückt gewesen. Auch aus dem Umstand, daß die Karbonflora zum Teil kauliflor gewesen ist³⁾, wie viele unserer heutigen Tropenpflanzen, darf man nicht ohne weiteres gleich auf ein tropisches Klima erkennen, indem sie wuchs, vielmehr ist dieser Umstand lediglich ein Beweis dafür, daß die Küstengegenden der Erde im Karbon naturgemäß ebenfalls im allgemeinen zu den niederschlagsreichen Gegenden gehört haben dürften. Jedoch war es keineswegs der Fall, daß ein besonders feuchtes Klima im Karbon über die ganze Erde hin

¹⁾ A. Dannenberg, Geologie der Steinkohlenlager.

²⁾ F. Walther, Geschichte der Erde und des Lebens S. 301 ff.

³⁾ G. Potonié, über die Entstehung der Steinkohle, Naturwiss. Wochenschr. N. F. 1907, Bd. VI, Hft. 1.

geherrscht hat. Es wechselten vielmehr auch in dieser Epoche niederschlagsärmere und niederschlagsreichere Perioden miteinander ab, die wohl vorwiegend durch große lokale Ursachen, und zwar in erster Linie durch tektonische Bewegungen der Erdrinde, veranlaßt werden konnten, indem in Küstennähe sich aufwölbende Gebirge den Regenfall steigern und andererseits ihre Denudierung denselben wieder vermindern mußte. So wird uns klar, wie bei dem allgemeinen Wüstencharakter der Festländer im Paläozoikum, der auf entwicklungs geschichtlichen Gründen der Pflanzenwelt beruhte, vielerorts ein wüstenartiges Klima der Kohlenbildung vorausgehen und nach erfolgter Bildung unmittelbar wieder eintreten konnte¹⁾.

So erscheint die Annahme durchaus unberechtigt, daß die Karbonflora für ihr Gedeihen ein tropisches Klima verlangt habe. Da wir ferner wissen, daß die Glossopterisflora ursprünglich die kontinentale Fazies der Karbonflora in höheren Breiten gewesen ist und beide Floren in Südamerika und Australien vielfach in Gemeinschaft miteinander gefunden wurden, so ist diese Annahme auch aus diesem Grunde hinfällig. Nach alledem läßt sich mit Sicherheit nur das behaupten, daß die Karbonflora im allgemeinen in den wärmeren Breiten der Erde ihren dominierenden Sitz hatte, und zwar am Gestade der Kontinente, wo, abgesehen von den oben geschilderten entwicklungs geschichtlichen Gründen der Pflanzenwelt, die besten Bedingungen ihrer Existenz sowie des Verkohlungsprozesses überhaupt gegeben waren. Was jedoch das Vorkommen in hohen polaren Breiten anlangt, für das sich unter den heutigen Verhältnissen kein Analogon findet, so vermag dasselbe auch die in jener Zeit größere Wasserbedeckung der Erde, ja selbst die keineswegs ohne weiteres damit verbundene kräftigere Zirkulation warmer Meeresströmungen, auch im günstigsten Falle, nicht zu erklären, da unter solchen Umständen

¹⁾ J. Walther a. a. O. S. 301 ff.

gerade die für den Pflanzenwuchs so nötige Sonnenwärme wegfallen würde. Ferner wären aber auch die Unterschiede der Wintertemperaturen und selbst der Jahrestemperaturen in den untersten Luft- und obersten Wasserschichten auf einer vorwiegend mit Meer bedeckten Erde noch recht erheblich gewesen. Bei der jetzigen Sonnenstrahlung und Absorption der Atmosphäre ergibt sich als Luftwärmedifferenz zwischen Äquator und Pol auf einer Wasserhemisphäre nach Zenker 35°, wobei zu bemerken ist, daß dieser Wert insofern zu klein ist, als er eine Luftwärme von -9° über offenem Wasser am Pol voraussetzt, bei -3° aber schon Eisbildung einträte, und dann die Lufttemperatur weit unter -9° hinabgehen würde. Eine über die ganze Erde sich erstreckende Gleichartigkeit solcher Organismen, welche in den obersten Schichten des Meeres, bzw. an dessen Ufern lebten, läßt sich daher thermisch nicht begründen¹⁾.

Nach alledem ist es sehr unwahrscheinlich, daß das Klima, in dem die Karbonflora wuchs, ein rein tropisches gewesen ist, und doch läßt sich ein sicherer Beweis auf Grund unserer heutigen Kenntnisse weder für noch gegen diese Ansicht erbringen. Es braucht die Temperatur — denn die nötige Feuchtigkeit war ja im Brackwasser an der Küste jederzeit gegeben — nur so hoch gewesen zu sein, daß sie für jene im System eine niedere Stellung einnehmenden Pflanzen das ganze Jahr hindurch ein fortwährendes, ungestörtes, gleichmäßiges Wachstum bedingte, denn die zahlreichen mit sekundärem Holzzuwachs ausgestatteten Gewächse des Karbon Calamiten, Cordaiten, Lepidophyten u. a. müßten andernfalls wenigstens Andeutungen von Zonenzuwachs (Jahresringen) zeigen. Da indessen selbst bei der permokarbonen Glossopterisflora, welche

¹⁾ Friß von Kerner, Bemerkung zu „Carlos Burdhardt: Sur le climat de l'époque jurassique“, Verh. der k. k. Reichsanstalt 1907, Nr. 16, S. 382/386.

die kontinentale Fazies der paläozoischen Flora höherer Breiten bildete, solche Erscheinungen noch nicht nachgewiesen werden konnten, so müssen wir annehmen, daß das Wachstum jener Pflanzen bis zu einem gewissen Grade unabhängig vom Klima oder eben in ganz anderer Weise erfolgte als das der heutigen Baumgewächse.

Einige noch zu lösende Hauptprobleme für das Karbon wären demnach folgende: War intensive Kohlenbildung auch im Tropenklima möglich? Gesah das Wachstum unabhängig von den Jahreszeiten? Erfolgte das Wachstum der Karbon- und Permflora überhaupt analog dem unserer heutigen dikotylen und gymnospermen Hölzer?

Die klimatischen Verhältnisse im Permokarbon.

Der Sitz der permokarbonen Eiszeit.

Den stärksten Stoß dürfte die Lehre vom homogenen Klima des Paläozoikums erlitten haben, nachdem sich die Deutung gewisser karboner Vorkommnisse als Gletscherbildungen bestätigt hat. Es treten nämlich in den oberen Karbonschichten im südlichen Afrika, in Australien und Indien vielfach eigentümliche Konglomerate auf, die in Schieferton und feinkörnigen Sandstein eingebettet sind und gefrizte Blöcke von echt glazialen Habitus enthalten. Der Umstand, daß die einzelnen Geschiebe geschrammt und gefrizt sind, ganz wie die diluvialen, beweist deutlich den Eistransport, bzw. die Wirkung des Eises überhaupt. Aber nicht nur die geschrammten und gefrizten Geschiebe sowie typische Grundmoränen sind aus Ostindien, Südafrika und Viktoria beschrieben worden, auch unzweifelhafte Schrammung des Untergrundes

ist wiederholt beobachtet worden. Speziell die unter dem Produktuskalf liegende, dem europäischen Rotliegenden parallelisierte Bandschab- oder Geschiebegruppe stellt einen Ausläufer der im peninsularen Indien weitverbreiteten Glazialfazies des Perm dar: der alle Merkmale einer Grundmoräne zeigende, 10—40 m starke basale Blocklehm ist ein gelblicher bis rötlicher, ungeschichteter, grobkörniger Lehm mit zahlreichen wirr gelagerten, eckigen, zum großen Teil gekritzten Geschieben von Porphyry und anderen ihrer Heimat nach unbekanntem Gesteinen.

Die Eiswirkung selbst ist nicht von polarer Richtung ausgegangen, sondern die Gletscher kamen in Südafrika von Norden und aller Wahrscheinlichkeit nach in Asien aus derselben Richtung, während fast unter demselben Breitengrade auf der nördlichen Halbkugel, in Ostindien, die Gletscher von Süden kamen.

Speziell in Südafrika erkennen wir die Spuren des einem verfestigten Geschiebelehm gleichenden, nach englischer Grundlage „Tillit“ genannten Gesteins auf zwei Seiten eines Dreiecks, dessen Spitze unsern Pretoria, dessen anderes Ende nördlich Durban, dessen drittes am Orangeflusse bei Priska gelegen ist, also an zwei Seiten eines Dreiecks, verglichen an Größe dem Dreieck Kassel—Königsberg—Kraukau. Man hat es also in Südafrika hart an der Grenze der Tropenzone, zwischen 26 und 31° j. Br. mit den Spuren eines permokarbonen Inlandeises zu tun, das zweifellos seinen Ausgangspunkt vom nördlichen Transvaal hatte, von wo aus es sich gegen Natal, Kapland und Namaland erstreckte, sich also polwärts bewegte.

Fast unter denselben Breitengraden beobachtete man in Australien ganz ähnliche Folgen von Gletschererscheinungen¹⁾.

¹⁾ Vgl. A. Penck, Die Eiszeiten Australiens, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1900, Bd. 35.

Nähe bei Adelaide sind gefaltete Tonstiefer und Quarzite, in Victoria silurische Gesteine mit deutlichen NS und EW gerichteten Gletscherschliffen bedeckt, und zwar haben wir es in Südaustralien und Tasmanien ebenso wie in Südafrika mit den Wirkungen eines Inlandeises zu tun. Weiter nördlich in Neusüdwales dagegen müssen die Zungen der australischen Gletscher bis zur Küste des Meeres gereicht haben, denn sie wechsellagern hier mit marinen Gesteinen. Daselbe war schließlich auch in 20° n. Br. auf der ostindischen Halbinsel im Norden und Nordosten von Dechhan der Fall, wo die von einem südlichen Ursprungslande stammenden Gletscher ebenfalls bis ins Meer reichten. In Gesellschaft mit diesen geologischen Funden tritt die Glossopterisflora auf, welche eben ihren botanischen Merkmalen nach die kontinentale und in höheren Breiten entstandene Fazies der Karbonflora darstellt.

Was den Erklärungsgrund für das Vorkommen mächtiger Eismassen gerade an den Grenzen der Tropenzone anlangt, so muß vor allem betont werden, daß, um unter den gegenwärtigen geographischen Verhältnissen an den bezeichneten Stellen solch enorme Eismassen ins Dasein zu rufen, nur wenige Teile der Erdoberfläche einer allgemeinverwendenden Vereisung entgehen würden: müßte doch die heutige Schneegrenze stellenweise um 3000 m herabgesenkt werden. Aber es genügt auch nicht die bloße Annahme einer bedeutenden Hebung jener Gebiete über den Meeresspiegel, denn gerade die Grenzgegenden der Tropenzone sind der Entstehung ausgedehnter Gletschermassen überaus ungünstig, weil gerade für diese Länder der Erde je nach ihrer Lage zum Meere bzw. den umgebenden Landmassen, Luftdruck und Winde entweder ein trockenes Wüsten- bzw. Steppenklima oder ein Monsunklima bedingen, in welchem letzterem die kalte Jahreszeit arm an Niederschlägen ist, in der warmen Jahreszeit aber letztere bis in große Höhen hinauf in Form von Regen fallen

und so das Schmelzen des winterlichen Schnees noch unterstützen. Beide Klimatypen sind demnach der Gletscherbildung in höchstem Grade ungünstig. Es können also nur ausgedehnte und zugleich in bedeutenderer Meereshöhe gelegene Ländermassen höherer Breiten die Entwicklung größerer Binnenland-eismassen herbeiführen. Alles das aber, zusammengenommen mit den Argumenten für eine ehemals viel größere Ausdehnung der Südkontinente, gestattet wohl auch Rückschlüsse auf die Existenz entsprechend bedeutender Vertikalerhebungen¹⁾.

Das Klima Mitteleuropas im Perm.

Für jene Länder niederer Breiten, welche der Sitz der permokarbonen Eiszeit waren, muß ohne weiteres ein feuchtes Klima angenommen werden, was diese Gegenden in einen scharfen Kontrast zu den europäisch-nordamerikanischen Trockengebieten bringt²⁾. Denn wenn auch die Steinkohlenbildung und die Wüstenperiode auf der Nordhemisphäre zeitlich durch einen langen Zwischenraum getrennt ist, in welchem man ebenfalls auf Eis Spuren stößt, so lassen diese sporadischen Funde doch keinen Zweifel darüber, daß es sich nicht um ein erdumspannendes eiszeitliches Phänomen gerade hier gehandelt haben kann, daß vielmehr lokale Gletschererscheinungen in dem ozeanischen Klima des Karbons, wie des Paläozoikums überhaupt, keine auffallende Erscheinung gewesen sein dürften. Es muß vielmehr nach wie vor das Vorkommen von permokarbonen Glazialbildungen gerade in niederen Breiten um so mehr auffallen, als sich eben andererseits für Europa konstatieren läßt, daß wir im Perm die Steinkohlenbildung auf den ersten Blick verdrängt sehen durch Steppen- und Wüstenerscheinungen. Freilich sind nicht so sehr diese klimatischen

¹⁾ Vgl. Kosmat, Paläogeographie (Sammlung Götschen) Figur 3.

²⁾ Vgl. Kosmat, Paläogeographie; ferner Solger, Die Moore a. a. O. sowie Fr. Frech, Studien über das Klima der geologischen Vergangenheit II, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1906, S. 533.

Erscheinungen die Ursachen des Rückganges der Kohlenbildung als vielmehr entwicklungsgeschichtliche Gründe im Pflanzenreiche: eine weitere Emanzipation der Pflanzen vom Wasser.

Zur Zeit der älteren Dyas hat in Europa ein Wüstenklima noch nicht bestanden, wie schon die ausgedehnten Binnenseen mit ihrer reichen Fisch- und Lurche fauna beweisen. Ferner sprechen Konglomerate mit ihren im Wasser abgerollten Geschieben und der oft mehrere hundert Meter erreichenden Mächtigkeit für das Vorhandensein von Wildbächen und reißenden Flüssen während der Epochen des Rotliegenden und zum Teil sogar des mesozoischen Buntsandsteins. Es ist sonach klar, daß die mächtigen, aus gerundeten Rollsteinen bestehenden Schichtensysteme der Gesamtmasse des deutschen Rotliegenden ebensowenig unter der Herrschaft der typischen Wüstenwinde, der Passate, entstanden sind, wie die mit Fischen, Schalthieren und Amphibien erfüllten Abjäge alter Binnenseen. Denn die Kantengeschleife, die Merkmale der schleifenden Tätigkeit des Windes, fehlen im deutschen Rotliegenden vollkommen. Während desselben kann demnach in Europa kein typisches Wüstenklima, sondern höchstens ein durch Regen- und Trockenzeiten charakterisiertes Steppenlima geherrscht haben, was — vgl. S. 38 — auch durch die Jahresringe des Staffurter Steinsalzlagere bestätigt wird.

Erst in der Neodyas, am Schluß der Zechsteinepoche, trocknete das nordische bis nach Mitteldeutschland vordringende Meer unter der Herrschaft eines reinen Wüstenklimas aus. Es wurden also nicht die Steinkohlenbildungen in Europa unmittelbar durch Wüstenerscheinungen verdrängt, vielmehr liegt die außerordentlich lange, durch mannigfache Erosionserscheinungen, vulkanische Ausbrüche sowie durch eine Meeresstransgression des unteren Zechsteins ausgefüllte

Periode der älteren und mittleren Dyas zwischen der europäischen Steinkohlenformation und der im Steppen- und Wüstenklima erfolgenden Bildung der mittel- und norddeutschen Salzlager, d. h. der Zeit des mittleren und oberen Zechsteins.

Das ist die großartige Erscheinung der Austrocknung jenes permischen Meeres, dem wir unsere norddeutschen Kali- und Salzlager verdanken. Aus den Jahresringen des Steinsalzlagers zu Stassfurt aber finden wir ferner die deutlichen Symptome dafür, daß gegen Ende des Paläozoikums die Schiefe der Ekliptik eine beträchtliche war und somit ein auffallender Jahreszeitenwechsel bereits damals existierte¹⁾. Einen Jahreszeitenwechsel aber lassen die im östlichen Vorderindien gefundenen eigentümlichen „Facettengeschiebe“, die man lange Zeit zu den „pseudoglazialen“ Bildungen rechnete, ebenfalls erkennen: sie zeigen, daß der blockreiche Schlamm der Küste während strenger Winter wiederholt tief gefroren gewesen sein muß. Denn große erratische Blöcke sind mit spiegelglatten Facetten bedeckt, so daß man deutlich erkennt, wie sie, eingefügt in den gefrorenen Schlamm, bei einem abermaligen Vorstoß des Eises mit jenem glattgeschliffen wurden.

Das Mesozoikum²⁾.

Aus der relativ großen Fossilienarmut der großen mesozoischen Landmassen, vor allem des afrikanischen Kontinentes, hat man den Schluß ziehen zu müssen geglaubt, daß während des heißen Klimas dieser Erdepoeche die Temperatur der großen Festländer zwischen den Wendekreisen zu hoch gewesen sei,

¹⁾ Walther a. a. O. S. 327.

²⁾ Über die Verteilung von Land und Meer während der Perioden des Mesozoikums vgl. Kosmat, Paläogeographie (Sammlung Göschen) Fig. 4 und 5.

um organisches Leben überhaupt aufkommen zu lassen¹⁾. Da indessen eine Temperaturerhöhung im Äquatorialklima stets auch eine stärkere Verdunstung bedingen muß und nach Erreichung des Sättigungsgrades der Luft der Überschuß in Wasser, in Wolken, Nebel und Regen umgesetzt wird, so muß durch Hervortreten dieser meteorologischen Faktoren im Tropenklima die direkte Wärmequelle, die Sonnenstrahlung, abgedämpft werden. Selbst bei einer heißeren Sonne oder anderen Beschaffenheit der Luft wird daher eine Änderung des Klimas der Erde in positivem Sinne keine so enormen Temperatursteigerungen bedingen, daß Organismen zwischen den Wendekreisen überhaupt nicht zu leben imstande wären. Mit anderen Worten: eine Wüste katexochen ist unter dem Äquator meteorologisch unmöglich.

Der wüstenartige Charakter der mesozoischen Festländer im allgemeinen.

Um die relative Fossilienarmut gewisser mesozoischer Länder zu erklären, wird daher wohl nach einer anderen Ursache für diese Erscheinung gesucht werden müssen, und diese ist in folgendem Umstand begründet: In geologischer Vorzeit war die Wüste nicht so ausgeprägt ein klimatischer oder in zweiter Linie edaphischer Effekt wie heute, sondern vielmehr die Folge einer noch nicht ausgeprägten Xerophilie der Pflanzenwelt²⁾, einer Eigenschaft, die sich diese in der Hauptsache erst im späteren Mesozoikum, und zwar zunächst aus der kontinentalen Fazies der permokarbonischen Flora, der Glossopterisflora, heraus, in ihrer Vollendung jedoch erst im Känozoikum erwirbt. Wenn die gesamte Dikotyledonenflora der tropischen Urwälder und die einer der heutigen Wüsten-

¹⁾ S. Passarge, Inselberglandschaften. Naturwiss. Wochenschr. 1904, S. 636.

²⁾ Vgl. oben S. 31.

und Steppenflora entsprechende Pflanzenwelt jenen Zeiten fast vollkommen noch fehlte, und wenn ferner die frühmesozoische Pflanzenwelt selbst in den in klimatischer Hinsicht nicht den Wüsten- und Steppengebieten gleichenden Zonen noch enger an die Nähe des Wassers gebunden war, so können wir ebenso das farbenreiche Landschaftsbild verstehen, dessen versteinerte Überreste in den roten Sandsteinen und Konglomeraten, welche diskordant die Senken zwischen zackigen Felsen erfüllen, wie die meist nur vereinzelt Fossilien größerer Amphibien oder Reptilien, die in den schwarzen eingeschalteten Kohlenflözen oder den grauen und roten sandigen Tonen uns erhalten sind¹⁾. In den Klimaten mit wechselnden Winden, welche die gemäßigten Breiten selbst bei einer im allgemeinen etwas höheren Temperatur der Erde auch im Mesozoikum besessen haben müssen, kann daher ebenso wie im Rotliegenden nur ein Teil der Sandmassen als fossile Dünen gedeutet werden.

Die typischen Wüstenbildungen des Mesozoikums.

Handelt es sich dennoch vielfach nicht um einen Wüstencharakter des Klimas in weiten Gebieten der Erde im Mesozoikum, so sind typische Wüstenbildungen in größerer zeitlicher und räumlicher Ausdehnung doch in niederen Breiten für dieses Zeitalter bekannt geworden. Als ein wesentlicher Charakterzug weiter Teile von Afrika, aber auch von Australien, Zentralasien und Südamerika sind die weit ausgedehnten, oft völlig ebenen Kumpfflächen zu bezeichnen²⁾. Unter diesen versteht man die durch die Abtragung früherer Gebirge geschaffenen Ebenen, über denen unvermittelt sich einzelne

¹⁾ Walthier a. a. O. S. 367 ff.

²⁾ Vgl. S. Bassarge a. a. O. sowie die Aufsätze desselben Verfassers in Monatsber. d. deutsch. geol. Ges. 1904, S. 193—215 und Kap. 35: Die mesozoische Wüstenperiode in dem Werke „Die Kalahari“, Berlin 1904.

scharf umgrenzte „Inselberge“, d. h. isolierte Berge und Gebirgsstöcke, „wie Inseln aus dem Meere“ als Zeugen für das Vorhandensein der früher weit ausgedehnten, jetzt verschwundenen Gesteinsmassen erheben. Ihre Charakterform als Insellandschaft haben aber die betreffenden weiten Gebiete Inner- und Südafrikas in langen Zeiträumen der Trockenheit unter der Herrschaft des Windes, und zwar eines sehr gleichmäßigen, wohl das ganze Jahr hindurch kontinuierlich wehenden Windes, wie es nur der Passatwind sein kann, erhalten. Daraus geht hervor, daß jene Länder im allgemeinen ein trockenes Klima gehabt und in relativ niederen Breiten gelegen haben müssen, wo die meteorologischen Bedingungen die Entstehung der Wüstenzone bedingen konnten.

So sprechen denn auch die Ergebnisse der dynamisch-geologischen Forschung gegen ein uniformes Klima in früheren Erdperioden. „Denn wie soll man sich auf einem zu einem großen Teil mit Wasser bedeckten Planeten eine typische Wüstenbildung ohne stetige trockene Winde, und diese ohne ungleiche Hebung der Flächen gleichen Druckes und diese Hebung schließlich ohne eine im Vergleich zu den Nachbarregionen stärkere Erwärmung eines Erdgebietes vorstellen. Führt doch auch die Wüstenbildung infolge kalten Küstenwassers auf dem Umwege der Meeresströmungen auf die Passate und auf einen Wärmeunterschied zwischen dem Doldrumgürtel und den Hoßbreiten als letzte Ursache zurück“¹⁾.

Die Klimazonen im Mesozoikum, besonders in der Jura- und Kreideperiode.

Die Jahresringbildung der Holzgewächse.

Wenn auch namentlich in der ersten Hälfte des Mesozoikums das Jahresmittel der atmosphärischen Wärme den heutigen

¹⁾ Fr. von Werner a. a. O. (Vgl. oben S. 32 Anm. 1.)

Durchschnitt zweifellos um einen gewissen Betrag übertroffen hat, so spricht doch ohne weiteres die allgemeine Verbreitung der großen wechselwarmen Reptilien von Südafrika bis Nordrußland sowie das gleichartige Vorkommen triadischer Flachseebewohner ringsum den Stillen Ozean ebensowenig für die Annahme eines frostfreien Klimas auf der ganzen Erde, wie die weite Verbreitung der Sagopalmen oder Zykadeen, auf die man selbst bei Kap Stephan auf Franz Joseph-Land, dem nördlichsten bekannten Fundort mesozoischer Pflanzen, gestoßen ist. Denn einmal genügt dieses fossile Beweismaterial allein nicht, um diese Frage zu entscheiden, und zweitens zeigen andere ebenfalls auf Franz Joseph-Land, bei Kap Flora, sowie in anderen Gegenden höherer Breiten die Grenzsichten von Jura und Kreide erfüllende Pflanzen ganz andere Beziehungen zum Klima, welches während großer Zeiträume des Mesozoikums in jenen Gegenden geherrscht haben muß. Es macht sich nämlich seit der Juraperiode die auffallende Tatsache bemerkbar, daß die versteinerten Hölzer, welche in unseren Breiten gefunden wurden, periodische Jahresringe zeigen, die eben nicht anders gedeutet werden können, als daß sie in rhythmischem Wechsel mit den Jahreszeiten erzeugt worden sind. Den sichersten Aufschluß liefert das dem oberen Jura und der unteren Kreide entstammende Material von König Karls-Land, welches bereits so stark abgesetzte Jahresringe zeigt, wie die rezenten Hölzer, und zwar überwiegen hier die für ein kühleres Klima charakteristischen Abietineen, während Araukarien nicht vorhanden sind. An den kretazeischen Hölzern dagegen, welche in Ostafrika gefunden worden sind, lassen sich in keiner Weise Jahresringe nachweisen. Neben dem Vorkommen der Abietineen zur Kreidezeit in den höheren Breiten aber prägt sich die Klimazonenbildung zu dieser Epoche vor allem auch in dem Hervortreten der tropophyten Laubhölzer aus. Somit

aber hat der Holzbau bereits zu Ende des Mesozoikums im Prinzip bereits vollkommen die Eigenschaften angenommen, die wir an den rezenten Vertretern dieser Familie zu sehen gewohnt sind¹⁾.

Die Jurazeit ist ferner für viele Teile der Erde eine Zeit exzellenter Moorbildung gewesen, und Kohlenflöze aus dieser Formation sind allgemein verbreitet, so z. B. in Ungarn, Japan, China und England (Yorkshire), wo meist überall die Hölzer in der Nähe des Meeres wuchsen und obwohl auf diese Weise den kontinentalen Einflüssen entrückt, trotzdem eine gute Jahresringbildung aufzuweisen haben. Daß aber in Ländern der höheren Breiten eine verhältnismäßig hohe Wärme geherrscht haben muß, geht daraus hervor, daß die zenomanen Ataneschichten Nordgrönlands: Dikotylen in Menge enthalten: u. a. Magnolien, Cedernien, Ficus-Arten, Sassafras; ja, unter 70° n. Br. ist für diese Periode sogar der Brotfruchtbaum (Artocarpus), ein echt tropisches Gewächs, nachgewiesen worden. Die Vertreter jener anderen Gattungen bzw. gar indentschen Arten aber sind heute alle in Nordamerika 35-Breitengrade südlicher zu finden.

Die Zonentheorie von Neumayr und Römer.

Außer der Theorie Neumayrs²⁾ von der klimatischen Zonengliederung in der Juraperiode, wonach sich, abgesehen von manchen Nebensächlichkeiten, im wesentlichen drei homiozoische Gürtel in ostwestlicher Richtung verfolgen lassen, die sich wiederum in einzelne Provinzen (mediterrane, mitteleuropäische und russisch-boreale Provinz) gliedern, hat

¹⁾ W. Gothan und E. Höhne, Über die Frage der Klimazonenbildung in Jura und Kreide, Naturwiss. Wochenschr. N. F. 1908, Bd. VII, Nr. 14. Vgl. auch W. Gothan, Die Jahresringbildung bei den Araukarienzstämmen in Beziehung auf ihr geologisches Alter, Naturwiss. Wochenschr. N. F. Bd. III, Nr. 58, sowie W. Gothan, Die Entwicklung der Pflanzenwelt, Osterwies 1909.

²⁾ R. Neumayr, Über die klimatischen Zonen während der Jura- und Kreidezeit, Denkschrift der Wiener Akad. nat. Kl. Bd. 47.

Römer¹⁾ auf einige weitere, von keiner Seite angezweifelte Anzeichen für die Herausbildung von Klimazonen in der Kreidezeit aufmerksam gemacht. Bereits 1852 gelangte dieser Forscher zu der Überzeugung, daß sich diese in ganz übereinstimmender Weise in Nordamerika und Europa zwischen einer durch das massenhafte Auftreten von Rudisten und riffbildenden Korallen ausgezeichneten südlichen Kreideentwicklung finden, welcher die Kreideablagerungen von Texas und Neumexiko, sowie die des europäischen Mittelmeergebietes angehören, und einer keine Rudisten und Riffkorallen enthaltenden nördlichen Entwicklung, welche die Kreideablagerungen des nördlichen Teiles der Vereinigten Staaten und Nordeuropas umfaßt. Solche Unterschiede aber lassen sich wohl in der Hauptsache auch durch Temperaturdifferenzen der nördlichen und südlichen Kreidemeere erklären.

Der Ursprungsort der tropophyten Laubhölzer.

Jene Funde des Meeres stimmen vorzüglich mit den paläophytologischen Ergebnissen überein. Gegen das Innere Nordamerikas muß in der Kreide ein kälteres Klima geherrscht haben, denn nicht so sehr der tropische oder subtropische als vielmehr der spezifisch amerikanische Charakter macht sich in der Pflanzenwelt bemerkbar: die meisten Baumtypen, die gegenwärtig in Nordamerika gedeihen, sind in der oberkretazeischen Dakotafloora bereits vertreten. Zu jener Zeit sind aber auch die großen Sauropoda in diesen Gegenden bereits ausgestorben, während sie sich in südlicheren Breiten des Kontinents und in Ostafrika, wie die neuesten, namentlich in der Gegend von Lindi gemachten Funde beweisen, weit länger sehr zahlreich erhalten haben.

So lassen sich von der Juraformation ab periodische

¹⁾ F. Römer, Die Kreidebildung von Texas, 1852.

Schwankungen von warmer und kalter Jahreszeit auch an den Organismen, in erster Linie an den pflanzlichen, mit untrüglicher Sicherheit nachweisen.

Die Temperaturverhältnisse der Erde zur Jurazeit nach Neumayr und von Kerner.

Welch wichtige Rolle die Verteilung des Festen und Flüssigen auf der Erde für die Temperaturverhältnisse spielt, geht aus den Berechnungen der Mitteltemperaturen der einzelnen Zonen und Gebiete hervor, die Fr. v. Kerner ¹⁾ ohne Heranziehung irgendwelcher hypothetischer Hilfsfaktoren ganz nach Maßgabe der heutigen Verhältnisse für die Jurazeit berechnet hat, unter der Annahme, daß die Verteilung von Wasser und Land damals der Weltkarte von Neumayr entsprach. Es ergab sich, daß in der Jurazeit die Temperatur von 20° N bis 40° S bedeutend höher war als jetzt; auch von 50° bis 70° n. Br. war sie höher und nur unter 30° N niedriger, also ganz im Gegensatz zu den heutigen Verhältnissen, wo die Südhalbkugel viel kälter ist als die Nordhemisphäre. Die Temperatur der Südhemisphäre war infolge der anderen Verteilung von Wasser und Land zur Jurazeit um 1½° höher als die der Nordhemisphäre, die mittlere Temperatur der ganzen Erde um mehr als 2° höher als in der Gegenwart.

Wenn diesem Resultat eine direkte Verwertbarkeit für die Paläobiologie zunächst auch nicht zukommt, so bietet es

¹⁾ Fr. von Kerner, Eine paläoklimatologische Studie, Aus den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, Math.-naturw. Kl. Bd. 104 Abt. II, April 1895. Vgl. auch die interessante Studie desselben Verfassers: Die theoretische Temperaturverteilung auf Prof. Frech's Weltkarten der altpaläozoischen Zeit, ebenda Bd. 108, Abt. II, März 1899, sowie Fr. von Kerner, Die extremen thermischen Anomalien auf der Nordhemisphäre und ihre Bedeutung für die Frage der geologischen Polverschiebungen, Meteor. Zeitschr. 1909, Heft 10. Schließlich Tafel 1a und b Verteilung der Länder und Meere zur oberen Jurazeit sowie die Luftdruckverhältnisse während des Winters in höheren Breiten der Nordhalbkugel in: Eckardt, Das Klimaproblem.

doch genug Interesse als ziffernmäßiger Nachweis des thermischen Gesamteinflusses, welchen eine bestimmte Änderung eines der den Wärmezustand der Erdoberfläche in erster Linie mit bedingenden Momente bei Konstanz der übrigen ausüben würde.

Die Tertiärzeit.

Die Verteilung von Wasser und Land war während des Tertiärs noch eine sehr von der jetzigen verschiedene¹⁾. Nicht nur war Nordwesteuropa über die Faröer und Island, sondern auch Nordostasien mit Nordamerika durch eine Landbrücke in Verbindung, ein Zustand, der bis gegen den Schluß dieser Formation andauerte; ebenso bestand noch die von Südamerika bis Madagaskar und Indien reichende Südatlantik, die nur während des Cenomans zeitweilig in zwei Kontinente zerfallen war, im Laufe des älteren Tertiärs aber durch immer weitergehende Meerestransgressionen zerstückelt wurde. Vor allem besaß das südeuropäische oder alpine Cozänbecken eine große Ausdehnung. Es umfaßte das ganze südliche Europa mit Einschluß des südlichen Frankreichs, der Alpen und Karpathen und reichte nach Süden bis weit nach Afrika in die Sahara, Libysche Wüste und Agypten hinein, während es sich nach Osten durch Südrußland, Kleinasien und Persien bis nach Zentralasien und von da über Hinterindien nach Australien ausdehnte. Diese breite westöstliche Meeresverbindung zwischen Atlantischem und Stilleem Ocean, die im Osten des Uralgebirges durch einen Meeresarm auch mit dem Polarmeere zusammenhing, war ein Überbleibsel desselben großen zentralen Mittelmeeres, der Tethys, das uns schon in der Juraperiode entgegentritt. Schon aus diesem Grunde müssen die klimatischen Verhältnisse jener Zeit andere

¹⁾ Vgl. hierüber: K o h n a t, Paläogeographie (Sammlung Götschen) Figur 6.

gewesen sein, und so läßt sich für den größten Teil der Tertiärzeit wohl mit Gewißheit behaupten, daß in der Tat diese am längsten währende Epoche des Känozoikums im allgemeinen eine höhere Wärme aufweist als die Gegenwart.

Die tertiären Pflanzenfunde der höheren Breiten.

Die arktische Tertiärflora¹⁾ zeigt, daß unter Breiten von 70—80° N eine Vegetation heimisch war, die auf ein Klima hinweist, wie es sich gegenwärtig etwa in Norditalien findet. Speziell die Vignitschichten von Discoveryhafen auf Grinnel-land in 81° 44' n. Br. erzählen uns, daß die Waldvegetation dieser hohen Breite in der Tertiärzeit bestand aus: Taxodium (distichum), Kappeln, Ulmen, Linden, Fichten, Schneeball, Haselnuß, Weide und Birke. Daneben gab es Nymphaen und Schwertlilien. Aus der geographischen Verbreitung dieser Pflanzen darf man schließen, daß die mittlere Julitemperatur im nördlichsten Grönland damals 17—18° C war (gegenwärtig 2—3°), die Januar-temperatur wohl nicht unter —6° herabging (jetzt —35° bis —40°) und die Jahres-temperatur mindestens 5—6° betrug (jetzt —18 bis —20°). Die miozäne Flora von Spitzbergen (78° N) weist auf eine Jahrestemperatur von 11° hin, jene der Diskobucht auf Grönland (70° N) auf etwa 13°. Kurz, man muß um 20 bis 30° nach Süden gehen, um die wahrscheinlichen mittleren Temperaturverhältnisse von Grönland und Spitzbergen

1) Vgl. hierüber Engler a. a. O., vor allem aber D. Heer, Flora fossilis arctica Bd. I—VIII. An vielen Orten des großen Werkes, so namentlich Bd. I, S. 53 ff. und Bd. VII, S. 226, findet sich eine kurze Zusammenstellung aller klimatologischen Resultate dieses Forschers. Auch R. Keller gibt in seiner Abhandlung „Die fossile Flora arktischer Länder“ im „Kosmos“, Ztschr. f. d. ges. Entwicklungslehre, Bd. 16, im wesentlichen eine treffliche Zusammenstellung der Untersuchungen D. Heers. Ferner: D. Heer, Flora fossilis Helvetiae und Rathorst, Polarforschningsens bidrag till samtidens växtgeografi in N. C. Nordenfjöld: Studier och forskningar föranledda af mina resor i höga Norden, Stockholm 1883. Wichtig ist ferner noch die in dem hochbedeutsamen Werke von Brückner, Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit, Wien 1890 auf S. 3 ff. zitierte Literatur.

während der Tertiärzeit anzutreffen. Die Flora der Miozänzeit in Mitteleuropa (Öttingen) weist ebenfalls auf eine höhere Temperatur, auf etwa 18° im Mittel hin.

Die höheren Temperaturverhältnisse einiger Länder niederer Breiten zur Tertiärzeit.

In Süd- und Mitteleuropa herrschte im Cozän ein Klima, welches, nach der Flora zu urteilen, ungefähr dem mexikanischen oder südostasiatischen entsprochen haben dürfte. Nach den Funden von Aix in der Provence wuchsen daselbst außer Zykadeen und Palmen, besonders Fächerpalmen mit teilweise 1,5 m langen Blattwedeln, Nipa- und Sumpfpalmen, verschiedene Pandanusarten, Bambus und Bananen, zahlreiche Nadelhölzer wie Sequoien, Zypressen, Thujen, Drachenblut, Zimt, Amber, Tulpen, Magnolien, Milanthus, Bombar, Ebenholz und Gummibäume, daneben Nußbäume und Weinrebe, Lorbeer und Myrthe. In den höheren Lagen dagegen Erlen, Birken, Buchen, Hainbuchen, Weiden, Pappeln, Ulmen, Platanen, Ahorne, Kornelkirchen, Haselnuß, Eiben und Efeu. Ferner besaß die Pyrenäenhalbinsel auch noch zur Miozänzeit klimatische Verhältnisse, wie wir sie jetzt in Marokko antreffen: nicht nur die Isothermen lagen damals mindestens um 12° nördlicher, sondern auch das ganze Windsystem, die Nordgrenze des Passatgürtels, muß gleicherweise nach Norden verschoben gewesen sein¹⁾. Aber nicht nur in Europa, sondern auch in weiten Teilen Nordamerikas muß ein wärmeres Klima als heute geherrscht haben. Denn aus den in Pennsylvanien, Nebraska, Colorado, Utah usw. gemachten Funden von fossilen Tieren geht mit Sicherheit hervor, daß selbst noch in der Pleistozänperiode das Klima

¹⁾ A. Penck, Studien über das Klima Spaniens während der jüngeren Tertiärzeit und der Diluvialperiode, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1894, Bd. 29.

jener Länder dem des heutigen Zentralamerika oder wenigstens dem der südlichen Vereinigten Staaten nahe gekommen sein muß. Nicht nur für das Frühtertiär, sondern auch für mehrere frühere geologische Formationen, und zwar mindestens vom Jura an, läßt sich ferner nachweisen, daß die äquatoriale Lage des zentralen Mittelmeeres durch alle diese Perioden hindurch mit bemerkenswerter Stetigkeit Faunen (vor allem Korallen) beherbergt hat, deren tropischer Charakter zweifellos ist. Aber auch in den nördlicheren Teilen dieses Meeres ist, wie z. B. in Belgien, ein Drittel, bei Paris etwa die Hälfte der eoänen Muscheln auf die warmgemäßigten und wärmeren Meere der Gegenwart beschränkt¹⁾.

Die auffallendste Tatsache ist jedoch die, daß sich eine Vereisung der Pole für die Tertiärzeit nicht nachweisen läßt, daß vielmehr die reichhaltigsten Zeugnisse eines stattlichen, zum Teil tropischen Pflanzenwuchses bis in die höchsten Polarregionen aus der Tertiärzeit vorliegen und zwar gelten diese Verhältnisse nicht nur für die Umgebung des Nordpols, sondern auch für die Antarktis, welche ein mit dem heutigen ganz unvergleichlich wärmeres Klima nicht nur im Mesozoikum, sondern auch in der ersten Hälfte der Tertiärzeit anscheinend besessen haben muß. Es erinnert die tertiäre Pflanzenwelt der Antarktis an die gegenwärtige Flora von Südchile einerseits und an diejenige Südbrasilien's andererseits, d. h. sie bestand aus südlich gemäßigten Formen (*Nothofagus*, *Fagus*, *Calcluvia*, *Drimys*, *Araucaria*, *Comata*, *Laurelia*, *Myrica*) zum Teil aus subtropischen Typen (*Miconia*, *Laurus*, *Mollinedia*, *Asophila*, *Asplenium*, *Taniopteris*).

Da nun solche Floramischungen im Tertiär auch für weite Gegenden der Nordhalbkugel charakteristisch sind, so wird man annehmen müssen, daß auch zu jener Zeit bereits eine deutliche Gliederung der Pflanzenwelt in vertikalem

¹⁾ Vgl. Em. Sauer, Lehrbuch der Geologie 2. Aufl., Bd. I, Stuttgart 1905.

Sinne bestanden hat, daß also die subtropischen Typen das Flachland bewohnten, während die gemäßigten Formen auf den höheren Lagen wuchsen.

Es existierte jedoch auch im Känozoikum nicht nur eine deutliche Pflanzengliederung in vertikalem Sinne, sondern es ist vor allem auch eine Florendifferentierung nach der geographischen Breite vielfach erkennbar, und zwar ist diese um so deutlicher und beweiskräftiger für das Klima jener Epochen, weil die tertiären Pflanzen des hohen Nordens ebenso wie die karbonischen nicht auf einem großen Polar-Continent, sondern am Gestade des im Vergleich zu heute wohl bedeutend eingeengten „Eismeeres“ wuchsen¹⁾.

Die Gründe gegen die Kontinuität des Abkühlungsprozesses der Erde im Tertiär.

Die Zonengliederung in der arktischen Zirkumpolarregion.

Die Abkühlung während der Tertiärzeit ist keine allgemeine. So ist z. B. in Japan seit der Miozänzeit so gut wie nichts von einer solchen zu bemerken²⁾, und auch in Sachalin und Kamtschatka weist die tertiäre Flora auf ein im Vergleich zur Gegenwart nur sehr wenig wärmeres Klima hin. Es zeigt sich die Abkühlung in den zuerst auf ihre Fossilflora erforschten Gebiete Europas und vor allem Grönlands am allerintensivsten, beträgt sie doch für Grönland und Grinelland ziffermäßig ausgedrückt gegen 30°. Das muß aber um so mehr auffallen, weil Japan, das Gebiet ohne Abkühlung und Grönland, das Gebiet intensivster Abkühlung nahezu auf einem Meridiankreis liegen, in Grönland unter 70° n. Br. aber im Cenoman der Brotfruchtbaum, Artocarpus, ein echt tropisches Gewächs, gedieh. Auf jeden Fall zeigt das Arktotertiär selbst

¹⁾ Vgl. A. Boeifof, Geologische Klimate, Peterm. Mitt. 41. Bd., Heft 11, 1895.

²⁾ Nathorst, Zur fossilen Flora Japans, Paläont. Abhandlungen, Frz. von Dames und Kaiser Bd. IV, Nr. 3, 1888, S. 53, 51 ff.

eine deutliche klimatische Sonderung in zwei Zonen, deren äußere, bis 75° N reichende eben jene Tertiärflora birgt, welche mit der schweizer miozänen Flora eine Reihe subtropischer Arten gemeinsam hat, während die innere unter 80° Br. gefundene lebhaftere Anflänge an die heutige boreale Flora aufweist.

Frostspuren im Untermiozän Mitteleuropas.

Auch in relativ niederen Breiten Europas machen sich bereits im Miozän die Zeichen einer weiter schreitenden Abkühlung bemerkbar. So hat man an fossilen Blättern der Untermiozänzeit eine auf Frostwirkung zurückzuführende Zerschliessenheit deutlich nachweisen können. Die an Fagus attenuata wahrnehmbaren Durchlöcherungen und die durch ihr eigentümliches Aussehen auffallenden Stellen der Blattspreite sind zweifellos auf die Einwirkung von Frösten unter gleichzeitiger Mitwirkung des Windes entstanden¹⁾. So kamen denn bereits zur Untermiozänzeit in Mitteleuropa, und zwar in der Gegend des Zschippauer und Senftenberger Braunkohlenreviers, Fröste während der Vegetationszeit vor. Trotzdem gediehen zu dieser Zeit in Gesellschaft tropophyter Gehölze auch noch Palmen in unserem Klima, wie das häufige Vorkommen von Palmenstämmen in der miozänen Braunkohle des Königreiches Sachsen, in Thüringen sowie bei Bonn beweist, während andererseits freilich miozäne Korallenriffe nicht nördlicher als von Malta, Kleinasien und Java bekannt sind. Nach alledem aber kann von einer Kontinuität des Abkühlungsprozesses des Erdklimas in allen

¹⁾ Beiträge zur Kenntnis der Braunkohlenflora von Zschippau und Senftenberg, Ztschr. f. Naturwissenschaft Bd. 69, Leipzig, C. C. M. Pfeffer 1896. Vgl. auch: Die meteorologischen Ursachen der Schließblättrigkeit bei der Kastanie, „Prometheus“ 1903, Jg. 16, Nr. 796 und Mitteilungen d. Thür. Botan. Vereins 1905: Artikel von Fr. Thomaas sowie die Abbildungen von Frostspuren an Blättern einer miozänen Fagus-Art in: W. R. Eckardt, Klimaproblem, S. 58/59.

Zonen und Gegenden besonders im Laufe der Tertiärzeit nicht die Rede sein.

Die Ursachen der höheren Wärme im tertiären Norden.

Die miozäne Braunkohlenflora, vor allem aber die arktische Tertiärflora, deutet, ganz abgesehen davon, daß der Verstorfnungsprozeß im allgemeinen keine sehr hohen Temperaturen verträgt, nicht so sehr auf ein heißes, als vielmehr auf ein kalttemperiertes Klima, wie wir es an der Ostküste der Vereinigten Staaten Nordamerikas heute noch antreffen, wo die dort in Sumpfwäldern existierende Flora derjenigen der tertiären Braunkohlenschichten sehr nahe steht, oder gar mit letzterer zum Teil identisch ist¹⁾. Welcher Abteilung des Tertiäre jene fossilen Floren des hohen Nordens angehören, ist, wie gesagt, noch nicht mit voller Sicherheit festgestellt; während sie von den einen als miozän oder oberoligozän betrachtet werden, gelten sie den andern für eozän. Welche von beiden Theorien sich einmal als richtig herausstellen wird, ist für uns zunächst nicht von so großer Bedeutung; es ist vor allem vielmehr von Wichtigkeit, daß in den Polarregionen, deren mittlere Jahrestemperatur heute meist unter dem Gefrierpunkt liegt, in der Tertiärzeit ein reicher Waldwuchs gedieh. Der Unterschied zwischen einst und jetzt ist namentlich in Grinnelland ein so gewaltiger, daß wir den Abstand der Temperatur mit mehr als 25° durchaus nicht als überschätzt betrachten dürfen. Eine solche Erscheinung ist absolut unbegreiflich, wenn wir eine gleichbleibende Lage der betreffenden Orte gegen den Pol annehmen; wir können uns keine Änderung in der Verteilung von Wasser und Land in den Meeresströmungen oder in irgendeinem der anderen hier in Betracht kommenden Faktoren vorstellen, welche in einer verhältnis-

¹⁾ Naturwiss. Wochenschr. IV. Bd., Nr. 24, S. 381/382.

mäßig so wenig von der Jetztzeit entfernten Periode das Gedeihen eines üppigen Pflanzenwuchses in Grinelland hätte hervorbringen können. Denn wenn wir auch berücksichtigen müssen, daß Europa damals noch weit mehr als heute von Binnenmeeren und Meeresstraßen durchzogen war, sein Klima demnach ein mehr insulares, im Durchschnitt etwas milderer gewesen sein muß, mit kühleren Sommern und wärmeren Wintern als heute, und soviel Bedeutung wir auch solchen Einflüssen zugestehen mögen, jedenfalls reichen dieselben nicht aus, um die Gesamtheit des Unterschiedes zwischen der eozänen und der heutigen Flora zu erklären. Wir müssen unbedingt annehmen, daß noch andere, tiefer liegende Ursachen mitgewirkt haben. In der That vermögen klimatische Gründe, welche allein durch die Konfiguration der Länder und Meere hervorgerufen gewesen sein sollen, diese eigentümlichen zirkumpolaren pflanzengeographischen Vorkommnisse nicht zu erklären. Konnten doch bei der Verteilung von Wasser und Land im eozänen Europa die durch die Geseke der allgemeinen Luftzirkulation an der Erdoberfläche bedingten damaligen Wind- und Meeresströmungen ohne weiteres überhaupt nicht bis in das Polarmeer gelangen, wenn die Konfiguration des letzteren zur Aufnahme warmer, aus niederen Breiten kommenden Meeresströmungen auch noch so geeignet war, selbst in Anbetracht der Tatsache, daß auf Grund exakter Berechnungen die Temperatur an der tertiären europäischen Küste im Sommer $24,2^{\circ}$, im Winter 21° , im Mittel $22,7^{\circ}$ betrug, so daß also die heutige Meeres-temperatur der Straße von Florida nahezu erreicht wurde¹⁾. Jedenfalls aber sprechen die Vegetationsverhältnisse der höheren Breiten der Nordhemisphäre durchaus dafür, daß

¹⁾ Vgl. M. Semper, Das paläothermale Problem, speziell die klimatischen Verhältnisse des Eozäns in Europa und im Polargebiete, Zeitschr. d. deutsch. Geol. Ges. 1896 und 1900. Vgl. auch Tafel II in W. A. Edardt, Das Klimaproblem sowie Figur 6 in Kosmat, Paläogeographie (Sammlung Götschen).

auch „in der Tertiärzeit bei einer der jetzigen analogen, zu den tiefsten Isothermenringen sehr exzentrischen Lage des Nordpols ein die Abkühlung sehr vermindrender Faktor wirksam war“.

Die diluviale Eis- oder Schneezeit¹⁾.

Die Ausdehnung der diluvialen Eismassen.

Ein Gegenstück zu den klimatischen Verhältnissen der Polarländer im Tertiär bietet die Eiszeit. Der nördliche Teil Europas war während der Glazialzeit von einer mächtigen Inlandeismasse bedeckt, welche in ihren zentralen Teilen über 1000 m mächtig war, ihr Zentrum in Skandinavien hatte und über das Gebiet der heutigen Ostsee hinweg nach Süden und Osten bis zum 51° n. Br. ausstrahlte. Die Endmoränenzone der von der Eismasse und ihren basalen Schuttanhäufungen bedeckten Region erstreckt sich vom nördlichen Ural angefangen in der Richtung Perm—Nischnij Nowgorod—Don—Dnjepr—Karpathenrand—nördliches Randgebilde der böhmischen Masse—Harzfuß—Nordabfall des Rheinischen Schiefergebirges—Nymtwegen; sie erreicht das östliche England, während die mittleren und nördlichen Gebirgsteile dieses Landes ein selbständiges Gletscherzentrum bildeten. Desgleichen trugen die Alpen, wo die Schneegrenze im Mittel 1300 m tiefer lag als heute, Gletscher, deren bedeutendere sich bis in das Vorland, auf der Nordseite etwa bis München und Augsburg, erstreckten. Das Erzgebirge und das Riesengebirge, sowie der Schwarzwald und die Vogesen trugen Gletscher. Die klimatische Firnlinie lag in diesen

¹⁾ Zahlreiches Material und Literatur findet sich über diesen Gegenstand in der „Zeitschrift für Gletscherkunde, für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas“, herausgg. von Ed. Brückner I.—III. Bd.

Gebirgen damals etwa bei 1200 m. Aber auch im mittleren Spanien lag die Schneegrenze um mindestens 1000 m tiefer als jetzt, was auf eine Temperaturerniedrigung um 4—5° schließen läßt.

Noch weit ausgedehnter war die Vereisung in Nordamerika, wo das laurentische Bergland und das auch heute noch von Inlandeis bedeckte Grönland das Zentralgebiet bildeten. Die Eismasse reichte, wie die Verbreitung der Grundmoränen und der Verlauf der alten Stirnwälle beweist, sogar bis zu 40° n. Br., über die nördlichen Appalachen zum Ohiofluß, erreichte St. Louis am Mississippi und erstreckte sich auf der rechten Seite des Missouri bis zum Rand der nördlichen Rocky Mountains, wo sie mit den aus diesen Gebirgen kommenden Eisströmen verschmolz. Naturgemäß waren auch große Teile von Alaska und der arktische Archipel von bedeutenden Gletschermassen bedeckt. Die Verschiebung der Klimazonen um fast 20 Breitengrade geht also mit jener Vereisung Nord- und Mitteleuropas allem Anschein nach ganz parallel.

Einige Haupteigentümlichkeiten des Glazialproblems.

Es ist selbstverständlich, daß zur Pliozänzeit ebenso wie heute Gletscher in zahlreichen durch die letzten Krustenbewegungen der Tertiärzeit geschaffenen oder vollendeten Hochgebirgen bestanden haben müssen, aber die weit größeren Phänomene der Eiszeit haben ihre Spuren verwischt. Die Eiszeit war nun nicht die Folge einer von den heutigen Drehungspolen ausgehenden Abkühlung des Erdenklimas, noch besaß das eiszeitliche Klima die Eigentümlichkeit, das Gletscherphänomen auf der Erde in allen Zonen in verhältnismäßig demselben Maße zu steigern, wenn auch das Süd- und Nordpolargebiet je nach Maßgabe der modifizierenden Einflüsse ihrer Umgebung in annähernd harmonischer Weise vergletschert waren. Müßte man doch

auch bei einer allgemeinen Abkühlung der Erde mit Sicherheit erwarten, daß der Betrag der Abkühlung, mochte er sein, welcher er wollte, an allen Punkten der Erde im Verhältnis derselbe gewesen wäre. Das ist jedoch nicht der Fall, da die Schwankungen in den Tropen¹⁾ vielmehr verhältnismäßig außerordentlich geringer sind als z. B. in den Westalpen oder im westlichen Kaukasus; ja, wir wissen mit Bestimmtheit, daß das westliche Sibirien im Diluvium sogar ein wärmeres Klima als das heutige gehabt hat. Da sich jedoch im nordpazifischen Gebiet und in der subantarktischen Zone wegen der Meeresbedeckung und in Nordasien wegen des exzessiven Kontinentalklimas keine Inlandeismassen bilden konnten, hätte auch die Wirkung einer gleichmäßigen Abkühlung der höheren Breiten beider Hemisphären doch hauptsächlich nur eine ausgedehnte Vergletscherung der Nachbarländer des Nordatlantik sein können. Soweit auf der Südhalbkugel in mittleren Breiten Land vorhanden ist, war daselbe in der Eiszeit auch stark vergletschert (Patagonien, Südgeorgien, Kerguelen, Südinself von Neuseeland und die Gebirge Südaustraliens).

Gegen die Annahme einer in allen Zonen der Erde entsprechend gleichmäßigen und von den heutigen Polen ausgehenden Herabsetzung der Wärme zur Diluvialzeit spricht von vornherein u. a. die Tatsache, daß Sibirien ein wärmeres Klima hatte, während Europa und Nordamerika in

¹⁾ Vor allem bietet das Glazialproblem der Tropen noch viele Fragen, die noch lange einer endgültigen Lösung harren werden: Waren die ehemals größeren Vereisungen der Hochgebirge daselbst unbedingt vollkommen gleichzeitig miteinander? Waren etwa die Zeiträume der Erforschung jener Gegenden besonders trocken, so daß sich die Firngrenze auffallend weit zurückgezogen hatte? „Jeder Gletscher gräbt sich selbst sein Grab.“ Demnach wären zur Fluvialzeit jene Gebirge der Tropen etwas höher gewesen und hätten daher naturgemäß etwas ausgedehntere Gletscher tragen müssen. (Vgl. auch A. Benrath, Über eine Eiszeit in der peruanischen Küstenkordillere, Peterm. Mitt. 50 Bd., 1904, Sft. 11.) Sehr wichtig wäre ferner eine genaue Untersuchung der Gebirge Neuguineas auf eventuelle diluviale Gletscherspuren, da sie die höchsten in der gesamten Südsee und höher als alle südasiatischen sind.

intensivster Weise vergletschert waren¹⁾. Die gewaltige Inlandeismasse Europas bedeckte ein Areal von über 600 Mill. qkm (= $\frac{2}{3}$ Europas), während die gleichzeitige Vereisung Nordamerikas noch weit bedeutender war. So hatte das Eiszeitphänomen auf dem dem Atlantischen Ozean tributären Gebiet der Nordhalbkugel seinen dominierenden Sitz. Auch heute erscheint diese Gegend der Erde zwischen 70 und 80° Br. als das für die Gletscherentwicklung prädisponierte Gebiet und zwar, weil eben die maximale Gletscherentfaltung dort zu finden ist, wo warme Strömungen in relativ kalte Räume vordringen, welche die größte positive Anomalie haben.

Die Ursachen der Eiszeit, bestehend in der Konfiguration der Länder und Meere.

Unter solchen Umständen ist es kein Wunder, daß die Verteilung der Schneegrenze auf der Erde im allgemeinen den gleichen Gesetzen folgte wie in der Gegenwart, und wenn sie sich in allen Breiten in der Richtung von der Küste landeinwärts hob, so spricht das eben dafür, daß die Umrisse der heutigen Kontinente und Meere wenigstens im großen und ganzen bereits zur Eiszeit festgelegt waren.

Europa und Amerika waren aber auch bedeutend größer und erhoben sich breiter und höher über das Meeresniveau. Weiter verdienen Beachtung die verschiedenen Wasserflächen jener Zeit. So ist in der Um-

¹⁾ Für das große Becken von Nordamerika (um 40 n. Br. herum) darf man die Depression zu 1000 m (für die Pyrenäen zu 1100 m, für die Alpen zu 1250 m) ansetzen. Am Kilimandscharo liegt die Grenze jetzt bei 4880 m, in der Glazialzeit lag sie 1000 m tiefer, die Firngrenze etwa 500 m. Da auch für Peru und Bolivia ungefähr dieselben Zahlen gelten dürften, so war die Erniedrigung der Firnlinie in der Glazialzeit in den Tropen um etwa 600—700 m geringer, innerhalb derselben aber nahezu die gleiche.

gebung des Weißen Meeres zur Präglazialzeit eine größere Ausdehnung des Meeres nachgewiesen, und in Europa wie in Amerika existierten große Wasserflächen, die als Reste der jungtertiären Seeflächen übrig geblieben waren, vor allem erreichte das Kaspiſche Meer eine Größe wie die Hälfte des heutigen Mittelmeeres¹⁾.

Die klimatischen und meteorologischen Verhältnisse des Diluviums.

Daß schon derartige geographische Verhältnisse auf die Verteilung der atmosphärischen Minima sowie auf die Ausprägung der Zugstraßen der Zyklogen und damit auf die atmosphärischen Niederschläge von gewaltigem Einfluß sein mußten, ist ganz selbstverständlich. In diesen paläometeorologischen Verhältnissen ist zu einem guten Teil Ursache und Wesen der quartären Eiszeit und schließlich auch bis zu einem gewissen Grade der Pluvialzeit zu erblicken. Infolge der auf dem nordischen Eise beständig lagernden Antizyklone war die Luftdruckverteilung im Norden Europas und Amerikas antizyklonal, im Süden zyklonal, während heute im allgemeinen das Umgekehrte der Fall ist. Die von den großen nordhemisphärischen Vereisungszentren ausgehenden Wirkungen mußten sich in erster Linie jedoch auf die Hydrometeore der gesamten Atmosphäre unseres Planeten erstrecken, die ihren deutlichsten Ausdruck in den Wolken finden. Und diesen Umstand scheinen in der Tat die klimatischen Verhältnisse der meisten Länder der Erde anzudeuten: der zur Eis- bzw. Pluvialzeit herrschende größere Niederschlagsreichtum fast aller Länder der Erde, der um so leichter festzustellen ist, je trockener das betreffende Gebiet ist²⁾.

Der Höhepunkt der nordischen Vereisung aber sowie vor

¹⁾ Vgl. E. Geinitz, Wesen und Ursache der Eiszeit, Güstrow 1905, S. 6—14 sowie Geinitz, Die Eiszeit, „Die Wissenschaft“ Heft 16, Braunschweig 1906.

²⁾ Vgl. W. u. S. 75 ff.

allem das Abschmelzen der großen Gletschermassen mußte atmosphärische Vorgänge bedingen, welche einen auch für die übrigen Zonen des Erdballs ozeanischeren Charakter hervorriefen, und die neben einer Schwächung des thermischen Gradienten auch den barischen vor allem in den großen Windsystemen des Erdballs im allgemeinen verkleinert haben dürften¹⁾. Man konnte sich demnach sehr wohl vorstellen, daß das eiszeitliche Klima der Nordhalbkugel seine Wirkungen in Form von Wellen geltend machte, die sich gewissermaßen radiär vom Norden nach dem Äquator und über diesen hinaus auch auf die Südhalbkugel ausbreiteten, proportional den räumlichen Entfernungen und proportional ihrer eigenen Wirkung auf die Temperatur und Hydrometeore, welche die Eigentümlichkeiten des eiszeitlichen, bzw. pluvialen Klimas der Erde schufen.

Es wäre demnach der Beginn der Pluvialzeit der niederen Breiten chronologisch ungefähr zusammenfallend mit dem Höhepunkt der Vereisungen des eigentlichen Glazialgebietes. Die Pluvialzeit wäre daher wenigstens zu einem guten Teile eine Folgeerscheinung der eigentlichen Glazialzeit des Nordens.

Die mittlere Temperatur der niederen Breiten brauchte indessen während der Pluvialzeit keineswegs kälter gewesen zu sein. Die Wirkung einer Zunahme des Wasserdampfes in der Atmosphäre ist vielmehr in der Hauptsache die, daß die klimatischen Gegensätze ausgeglichen werden, wie andererseits die Verminderung des Wasserdampfes deren Kontraste erhöhen muß. Daß deswegen eine bedeutende, gleichmäßige, etwa 3—4° C betragende Abkühlung auch in den übrigen Zonen des Erdballs, den Wüsten- und Tropengegenden,

¹⁾ Vgl. „Die Wirkungen der Eiszeit in den übrigen Gegenden der Erde“; „Die Ursache der Pluvialperiode“ in W. H. Eckardt, Klimaproblem S. 99 ff. sowie W. Goetz, Das Klima am Beginn der neolithischen Zeit, Verh. des Deutschen Geographentages zu Nürnberg, Berlin 1907.

stattgefunden haben sollte¹⁾, ist eine ganz haltlose, ja vom meteorologischen Standpunkt aus sogar vollkommen falsche Voraussetzung.

Über den Betrag der Abweichung der Niederschlagsmengen und der Temperatur in der Diluvialzeit von den heutigen diesbezüglichen Faktoren kann man schon deswegen nichts Bestimmtes ausfagen, weil der Niederschlagsreichtum lokal sehr verschieden war. Wäre die Depression der Firngrenze ausschließlich das Werk einer Temperaturabnahme, so müßte an der diluvialen Schneegrenze jene Temperatur geherrscht haben, welche heute im gleichen Gebirge an der rezenten Schneegrenze herrscht. Es ließe sich dann der Betrag der Temperaturabnahme einfach aus dem Betrage der Schneegrenze mit Berücksichtigung der bekannten Abnahme der Temperatur mit zunehmender Höhe von $0,5^\circ$ pro 100 m berechnen. Da aber die Depression der Schneegrenze in weitaus den meisten Fällen, wenn nicht überhaupt, von einer Zunahme der Niederschläge beeinflusst wird, größerer Niederschlagsreichtum aber gerade in den höheren Breiten erhöhend wirkt auf die Temperatur der winterlichen Jahreszeit²⁾, so wird eben der Betrag von $3-4^\circ$, um welchen das eiszeitliche Klima der Erde in allen Zonen nach Brückner kälter gewesen sei als das heutige, als zu hoch angesehen werden müssen. Wie nun heute ein Vorstoßen der Gletscher und ein Anschwellen der Flüsse und Seen durch eine kühleren, oder besser gesagt, ozeanische Periode veranlaßt wird, in deren Gefolge eine Schwächung der Luftdruckdifferenzen und daher eine Vermehrung des Niederschlages auf dem größeren Teile der Landflächen der Erde auftritt, so dürfte auch eine ganz entsprechende, nur durch eine längere Dauer und daher vielleicht

¹⁾ R. Emden, Gasfugeln, Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie auf kosmologische und meteorologische Probleme, Leipzig und Berlin 1907, S. 386.

²⁾ Vgl. W. R. Eckardt, Klimaproblem S. 106/109.

durch eine heutigen Verhältnissen gegenüber zum Teil noch größere Abweichung ausgezeichnete ozeanische Klimaepoche mit analogen begleitenden Änderungen des Luftdruckes und der Niederschläge als eine Ursache der Eis- und Pluvialzeit zu betrachten sein.

Mit einer derartigen Auffassung scheint allerdings auf den ersten Blick die riesige Entwicklung der nordeuropäischen und nordamerikanischen Eismassen unvereinbar zu sein. Der Widerspruch aber löst sich, wenn wir mit Forel berücksichtigen, daß Gletscher und Inlandeis, einmal im Entstehen begriffen, selbst den Keim zu weiterem Wachstum in sich tragen. Durch ihre abkühlende Wirkung auf die umgebende Luft werden sie, je mehr sie sich vergrößern, zu um so wirksameren Kondensatoren der atmosphärischen Feuchtigkeit. Die Schneefälle, ursprünglich auf die Firnmulden der Gletscher und die Ursprungsgebiete des Inlandeises beschränkt, sammeln sich bei deren Anwachsen auf ihnen selbst an, liefern beständig neues Nährmaterial und tragen so zu deren Mehrung und Weiterentwicklung und schließlich zu ganzen Vereisungen bei. Wenn nun gegenwärtig schon ganz geringfügige Oszillationen der klimatischen Faktoren Schwankungen der Temperatur von dem Bruchteil eines Grades oder der Niederschläge von nur wenigen Prozenten bereits erhebliche Veränderungen an den Eismassen der Alpengletscher hervorbringen, so bestärkt uns auch diese Wahrnehmung in der Vorstellung, daß die Witterungserscheinungen der Glazialzeit bei weitem nicht so extrem gewesen zu sein brauchen, daß nur bei ihrem Vorhandensein die damaligen Gletscher und Inlandeismassen so wichtige Dimensionen annehmen konnten.

Die diluviale Gletscherentfaltung ist aber keineswegs überall proportional der heutigen gewesen, dagegen im

allgemeinen proportional der Abweichung des diluvialen Regenfalls von dem heutigen, oder anders ausgedrückt, proportional der Intensität der in der Diluvialzeit sich ebenso wie heute vollziehenden Schwankungen des Regenfalls. Es scheint sonach in der That die Abweichung des eiszeitlichen Regenfalls vom heutigen von Ort zu Ort verschieden gewesen zu sein, und zwar derart, daß dort, wo heute die Schwankungen des Regenfalls sich am schärfsten ausprägen, nämlich in den kontinentalen Gebieten, auch in der Diluvialzeit die Vermehrung des Niederschlags relativ sehr groß war¹⁾.

Das Problem der „Interglazialzeiten“.

Nicht nur die europäischen Verhältnisse, sondern vor allem auch die neuesten, in Südamerika, in Zentralasien und der Antarktis gesammelten Beobachtungen sprechen für die Anschauung, daß die Frage der Zahl der Vereisungen ein Problem von mindestens ebenso lokaler wie ein solches von universaler Bedeutung sein dürfte. Übereinstimmend ist für Ecuador, für Argentinien und Südgeorgien das Vorhandensein einer zweimaligen Vereisung nachgewiesen, während in Patagonien wie in Zentralasien im allgemeinen eine dreifache Vereisung festgestellt worden ist. Besonders klar und unzweideutig aber sind die im Nordillengebiet Argentinien's gesammelten Beobachtungen, welche eine zweimalige starke Berggletscherung des heute ganz schneefreien Gebirges ergeben; die erste Berggletscherung reichte bis 3500—3200, die zweite bis 4500 m abwärts, die drei von der Steinmann'schen Expedition in Ostbolivien beobachteten eiszeitlichen Phasen werden als Rückzugsphasen der letzten Glazialperiode gedeutet. Jedenfalls stimmen diese zwei äquatorialen oder südlichen Ver-

¹⁾ Über die meteorologischen Verhältnisse der Eiszeit vergleiche auch Luigi de Marchi, Studie über die terrestrischen Klimate der glazialen und quartären Epoche und über die Ursachen, welche ihre Modifikationen beigetragen haben, Mailand 1894; vor allem aber E. Brückner, Klimaschwankungen, Leipzig 1890.

gletscherungen nicht mit den drei Eiszeiten Norddeutschlands, noch weniger aber mit den vier alpinen Vereisungen¹⁾ überein, am allerwenigsten natürlich die sechs Eiszeiten Geikies. Auch die Erscheinungen der Pluvialperiode in niederen Breiten lassen sich vielfach nicht mit dem europäischen Diluvium parallelisieren²⁾. Der Nachweis eines lokalen Charakters der verschiedenen Eiszeiten, Phasen oder Stadien führt aber mit Notwendigkeit auf die einheitliche Beschaffenheit der Kälteperiode zurück³⁾.

Auch sprechen gegen die Existenz von „Interglazialzeiten“ sämtliche paläontologischen Funde; sie sind vielmehr lediglich dem Umstand zuzuschreiben, daß der Rückgang wie das Vorrücken der Eismassen von Ruhepausen und gelegentlichen oszillatorischen Vorstößen unterbrochen war. Solche Schwankungen aber müssen gerade dann ein erhöhtes Interesse gewinnen, wenn man von der Einheitlichkeit des Hauptphänomens der Vereisung ausgeht⁴⁾. Wie diese aber nicht in kurzer Zeit stattgefunden haben kann, so ist es noch viel weniger wahrscheinlich, daß während der im Vergleich zu den übrigen geologischen Epochen so kurzen Eiszeit Interglazialzeiten auftraten⁵⁾. Die großen geologischen Veränderungen auch des Diluviums vollzogen sich in sehr langen Zeiträumen langsamen Schrittes, denn die Natur kennt ein für allemal keine Sprünge, nicht einmal zu Liebe der „Interglazialzeiten“.

1) Vgl. A. Penck und E. Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1901 ff.

2) Vgl. M. Blandenhorn, Die Geschichte des Nilstroms in der Tertiär- und Quartärperiode sowie des paläolithischen Menschen in Ägypten, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde, Berlin 1902, Nr. 8.

3) F. Frech, Studien über das Klima der Vergangenheit II., Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1906.

4) Derselben Meinung ist auch E. Geinitz, „Wesen und Ursache der Eiszeit“, Büstrow 1905, und „Die Eiszeit“, Braunschweig 1906. Derselbe, Die Einheitlichkeit der quartären Eiszeit, N. Jahrb. f. Mineral., Beilage-Vb. 16, 1—98 (1902).

5) Vgl. Fr. Frech, Die wichtigsten Ergebnisse der Erdgeschichte, Geogr. J. 1905, Jg. XI, Heft 2 und 3 sowie Freih. Voesselholz von Colberg, Keine Interglazialzeiten während der europäischen quartären Eiszeit, München 1908.

für die als besondere sich zwischen verschiedene selbständige Eiszeiten einschiebende und von diesen ganz unabhängige Perioden nicht nur jede geologische Erklärung erschwert, sondern auch eine klimatologische und meteorologische Deutung so gut wie direkt unmöglich wäre. Besonders sind für die Eiszeit wie für die geologische Vergangenheit überhaupt die Schlüsse von großer Bedeutung, die aus der Entwicklung und Verbreitung der Tierwelt abzuleiten sind. Aus diesen zu urteilen war jedoch in Europa¹⁾ nur das Vorland der Alpen einerseits, das Baltische Becken und der nördlichste Teil Deutschlands andererseits der Schauplatz von ausgedehnten Oszillationen des Eisrandes, aber die Vereisung der Zentren hatte während der ganzen Diluvialzeit einen einheitlichen Charakter getragen. Es handelt sich demnach in der Hauptsache lediglich um Stadien des Vorstoßes und Rückzuges des Eises, nicht aber um die zeitweilige Wiederkehr eines Klimas, welches das heutige an Wärme noch übertroffen hat. Sein Charakteristikum konnte nur sein: Regenarmut und kräftige Insolation bei lebhaften Ostwinden unter dem Einfluß der diluvialen Antizyklone im Sommer und reichlicher Schneefall im Winter.

Nach Penck sind für das Alpengebiet beweisend für die Annahme von Interglazialzeiten:

1. Die zum Teil intensive Verwitterung der älteren Glazialgebilde, ihre teilweise Verfestigung zu Nagelfluh und die Bedeckung der älteren Schotter durch Löß, weiter die beträchtliche Erosion, welche sich auf den jeweiligen Eiszeiten entsprechenden Schotterablagerungen der verschiedenen Niveaus vollzogen hat.

2. Einschaltung von Schichten mit Tier- und Pflanzenresten eines gemäßigten Klimas, Torf und Schieferkohlen. Nach den Resultaten der Untersuchungen Pencks und

¹⁾ Vgl. Fr. Frech, Die wichtigsten Ergebnisse der Erdgeschichte, Geogr. Zeitschr. 1906 Nr. 8.

2 11
Brockhaus

Brückners kann man sagen, daß bei den Vorstößen und Rückzügen der Gletschermassen sich im allgemeinen 4 Stappen besonders markieren, allein dieses Schema ist nicht überall ungezwungen durchführbar, vielmehr sind zahlreiche Ausnahmen zu verzeichnen, die wohl in der Hauptsache auf lokale Ursachen zurückzuführen sind.

Der Grundgedanke bei Aufstellung der Hypothese von Interglazialzeiten war immer der, daß die eigentliche Eiszeit nach den Funden arktischer Pflanzen und Tiere selbstverständlich ein besonders kaltes Klima gehabt haben müsse. Auch hat man annehmen zu müssen geglaubt, daß die Waldgrenze ebenso wie heute einen analogen Abstand von der Schneegrenze hatte wie heute, mit anderen Worten, daß weitaus der größte Teil Mitteleuropas über der Baumgrenze gelegen habe.

Wenn wir nun aber auf Grund guter theoretischer Erwägungen annehmen, daß die Eiszeit nicht von Anfang an eine Periode niedrigerer Temperatur war, sondern daß lediglich im eigentlichen Glazialgebiet die Sommer kürzer und zum Teil auch wärmer, die Winter länger, aber deswegen nur wenig kälter waren, und ferner im Norden Europas und im Alpengebiet die Gletschervergrößerung ursprünglich nur auf einen bedeutenderen Niederschlagsreichtum zurückzuführen war, so erklären sich viele bisher schwierig deutbare Verhältnisse, und es würde auch der geforderte Übergang aus den Verhältnissen der Tertiärzeit in das Quartär gefunden sein. Zur Zeit des Höhepunktes des Diluviums muß natürlich das Klima am kältesten gewesen sein und seine Wirkungen auch auf die übrigen Zonen, vor allem auf die nähere Umgebung erstreckt haben.

Bei dieser Auffassung lassen sich die sogenannten interglazialen und interstadialen Vorkommnisse teils als präglazial, teils als postglazial deuten, und ganz analog wären auch die in manchen Ländern (Südafrika z. B.) beobachteten Schwankungen zur Pluvialzeit zu erklären.

Das Steppenklima Mitteleuropas zur Eiszeit.

Nach den im mitteldeutschen Löß gemachten Funden hat Mehring¹⁾ eine typische Steppenfauna beschrieben, aus der hier nur einige Formen genannt seien: Saiga-Antilope, Wildpferd, Wildesel, dann zahlreiche Steppemagetierte, wie Steppemürmeltier, Stachelschwein, Pferdespringer, Pfeifhase, mehrere Arten von Hamstern, Zieseln und Feldmäusen. Es sind das lauter Formen, die teils zu den entschiedensten Steppenbewohnern gehören, teils wenigstens den Wald meiden. Die petrographische Beschaffenheit und ebenso der faunistische Inhalt zwingen also übereinstimmend dazu, den Löß als Steppenbildung aufzufassen, was er zweifellos sein muß. Daß sich diese Steppe jedoch nicht ununterbrochen erstreckte, lehren andererseits Knochen des Mammut und des wollhaarigen Nashorn, welche zum Teil auch als Waldtiere gelebt haben dürften. Zweifellos waren auch damals wie jetzt die Ufer und Niederungen der die Steppe durchschneidenden Flüsse und ebenso die aus der Steppe sich erhebenden Mittelgebirge zum Teil mit Baumwuchs versehen, der jene großen Dickhäuter ebenfalls nährte. Man hat die Steppenperiode, von der der Löß (ein kalkhaltiger, gelblich gefärbter Lehm) zeugt, zunächst in die Postglazialzeit versetzt, um jedoch später die Bildung des Löß den „Interglazialzeiten“ zuzuschreiben. Sehr wohl läßt sich jedoch die Steppenperiode zeitlich selbst mit der maximalen Berggletscherung parallelisieren. Wenn auch in der Gegenwart Steppen und Gletscher einander so gut wie unter allen Umständen auszuschließen scheinen, insofern als eben Steppen heute nur in streng kontinentalen Gebieten mit heißen Sommern bei gleichzeitiger relativer Regenarmut auftreten, so brauchte dasselbe nicht im Diluvium Mitteleuropas der Fall gewesen zu sein. Letzteres Land mußte

¹⁾ Über den Charakter der Quartärfauna von Thiede bei Braunschweig, Neues Jahrb. f. Mineralogie 1889, S. 66 ff.

auch zur Zeit der maximalen Vergletscherung zu einem großen Teile ein Steppenklima mit heißen Sommern und relativ geringen Niederschlägen besonders zu dieser Jahreszeit besessen haben, insofern als damals aus der großen nördlichen Antizyklone heraus fast beständig östliche Winde wehten, die ihre Herrschaft auch über dem eisfreien Vorland ausübten¹⁾.

Genau wie nun heute bei einer über das Mittelmeer hinziehenden Depression, welche ihre Randgebilde über das Alpengebiet nördlich hinausendet, während über Skandinavien eine Antizyklone lagert, das nördliche Deutschland keine oder nur geringe Niederschläge empfängt, in Südfrankreich und Süddeutschland dagegen bei dieser Wetterlage oft sehr starke Niederschläge fallen, so war das auch in der Eiszeit der Fall. Unter solchen Umständen konnte sich daher sehr wohl der Löß jederzeit am Südrand des nördlichen Binneneises bilden, welche Ausdehnung dasselbe auch immer gehabt haben mag und konnte alte Moränen überdecken, als sich das Eis zurückgezogen hatte. Man braucht demnach für die Entstehung der Lößlandschaft, welche den Rand des Binneneises sowohl in Mitteleuropa wie in Nordamerika umgab, keine Interglazialzeiten zu fordern.

Überblicken wir daher die eiszeitlichen Fossilien, so ist es kein Wunder, wenn wir zwischen dem Alpengebirge und dem Binneneise die Vertreter der verschiedensten Klimate zusammengedrängt finden: solche eines nordischen und ozeanischen Klimas und andererseits solche eines borealen Waldklimas ungefähr gleich dem heutigen und endlich solche eines Steppenklimas. Von den genannten Klimaten sind das erste und das letzte Extreme, zwischen welche sich die verschiedenen anderen als Übergänge einordnen. Auf so engem Raum zusammengedrängt, mußten ihre Kontraste um so heftiger aufeinander-

¹⁾ Siehe Tafel III in W. R. Eckardt, Das Klimaproblem.

treffen, und gerade dieser Umstand dürfte das Charakteristikum des eiszeitlichen Klimas Europas wie auch Nordamerikas gewesen sein.

Die Wirkungen des eiszeitlichen Klimas auf die Organismen.

Die fossilen Floren der höheren nordischen Breiten haben gezeigt, daß bis kurz vor Eintritt der Eiszeit von Spitzbergen und Island bis Grönland und Kamtschatka ein dem unsrigen in vieler Beziehung ähnliches Klima geherrscht und Wälder erzeugt hat, deren Arten denen Nordamerikas ähnlich waren. Als die Eiszeit zunächst die Polarländer vergletscherte, sind sie langsam nach Süden gedrängt worden, wo sie das ihnen zusagende gemäßigte Klima noch fanden. Diese Verdrängung wird nun nach allen Richtungen der Windrose erfolgt sein, und daher ist es zu erklären, daß dieselben Arten kurz vor dem Vordringen der Eiszeit bis in unsere Breiten in den verschiedenen Weltteilen angetroffen wurden. Beim Zurückkehren der Wärme blieb ein Teil der kälteliebenden arktischen Pflanzen auf den Gebirgen zurück, woher sich die Ähnlichkeit der Gebirgsfloren der nördlichen Halbkugel sowohl untereinander als mit derjenigen der arktischen Zone erklärt.

Eine entsprechende Gleichartigkeit werden auch die Wälder jener Übergangszeit besessen haben, allein die darauf folgende Vergletscherung des größeren Theiles von Europa hat viele Arten bei uns vernichtet, die im südlichen Teil Nordamerikas eine Zuflucht fanden, bis wohin die Eismassen nicht vorwärts drangen. Bis zum Mittelmeer oder gegen die vergletscherten Gebirge Südeuropas gedrängt, mögen damals u. a. die Walnußbäume, Riesenzedern, Sumpfschypressen, Storaxbäume, Liquidendron, Catalpa und Sassafras, welche in Nordamerika am Leben blieben, bei uns vernichtet worden sein. Ein Entweichen nach Osten war durch die Verbindung des Kaspiischen Meeres mit dem Mittelmeere verhindert, ein Zurückweichen

und ein Wiederkehren, wie in Nordamerika, war weder im Süden noch im Osten Europas möglich¹⁾. Ein gleiches Schicksal ereilte die reichhaltige tertiäre Säugetierwelt Europas zur Diluvialzeit: sie starb bis auf wenige Reste aus, die sich vor allem in der afrikanischen Großtierwelt erhalten haben.

Was die höheren Breiten der Südhalbkugel anlangt, so kann auch hier von einem bedeutend kälteren Klima während der Diluvialzeit nicht die Rede sein. Nach F. W. Hutton existiert auch kein einziger paläontologischer Beweis, daß auf der Südhalbkugel nach dem Mesozoikum eine Periode größerer Kälte geherrscht habe, eher sprechen biologische und paläontologische Tatsachen gegen eine solche Annahme. Es sei nur erinnert an die Moas, die neuseeländischen Riesenstrauße, welche erst vor relativ kurzer Zeit vom Menschen ausgerottet wurden. Die meisten ausgestorbenen Tiere sind denn hier auch nicht erst ein Opfer der Glazialzeit geworden, sondern sind bereits der im Tertiär zunehmenden Rauheit des Klimas erlegen, das heute noch vielen höheren Organismen in den höheren Breiten der Südhalbkugel die Existenz verbietet.

Das Ausflingen der Pluvialzeit in die historische Gegenwart.

Die Eis- und Pluvialzeit geht allmählich über in das Klima der Gegenwart, welches jedoch für unsere Erde bereits zu Beginn der historischen Zeitrechnung, abgesehen von den periodischen Schwankungen, im allgemeinen als konstant anzusehen ist. (Vgl. unten S. 70/79.)

Das läßt sich am besten erkennen aus dem Klima der Mittelmeerländer, des westlichen Asiens und Nordafrikas. Die Sahara muß in der Pluvialzeit nicht nur mehr Nieder-

¹⁾ Vgl. die Ausführungen A. S. Grahns, über den Ursprung und die Verteilung der Wälder auf der nördlichen Halbkugel im *American Journal of Science*, August und September 1878, sowie meine ergänzenden Ausführungen hierzu im „Klima-problem“.

Sahara
 schläge, sondern sogar reguläre Ströme besessen haben, worauf das Vorkommen von Krokodilen in den Niherosümpfen am Fuße des Irthahargebirges und dasjenige von Fischen mittelmeerischer Formen in den unterirdischen Flußläufen der Wüste hinweisen¹⁾. Auch Tropfsteinhöhlen und Ablagerungen von jüngerem Kalksinter, die sich stellenweise finden, sprechen hierfür; ferner kam die Steineiche, ein echt mediterraner Baum, früher in der Libyschen Wüste in der Umgebung der Oase Dachel vor. Endlich sprechen in gleichem Sinne die im westlichen Teile der Sahara und im Atlas gefundenen uralten, an Felswänden ganz roh eingehauenen Umrißzeichnungen, in der Art wie sie heute noch z. B. die südafrikanischen Buschmänner verfertigen, welche Wildrind, Elefant, Giraffe und Strauß darstellen. Der vorgeschichtliche Mensch, der diese Tiere hier gejagt hat und als Anhänger des Schamanismus Darstellungen von ihnen anfertigte, muß also noch Zeuge dieser wasserreichen Zeit gewesen sein. Aus den ägyptischen Gräberfunden, welche aus dem vierten vorchristlichen Jahrhundert herrühren, erfahren wir, daß selbst damals noch in der benachbarten Wüste auf Giraffen, Elefanten und Löwen gejagt wurde, die sich demnach bis in die Zeit zu erhalten vermochten, wo das Klima bereits dem heutigen gleich. Denn soweit unsere Geschichtsforschung rückwärts dringt, haben in Ägypten dieselben klimatischen Verhältnisse gewaltet wie heute²⁾.

Die allgemeine Konstanz des heutigen Klimas.

Überhaupt hat in der historischen Zeit in der näheren Umgebung des Altweltmittelmeergebietes keine Klimaänderung mehr stattgefunden, denn die Lage der antiken Siedelungen

¹⁾ N. Kirchoff, Pflanzen- und Tierverbreitung, Prag, Wien, Leipzig 1899.

²⁾ Vgl. J. Partsch, Ägyptens Bedeutung für die Erdkunde, Leipzig 1905 und die hier zitierte Literatur.

an den abflußlosen Seen, die ja als wahre Regenmesser betrachtet werden können, zeigt deutlich, daß dieselben damals nicht mehr gefüllt gewesen sein können als jetzt. Auch in Griechenland haben sich seit der klassischen Zeit weder die Temperaturen noch Regenverhältnisse merklich verändert¹⁾. Der Staub und die Julihitze des Alphaiostaes machte sich zur Zeit der olympischen Spiele genau so unangenehm bemerkbar wie heutzutage. Wie behaglich es aber den Alten im Peloponnes in Staub und Sonnenglut war, das können wir bei Epiktet nachschlagen²⁾. Zu diesen indirekten Beweisen einer Klimakonstanz seit den Tagen des klassischen Altertums gesellt sich noch ein direkter: Die Erkenntnis der ungeheuren Bedeutung des Regens für die Landwirtschaft in einem mit einer ausgesprochenen Regen- und Trockenzeit ausgestatteten Klimagebiete, wie es u. a. Palästina ist, hatte bereits zur Zeit der Mischna und Tosefta im ersten und zweiten nachchristlichen Jahrhundert zu ziemlich genauen Beobachtungen und Messungen der Regen geführt. Es wurden die normalen Regenhöhen der Frühregen zu etwa 54 cm bestimmt, was mit den jetzigen Regenmessungen zu Jerusalem z. B., wie überhaupt mit der durchschnittlichen heutigen Regenmenge vieler Orte der betreffenden Gegend sehr gut übereinstimmt³⁾.

Gegen eine Klimaänderung sprechen aber ferner außer den angeführten Tatsachen nicht nur der Umstand, daß die Anbau-
 grenzen von Ölbaum, Dattelpalme und Wein ganz dieselben

¹⁾ Fischer, über Klimaänderungen in Nordafrika, in Marokko, Syrien usw., Verschiebungen der Grenzgebiete, Peterm. Mitt. 1904, S. 176. Vgl. auch W. R. Eckardt, Klimaproblem S. 138/140.

²⁾ *Τὸ κλίμα τῆς Ἑλλάδος ὑπὸ Ἀθηναίου Αἰγινήτου μέγος Α'.* 1907. 1908. (Βιβλιοθήκη Μαράσση.) Vgl. das Referat von J. Pertsch hierüber in Götting. gelehrten Anzeigen unter der Aufsicht der Königl. Ges. d. Wissenschaften, Berlin 1909, S. 287—300. Vgl. auch Neumann-Bartsch, *Physikalische Geographie von Griechenland mit besonderer Rücksicht auf das Altertum*, Breslau 1885.

³⁾ Vogelstein, *Die Landwirtschaft in Palästina zur Zeit der Mischnah*, I. Teil, *Der Getreidebau*, Berlin 1894.

geblieben sind, sondern vor allem auch die im Talmud und in der Bibel auf den Ackerbau bezüglichen Lieder und Sprüche der Hebräer, sowie sonstige Bemerkungen aller in Frage kommenden Autoren des Altertums¹⁾. Somit war der natürliche Austrocknungsprozeß des gesamten Mittelmeergebietes bereits zu Beginn der geschichtlichen Überlieferung beendet und es kann in keiner Weise davon die Rede sein, daß die Austrocknung jener Länder tief in die Geschichte des Menschengeschlechtes eingriffe, noch davon, daß die zu Ende des Altertums stattfindende Wanderung der Kulturzentren nach Norden nur zum Teil auf die Wanderungen der Völker, als vielmehr auf die Änderungen des Klimas zurückzuführen sei. Solche Behauptungen müssen auch beim Historiker auf heftigen Widerstand stoßen. Wäre in der Tat ein Austrocknen seit dem Altertum eingetreten, so würde sich auch die Lebenshaltung der Bewohner merklich geändert haben, was aber nicht der Fall ist. Im Orient z. B. hat das türkische Joch mit dem ihm folgenden stumpfsinnigen Dahinvegetieren der Unterworfenen die auch früher schon notwendig gewesenenen Bewässerungsanlagen verfallen lassen und überhaupt durch ungenügende Bodenpflege die Produktionsbedingungen eingeschränkt; wo die Bewässerung wieder begonnen ist, wie in der Dase Merv, in Kleinasien, in Palästina (besonders bei Jaffa), da ist auch heute der Boden mit Vegetation bedeckt, aber das Klima hat sich nicht verändert. Das gilt auch von dem ganzen übrigen Orient. Der Einfall skythischer und die Herrschaft arabischer und türkischer Stämme waren schwere Leiden; aber die völlige Vernichtung brachte doch erst die mongolische Invasion: „unter ihr endet eine uralte Kultur wie ein Edelwild unter den Franken des Raubtieres.“

¹⁾ Vgl. H. Gilderscheid, Die Niedererschlagsverhältnisse Palästinas in alter und neuer Zeit, Zeitschr. d. Deutsch. Palästina-Vereins, Bd. 25, S. 1—105, Leipzig 1905 sowie C. Kaffner, Die Meteorologie der Bibel in „Das Wetter“ 1892, S. 25 ff.

Auch ist nicht zu vergessen, daß im Altertum Bewohner der subtropischen Zone schrieben, die Pflege der heutigen Wissenschaft aber vorwiegend dem gemäßigten Europa obliegt. Der Südländer mußte notwendig dieselben Erscheinungen mit anderen Augen sehen und mit anderen Farben malen als der Bewohner des Gebietes im Norden der Alpen.

Der Einfluß des Waldes auf das Klima.

Andererseits glaubte man für Deutschland eine Besserung des Klimas seit dem Altertum erkennen zu können, bestehend in einer Minderung der Bevölkerung und des Regenfalls als Folge der zunehmenden Entwaldung. Aber die Forschungen haben ergeben, daß noch in Altgermanien, das nach den dürftigen Berichten eines Cäsar und Tacitus nur mit Wald und Sumpf bedeckt gewesen sein soll, sich weite Steppengebiete ausdehnten. Ohne zu bedenken, daß die Schilderung des Römers subjektiv gefärbt sein mußte, schien in der That ein Vergleich jener trüben Schilderung Germaniens mit der Gegenwart auf eine merkliche Änderung des Klimas hinzudeuten. Es waren aber auch damals weite waldlose Gebiete in unserem Vaterland vorhanden. So war z. B. die Goldene Aue bis zum 12. Jahrhundert eine echte Steppe, und diese Gebiete sind als die Reste jener ungeheuren Steppen und Tundren anzusehen, welche nach dem Abschmelzen der ganz Nordeuropa einst begrabenden Eismassen sich in der heutigen norddeutschen Ebene ausbreiteten. Die Reste von Steppentieren in der Magdeburger und Quedlinburger Gegend z. B. zeugen hiervon ebenso wie das ebenfalls noch heute auftretende sporadische Vorkommen echter Steppenpflanzen in Mitteldeutschland, z. B. des federigen Pflanzengrases (*Stipa pennata*) auf den Kyffhäuser Bergen und an anderen Orten, wie bei Rudolstadt, Jena, Naumburg a. S.; des stengellosen Tragants (*Astragalus excapus*) im unteren Saalethal u. a.

Heute ist in den betreffenden Gegenden die Natursteppe von der „Kultursteppe“ abgelöst.

Schon aus diesen Gründen muß ohne weiteres einleuchten, daß Regen und Bewölkung ein für allemal abhängig sind von der allgemeinen Luftzirkulation und von Änderungen, die sich in den höheren Schichten der Atmosphäre vollziehen, daß sie dagegen völlig unabhängig von der Pflanzendecke sind. Die für Regenfall und in der Regel auch für die Bewölkung in Betracht kommenden Vorgänge spielen sich in solchen Höhen ab und es sprechen derartige Feuchtigkeitsmengen mit, daß die Verdunstungsfeuchtigkeit der Wälder demgegenüber so gut wie gänzlich verschwindet¹⁾. Weder nützt die Anwesenheit eines Waldes noch die eines Meeres diesem Gebiet sowie seiner Umgebung etwas, wenn die allgemeine Luftdruckverteilung die Entstehung von Niederschlägen nicht gestattet.

Auch ist zu bedenken, daß das ganze Wasser der Vegetation festgehaltenes Atmosphärenwasser ist. Damit überhaupt Wald entstehen kann, muß zu allererst die Atmosphäre Wasser liefern, und besteht der Wald, so zieht er durch das Wachsen seiner Bäume immer mehr Wasser aus der Luft. Je mehr Wälder also entstehen, desto mehr Wasser wird der Atmosphäre entzogen, und je mehr Wälder man pflanzt, desto mehr Wasser wird durch Verdampfung an die Luft zurückgegeben.

Es ist also außer aller Frage, daß der Wald den Wasserreichtum der Atmosphäre im ganzen nicht vermehren kann, sondern im Gegenteil Massen von Atmosphärenwasser, welches durch warme aufsteigende Luftmassen dem Ozean entnommen wurde, der Luft wieder entzieht. Ja, bei gewissen Wetterlagen wirken sogar ausgedehnte Wälder, da sie einen absteigenden Luftstrom im Gegensatz zu dem sich schnell erwär-

¹⁾ Vgl. W. R. Eckardt, „Der Einfluß des Waldes auf das Klima, Deutsch. Met. Jahrb. f. Aachen, Jg. XIII, 1907 sowie G. Hausrath, „Der deutsche Wald, Leipzig 1907 und Lorenz-Rothe, Lehrbuch der Klimatologie mit besonderer Rücksicht auf Land- und Forstwirtschaft, Wien 1874.“

menden und daher einen aufsteigenden Luftstrom bedingenden freien Felde verursachen, mindestens auf Abnahme der Bewölkung.

Das Problem der Austrocknung der Kontinente, besonders in seinen Beziehungen zur Diluvialzeit.

Wenn wir uns nun die oben angeführte Tatsache noch einmal vergegenwärtigen, daß die Regenmengen im Mittelmeergebiet seit Christi Geburt dieselben geblieben sind, daß demnach Entwaldung und eine damit Hand in Hand gehende Entwässerung die Menge der Niederschläge nicht oder doch höchstens so wenig zu beeinflussen vermag, daß man diesen Umstand einfach vernachlässigen kann, so müssen wir den Satz aufstellen, daß die jeweiligen Luftdruckverhältnisse in den Passatzonen und namentlich in den Grenzgebieten dieser Regionen ausschlaggebend sind für Menge und Intensität des Regensfalls in diesen Zonen¹⁾. Da sich ferner auch mit der Zeit eine genauere Periodizität dahingehend nachweisen lassen dürfte, daß die Gebiete hohen Luftdrucks zu beiden Seiten des Äquators bald eine nördlichere, bald eine südlichere Grenze je nach dem Verhalten des Sonnenkörpers in einer Reihe von Jahren erreichen²⁾, so wird auch die Behauptung hinfällig, daß in Ägypten die Regenzone in den achtziger Jahren infolge größerer Baumanpflanzungen südwärts gewandert sei. So sollten, wie schon viel früher auch Marmont³⁾ geäußert hat, namentlich in der Umgebung von Kairo die Regen häufiger geworden sein, während sie früher fast gänzlich fehlten. Genau aus demselben Grunde ist aber andererseits auch die Annahme direkt von der Hand zu weisen, daß in

1) Vgl. Tafel IV. „Gebiet relativ niedrigen Luftdrucks im subtropischen Hochdruckgürtel“ in W. R. Eckardt, Das Klimaproblem S. 139.

2) Vgl. hierüber Eckardt, Klimaproblem S. 138 ff. sowie R. Dove, Deutsch-südwestafrika und die Wettervorhersage, Vet. Mitt. 1909, Heft 8.

3) Vgl. E. Brückner, Klimaschwankungen seit 1700, nebst Bemerkungen über das Klima der Diluvialzeit, Geogr. Abh. herausg. von A. Penck, Wien 1890.

Oberägypten die Regen weniger ergiebig geworden seien, seit die Araber die Bäume auf den Grenzgebirgen des Niltales gegen Osten und Westen niedergeschlagen haben¹⁾. Lediglich eine Abschwächung der Luftdruckgegensätze vielmehr kann nach den Erfahrungen der Meteorologie oft recht ergiebige Regenfälle auch inmitten eines Hochdruckgebietes bei Entstehung kleiner Teiltiefs bedingen, welche in erster und fast ausschließlicher Linie die seltenen Niederschläge den trockenen Passazonen bringen. Das bestätigen auch die Untersuchungen H. G. Lyons²⁾ über die Beziehungen zwischen dem Hochwasserstand des Nils und dem Luftdruck in Nordostafrika, wonach die Kurve für den Hochwasserstand des Nil im allgemeinen in entgegengesetztem Sinne verläuft, wie der mittlere Barometerstand der Sommermonate, indem bei hohem und tiefem Luftdruck niedriger bzw. hoher Wasserstand auftritt. So wäre es in der Tat von 1869 bis 1903 möglich gewesen, in sechs von sieben Jahren den Hochwasserstand des Nils genau vorauszusagen.

Was speziell Turkestan anlangt, so ist in den letzten 15 Jahren nicht nur keine Austrocknung des Landes vor sich gegangen, im Gegenteil, die Seen vergrößern sich, und der Amu- und Syr-Darja führen mehr Wasser als früher. Und doch ist, wie A. Woeikof³⁾ ausführt, eine Ursache vorhanden, welche zu einer Abnahme des Wassers in diesen beiden Flüssen und im Aral führen müßte. Die seit 35—40 Jahren bestehende russische Herrschaft hat dem Lande Frieden gegeben, es gibt keine Fehden mehr zwischen den Khanaten, keine Raubzüge der Nomaden. Dies mußte zu einer Ausdehnung der Kanäle führen, in einem Lande, wo fast der ganze Ackerbau

¹⁾ Anderlind, Met. Ztschr. 1888 S. 154. Vgl. auch W. R. Eckardt, Der Einfluß des Waldes auf das Klima, Deutsch. Met. Jahrb. f. Aachen 1907, Karlsruhe 1909.

²⁾ Met. Ztschr. 1906, Heft 4.

³⁾ Met. Ztschr. 1908, Nr. 12.

auf künstlicher Bewässerung beruht. Und doch steigt der Ural seit etwa 12—15 Jahren, ja wahrscheinlich schon seit längerer Zeit; die Fischer müssen ihre Lager landeinwärts ziehen, die Trasse der Eisenbahn Orenburg—Taschkent, im Jahre 1882 festgestellt, mußte in der Nähe des Sees geändert werden, weil auf größeren Strecken die frühere Trasse jetzt unter Wasser ist. Viele Seen der Kirgisiensteppe, in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts oder in der ersten des 20. Jahrhunderts studiert, befinden sich in rascher Zunahme; letzteres ist auch für einige Gebirgsseen des Tienschan und für die großen Seen Balchash und Issyk-Kul jetzt nachgewiesen. Noch in einer so großen Entfernung von Turkestan wie Barnaul, am oberen Ob, nimmt der Regenfall stetig zu vom Ende der sechziger Jahre bis Mitte der neunziger Jahre des 19. Jahrhunderts und steht seitdem auf einem hohen Niveau, mit kleinen Schwankungen, und die letzte 5jährige Periode (1902/1906), welche Woeikof benutzen konnte, hat die größte Menge der 69jährigen Periode dieses Ortes. Von 1838, wo die Beobachtungen anfangen, sank die Menge des Niederschlages bis Ende der sechziger Jahre. Der Ural war rasch im Sinken vom Ende der vierziger Jahre, als Batakow die Seeufer aufnahm, wahrscheinlich bis zu den siebziger oder Anfang der achtziger Jahre.

Wir müssen daher zu dem Schlusse kommen, daß es auch in Turkestan großartige Schwankungen der Niederschläge und infolgedessen auch der Gewässer gibt, ob periodisch oder unperiodisch, wissen wir freilich noch nicht, und wenn letzteres der Fall ist, so werden wir die Länge der Periode nicht sobald kennen, denn sie ist jedenfalls bedeutend länger als die Brückner'sche Periode. Tatsache ist ferner, daß nach einer Reihe auffallend trockner Jahre auch in Südafrika, für das man daher ebenso eine fortschreitende Austrocknung behauptete, zu Beginn dieses Jahrhunderts fast allerwärts wieder eine

Zunahme getreten ist, und dieser Umstand zeugt ebensowenig von einer allgemein fortschreitenden Neigung des Klimas zur Austrocknung, als unsere jetzige Periode von dem Beginn einer neuen Pluvial- oder Schneezeit¹⁾. Solche kleinere Schwankungen gehen vor sich unabhängig von der allgemeinen Richtung der klimatischen Kurve und hängen zweifellos mit großen, im Sonnenkörper periodisch vor sich gehenden physikalisch-chemischen Änderungen zusammen, die ihre Wirkungen anscheinend über den ganzen Erdball erstrecken.

Nicht nur für Afrika, Australien und Amerika, sondern besonders auch für Turkestan sind ferner die Spuren einer früheren, viel größeren Ausdehnung der Gewässer nachgewiesen, welche wohl aus einer Periode stammen, welche der Eiszeit in Europa entspricht. Man muß daher sehr sorgfältig unterscheiden zwischen diesen Zeiten, welche Zehntausende von Jahren hinter uns liegen, und der Gegenwart. Seitdem sind in Europa Gletscher und die große kontinentale Eisdecke geschwunden, in Turkestan und Zentralasien sind einige Seen ausgetrocknet, andere sind kleiner geworden. Seitdem aber gibt es hier wie dort, bzw. wie überhaupt in allen Ländern der Erde, Klimaschwankungen, aber nichts beweist, daß irgendwo auf der Erde kontinuierliche, d. h. mehrere Jahrtausende dauernde einseitige Änderungen der Temperatur, der Hydrometeore und der Gewässer auf den Kontinenten stattfinden.

Außer dem im Sinne der Austrocknung wirkenden Zutun²⁾ des Menschen, namentlich auch insofern, als in der Tat die Vorräte unterirdischen Wassers in Ländern, die von Natur aus trocken sind — man denke an die Sahara — durch fort-

¹⁾ Vgl. L. Berg, Ist Zentralasien im Austrocknen begriffen?, Geogr. Ztschr. 1907, Zg. 13, Heft 10. Vgl. ferner meine ausführliche Beweisführung für Südafrika im „Klimaproblem“.

²⁾ Vgl. das ausführliche Kapitel über das Austrocknungsproblem der Kontinente in W. R. Eckardt, Klimaproblem S. 120 ff.

gesetzte Ausnutzung infolge Anbohrens auch ohne Regenabnahme einer Erschöpfung entgegengehen müssen, spielen lediglich die Klimaschwankungen, die periodischen wie die unperiodischen, besonders natürlich die ersteren, eine große Rolle.

Säkulare Klimaperioden.

Über Klimaänderungen zwischen den Anfängen der geschichtlichen Kunde und dem Ende der Eiszeit geben uns in anderen Gegenden der Erde in erster Linie nur pflanzengeographische Untersuchungen Aufschluß.

Wenn auch zum Teil mit Recht Klimaperioden für das regelmäßige Auftreten von Schichten bestimmter Waldreste im nördlichen Europa zurückgewiesen werden und die Wechselagerung von Torf- und Wurzelschichten in erster Linie nur auf das eigene, durch örtliche Ursachen bedingte Wachstum der Moore zurückgeführt wird, so läßt doch die Altersfolge der Bäume in Schweden gleichzeitig deutlich erkennen, daß seit der Eiszeit die Temperatur stetig zu- und dann wieder abnahm. Als sie den Höhepunkt erreichte, war der Haselnußstrauch weit über seinen gegenwärtigen Bezirk hinaus verbreitet. Seine heutige Nordgrenze fällt mit der August-September-Isotherme von 12° zusammen, an seiner ehemaligen beträgt die Temperatur im Spätsommer jetzt $9,5^{\circ}$, und man schließt daraus auf eine sommerliche Wärmeabnahme von $2\frac{1}{2}^{\circ}$. Zu demselben Ergebnis gelangte man auf Grund der Feststellung ehemaliger Fichtenbestände in Norwegen, die 350—400 m über ihrer gegenwärtigen Höhengrenze gefunden wurden, sowie in bezug auf die marine Molluskenfauna der oberen Tapeschichten am Christianiafjord¹⁾. Auch

¹⁾ Vgl. vor allem: J. Hoops, Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum, Straßburg 1905 und die hier sehr zahlreich zitierte Literatur.

für Island hat man eine größere Ausbreitung der Birkenwälder in postglazialer Zeit nachgewiesen, und selbst in Mitteleuropa schob sich zwischen die Eiszeit und die gegenwärtige Waldperiode eine „xerothermische“ Periode mit etwas wärmerem und trockenerem Klima ein, der wohl auch die frühere stärkere Bewaldung des Brocken Gipfels, die nicht mehr für die historische Zeit gilt, zuzuschreiben ist. Am auffälligsten ist aber die Erscheinung, daß, wie gesagt, ein allmähliches Vorrücken der Pflanzenwelt Mitteleuropas in die nordischen Länder seit dem Ausklingen der Glazialperiode zweifellos aufs engste mit einer stetig fortschreitenden Erwärmung des Klimas zusammenhängt, welche während der ganzen Anchlussperiode andauerte und wahrscheinlich kurz vor dem höchsten Stand des Vitorinameers, der etwa mit dem Beginn der Fichten- und Buchenzeit zusammenfällt, ihren Höhepunkt erreichte.

Mit der Vitorinaepoche aber fällt zeitlich das Steinzeitalter zusammen. In den dieser Zeit entstammenden Rjöfkenmüddingern finden sich gewisse Muscheln, die strenge Winter und Brackwasser nicht lieben; aus dieser Tatsache hat man daher mit Recht gefolgert, daß die Abfallhaufen zu einer Zeit entstanden sein müssen, wo das Meer salziger und wärmer war als heute¹⁾. Die neuesten Untersuchungen²⁾ haben dies Ergebnis vollauf bestätigt. Der Salzgehalt des Wassers

¹⁾ Wie sehr die Wassertemperaturen auch unter den heutigen Verhältnissen für die Pflanzenwelt Norwegens maßgebend sind, geht daraus hervor, daß das Wachstum der Föhre (*Pinus silvestris*) in Norwegen jedesmal auffällig genau der Temperatur des Wassers im Vorjahre entspricht: das Längenwachstum des Baumes ist somit schon in der Knospe bestimmt, damit aber auch seine Widerstandskraft und seine Existenz „im Kampf ums Dasein“. Eine geringe dauernde Wärmeänderung im Laufe einer geologischen Epoche kann somit auch eine Änderung der Waldformation bedingen. (Vgl. hierüber: Björn Helland-Hansen und Fridtjof Nansen, Die jährlichen Schwankungen der Wassermassen im norwegischen Nordmeer in ihrer Beziehung zu den Schwankungen der meteorologischen Verhältnisse, der Ernteerträge und der Fischereiergebnisse in Norwegen, Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. II, Heft 3.)

²⁾ C. G. J. Peterfen, *Affaldsdynger fra Stenalderen* 178.

und das Klima der dänischen Inseln scheinen in der Epoche der Muschelhaufen mehr als jetzt den Verhältnissen an der Küste des offenen Ozeans entsprochen zu haben. Das weist darauf hin, daß das ältere nordische Steinzeitalter mit der Periode des Titorinameers zusammenfällt¹⁾.

So mußte während des ersten Abschnittes der Titorina-epoche zu den günstigen klimatischen Bedingungen allgemeiner Natur noch eine starke Senkung des Stagerraks hinzukommen, wodurch die warmen Wasser des Golfstroms in größerem Umfang als heute bis in das Innere der Ostsee gelangen und das Klima der baltischen Länder vorteilhaft beeinflussen konnten¹⁾. Die Ufermuschelbänke am Christianiafjord, die sich damals ablagerten, enthalten eine Fauna, die sich heute entweder ganz aus den norwegischen Gewässern in südlichere Gegenden zurückgezogen hat oder nur noch an der wärmeren Westküste bei Bergen existiert. Wir werden uns das Klima der nordischen Länder daher wohl ähnlich wie das des heutigen Irland vorzustellen haben. Nachdem jedoch die Titorina-senkung ihre größte Ausdehnung erreicht hatte und das Land sich wieder zu heben begann, um allmählich in die historischen Verhältnisse überzugehen, setzte eine allgemeine Klimaverschlechterung ein, die bis auf den heutigen Tag andauert, d. h. jedoch zu Beginn der historischen Gegenwart bereits beendet war. Durch die erneute Hebung des Meeresbodens im Stagerrak wurde das kräftige Eindringen der Wasser des Golfstroms in die Ostsee wieder beeinträchtigt, was notgedrungen eine ungünstige Rückwirkung auf das Klima der westlichen Ostseeländer üben mußte. Ferner dürfte die beständig zunehmende beträchtliche Hebung der skandinavischen Gebirge dazu beigetragen haben, das Klima der nordischen Länder nach und nach herunterzudrücken. Die Hauptursache

¹⁾ Vgl. auch W. Götz, Das Klima am Beginn der neolithischen Zeit, Verh. des 16. deutschen Geographentages, Berlin 1907.

dieses Wärmerückganges müssen jedoch andere, weiter reichende Erscheinungen gewesen sein, da, abgesehen von den oben erwähnten auf Island gemachten paläophytologischen Funden, auch in den schottischen Torfmooren sowie auf den Shetlandsinseln Reste von Eichen und Haselnüssen gefunden sind, die jetzt dort nicht mehr gedeihen.

Wenn sich auch über das Problem der Waldperioden der Länder des nördlichen Europas eine endgültige Entscheidung zurzeit noch nicht fällen läßt, so dürfen wir doch, da für unsere Untersuchung weniger Einzelheiten als vielmehr die für den ganzen Norden heute bereits feststehenden großen Züge der Entwicklung in Betracht kommen, das Schema der nordischen Vegetationsepochen als sichere Grundlage für unsere Forschungen annehmen, selbst für den Fall, daß eben in der Tat die verhältnismäßige Einheitlichkeit, die uns in der Pflanzenwelt der nordischen Länder und ihrer Geschichte entgegentritt, sich zweifellos vor allem auch durch die örtlichen klimatischen und edaphischen Verhältnisse des engen Einfallstores erklärt, durch das sie sich auf ihrem Vormarsch von Süden her hindurchzwingen mußte. In Nordeuropa folgt aber auf die der nordischen Vereisung gleichzeitige Periode der arktischen Sträucher (Dryaszeit) eine Kiefernperiode, dieser die Flora von Zitterpappel und Birke und dann eine Eichenperiode und dieser wieder eine Fichten- und Buchenperiode.

Ganz in das Gebiet der Sage zu verweisen sind jedoch die Nachrichten von dem einstigen Kornreichtum Islands, von skandinavischen Ansiedlungen an der Ostküste Grönlands, von der Gangbarkeit alpiner Pässe, die jetzt vergletschert sind usw. Sie sind alle teils durch Untersuchungen an Ort und Stelle — wie in Grönland — teils durch die historische Kritik widerlegt worden¹⁾.

1) Vgl. hierüber H. Supan a. a. O. S. 238 und die zugehörige Literatur.

Die Gründe für die Eigentümlichkeiten des Klimas der geologischen Vergangenheit.

Obwohl sich auch ohne Anwendung irgendwelcher hypothetischen Hilfsfaktoren die Eigentümlichkeiten der klimatischen Verhältnisse der Vorzeit bis zu einem gewissen Grade erklären lassen, so hat man sich doch frühzeitig veranlaßt gesehen, zu solchen zu greifen. Unsere Aufgabe wird es sein, die hauptsächlichsten jener zahlreichen Theorien und Hypothesen kurz zusammenzufassen und auf den Wert ihrer Verwendbarkeit hin zu prüfen. Was die Art der Klimaänderungen anlangt, so können wir entweder in gleichem Sinne fortschreitende oder periodisch wiederkehrende, innerhalb gewisser Grenzen oszillierende unterscheiden. Von ersterer Art würden diejenigen sein, die aus der fortschreitenden Abkühlung sich ergeben würden, aus dem allmählichen Schwinden eines früheren Einflusses der Eigenwärme der Erde auf die Verteilung der Klimate auf deren Oberfläche, oder jene, welche aus der Abkühlung der Sonne selbst, aus einer fortschreitenden Verminderung ihrer Strahlungsintensität hervorgehen müßten.

Sehen wir uns daher nach den Ursachen um, welche Änderungen des Klimas hervorzurufen vermögen, so können wir unterscheiden 1. die solaren, 2. die atmosphärischen und 3. die geographischen.

Die geographischen Änderungen des Klimas können verschiedene Ursachen haben. Zuerst kommt in Frage die Verlagerung der Drehungspole der Erde. Jede Änderung der Meeresgrenzen muß ebenfalls die Klimagebiete verschieben, und bei den zahlreichen Transgressionen und Regressionen, von denen die Erdgeschichte berichtet, wurde jedesmal auch das Klima relativ geändert. Alle

tektonischen Bewegungen der Erdrinde und alle abtragenden Vorgänge ändern die Ausdehnung und Breite der Klimagürtel und Klimaprovinzen.

Neben diesen Ursachen kann man noch zahlreiche andere Erscheinungen aufzählen, die eine Klimaänderung bedingen oder beeinflussen, so die Änderungen in der Schiefe der Ekliptik und die Exzentrizität der Erdbahn. Die zuletzt genannten bezeichnet man auch als die kosmischen Ursachen terrestrischer Klimaschwankungen; dieselben mußten eine ausgesprochen periodische Wirkung ausüben.

Zu den geographischen Änderungen im weiteren Sinne gehört auch der eben erwähnte Einfluß der inneren Erdwärme, den man für das Klima der geologischen Epochen bis in das Cozän hinein annehmen zu müssen glaubte.

I. Der vermutliche Einfluß der inneren Erdwärme auf das Klima der Vergangenheit.

Fast allgemein verbreitet war früher die Annahme, daß in den früheren Erdperioden bis zum Tertiär hinauf die ehemals bedeutendere innere Erdwärme die Oberfläche in derselben Weise geheizt habe, wie etwa in einem Warmbeet der sich zersetzende Dünger eine höhere Temperatur erzeugt. Indessen haben neuere Berechnungen das ungewöhnlich geringe Wärmeleitungsvermögen der Gesteine hervorgehoben¹⁾. Um der Erdoberfläche dieselbe Wärmemenge von innen zuzuführen, die sie jetzt durch die Sonne von außen empfängt, müßte in einer Tiefe von 30 m volle Rotglut, d. h. eine Wärme von 1000° C herrschen²⁾. Hierbei wird der verhältnismäßig gut leitende Granit als Grundgestein angenommen, während

¹⁾ Vgl. hierüber N. Ekholm, Variations on the climates, Quart. Journ. Royal Meteorological Soc. Jan. 1901, Bd. 27.

²⁾ Fr. Frech, Studien über das Klima der Vergangenheit, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1902.

Sandstein oder Kalk eine dreimal geringere Wärmeleitfähigkeit besitzen. Zur Erzielung einer Heizung der Atmosphäre vom Erdinnern aus müßte also Rotglühhitze schon in einer Tiefe von 10 m herrschen; man müßte also schon in Tiefen von 5—10 Fuß unter dem Boden, bis wohin die Wurzeln der Bäume vordringen, eine so bedeutende Hitze voraussetzen, daß die Ernährungsbedingungen der Pflanzen gestört würden.

Wir kennen nun aus den ältesten fossilführenden Schichtensystemen, dem Algonkium und Kambrium, Ablagerungen von Sandsteinen in einer gemessenen Mächtigkeit von mehr als 2000 m, die selbst in ihren tiefsten Schichten, da, wo sie auf älteren Graniten und Gneisen aufliegen, nicht die Spur von Hitzewirkungen erkennen lassen, die sich darin äußern müssen, daß jene 2000 m mächtigen Sandsteine in ihren liegenden Schichten Kontakterscheinungen¹⁾ aufzuweisen hätten, wenn die Erdwärme durch die Sandsteindecke hindurch an der damaligen Erdoberfläche eine klimatisch bedeutsame Erwärmung des Meeres oder der unteren Luftschichten bedingt hätte. Da jedoch nichts von einer solchen zu erkennen ist, müssen wir mit Sicherheit annehmen, daß mindestens schon im Kambrium das Klima der Erde lediglich ein solares gewesen ist; und somit fallen alle Hypothesen, welche das vermutlich gleichmäßig warme Klima früherer geologischer Epochen und die vermeintliche Kälte der Eiszeiten auf Änderungen der Erdwärme zurückzuführen versuchen.

In jüngster Zeit ist die Abkühlungsfrage unseres Planeten durch die Entdeckung des Radiums in ein neues Licht gerückt worden, da nach Strutt bei gleichmäßiger Verteilung des Radiums durch die ganze Erdoberfläche $\frac{1}{5700}$, nach Duthersford sogar schon $\frac{1}{6600}$ mg pro Kubikmeter genügen soll, um die

¹⁾ J. Walther, Geschichte der Erde und des Lebens, S. 93.

Wärmeausgabe vollständig zu decken, und die untersuchten Gesteine mindestens das Zehnfache dieser Mengen enthalten¹⁾. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß nur ein verhältnismäßig kleiner Teil der Erdmasse Radium enthält, und daß die Abkühlung der Erde durch die radioaktiven Prozesse nur eine Verlangsamung, vielleicht auch eine zeitweilige Suspendierung erfährt. Man könnte also daran denken, daß die Wärmestrahlung durch radioaktive Vorgänge zeitweilig unterbrochen wurde, aber diese Hypothese beruht wieder nur auf einer Hypothese; ja, die ganze Frage ist für unseren Gegenstand, wie man weiter unten noch erkennen wird, vollkommen belanglos.

II. Das Verhalten des Sonnenkörpers. Die Entwicklungsgeschichte der Sonne in ihren Beziehungen zu den geologischen Klimaten.

Was die Beziehungen zwischen einer Abnahme oder einer Veränderlichkeit der Intensität der Sonnenstrahlung mit den Variationen der irdischen Klimate anlangt, so geht diese Theorie davon aus, daß die atmosphärische und ozeanische Zirkulation ehemals energischer gewesen sei als jetzt, und so den Polarländern mehr warmes Wasser und mehr warme Luft zugeführt worden wäre als gegenwärtig, daß also bei den überwiegenden violetten Strahlen einer weißen Sonne eine sehr energische Zirkulation zwischen Äquator und den Polen entstand, welche den höheren Breiten viel mehr Wärme brachte als jetzt²⁾. Da die violetten und ultravioletten Strahlen von kleiner Wellenlänge nach Langley weit mehr von der Luft absorbiert werden als die ultraroten und roten, so

¹⁾ Vgl. hierüber Supan a. a. O. S. 260.

²⁾ E. Dubois, Die Klimate der geologischen Vergangenheit und ihre Beziehungen zur Entwicklungsgeschichte der Sonne, Leipzig, Spohr 1893. The climates of the geological Past etc., London 1895, sowie Woeikof, Geologische Klimate, Peterm. Mitt. 1896 Heft 11.

erhielten eben vor allem die unteren Luftschichten, der Boden und die Gewässer der Tropen von der weißen Sonne relativ wenig Wärme zugestrahlt, der größere Teil wurde durch die höheren und mittleren Luftschichten absorbiert. „Dagegen wird die durch allgemeine Absorption in den höheren Luftschichten mitgeteilte Energie der damals überwiegend blauen, violetten und ultravioletten Strahlen zur Verstärkung der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre gebraucht worden und auf indirektem Wege den subpolaren Breiten zugute gekommen sein.“ Auf diese Weise hätte die Erdatmosphäre viel mehr Wasserdampf und viel dichtere Wolken gehabt als jetzt. Die Beobachtungen an der Venus, welche bekanntlich viel mehr Wärme von der Sonne empfängt als die Erde, sollen eine solche Lage der Dinge zeigen. All diese wenig diathermanen Stoffe hätten die Ausstrahlung in den Polarländern sehr gehemmt.

Dem gegenüber muß betont werden, daß eine lebhaftere Zirkulation zwischen Äquator und Pol durch Zustände auf der Erde allein, wie z. B. die gewisse Verteilung des Festen und Flüssigen, schon möglich ist, ohne daß man deshalb eine höhere Sonnenwärme als die gegenwärtige in Anspruch zu nehmen braucht, daß jedoch bei ehemals geringeren thermischen Gegensätzen von Pol und Äquator eine energischere Zirkulation zwischen diesen Gegenden überhaupt nicht stattfinden konnte. Aber selbst zugegeben, daß eine lebhaftere Zirkulation des Luftmeeres an sich in geologischer Vorzeit auf alle Fälle möglich gewesen wäre, so hätte doch auf dem Luftweg den höheren Breiten direkt keine Wärme aus den niederen zugeführt werden können, ebensowenig wie das heute der Fall ist.

So ist denn auch jene von astrophysikalischen Ursachen ausgehende und in den Veränderungen des Sonnenkörpers, sowie seines Strahlungsvermögens die Ursache der großen, die ganze Erde gleich-

artig beeinflussenden Klimaänderungen sehende Vermutung nicht imstande, Ursache und Nothwendigkeit einer Abkühlung des Erdenklimas oder garen eines periodischen Wechsels desselben nachzuweisen ¹⁾).

In der Geschichte der Erde fehlt jeder Zusammenhang mit der Geschichte ihrer Sonne, und wir merken nirgends etwas von der größeren Wärmesumme, welche die Sonne, als sie noch jünger war, hätte geben können. Ist doch auch in den ältesten Versteinerungen nichts von den Wirkungen einer ehemals heißeren Sonne zu erkennen. Es ist demnach unmöglich, zu bestimmteren Vorstellungen von dem Einflusse der hypothetischen Variationen in der Strahlung der Sonne auf die geologischen Klimate zu gelangen, ja, es ist eher wahrscheinlich, daß eine heißere Sonne ehemals die Glazial- und Pluvialzeit hervorrufen konnte, als daß in dieser Epoche eine Verminderung der Eigenwärme der Sonne um 100° C stattgefunden hätte. Denn nach den meteorologischen Untersuchungen muß als festgestellt gelten, daß in den Tropen die Größe der Einstrahlung und in den höheren Breiten die der Ausstrahlung für die Jahrestemperatur insofern maßgebend ist, als in den Äquatorialgebieten in Folge stärkerer Bewölkung eine, wenn auch nur in geringem Maße niedrigere Temperatur sonnenfleckenreicheren Jahren entspricht, während sich, in je höhere Breiten man sich begibt, ein immer mehr ausgeprägtes entgegengesetztes Verhalten geltend macht, indem eine größere Bewölkung stets eine höhere Jahrestemperatur bewirkt.

Wohl sind die klimatischen Verhältnisse der Vorzeit andere, aber ihre Unterschiede liegen in den Grenzen, die wir auch heute kennen. Die Hypothese einer in geologischer Vorzeit im allgemeinen größeren, nur während der Eiszeiten, die an den Wenden des Paläozoikums wie des Känozoikums auftraten, geringeren Sonnenwärme unterscheidet sich doch nur

¹⁾ Vgl. Fr. Raafel, Die Erde und das Leben.

durch die sachkundige Verwendung astrophysikalischer Tatsachen von jener großartigsten aber auch luftigsten Vorstellung von abwechselnd warmen und kalten Stellen im Weltraum, durch die das Sonnensystem seinen Weg nimmt.

III. Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und ihre Wirkung auf das Klima.

Wenn von atmosphärischen Klimaänderungen die Rede ist, so beruhen diese im wesentlichen darauf, daß die chemische Zusammensetzung der irdischen Lufthülle sich ändert und dadurch ihre Wärmedurchlässigkeit vermehrt oder vermindert wird. Bei allen geologischen Vorgängen beobachten wir einen lebhaften Austausch der in der Atmosphäre enthaltenen Stoffe mit den anderen Hüllen des Erdballs. Ihre Zusammensetzung kann sich ändern durch Massen, die aus der Pyrosphäre aufsteigen, durch die Tätigkeit der Biosphäre und die Veränderungen, die in der Hydrosphäre vor sich gehen. Ist doch jedes polare Steineis, jede Kalkschicht, jedes Kohlenlager ein Stück Atmosphäre, das der Lithosphäre allmählich zugefügt wurde, und so will uns die Lufthülle der Erde als ein stets veränderliches Gebilde erscheinen, als der jeweilig unverbrauchte, bewegliche gasförmige Rest großer geologischer Prozesse: ein „Rest“, der freilich bei den wechselnden Vorgängen stets neu ergänzt wird.

Zunächst ist ja klar, daß alle Gase, die nicht wenigstens die doppelte Dichtigkeit des Wasserstoffs haben, über kurz oder lang aus der Erdatmosphäre verschwinden müssen. So können sich z. B. Wasserstoff selbst und das aus dem, gewissen Quellen und anderen Ausscheidungen der Erdrinde eigentümlichen Radium sich abspaltende Helium — Gase, die sich in ungeheurer Menge in der äußersten Sonnenatmosphäre vorfinden — bereits bei dem Abkühlungsprozeß der Erde nicht in der Atmosphäre dieser halten, sondern sind infolge

ihres geringen spezifischen Gewichts dem allgemeinen Gravitationszentrum unseres Planetensystems, der Sonne, zugeflogen.

So finden wir nur schwerere Gase in der Erdatmosphäre und besonders solche, die, wie der Stickstoff und das Argon, durch den absoluten Mangel an chemischer Reaktionsfähigkeit sich auszeichnen. Da sie keine chemische Verbindung mit den Stoffen der Erdrinde eingehen, konnten sie sich eben nach und nach in der Atmosphäre ansammeln.

Die Theorie Arrhenius-Frech von dem wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure.

Eine Zeitlang erblickte man in dem wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure die Hauptursache der Änderungen des Klimas im Laufe der geologischen Epochen bis auf den heutigen Tag¹⁾. Arrhenius berechnet die Temperaturänderungen, welche durch den verschiedenen Kohlensäuregehalt der Atmosphäre hervorgerufen werden könnten, für Breitenintervalle von je 10° für alle Breiten von 60° s. Br. bis 70° n. Br., und zwar sowohl für die einzelnen Jahreszeiten als auch für das Jahr. Um ein Bild der Änderungen zu geben, sollen hier die Änderungen der Jahrestemperatur für einige Breitenkreise mitgeteilt werden, wenn der Kohlensäuregehalt statt 1 ein anderer wäre.

Kohlensäuregehalt	0,67	1,5	2,0	2,5	3,0
65° n. Br.	— 3,1	3,5	6,0	7,9	9,3
45° n. Br.	— 3,3	3,6	5,9	7,7	9,2
0°	— 3,0	3,1	4,9	6,5	7,3
45° s. Br.	— 3,4	3,7	5,9	7,8	9,2

Was nun die geologischen Folgerungen anlangt, so würde sich hieraus ergeben, daß man Temperaturschwankungen um

¹⁾ Svante Arrhenius, On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground, Philosophical Magazine 1896, Bb. 41, S. 237 und S. 41.

mehrere Grade durch eine nicht sehr beträchtliche Änderung des Kohlen säuregehaltes der Atmosphäre erklären kann. Es würden sich nach diesen Rechnungen um 8—9° höhere Temperaturen in den Polargegenden ergeben, wenn der Kohlen säuregehalt der Luft nur 2,5 oder 3 mal so groß wäre als gegenwärtig. Da nun in der That bei Vulkan ausbrüchen ungeheure Massen von Kohlen säure ausgehaucht werden, hindert uns an sich nichts, anzunehmen, daß mit der wechselnden Intensität der vulkanischen Tätigkeit auch der Kohlen säure reich tum der Atmosphäre größeren Schwankungen unterworfen war. Die Theorie gipfelt nämlich darin, daß die Perioden höchster Wärme mit den Höhepunkten der vulkanischen Ausbrüche zusammenfallen sollen, und daß andererseits die Gleichzeitigkeit der Rückgänge der Temperatur- und der Tiefpunkte eruptiver Tätigkeit miteinander korrespondierten; und zwar wird der Gehalt an Kohlen säure eben durch vulkanische Eruptionen gesteigert, hauptsächlich durch Kohlen- und Kalkbildung aber vermindert. Allein das Maximum des Vulkanismus fällt nicht in den Anfang des Tertiärs, sondern in die Mitte dieser Periode; die vulkanische Tätigkeit hält im Miozän noch an, als die Kohlenbildung bereits abgeschlossen war. Daher darf die Ursache der Abkühlung nicht im Verbrauch der Kohlen säure zur Bildung von Kohlenlagern gesucht werden. Der ursächliche Zusammenhang wäre vielmehr umgekehrt. Das Primäre müßte die Klimaschwankung, das Sekundäre die Kohlenentwicklung sein. Daß trotzdem der Einfluß dieser Kohlenentwicklung auf den Kohlen säuregehalt der Luft von entschiedener Bedeutung gewesen sein könnte, und daß daher, ohne daß der Kohlen säureverbrauch ausschließlich Ursache der Eiszeit gewesen wäre, die Größe der glazialen Temperaturveränderung — falls es sich um einen solchen universellen Faktor überhaupt gehandelt hätte — wohl mit durch die Kohlenbildung hätte beeinflusst werden

können, scheint auf den ersten Blick nicht ohne weiteres von der Hand gewiesen werden zu dürfen¹⁾, allein die Eiszeit hatte ganz andere Ursachen. Bei dem hypothetischen größeren Gehalt der Atmosphäre an Kohlenäure kommt es ferner nicht auf die Möglichkeit des Tierlebens und Pflanzenwachstums selbst an, sondern in erster Linie auf die für die Konservierung (Humifizierung) vom Klima gegebenen günstigen Bedingungen. Was das Karbon anlangt, so wäre vom geologischen Standpunkte zugunsten der in Rede stehenden Theorie vielleicht geltend zu machen, daß die durch Vulkantätigkeit gesteigerte Kohlenäureentwicklung in den allgemeinen Zyklus der die Steinkohlenbildung begleitenden geologischen Erscheinungen an sich ganz gut hineinpaßt. Demgegenüber ist aber auch für die karbonische Kohlenbildung der Einwand zu erheben, daß der Höhepunkt der Eruptionstätigkeit erst in die Zeit des Rotliegenden fällt, also lange nach Abschluß der produktiven Steinkohlenformation²⁾. Ob man den vermeintlichen Kohlenäurereichtum der karbonischen Formation auf Rechnung der stellenweise recht beträchtlichen Eruptionen der vorangehenden devonischen Formation setzen kann, erscheint mindestens fraglich. Es liegen daher im Karbon die Verhältnisse in dieser Beziehung für die Anwendung der Theorie Arrhenius-Frech ebenso ungünstig wie im Tertiär.

Wenn nun auch an sich kein triftiger Grund gegen eine zeitweise in der Atmosphäre in größerem Maße vorhandene Kohlenäuremenge angeführt werden kann, so ist doch auf Grund exakter Forschungen nachgewiesen³⁾, daß wie eine

¹⁾ W. Solger, Die Moore in ihrem geographischen Zusammenhang, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1905, Heft 9.

²⁾ A. Dannenberg, Geologie der Steinkohlenlager, I. Teil, Berlin 1908.

³⁾ Angström, Über die Bedeutung des Wasserdampfes und der Kohlenäure bei der Absorption der Erdatmosphäre (Ann. d. Physik N. F. 3 1900). Derselbe, Über die Abhängigkeit der Absorption der Gase, besonders der CO₂, von der Dichte (Devers, Vetensk., Akad. Förhandl 1901). Derselbe, Einige Bemerkungen zur Absorption der Erdstrahlung durch atmosphärische CO₂ (ebenda), sowie vor allem E. Schäfer, Über die ultrarote Absorpt.-Spektr. der CO₂, Habilit.-Schr., Breslau 1903.

Brettdicke von 1 mm genügt, um den Durchgang von Lichtstrahlen zu verhindern, so auch die gegenwärtig in der Luft enthaltene CO_2 -Menge zur Absorption alles leistet, was die CO_2 überhaupt zu leisten imstande ist. Ja, es würde sogar $\frac{1}{5}$ der zurzeit vorhandenen Kohlensäure zur nahezu völligen Absorption ausreichen. Erst wenn der Kohlensäuregehalt unter $\frac{1}{5}$ seines jetzigen Betrages sankte, würde sich ein Einfluß in negativem Sinne auf das Klima geltend machen können, jede weitere Zunahme des Betrages an diesem Gase aber würde vollkommen wirkungslos bleiben.

Der gesamte Kohlenvorrat aller Formationen kann auf $2\frac{1}{2}$ Billionen Tonnen veranschlagt werden. Denkt man sich die Menge in Form von Kohlensäure der Atmosphäre, der er entnommen ist, zurückgegeben, so würde allein dadurch der heutige Kohlensäuregehalt, der kaum eine Billion Tonnen Kohlenstoff repräsentiert, auf das 2—3fache gesteigert werden. Zweifellos viel größer, wenn auch kaum mit einiger Annäherung zu berechnen, sind die Kohlensäuremengen, die in Form von Karbonaten (Kalk, Dolomit usw.) in den Erdschichten niedergelegt sind und die gleichfalls, direkt oder indirekt, aus der Atmosphäre stammen müssen. Wir werden durch diese Überlegungen für die ältesten geologischen Formationen auf eine Atmosphäre von viel größerer Dichte geführt, in der namentlich die Kohlensäure eine weit größere Rolle gespielt hätte als gegenwärtig. Der karbonischen Pflanzenwelt fiel daher nach dieser Theorie im Entwicklungsgange der Erde und des Lebens geradezu die wichtige Rolle zu, die Atmosphäre von diesem Übermaß an Kohlensäure zu befreien und so den Boden für eine reichere Entfaltung des Tierlebens vorzubereiten. Allein eine Steigerung des Kohlensäuregehaltes der Luft um jenen Betrag ist, wie die Experimente ergeben haben, kein Hindernis für das Tierleben, und andererseits mußte, wenn tatsächlich im Laufe der geologischen

Epochen eine „Entkohlen säuerung“ der Luft stattgefunden hätte, eine stetige Abnahme vom Karbon bis zur Gegenwart zu konstatieren sein. Das ist jedoch keineswegs der Fall, da vielmehr in dieser Beziehung infolge der periodischen vulkanischen Tätigkeit größere Unregelmäßigkeiten vorgekommen sein müssen. Zwar ist eine kohlen säurereichere Atmosphäre im Karbon oder auch in späteren Epochen denkbar, aber für die Kohlenbildung ist sie nicht unbedingt erforderlich, und noch weniger ist sie erwiesen. So ist es denn eine unbeweisbare Hypothese und wird eine solche bleiben, ob und inwieweit die Zusammensetzung der Atmosphäre, die doch für die Bewohner der Erde von prinzipieller Bedeutung ist, seit dem Bestehen des Lebens auf der Erde im Laufe der verschiedenen geologischen Epochen sehr bedeutenden Schwankungen unterworfen war, insonderheit in bezug auf die das organische Leben und vor allem die Physik der Atmosphäre, die Meteorologie, stärker beeinflussenden Bestandteile.

Außer der Theorie Arrhenius-Frech von dem wechselnden Gehalt der Atmosphäre an Kohlen säure ist es vor allem noch eine Theorie, welche die Endursache der Glazialzeit in den wechselnden Erscheinungen des Vulkanismus sucht: die nach Art der bei dem Krakatau-Ausbruch erzeugten Höhestaubwolken schwächen in den geologischen Zeiträumen intensiver Eruptionstätigkeit die Wirkung der Sonnenstrahlung und sind außerdem einer reichlicheren Kondensation des Wasserdampfes in der Atmosphäre günstig¹⁾. Wenn auch diese Hypothese nicht gegen die Gesetze und neuesten Beobachtungen der Meteorologie verstößt, so ist doch auch sie ebensowenig imstande, Ursache und Wirkung im Glazialproblem in ein-

1) Vgl. L. de Marchi, *Le cause d'ell Era glaciale*, Pavia 1895; F. und F. Sarasin, *Über die mutmaßliche Ursache der Eiszeit* (Verh. der Naturforsch. Ges. in Basel, Bd. VIII, 1901).

wandfreier Weise zu verknüpfen, wie jene Vorstellung von abwechselnd warmen und kalten Stellen im Weltenraume, durch die das Sonnensystem seinen Weg nimmt: die Erde müßte mit allen anderen Körpern des Systems Gewinn von den warmen Stellen ziehen, bzw. an Wärme verlieren in den kalten Abschnitten, wie das neuerdings wieder von einem etwas anderem Gesichtspunkt Fr. Nölke¹⁾ auseinandergesetzt hat, nach dessen Theorie die Folgen des Durchschreitens kosmischer Nebelmassen im wesentlichen zweierlei Art sind:

1. Der Stern zieht kleinere oder größere Kondensationen der Nebelmaterie, die nicht übermäßig weit von ihm entfernt sind, zu sich heran und zwingt sie, wenn der Widerstand der feinen Materie imstande ist, die hyperbolische Exzentrizität in eine elliptische umzuformen, als Kometen ihm zu folgen.

2. Die Nebelmaterie absorbiert einen Teil der Licht- und Wärmestrahlung des Sterns und ruft dadurch auf den ihn umkreisenden Planeten eine Abkühlung hervor.

IV. Die geographischen Gründe für die Änderungen des Klimas.

Der Einfluß der Konfiguration der Länder und Meere auf das Klima.

Es ist bereits oben, als vom Klima des Mesozoikums die Rede war, gezeigt worden, daß die jeweilige Konfiguration der Länder und Meere in hohem Maße modifizierend einwirkt auf die Klimaverhältnisse des Erdballs. Am deutlichsten geht das jedoch aus den neuesten Berechnungen hervor, wonach die Wärmeverhältnisse der beiden

¹⁾ Die Entstehung der Eiszeiten, Deutsche Geograph. Blätter, hsg. v. d. Geogr. Ges. Bremen 1909, 32. Bd., Heft 1 u. 2.

Halbkugeln und der ganzen Erde in der Gegenwart folgende sind¹⁾:

	Januar	Juli	Jahres- mittel	Jahres- schwankung
Nordhalbkugel	8,0	22,5	15,2	14,5
Südhalbkugel	17,3	10,3	10,3	7,0
Ganze Erde	12,6	16,4	14,35	3,8

Das Fundamentalsystem der Luftbewegung.

Richten wir unseren Blick auf das Fundamentalsystem der Luftbewegung, wie es durch die großen Gesetze der Temperaturverteilung auf der Erde geregelt wird, so müssen wir bedenken, daß in erster Linie der Luftdruck auch eine Funktion der Temperatur ist. Der Zusammenhang zwischen Luftdruck und Temperatur bedarf jedoch einer weiteren für unseren Gegenstand äußerst wichtigen Erörterung.

Am Äquator tritt unter dem Einflusse beständiger hochgradiger Erwärmung eine Auflockerung der Luftmassen ein: die Flächen gleichen Drucks steigen in die Höhe, d. h. sie entfernen sich weiter von der Erdoberfläche als in den übrigen Zonen der Erde, und namentlich an den Polen. Aber dadurch wird der Luftdruck zunächst noch nicht vermindert, sondern erst durch die Folgeerscheinung. Es entsteht in den oberen Luftschichten eine Strömung, die der Abdachung vom Äquator gegen die Pole folgt. Vom Äquator wird beständig Luft weggeführt, insolgedessen sinkt hier das Barometer, an den Polen dagegen wird Luft angehäuft, so daß hier der Luftdruck kontinuierlich steigen müßte. Auf einer ruhenden Erde mit einförmiger Oberfläche (Landbedeckung) würde sich also die

¹⁾ J. Hann, Handbuch der Klimatologie, I. Bd., 3. Aufl., Stuttgart 1900, S. 324. Von besonderem Interesse ist hier auch die Arbeit Fr. von Kerners „Die extremen thermischen Anomalien auf der Nordhemisphäre und ihre Bedeutung für die Frage der geologischen Polverschiebungen“, Met. Zeitschr. 1909, Heft 10. Die in dieser Abhandlung mitgeteilten Zahlenwerte sind jedoch als ziffernmäßige Nachweise der in ihren Hauptzügen wohlbekanntesten Phänomene der Schärung und Zerstreuung der Isothermen auch für die Klimatologie der Jetztzeit von Wichtigkeit.

Luftdruckverteilung genau an die Temperaturverteilung anschließen, jedoch in umgekehrter Weise. Es macht sich jedoch auf die Luftdruckverhältnisse ein fundamentaler Einfluß der Erdrotation stark modifizierend bemerkbar, insofern als die Geschwindigkeit des Windes in der freien Atmosphäre mit zunehmender Breite entsprechend dem Flächensatze größer wird, bis sie endlich so groß wird, daß die Zentrifugalkraft die polare Anziehung überwiegt.

Dieser Umschwung vollzieht sich ungefähr in $30-35^{\circ}$ n. und s. Br., wo sich die lineare Geschwindigkeit der Luftmassen und die Rotationsgeschwindigkeit der Erde decken und somit für die Luft ein Zustand relativer Ruhe eintritt.

Die dem Äquator wieder zuströmenden Luftmassen dagegen, welche in ihrer Geschwindigkeit hinter der Erdrotation zurückbleiben und infolgedessen zu nordöstlichen bzw. südöstlichen Winden werden, wehen an der Erdoberfläche und entsprechen in einiger Höhe genau den entgegengesetzten Winden. Zu beiden Seiten strömt also die absteigende und somit relativ trockne Luft aus polarer Richtung dem Äquator wieder zu, immer mehr von ihrem Wassergehalt verlierend, in je niedere Breiten sie gelangt.

In dieser Erscheinung haben wir das Passatwindssystem der Erde vor uns, das auf jeder Hemisphäre gewissermaßen zwei große Wirbel darstellt. Daher bildet der Wüstengürtel im allgemeinen einen charakteristischen Zug im Antlitz unseres Planeten, und nur insofern wird die Erscheinung des Wüstengürtels abgeschwächt oder aufgehoben, als in den Gegenden der Ostküsten der Kontinente, wo doch theoretisch die Wüste bis an die Küste herantreten müßte, der Südost- bzw. der Nordostpassat als ursprünglich feuchte vom Meere kommende Winde, als Monsune, diesen Ländergebieten genügend Feuchtigkeit zuführen und daselbst vor allem ein reiches Pflanzenleben ermöglichen. Diese Verhältnisse gelten in erster

Linie für den Südosten Asiens, Australiens und Südamerikas. Es waren demnach auch in früheren Perioden nur an den Ostküsten der Kontinente die Bedingungen für Durchgangsgebiete tiergeographischer Wanderungen zu Lande von den höheren Breiten der einen Halbkugel durch das Äquatorialgebiet zu den höheren Breiten der anderen gegeben.

Außerhalb der Region der Passatwinde gehen die beiden Luftströmungen, welche die Luft oben herum vom Äquator zu den Polen führen, nicht über-, sondern nebeneinander; sie streben sich also gegenseitig zu verdrängen. So kommt es, daß in diesen Gegenden bald der Südwind, bald der Nordwind die Oberhand erlangt, und daß bei dem Übergange aus einer dieser Windrichtungen in eine andere die Zwischenwinde nach allen Richtungen der Windrose wehen: das ist das wechselvolle Spiel der Zyklonen und Antizyklonen, welches das Klima und Wetter der höheren Breiten beherrscht.

Der modifizierende Einfluß der Landmassen auf die Lage und Ausprägung der großen Luftdruckgebiete.

Das System der Passatwinde findet sich jedoch, abgesehen von den Ostküsten der Kontinente, auch noch an anderen Stellen der Erde keineswegs gürtelförmig, immer genau denselben Breiten folgend, geschlossen um den Erdball, sondern es wirken die großen Ländermassen stark modifizierend auf Ausprägung und Lage der jahreszeitlichen Gebiete höheren und niederen Drucks¹⁾. Das sind die Folgen des verschiedenen thermischen Verhaltens der ausgedehnten Land- und Wassermassen. Am reinsten, weil am ungestörtesten, wehen die Winde auf dem Stillen Ozean und in den höheren Breiten der Wasserhemisphäre unseres Planeten.

¹⁾ Vgl. hierüber W. R. Eckardt, „Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart“ im „Globus“, Bd. 45, 1909, Nr. 21.

Mag nun immerhin die Anregung zu dieser Luftdruckverteilung durch thermische Ursachen gegeben sein, so ist doch klar, daß die eigentliche Ursache der beiden Hochdruckgürtel der Hoßbreiten in der ablenkenden Kraft, also in einer Kraft gelegen ist, die in der Bewegung der Erde um ihre Achse ihren Grund hat, oder anders ausgedrückt, dynamischer Natur ist. In der That sehen wir denn auch in den Hoßbreiten, besonders auf der Südhalbkugel mit wachsender Breite den Luftdruck mehr und mehr abnehmen. Wir haben hohen Druck in einem verhältnismäßig warmen Gebiet, relativ niederen Luftdruck in den kalten Polargegenden. Dieser Gegensatz ist gewiß kein thermischer. Wir müssen daher, wenn wir den tiefen Druck der Tropen auch auf einer rotierenden Erde als reinen Temperatureffekt gelten lassen, doch die beiden Hochdruckgürtel der Hoßbreiten und den tiefen Luftdruck beim Pole auf dynamische Ursachen zurückführen. Wir beobachten denn auch besonders auf der Südhalbkugel trotz eines ziemlich starken Luftdruckgradienten gegen den Pol hin, durchaus in den höheren Breiten Westwinde. Die Gradientkraft wird eben aufgehoben durch die äquatorwärts wirkende ablenkende Kraft der Erdrotation. Diese Anordnung des Luftdrucks und der Winde darf auch für andere mit einer Atmosphäre ausgestattete Planeten angenommen werden, da sie durch die Verteilung der Sonnenstrahlung nach der geographischen Breite und die Wirkungen der täglichen Umdrehung bedingt ist ¹⁾.

Auch das mit der tiefen Temperatur im Winter ungefähr zusammenfallende Hochdruckgebiet im Innern Asiens ist nur zum Teil ein Temperatureffekt, und zwar insofern, als die tiefe Temperatur des Kontinents die Ursache ist, daß das Hochdruckgebiet der Hoßbreiten im Winter hier so weit nach Norden gerückt wird. In seinem übrigen Wesen aber ist auch das asiatische Barometermaximum ein dynamischer Effekt,

¹⁾ Vgl. W. Köppen, Klimafunde I (Sammlung Götschen) S. 67.

denn die tiefe Temperatur über dem Kontinent hat nur zur Folge, daß sich in der Höhe in diesem Gebiet die Flächen gleichen Druckes vom Äquator her noch stärker senken, als dies normal ist.

„Es wird daher hier auch der Gradient von Süden nach Norden ein viel größerer sein; dann aber muß auch die Westkomponente der Luftgeschwindigkeit in der Höhe eine viel größere sein, um eine ablenkende Kraft hervorzurufen, welche dem größeren Gradienten das Gleichgewicht halten kann. Dann aber wird ein Luftteilchen in der Höhe in viel nördlicher gelegene Gegenden zu dringen vermögen; es wird daher auch die Stauung und mit ihr der hohe Luftdruck im Meeresniveau in diesem Gebiet weiter nördlich hinaufreichen.“ (Trabert.)

Andererseits freilich ist das im Nordsummer über Asien auftretende Gebiet niedrigen Luftdrucks nichts anderes als das unter dem erwärmenden Einfluß des Kontinentes weit gegen Norden vorgeschobene Gebiet niederen Druckes der Tropen¹⁾. Diese Ausführungen zeigen aber u. a. auch zur Genüge, daß infolge des Gesetzes der allgemeinen Luftzirkulation keine Gegend höherer Breiten auf dem Luftwege auf weite Strecken hin in allen Jahreszeiten dauernd erwärmt werden kann, da eben den stark erwärmten Erdgebieten, wo sich aufsteigende Luftströme entwickeln müssen, als Ersatz hierfür an der Erdoberfläche beständig schwerere Luft aus kühleren Gegenden zugeführt wird.

Die Verlagerung der Drehungspole bzw. die Bewegungen der Erdkruste.

So sehr demnach auch die Konfiguration der Kontinente auf die Luftdruck- und Temperaturverteilung zeitweilig (jahreszeitlich) modifizierend einwirkt, so haben diese Wirkungen auf die großen, auf physikalischen Grundsätzen be-

¹⁾ Vgl. W. Trabert, Die Luftdruckverhältnisse in der Niederung und ihr Zusammenhang mit der Verteilung der Temperatur, Met. Ztschr. 1908, Hft. 5.

ruhenden atmosphärischen Bewegungen doch auch ihre Grenzen. Denn nicht nur geographisch, sondern auch geologisch bilden eben vor allem die Wüstengürtel einen der beständigsten Gesichtszüge unserer Erde.

Da aber die Klimagürtel der Erde senkrecht zur Erdachse angeordnet sind, so muß es auffallen, wenn im Laufe der geologischen Epochen die Windzonen, vor allem das Passatwindssystem, erhebliche Wanderungen über bedeutende Strecken des Erdballs zurückgelegt zu haben scheinen, und zwar in einer deutlicheren Weise, als sie die jeweilige Konfiguration der Kontinente allein zu bewirken vermochte.

Aus diesem Grunde scheint dem Klimatologen und Meteorologen die Theorie von Polverschiebungen, bzw. Verlagerungen großer Gebiete auf der Erde im Laufe der geologischen Perioden einfach unumgänglich.

Zuerst käme in Frage die Verlagerung der Drehungspole selbst¹⁾. Da, wie gesagt, die irdischen Klimagürtel senkrecht zur Erdachse angeordnet sind, muß jede Polverschiebung auch ein Wandern der Klimagrenzen zur Folge haben. Das System der sieben Klimagebiete, ihre gegenseitigen Beziehungen und Kontraste werden dadurch nur wenig beeinflusst, aber der Äquator schneidet andere Länder, und die Wüsten bedecken vorher niederschlagsreichere Gebiete.

Durch diese Art von Achsenbewegung können zwar große Veränderungen der Unterschiede zwischen den Temperaturen

¹⁾ In erster Linie ist die Frage, ob eine Verschiebung der Pole überhaupt möglich sei und wirklich stattgefunden habe, eine physikalisch = astronomische, und Vertreter dieser Forschungsrichtung haben sich auch schon vielfach mit diesem Problem, wenn auch mit sehr verschiedenen Ergebnissen, beschäftigt; unsere Kenntnis der tatsächlichen Beschaffenheit des Erdkörpers, seine Starrheit oder Plastizität usw. ist noch viel zu gering, als daß das Problem auch nur mit einiger Aussicht auf Erfolg der Rechnung unterzogen werden könnte. Schiaparelli faßt seine Studien über den Gegenstand dahin zusammen, daß die Astronomie kein endgültiges Urteil fällen könne, daß sie aber weit davon entfernt sei, ein Veto einzulegen, wenn die heutige Geologie auf ihrem Gebiete dazu gelange, eine Verschiebung der Pole zu folgern. Ganz ähnlicher Meinung ist Lord Kelvin.

der extremen Jahreszeiten veranlaßt werden, niemals aber führen sie zu einer Änderung in der Richtung der Zonen, sondern nur in deren Breite. Das Klima aller Orte des Äquators würde sich relativ gar nicht ändern, ebenso wäre das Klima auf jedem Breitenkreise charakteristisch für ihn und von dem des Äquators verschieden; auch könnten niemals Orte von verschiedener Breite dasselbe Klima besitzen, oder solche von gleicher Breite ein verschiedenes, vorausgesetzt natürlich, daß wir alle Einflüsse von Wasser und Land eliminieren.

Ganz anders verhält es sich mit der zweiten Art von Achsenänderungen innerhalb der Erde. Verschiebt man nämlich die Erde gegen die festbleibende Achse, so daß sie gleichsam nach immer anderen Richtungen auf dieselbe gespießt würde, so ist klar, daß dabei allein die Klimate der Erde in Beziehung auf die Achse unverändert blieben, es kämen aber immer andere Punkte der Erdoberfläche in die Nähe der Pole oder unter den Äquator¹⁾.

¹⁾ Vgl. D. Kreichgauer, Die Äquatorfrage in der Geologie, Stehl 1902. Mit dieser Theorie decken sich im wesentlichen die Auffassungen von J. Solfier, Esquisse d'un système orthogonal, im Bull. de la Soc. geol. de France 1903 sowie von C. Freiherr Döffelholz von Colberg, Die Drehungen der Erdkruste in geologischen Zeiträumen, Eine neue geologisch-astronomische Hypothese, München 1886 und 2. gänzlich umgearbeitete Auflage, ebenda 1895. Vgl. auch S. Simroth, Pendulationstheorie.

Inwieweit tiefgreifende mannigfaltige Veränderungen, die sich in der Lithosphäre vollziehen und eine wesentlich andere Verteilung der Massen bewirken, auch auf die Lage der Drehungspole Einfluß haben, läßt sich nach dem heutigen Stand der Forschung noch nicht beantworten. Ja, es ist wahrscheinlich, daß beide Vorgänge bis zu einem gewissen Grade in Wechselwirkung stehen, wenn auch in der Lage der Erdachse selbst vielleicht die geringeren Änderungen, so doch die größeren Ursachen zu suchen sind. Mit anderen Worten: Tiefgreifende mannigfaltige Veränderungen, die sich in der Lithosphäre unseres Planeten vollziehen, haben eine andere Verteilung der Massen zur Folge, die auf die Lage der Drehungspole nicht ohne Einfluß bleiben kann. Mit diesen theoretischen Erwägungen stimmt auch ein neuerdings erzieltetes Resultat der Seismologie überein, daß nämlich die Zahl der Erdbeben in engem Zusammenhange mit der Größe der gegenwärtig beobachteten Polverschiebungen steht. (A. Sieberg, Handbuch der Erdbebenkunde, Braunschweig 1904. Derselbe, Die Natur der Erdbeben und die moderne Seismologie, Nat.-Wiss. Woch. 1907, Nr. 50/51.) Jedenfalls scheint so viel sicher, daß die Erdkruste bei eintretender Störung des Gleichgewichtszustandes bis zu einem gewissen Grade die Fähigkeit besitzt, bis zu dessen Wiederherstellung über den Erdkern hinwegzugleiten (John Evans in Nature, Vol. 70, S. 519).

Im ersteren Falle müssen also mit anderen Worten die Änderungen bei Bewegungen der Erdachse für Antipodenpunkte entgegengesetzter Art sein, aber im anderen Falle ist das bei einer Verschiebung der Erdkruste gegenüber dem Erdkern nicht unbedingt erforderlich.

Welcher Art von diesen Verschiebungen kommt nun die größere Wahrscheinlichkeit zu?

Die permokarbone Vergletscherung.

Was die erstere Hypothese anlangt, so hat für die permokarbone Eiszeit, die ihren Hauptsitz in den heutigen Tropengegenden der Osthalbkugel hatte, bereits Neumahr betont, daß, wie man auch immer die Erdachse drehen und wenden mag, stets verschiedene Teile der großen permokarbenen Gletschergebiete in die Äquatorialzone fallen würden; ja man käme schließlich zu dem widersinnigsten aller Schlüsse, daß die Polargegenden damals warmes und die Äquatorialgegenden kaltes Klima gehabt hätten. Ganz anders aber ist es, wenn wir den zweiten Fall annehmen. Die Antipodenpunkte der drei Gebiete permokarboneer Vergletscherung fallen ins Meer: in den nördlichen und südlichen Stillen Ozean und in den nördlichen Atlantischen; sie gewähren also kein Material zur Entscheidung unserer Frage; aber im Dreieck zwischen jenen drei Antipodenpunkten liegt Land, nämlich Mittelamerika, und hier ist nicht die leiseste Spur einer permokarbenen Vergletscherung zu finden¹⁾. Wenn auch dieser Umstand nicht ganz beweiskräftig ist, so können wir doch sagen, daß, wenn die paläozoische Eiszeit ihren Hauptsitz wirklich in der Tropenzone gehabt hätte, so hätten im Permokarbon wohl nur wenige Punkte der Erdoberfläche der allgemeinen Vereisung entgehen können, da sich

¹⁾ Bend, Südafrika und die Sambesifälle, Geogr. Jtschr. 1907.

die Gletscher vielfach bis in das Meeresniveau erstreckten¹⁾.

Allein auf diese Tatsache bezugnehmend dürfen wir demnach behaupten, daß die Bewegung der Erdkruste in horizontalem Sinne als eine ernsthaft in Erwägung zu ziehende Arbeitshypothese ins Auge gefaßt werden muß, was auch Bend entschieden betont.

Die Tertiärzeit.

In gleichem Maße gilt das auch für die klimatischen Eigentümlichkeiten im Tertiär: Für die fragliche Lage des Nordpols zur Tertiärzeit ist das Wort des englischen Geologen Houghton sehr bezeichnend: „Der Pol ist von einem Ringe von Pflanzen umgeben, aus dem er ebensowenig entkommen kann, wie eine Ratte aus einer Falle, die rings von Dachshunden umstellt ist.“ Innerhalb eines gewissen Raumes müßte also der Nordpol zur Tertiärzeit geschwankt haben. Vor allem haben die auf der dem östlichen Asien entgegengesetzten Seite liegenden Pflanzenfunde der Tertiärzeit den Gedanken einer Polverschiebung hervorgerufen.

Verlegt man den Pol um etwa 20 Grade, so daß er in 70° n. Br. und 120 östl. Länge fällt, so würde die Flora der neusibirischen Inseln mit einer ausgesprochen nordischen Tertiärflora unter mehr als 80° n. Br. zu liegen kommen, die Flora von Kamtschatka, von Amurland und Sachalin mit etwas wärmerem Charakter unter 68—67°, während die Floren, die auf ein erheblich wärmeres Klima hindeuten, wie die von Spitzbergen, Grinnell-Land, Grönland usw. außerhalb des Polarkreises in etwa 64, 62, 53—51° fallen würden. Denn es zeigt sich, daß nirgends die tertiären Pflanzen so weit nach Norden reichen, und trotz dieser Lage

¹⁾ Vgl. hierüber: Waltherr, Geschichte der Erde und des Lebens, S. 348, sowie vor allem die Figuren daselbst.

verhältnismäßig so entschieden auf wärmeres Klima verweisen als eben in dem Quadranten, in welchem Grinell-Land, Grönland und Spitzbergen liegen; gehen wir dagegen in den gegenüberliegenden Quadranten, so finden wir genau den entgegengesetzten Fall; ja, die Tertiärpflanzen in Alaska im nordwestlichsten Nordamerika tragen unter 60° n. Br. den Charakter einer südlichen Flora kaum in höherem Grade, als die von Spitzbergen unter 78° . Ferner weisen die Tertiär-Ablagerungen der Vereinigten Staaten von Nordamerika mit ihrer Flora durchaus nicht auf eine so wesentlich gesteigerte Temperatur wie in Europa hin, ja, die fossilen Pflanzen aus den wahrscheinlich miozänen und pliozänen Ablagerungen Japans weisen geradezu auf ein kälteres Klima als das heutige. So hätte eine während der ganzen Tertiärperiode im Westen der Alten Welt stattfindende kontinuierliche Bewegung der Erdkruste nach dem Äquator zu außer dem Zurückweichen der Isothermen noch zur Folge haben können, daß sich auch allmählich die Flora nach ihren jetzigen Verbreitungsgebieten zurückgezogen, daß also ein nach dem Äquator gerichtetes Zurückweichen der bis dahin anscheinend auch in hohen Breiten gedeihenden Formen stattfand. Das Resultat dieser Erscheinung wäre, daß z. B. in Zentraleuropa auf die tropische und subtropische („indisch-australische“) Flora des Cozäns die subtropische („mittelamerikanische“) Flora des Oligozäns und Miozäns, und auf diese die gemäßigte mediterraneische Flora des Pliozäns folgte, daß also die Floren ein und derselben Tertiärablagerung allmählich ihren tropischen Charakter in Europa verlieren und den eines gemäßigten Klimas annehmen.

Bei den an den Boden gefesselten Pflanzen geben sich die Wirkungen klimatischer Veränderungen durchgreifender und augenfälliger zu erkennen, als bei der Tierwelt, jedoch finden sie auch in dieser, und zwar namentlich in der

Aufeinanderfolge der Meeresfaunen ihren unzweideutigen Ausdruck. So enthalten die untersten Ablagerungen des englischen Tertiärbeckens, die Londontone, die Fauna tropischer und subtropischer Meere, seine obersten Schichten der Mehrzahl nach die Mollusken der England bespülenden See, anfänglich noch mit denen südlicher Breiten gemischt, später dieselben ganz verdrängend, eine Erscheinung, die sich überall in unseren Breiten, wo die tertiären Schichtenreihen vollständig entwickelt sind, wiederholt. Diese Tatsachen sind offenbar der Annahme einer Verschiebung des Nordpols zunächst außerordentlich günstig. Denn auf diese Weise würde die Beschaffenheit der fossilen Floren in vollständigem Einklange mit ihrer Lage zum angenommenen Pole stehen. Jedenfalls würden die Floren, die immergrüne Laubbäume besessen haben, alle außerhalb des Polarkreises zu liegen kommen. Es kommt hinzu, daß die tiergeographischen Verhältnisse der Südhalbkugel ebenfalls eine Verlagerung der Erdachse nach Kolve¹⁾ in vordiluvialer Zeit gebieterisch fordern. In der Tatsache jedoch, daß die im Umkreise des korrespondierenden hypothetischen Südpoles, welchem Südamerika damals näher gerückt gewesen wäre, unter 37° bei Coronel in Chile und bei Putosi unter 19° 21 f. Br. gesammelten Tertiärpflanzen direkt für ein tropisches Klima zur gleichen Zeit sprechen²⁾, könnte man ein Analogon zu den Verhältnissen im Permokarbon erblicken und würde so in der Ansicht bestärkt, daß große Bewegungen der Erdkruste in horizontalem Sinne stattgefunden haben müssen. Denn was die zirkumpolaren Gebiete der Nordhalbkugel anlangt, so machen, wenn man lediglich eine Polverschiebung annimmt, jene Pflanzenfunde nur wahr-

¹⁾ Vgl. auch S. Kolve, Die Südpolarcontinenttheorie über tiergeographische Verhältnisse auf der Südhemisphäre, Nat.-Wiss. Wochenschr. VIII. Bd., Nr. 29, 1909.

²⁾ Vgl. E. Koken, Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte, S. 536—551, sowie E. Kayser, Lehrbuch d. Geologie, 2. Aufl., Bd. I, Stuttgart 1905.

scheinlich, daß die Lage des Poles in der Tertiärzeit eine andere war als heute. Aber durch eine solche Annahme allein werden nur die schroffsten klimatischen Gegensätze gemildert und die störendsten Unregelmäßigkeiten abgeschwächt; eine vollständige Erklärung ist jedoch damit nicht gegeben. Welche Stellung wir dem Pole auch anweisen mögen, jedenfalls liegen ihm Lokalitäten, an welchen üppiger tertiärer Pflanzenwuchs gefunden wurde, weit näher als heute die nördliche Grenze des Baumwuchses, und wenn wir die fossilen Floren Japans und Europas miteinander vergleichen, finden wir, daß die erstere weit mehr nach der Richtung eines wärmeren Klimas von der jetzigen abweicht als die letztere im entgegengesetzten Sinne. (Vgl. jedoch unten S. 123/24.)

Wenn ferner das tertiäre Nordpolarmeer von aus niederen Breiten kommenden Meeresströmungen hätte erwärmt werden sollen, so konnte auch das nur geschehen, wenn die tertiären Landmassen Europa-Asiens eine niedrigere Breitenlage aufzuweisen hatten als in der Gegenwart. Denn nur dadurch, daß sie in die Passatzonen zu liegen kamen, konnten sich in dem großen zentralen Mittelmeere, welches in alttertiärer Zeit noch ebenso bestanden hat wie in der Juraperiode, mit Sicherheit Luftdruck- und Windverhältnisse ergeben, die sich am besten mit der Annahme einer von Indien kommenden, das Mittelmeer durchlaufenden Ostwestströmung vereinigen lassen, und unter deren Einfluß warme Meeresströmungen, den Umrissen der Ländermassen entsprechend, in höhere Breiten gelangen und diesen Wärme zuführen konnten¹⁾. Zur Tertiärzeit aber hatte das gleichfalls in der Passatzone gelegene südeuropäische und westasiatische Land mehr den Charakter eines Insellandes, wie heute der Indische Archipel. Aus diesem Grunde mußte das im Cozän

¹⁾ Vgl. hierüber: W. R. Eckardt, Klimaproblem, Tafel II S. 77: Schematische Skizze der Verteilung des Luftdrucks und der Meeresströmungen im Cozän, sowie M. Semper a. a. O. 1900.

auch im Norden des penninisch-karnischen Landes vom Meer umflossene Mittelmeergebiet und das im Norden nicht von Wüsten und Steppen, sondern ebenfalls vom Meer begrenzte südwestliche Asien ein feuchteres Klima besitzen. Unter solchen Umständen war dieser Teil der Alten Welt wohl ein subtropisches Gebiet, aber kein Tropenland par excellence. Wie dann im Miozän die Landausdehnung größer, das Klima somit trockener wurde, und das ganze Ländergebiet überhaupt wohl südlicher lag, darauf dürften die oben erwähnten Klimaverhältnisse der Pyrenäenhalbinsel zur Miozänzeit deuten.

So erscheint die Annahme von Polverlagerungen für die Tertiärzeit sowie für frühere Epochen unerlässlich, denn selbst wenn bei einer günstigen Konfiguration der Landmassen in früheren Erdperioden ohne Polverlagerung warme Meeresströmungen bis tief in das Polarmeer hätten hinein gelangen können, so darf man nicht vergessen, daß auf einem durch Strömungen aus den Tropen erwärmten Meere der Luftdruck namentlich im Winter niedrig, auf einem Kontinent höherer Breite aber hoch sein muß. Das Meer hätte also nicht zur Erwärmung des Innern der Kontinente beitragen können, wohl aber zur Abkühlung im Sommer, denn in dieser Jahreszeit wird der Luftdruck, wenigstens zeitweilig, auf dem Kontinent niedriger sein, und es werden daher kühle Seewinde in das Land eindringen.

Denn wenn bei den gegenwärtigen Meeresströmungen schon eine so unbedeutende Kontinentalmasse wie Lappland sich im Winter so stark im Verhältnis zu den umgebenden Meeren abkühlt, wie sehr viel stärker hätte der Kontrast in früheren Perioden sein müssen für den Fall, daß intensivere warme Strömungen das Polarmeer erreichten, südlich davon aber große und dabei sehr unebene Kontinentalmassen lagen? Es können daher die immer mit Vorliebe herangezogenen intensiveren warmen Meeresströmungen das warme Klima

der Polargegenden in früheren Erdepochen ebensowenig erklären, wie die Annahme einer wärmeren Sonne und einer größeren Absorption der Sonnenstrahlen durch die Atmosphäre. Auch unter solchen Umständen mußte das Innere der Kontinente höherer Breiten im Winter kalt gewesen sein, da auch dann der hohe Luftdruck vorhanden gewesen wäre, ja, die größere Wärme und der größere Gehalt an Wasserdampf mußten die Luft über den Meeren leichter machen als jetzt, den Luftdruck also niedriger, so daß die Winter eher kälter als jetzt hätten sein müssen. Da nun in den höheren Breiten die Sonne zur winterlichen Jahreszeit lange unter dem Horizont bleibt, so ist es vollkommen unmöglich, daß eine selbst beträchtlich größere Sonnenwärme dort die mittlere Jahrestemperatur so bedeutend erhöhen konnte, wie dies die ehemalige Existenz subtropischer Bäume verlangt. Hohe Mitteltemperaturen sind in jenen Gegenden nur dann möglich, wenn auch während der langen Polarnächte, wo die bei Tage empfangene Wärme rasch gegen den kalten Weltraum ausstrahlt, ununterbrochen neue Wärme zugeführt wird. In dieser Notwendigkeit liegt die direkte Beurteilung aller kosmischen Hypothesen zur Erklärung der ehemaligen größeren Wärme in den arktischen Gebieten.

Die diluviale Eiszeit.

Auch die meteorologischen Verhältnisse der diluvialen Eiszeit und der Pluvialzeit lassen sich auf den ersten Blick ohne Polverschiebung nicht gut erklären, vor allem nicht die klimatischen Eigentümlichkeiten der Mittelmeerländer sowie des gesamten afrikanischen Kontinents; sie erscheinen nur dann verständlich, wenn der Westen der Alten Welt und der Osten Nordamerikas dem Nordpol näher gelegen haben. Dafür würde auch sprechen, daß das westliche Sibirien ein wärmeres Klima zur Eiszeit hatte als heute, sowie

ferner auch der Umstand, daß die Pluvial- und Eiszeit in Zentralasien zwar angedeutet, jedoch auf die unmittelbare Umgebung der Hochgebirge beschränkt war. Wie der Tientschan jetzt eine „Feuchtigkeitsinsel“ in dem ausgebreiteten Trockengebiet des inneren Kontinents bildet, so waren auch früher größere Niederschlagsmengen nur in der Nachbarschaft der großen Gebirge (Kwenlun und Himalaja) zu finden. Ein feuchteres Klima wird für Tibet durch höhere Wasserstände des Binnensees erwiesen, welche z. B. 133 m über dem heutigen Spiegel des Laffer-See von Sven Hedin bestimmt wurden.

Trotz alledem ist die Wirkung der Pluvialzeit in Asien viel geringfügiger als in Afrika. Wie trocken Zentralasien gewesen und geblieben ist, geht vor allem aus der größeren Ausdehnung hervor, welche die Himalajagletscher auf der Südseite des Gebirges besessen haben und in entsprechend geringerem Maße eben heute daselbst noch besitzen. Der Wall des höchsten Gebirges der Erde hat von jeher die Seewinde ihrer Feuchtigkeit beraubt und so die Wüsten und Steppen der größten Erhebung der Erde geschaffen. Dagegen tritt die namentlich für den größten Teil der Nordhemisphäre maßgebende Bedeutung der Pluvialzeit in Vorderasien und Afrika, besonders dem nördlichen Teil dieses Kontinentes, sehr deutlich hervor.

Im gesamten Mittelmeergebiet lag die Schneegrenze bedeutend tiefer, besonders tief aber lag sie an den Westküsten der drei südeuropäischen Halbinseln. Es haben im Mittelmeergebiet zur Diluvialzeit wohl ähnliche Zustände geherrscht, wie heute im westlichen Patagonien, in Neuseeland und im südlichen Alaska. Diese Erscheinung ist aber nur zu erklären, wenn zur Eiszeit eine bedeutende Vergrößerung der Niederschläge gegenüber den heute dort fallenden Mengen, namentlich auch im Sommer, eingetreten war.

Wir müssen also für die Eiszeit annehmen, daß die Zugstraßen der barometrischen Minima gegenüber den heutigen derart verschoben waren, daß in Europa neben der Straße I eine der heutigen Straße V analoge, nur noch etwas weiter nach Süden verschobene, vorherrschte, die am meisten frequentiert wurde und so in den Mittelmeerländern reichliche Niederschläge bedingte¹⁾. Daß in Mittel- und Nordeuropa die Niederschläge besonders stark gewesen seien, ist sehr unwahrscheinlich. Denn wenn über dem nordischen Inlandeis beständig eine Antizyklone lagerte, so konnten in der Regel keine feuchtigkeitbringenden Minima in ihrer ganzen Ausdehnung über das nördliche Europa hinwegziehen. Mithin kann es auch auf dem Inlandeise selbst nicht zu intensiven Niederschlägen gekommen sein, und doch mußte diesem gewaltigen Eisblock zu seiner Ernährung und Erhaltung eine Menge Feuchtigkeit zugeführt werden. Das konnte aber nur geschehen, ähnlich einem Vorgang, zu dem G. Gerland²⁾ eine anschauliche Erklärung gegeben hat, und die speziell von den Polarländern, denen ja Europa und Nordamerika in der Diluvialzeit näher gerückt waren, gilt. Läßt man in einer Retorte Wasser sieden, die mit einer anderen, in der ein Stück Eis liegt, in Verbindung steht, so strömt aller Wasserdampf durch das Verbindungsrohr zu dem Eise hin und schlägt sich als Eis auf dem Eise nieder. So ist es im großen auf der Erde: die Retorte mit dem warmen verdunstenden Wasser ist die Tropengegend, das Überleitungsrohr die höhere Atmosphäre; das verdichtete Eis haben wir in den Polarregionen. Hier wird, auch ohne daß eigentlicher Regen oder Schnee fällt,

¹⁾ Vgl. W. R. Eckardt, Klimaproblem, Tafel III S. 93: Luftdruckverteilung und Bodenbedeckung Europas während des Höhepunktes der Diluvialzeit, sowie E. Geinitz, Die Eiszeit, Braunschweig 1906 Tafel I S. 10: Mutmaßliche Verteilung der barometrischen Luftdrucke und der Zyklonenzugstraßen zur maximalen Landausdehnung (Anfang der Eiszeit) und schließlich: A. Penck, Das Klima Europas während der Eiszeit, Nat. Wiss. Woch. Schrift 1905 Nr. 38.

²⁾ Über Ziele und Erfolge der Polarforschung, Straßburg 1897.

analog dem geschilderten Vorgang, über dem Eise der Atmosphäre alle Feuchtigkeit, aller Wasserdampf entzogen und in feinen Kristallen auf der Eisfläche niedergeschlagen, und da der Luftzufluß ein fortwährender und allseitiger ist, indem der vertikale Strom durch horizontalen Zufluß in der Höhe ernährt wird, so haben wir hierin das dauernde Ernährungsmittel der großen Vereisungszentren in den polaren Breiten zu suchen. Dasselbe mußte auch bei den großen europäischen und nordamerikanischen Antizyklogen der Fall sein. Dazu kommen die vertikale Temperaturzunahme und die damit für die Kondensierung der in der herabsteigenden Luft enthaltenen Feuchtigkeit gegebenen günstigen Bedingungen.

Wenn demnach auch die Eis- und Pluvialzeit im allgemeinen für die Erde eine Zeit gesteigerter Niederschläge bedeutete, so gilt das doch nicht für alle Gebiete in gleichem Maße, namentlich nicht für die, bei denen man es am ehesten erwarten sollte.

Die in Europa während der Diluvialzeit stattgehabte Luftdruckverteilung war demnach im Norden antizyklonal, im Süden zyklonal, während heute das Umgekehrte der Fall ist. Wenn ferner auch die der auf dem nördlichen Inlandeislagernden Antizyklone entströmenden Ostwinde bisweilen söhnartigen Charakter besessen haben mögen, so konnte doch andererseits das azorische Maximum, welches in der Gegenwart mit seiner Spitze die Iberische Halbinsel berührt, das Winterklima Europas in positivem Sinne zur Eiszeit nicht beeinflussen, denn es mußte im Vergleich zu heute nach Süden und Westen zurückweichen, da es von der diluvialen Antizyklone durch eine von dem ebenfalls südlicher liegenden isländischen Minimum nach dem Mittelmeer zu sich erstreckenden Furche niederen Druckes getrennt wurde. Die südliche Lage des Azorenmaximums und des isländischen Minimums zur Eiszeit war aber, namentlich

was letzteres betrifft, nicht nur durch die Gesetze der allgemeinen Luftzirkulation bedingt, sondern vor allem auch durch rein geographische. Bestand doch zur Diluvialzeit eine aus nebeneinanderliegenden Inseln und Halbinseln bestehende Brücke zwischen Europa und Grönland, so daß der Golfstrom nicht bis in das Polarmeer vordringen konnte, sondern wieder nach niederen Breiten umschwenken mußte.

Während nun bei der gegenwärtigen Konfiguration der Küsten das westliche Europa seine Wärme zu einem guten Teil der thermischen Energie des Golfstromes, welcher in erster Linie westliche und südwestliche Winde hervorruft, verdankt, strömen kalte arktische Gluten längs der Nordostküste von Nordamerika herab. Hinge aber Europa durch einen breiten Landgürtel mit dem südlichen Grönland zusammen, so müßten die warmen Wasser des Golfstromes ihren Weg durch die Baffinsbai nehmen oder umkehren, statt sich gegen die skandinavische Küste zu wenden. Die nächste Folge würde sein, daß die Eismassen, welche jetzt in den Regionen der „nordwestlichen Durchfahrt“ lagern, wohl z. T. zusammenschmelzen, während die Karische Pforte und das Meer zwischen Spitzbergen und Nowaja Semlja ununterbrochen Eis gegen die europäische Küste entsenden. Die Westküste Norwegens würde auf diese Weise bald ebenso von ungeheuren Gletschern bedeckt sein, wie dies bei Grönland gegenwärtig der Fall ist. Die Nordsee wäre dann der Tummelplatz ungeheurer Eisberge; und wenn man zu alledem noch das Weiße Meer mit der Ostsee in Verbindung denkt (was eben in der Diluvialzeit in der That der Fall war), so würden Eisblöcke von den Mündungen des Ob und Jenissei an den flachen Küsten Pommerns und Westpreußens stranden können. Hierdurch würde aber das Klima dieser Gegenden fortwährend verschlechtert. Die neu sich anhäufenden Eismassen könnten im Sommer nicht mehr sämtlich aufgetaut werden; so fände

ein fortwährender Zuwachs der Eismassen statt, und die Vorbedingungen zur Eiszeit wären gegeben. Noch verderblicher würde es für alle Küstenländer des Nordatlantischen Ozeans aussehen, wenn dieser von Neufundland gegen die Kapverdischen Inseln hin durch eine Landzunge abgeschlossen wäre. In diesem Falle müßte der Golfstrom unter dem nördlichen Wendekreise nach Süden umkehren, während die Baffinsbai, das Spitzbergische und Karische Meer ununterbrochen Eismassen in die nördliche gemäßigte Zone herabschickten¹⁾.

Gegenüber der von Wm. W. Davis vertretenen Ansicht von einer Verlagerung des diluvialen Nordpols um 20 Breitengrade in der Richtung auf Grönland zu, hat Reibisch den Versuch gemacht, für unser Diluvium eine nördliche Verlagerung der Alpen um 3 bis $3\frac{1}{2}^{\circ}$ als hinreichend zu erweisen. Die damit verbundene Erhöhung über den Meeresspiegel würde genügen, um die Gletscher auf den Umfang zu bringen, den die Geologie aufgedeckt hat. Reibisch hat zugleich die Moräne, welche die Ostsee abschloß und Dänemark bildete, sowie deren nachträgliche Durchbrechung benutzt, um die verschiedenen Stufen des Ostseeufers, die Yoldia-, Vitorina- und Anchlussstufe sowie mancherlei andere Einzelheiten daraus abzuleiten.

Mit der Annahme einer Polverlagerung, bzw. einer anderen Breitenlage des diluvialen Europa, und einer gleichzeitigen Erhöhung des Gebietes über das Meeresniveau dürfte natürlich auch der von Brückner berechnete Betrag einer Temperaturenniedrigung um $3-4^{\circ}$ für die höheren Breiten der diluvialen Vereisungszentren und ihrer nächsten Umgebung der Wirklichkeit näher kommen.

Auch die Gletscherzeit Australiens läßt sich durch dieselbe Bewegung der Schneegrenze erklären, wie die Eis-

¹⁾ Herm. F. Klein, Wesen und Ursache der Eiszeit, Gaea, 41. Jg., 1905, Hft. 8. Der selbe, Über die Eiszeit und ihre Ursache, ebenda 4. Jg., 1868, S. 401/11. Vgl. auch F. W. Harmer, Quart. Journ. Geolog. Society, London 1901, S. 405.

zeit Europas, und es entfällt die Nötigung, beide unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten und auf verschiedene Perioden zurückzuführen. Dazu kommt, daß nach Penck die ehemalige Gletscherentwicklung Australiens und seiner Nachbarinseln dieselben Beziehungen zu den heutigen klimatischen Provinzen aufweist, wie sie auch für andere Gegenden der Erde nachgewiesen worden sind. Wenn sich nun auch hier eine Abhängigkeit der früheren Gletscherentwicklung von den heutigen klimatischen Verhältnissen nachweisen läßt, so ist doch die glazialgeologische Forschung bis jetzt noch nicht so weit gediehen, um in allen klimatisch homologen Gebieten einen übereinstimmenden Betrag der benötigten Herabdrückung der Schneegrenze konstatieren zu können. Trotzdem hindert uns nichts anzunehmen, daß die ehemals bedeutenderen Berggletscherungen der Erde alle im wesentlichen als isochron anzusehen seien; wir erkennen aus dem verschiedenen Verhalten der diluvialen Schneegrenze in den einzelnen Erdteilen die Bedeutung der Konfiguration der Landmassen ebenso wie das verschieden thermische Verhalten der umgebenden Meere, aber wohl kaum die Wirkungen einer mehr oder weniger verschiedenen Breitenlage der betreffenden Gebiete von der heutigen.

Die Wirkungen der Pluvialzeit sind ferner in Afrika gut erforscht. Hier herrschten im Diluvium Regenverhältnisse, wie wir sie zunächst wohl nur mit der Theorie einer Polverschiebung im oben angedeuteten Sinne erklären können. Wird doch hierdurch nicht nur die Berggletscherung Europas und Nordamerikas, sondern auch eine Verschiebung des tropischen Regengürtel Afrikas, vor allem der größere Niederschlagsreichtum Nordafrikas zweifellos am einfachsten erklärlich.

Die Sahara bekam demnach auch zur kühleren Jahreszeit noch bedeutendere Niederschläge als heute, während andererseits die Wirkung der die größte Wüste der Gegenwart be-

dingenden Passatwinde damals in der Weise abgeschwächt wurde, daß das durch die Kontinentalität des nördlichen Teiles von Afrika bedingte thermische Minimum, das unter dem erwärmenden Einfluß des Kontinents weiter gegen Norden vorgeschobene Gebiet niederen Luftdruckes der Tropen gewesen ist und stärkere Niederschläge bedingte.

Mit solchen an sich gut begründeten theoretischen Erwägungen aber decken sich die Beobachtungen vollkommen. So erfüllte ein großer Süßwassersee das Becken des Kongo, die Seen anderer afrikanischer Senken wie der Tjadsee und die Gewässer des ostafrikanischen Grabens waren ausgedehnter als jetzt. Das Mittel war ein Sumpfland¹⁾, und in den heutigen Flußtälern der Wadis und denen der Arabischen Wüste brausten mächtige Ströme herab. Der im Gebiete des heutigen Suezkanals mündende Nil war so wasserreich, daß seine süßen Fluten die mediterranen Meerestiere von der Fauna des Roten Meeres zu trennen vermochten, denn eine Landenge bestand damals noch nicht. Auch die Ghor (das Jordantal) hatte in der Pluvialzeit einen weit bedeutenderen Wasserreichtum und floß nach Südosten in das Rote Meer. Keineswegs ist daher der große Wüstengürtel der Erde seit dem Tertiär vollkommen permanent; wenn auch Spuren einer gewissen Permanenz arider Zustände seit dieser Epoche in ihm zu finden sind, so waren doch seit der Tertiärzeit die nördlichen und südlichen Randgebilde großen Schwankungen unterworfen, besonders eben in Afrika. Aber auch die gewaltigen Lößablagerungen des südöstlichen Asien sprechen dafür, denn durch eine größere Kontinentalität des Klimas allein, die nach der Theorie von Richthofens durch den damals noch nicht zu Inselreihen eingesunkenen Gebirgsrand Ostasiens bedingt wurde, lassen sich diese wohl nicht allein erklären.

¹⁾ M. Blaukenhorn, Die Geschichte des Nilstromes in der Tertiär- und Quartärperiode, sowie des paläolithischen Menschen in Ägypten, Ztschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1902, Nr. 8.

Die oben angedeutete Theorie aber, daß die diluviale Eiszeit der Nordhemisphäre auch die übrigen Klimagebiete des Erdballs, hinsichtlich der Hydrometeore namentlich, beeinflussen konnte, bleibt natürlich bestehen auch bei Annahme von Polverschiebungen oder Wanderungen der Erdkruste, da ja in diesen Fällen entgegen der Ansicht R. D. Oldhams¹⁾ das tropische Glazialphänomen ebenfalls berücksichtigt ist.

Indessen läßt sich die Eiszeit wohl auch ohne Annahme einer Polverschiebung erklären, was neuerdings von Kerner mit Recht entschieden betont hat. Denn da im Diluvium infolge des Eindringens des Golfstromes zwischen kühlere Länder die Temperaturunterschiede im nordatlantischen Gebiet größer und daher die daselbst entstandenen barischen Minima tiefer waren als in der Jetztzeit, wäre es wohl möglich gewesen, daß sich die letzteren den Durchgang zwischen der über Nordeuropa gelagerten Antizyklone und der subtropischen Pleiobare nach Osten hätten erzwingen können. Unter solchen Umständen aber hätten die nordhemisphärischen Luftwirbel in der Eiszeit weiter in die Passatregion eingegriffen und es wäre somit kein zwingender Grund vorhanden, daß die Nordgrenze des Passatgürtels in Afrika südlicher verlaufen sei, bzw. der Nordpol eine Lage gehabt habe, bei welcher Europa in höhere Breiten gerückt gewesen wäre.

Kritik der Theorie der Polverschiebungen und ihrer Bedeutung für die geologischen Klimate²⁾.

Ob nun bei den in der Lithosphäre unseres Planeten im Miozän und in keineswegs geringem Maße auch noch im Diluvium sich vollziehenden mannigfaltigen Änderungen eine Hand in Hand damit gehende wesentlich andere Verteilung der Massen eintreten mußte, die auf die Lage der

¹⁾ Probable Changes of Latitude im Geological Magazine 1886.

²⁾ Vgl. zu diesem Kapitel besonders auch S. 139 f.

Drehungspole selbst nicht ohne Einfluß bleiben konnte, oder ob es nur große Bewegungen der über den Erdkern hinweg gleitenden Kruste gewesen sind, und worin speziell die letzteren ihren Grund haben, läßt sich nach dem heutigen Stand der Forschung noch nicht endgültig beantworten.

Man kann jedoch mit Recht so viel sagen, daß den zuletzt genannten Bewegungen aus den verschiedensten Gründen eine weit größere Wahrscheinlichkeit zugesprochen werden muß als den Verlagerungen der Drehungspole selbst, die ja von den Physikern meist noch heftig bekämpft werden. Jene andere Theorie aber läßt alle astronomischen und physikalischen Erscheinungen, wie wir sie jetzt noch auf der Erde finden, unberührt, sie betrachtet die Abplattung der Erde als eine konstante Größe und nimmt nur an, daß sich die im allgemeinen als stark angesehene Erdkruste über den Erdkern langsam während der verschiedenen geologischen Zeitalter verschoben hat und jetzt noch verschiebt, wodurch immer andere Gebiete der Erdoberfläche in die Polarzonen hinein und danach wieder herausgelangen¹⁾.

Wie demnach die Drehungen oder Bewegungen der Erdkruste Teile ihrer Oberfläche zeitweilig aus wärmeren Zonen in die immer vorhandenen, und seit Anfang des paläozoischen Zeitalters sich im großen und ganzen gleichgebliebenen Polarzonen brachten, so gelangten durch solche Vorgänge auch Gegenden, die ehemals der Schauplatz von Eiszeiten waren, in niedere Breiten, aber trotzdem ist die jeweilige Konfiguration der Landmassen für die Ausdehnung der Klimazonen,

¹⁾ In der Tat haben denn auch die von der internationalen Erdmessungskommission auf vier einander ziemlich gegenüberliegenden Punkten der nördlichen Halbkugel fortgesetzten Polhöhenbeobachtungen bereits solche Verschiebungen der Erdkruste gegenüber der stets gleichbleibenden astronomischen Stellung der Erdkugel festgestellt in Ergänzung zu den Tatsachen, daß schon früher verschiedene Sternwarten im Laufe der Zeit auch kleine Veränderungen ihrer Polhöhe, und zwar in demselben Sinne, zeigen. Die Ortsveränderung ist allerdings gering und beträgt nur 30—40 m im Jahrhundert, es wären also bei diesem Tempo etwa 300 000 Jahre erforderlich, um die Verschiebung des Poles um einen Breitengrad hervorzuheben.

für die Größe der vereisten Polarländer ebenso wie für die der heißen Wüstenregionen in erster Linie ausschlaggebend. Ja, es können „Wüstenperioden“ und „Eiszeiten“ für das Klima der einzelnen geologischen Epochen auch ohne Polverschiebungen charakteristisch und auch auf das Klima der übrigen Zonen des Erdballs von nicht zu unterschätzendem Einfluß sein, wie am deutlichsten das diluviale Glazialphänomen lehrt.

So findet man jetzt die fossile halbtropische Tertiärflora auf Spitzbergen von den Gletschern der dortigen, gegenwärtigen „Eiszeit“ der Nordpolarzone bedeckt, dagegen jetzt in Indien und Südafrika eine tropische Flora auf demselben Boden wachsen, welcher einstmals unter gewaltigen Eisdecken begraben lag.

Wie die Tertiärflora und die aus ihr gebildeten Torf- und Braunkohlenlager, so dürften aber auch die vornehmlich wohl in den wärmeren gemäßigten Zonen gebildeten Kohlenflöze des Karbons erst durch spätere Drehungen in polare Breiten gelangt sein. Nach dem Miozän freilich dürften aus geologischen Gründen keine nennenswerten Verschiebungen der Erdkruste gegenüber dem Erdkern mehr eingetreten sein.

Wenn auch in früheren Erdperioden infolge einer günstigeren Verteilung des Festen und Flüssigen ein üppigerer Pflanzenwuchs in höheren polaren Breiten als es heute der Fall ist, möglich gewesen wäre, so ist es doch sehr unwahrscheinlich, daß dieselben Pflanzen des Karbons wie auch des Mesozoikums und des Frühtertiärs, welche an die tägliche Licht- und Wärmemenge der wärmeren oder wärmsten Zonen gewöhnt waren, in derselben Weise auch den fast halbjährigen Lichtmangel und die infolge der unterbrochenen Sonnenbestrahlung eintretende Kälte der monatelangen polaren Nächte hätten ertragen können. Ist doch nach den neuesten Forschungen der Botanik die zur Existenz einer Pflanze er-

forderliche Lichtstärke desto höher, je kälter die Medien sind, in welchen die Pflanze ihre Organe ausbreitet. Dem weiteren Vordringen der arktischen Pflanzen gegen Norden ist daher mehr durch die geringe Lichtstärke als durch zu niedrige Temperatur eine Grenze gezogen. Die Pflanze des arktischen Gebietes sucht vom Gesamtlicht desto mehr zu gewinnen, je weiter sie gegen den Pol vordringt¹⁾.

So bilden den einzigen Grund für die Erscheinung, daß das Pflanzenleben in den beiden Polarzonen so stark herabgedrückt ist, neben den geringen Wärmeverhältnissen in erster Linie die ungünstigen Sonnenbestrahlungsverhältnisse des diffusen Dämmerungslichtes des Polarsoimmers.

Die verschiedenen Wanderungen und Verschiebungen der Faunen auf der Erde, welche sich in fast allen geologischen Zeitabschnitten nachweisen lassen, finden in den Drehungen der Erdkruste wohl ihre einfachste Erklärung, wie andererseits diese Wanderungen auch Anhaltspunkte bieten dürften für die Erforschung von Richtung und Größe der Drehungsverschiebungen in früheren geologischen Zeiträumen.

Die zahlreichen geologischen Beweise aber, daß seit dem Paläozoikum ein Jahreszeitenwechsel bestand, bieten der Astronomie ein wichtiges Zeugnis dafür, daß die Erdachse seit Millionen Jahren stets mehr oder minder senkrecht zu ihrer Bahnebene sich befunden haben muß.

Wenn daher unterhalb der jetzigen polaren Vergletscherungen der Polarländer versteinerte tertiäre halbtropische Pflanzen entdeckt wurden, die unmöglich in Gegenden mit halbjährigen Nächten gedeihen konnten, so geben die fossilen Organismen, untereinander verglichen mit den verwandten Vertretern der verschiedenen Formationen und der Gegenwart, wie auch vormalige Eiszeit Spuren heute wärmerer

¹⁾ Vgl. Wiesner, Untersuchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen im arktischen Gebiete, Sitzungber. d. Wien. Akad. d. Wiss., Math.-Naturw. Kl. 1900, Bd. 109.

Länder in sehr deutlicher Weise das Klima kund, welches damals in der betreffenden Gegend, die eben unter anderer Breite lag, herrschte. Mit Zuhilfenahme der Theorie einer Polverschiebung, behält denn auch jene geniale Theorie Neumayrs von der klimatischen Zonengliederung in der Jurazeit ihre Gültigkeit, während in anderem Falle die neuerdings gemachten Funde die Anordnung jener Zonen bedenklich stören würden. Denn wäre der damalige Äquator mit dem heutigen identisch gewesen, so käme man auf eine Ausdehnung der jurassischen Tropen über 90 Breitengrade. Somit ließen sich die damaligen klimatischen Verhältnisse nicht mehr mit den heutigen vergleichen. Auf diese Weise würde die Theorie Neumayrs nicht nur nicht erschüttert, sondern es ließen sich im Gegenteil die theils zu ihrer Ergänzung, theils mit ihr in Widerspruch stehenden bewerkstelligten Funde der neuesten Zeit ihr vorzüglich einfügen.

So ist die Theorie von Polverschiebungen, bzw. Krustenbewegungen von bestimmtem Ausmaß unter den feststehenden solaren Klimazonen unseres Planeten hin gewissermaßen ein Postulat der gesamten wissenschaftlichen Erdkunde geworden und darf von keinem Naturforscher mehr ignoriert werden. Ja, sie ist für den mit Paläoklimatologie und Paläontologie sich beschäftigenden Meteorologen wohl in manchen Fällen die beste und einzig mögliche Arbeitshypothese. Denn fast alle anderen Hypothesen und Theorien gipfeln in der Forderung, daß entweder die Gesetze der Physik der Atmosphäre erst seit dem Diluvium ihre Geltung hätten, oder daß die Organismen, insonderheit die pflanzlichen, unter ganz andern klimatischen Bedingungen hätten leben können, als in der Gegenwart. Wir dürfen aber nicht nach konstruktiver Phantasie, sondern wir müssen durch die Beobachtung der jetzt auf der Erde sich vollziehenden und damit der Kritik nicht verschlossenen Vorgänge die Dinge zu erklären suchen.

Bei solchen Verschiebungen der Erdkruste mußte freilich die in den einzelnen geologischen Perioden jeweilige Konfiguration der Kontinente ihren stark modifizierenden Einfluß bei günstiger oder ungünstiger Verteilung bald in positivem bald in negativem Sinne auf die Temperaturverteilung in den verschiedenen Zonen geltend machen. So konnte es kommen, daß in einigen Epochen Eiszeiten, in den anderen heiße Wüstenperioden oder feuchtwarme Äquatorialklimate dem Antlitz der Erde in den betreffenden Zeitaltern ihr charakteristisches Gepräge aufdrückten. Nicht die hypothetische Änderung der Strahlungsintensität der Sonne wäre demnach die Ursache der Eiszeiten und Wüstenperioden, sondern die jeweilige Verteilung des Festen und Flüssigen auf der Erde wäre, so paradox dieser Satz zuerst auch klingen mag, in gewissem Sinne Ursache der anscheinend größeren oder geringeren Sonnenwärme. Ursache und Wirkung wären demnach vertauscht.

Es ist daher auch sehr unwahrscheinlich, daß die Verschleierung der Pole in Gestalt weißer Eismassen in seinem ganzen Umfang nur ein Nachklang der Eiszeit ist, die ihre kühlen Schatten bis in unsere Tage hineinwirft, daß vielmehr dieser Zustand nur ein bald mehr oder weniger stark auftretendes dauerndes Charakteristikum des irdischen Klimas ist, seit Leben auf der Erde besteht. Nicht die Vereisung der beiden Drehungspole bzw. ihrer Umgebung, sondern deren zeitweilig bedingte Eisfreiheit wäre demnach die Ausnahme.

In einem für die gesamte Paläoklimatologie hochwichtigen Beitrag hat zwar Fr. von Kerner¹⁾ zu zeigen versucht, daß viele von jenen Phänomenen, welche man als Beweise für Polverschiebungen ansah und noch ansieht, keine solchen Be-

¹⁾ Vgl. S. 96 Anm. 1; vor allem aber die außerordentlich scharfsinnige Studie: „Sind Eiszeiten durch Polverschiebungen zu erklären?“ Bemerkungen zu W. Eckardt's „Klimaproblem“, Berh. d. k. k. geol. Reichsanstalt, Wien, 1909, Nr. 12.

weise sind, andere von diesen Beweisen zumindest die ihnen beigelegte Bezeichnung „zwingend“ keinesfalls verdienen. Denn die extremen thermischen Anomalien der Nordhalbkugel reichen aus, um den einer Breitendifferenz von 20° entsprechenden mittleren Temperaturunterschied auf einem Meridiankreis zu kompensieren; ja es kann sogar eine der normalen entgegengesetzte Wärmeänderung vorkommen. Allein die klimatischen Verhältnisse des Permokarbons auf der Südhemisphäre fordern die Theorie gebieterisch, daß mindestens Gleitbewegungen der Erdkruste über einen in gleicher Achsenlage verharrenden Erdkern stattgefunden haben müssen, wie auch jenes biologisch wichtige Phänomen: die Polarnacht. Die einwandfreie Feststellung einer von der heutigen abweichende Verbreitung dieses Phänomens wäre aber der sichere Nachweis einer stattgehabten Polverschiebung. Jedenfalls ist der Beweisführung Fr. von Kerner's eine sehr hohe Bedeutung beizumessen, und es gebührt ihm das Verdienst, mit vollem Recht energisch betont zu haben, daß weder zwei fossile Floren bei einer entgegengesetzten thermischen Abweichung, deren Fundorte unter gleicher Breite auf einem der gegenüberstehenden Meridiane liegen, noch auch der Vergleich zweier auf demselben Meridian in gleicher Nord- und Südbreite vorhandener fossiler Floren ohne weiteres zu einem sicheren Schluß über die Größe und Richtung etwaiger Polverschiebungen führen können. Auch die Ableitung von Polverschiebungen aus dem Nachweise von Lageänderungen der Windgürtel ist nicht in allen Fällen zulässig, da die Geologie vielfach nur unsichere Belege für solche Lageänderungen liefert. Maßgebend ist auch hier in erster Linie die jeweilige Landentwicklung in den verschiedenen Zonen zu den betreffenden geologischen Epochen. Es ist selbstverständlich, daß schon eine sehr bedeutende Landentwicklung in der Äquatorialregion — man denke an die Verhältnisse des

Meozoikums — auf die Lage der Passatzonen nicht ohne großen Einfluß bleiben mußte. Andererseits ergeben sich nach der Bodenkarte in Berghaus' Atlas der Geologie für Afrika-Europa und für Asien nachstehende Verbreitungsgrenzen von Bodenarten, die Fr. von Kerner mit Recht als Stützpunkte seiner Ansicht benutzt.

	$\lambda = 0-20$ E	$\lambda = 70-110$ E
φ Laterit	10-15	25-30
φ Wüsten sand	30-33	44-48
φ Lehm	49-51	73-78

„Würden uns“, meint daher von Kerner, „die jetzigen asiatischen Nordgrenzen der für die Kalmenzone, die Passatzone und die Westwindzone bezeichnenden Bodenarten als fossile Grenzen entgegentreten, so würde man auf eine Polverschiebung um 15° schließen, und doch würde es sich um einen auch bei der heutigen Pollage möglichen Befund handeln.“ Diese Ausführungen zeigen gewiß zur Genüge, daß man bei Erklärung des paläothermalen Problems insonderheit mit Zuhilfenahme der Theorie von Polverschiebungen sehr vorsichtig zu Werke gehen muß. Das habe auch ich bereits an anderer Stelle¹⁾ ganz entschieden betont. Wie sehr für das Klima eines Ländergebietes die bloße Konfiguration der Landmassen in den Vordergrund tritt, geht auch aus den geologisch-geographischen Untersuchungen von W. Bolz²⁾ über „jungpliozänes Trockenklima in Sumatra und die Landverbindung mit dem asiatischen Kontinent“ hervor, sowie aus einem Resultate der Trinilexpedition, wonach zu Beginn des Diluviums an den Ufern des Trinil auf Java eine um $6-8^\circ$ niedrigere Temperatur geherrscht haben

1) W. R. Eckardt, Die Klimat. Verhältnisse der Vorzeit und ihre Erklärung durch Hypothesen von Polverschiebungen, Naturw. Woch.-Schr. 1906 Nr. 50.

2) „Gaea“ 1909 Heft 7/8.

dürfte als heute¹⁾. Diese Tatsachen werden schon dadurch verständlich, daß große tektonische Vorgänge, die ja seit dem Tertiär gerade für die zuletzt genannten Gegenden charakteristisch sind, stattgefunden haben.

Die Pendulationstheorie und die geologischen Klimate²⁾.

Nach der Pendulationstheorie hat die Erde außer ihren beiden Drehungspolen noch zwei feste Pole, Ecuador und Sumatra, zwischen denen sie langsam hin und her pendelt, daß also die Erdachse nicht immer in gleicher Lage bleibt, sondern sich in bezeichneter Richtung verschiebt. Jede Pendelschwingung entspricht einer geologischen Periode. Der Ausschlag beträgt jedesmal 30—40°. Er ist am stärksten auf einem Meridian, der die Erde in eine westliche und östliche Halbkugel so zerlegt, daß die Schwingpole Ecuador und Sumatra deren Mittelpunkte bilden. Dieser „Schwingungskreis“ ist genau der 10° östl. L. v. Gr., der die Alpen in der oberen Rheinlinie in West- und Ostalpen scheidet. Wir schwanken nun in der paläozoischen Periode nach Norden und kamen im Perm in die erste Eiszeitlage. Während der mesozoischen Periode pendelten wir nach Süden, wo wir in der Kreide subtropisches Klima hatten. Im Tertiär bewegten wir uns wieder nach Norden, bis wir im Diluvium in die zweite Eiszeitlage kamen. Seitdem schwanken wir wieder nach Süden. Diesen Pendelbewegungen muß natürlich auch das Wasser der Ozeane folgen; es muß von den Polen abfließen und sich am Äquator aufstauen. So müssen große Teile der Kontinente abwechselnd untertauchen, bald auch wieder aus dem Wasser hervortreten.

¹⁾ Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1908, Nr. 3. Vgl. auch W. R. Eckardt, Klimaproblem S. 103/104.

²⁾ Vgl. H. Simroth, Die Pendulationstheorie, Leipzig, Konrad Grethlein's Verlag, 1907, XII, 564 S. gr. 8°, M. 12.—, geb. M. 14.—.

In diesen rein mechanischen Verschiebungen, welche die Lebewesen fortwährend unter andere Sonnenstellung und anderes Klima bringen, wäre demnach das ganze Geheimnis der organischen Schöpfung zu suchen. Diese hatte ihren hauptsächlichsten Schauplatz in Europa genau unter dem Schwingungskreis, und zwar erfolgte die Hauptumbildung jedesmal bei polarer Schwingungsphase, wenn wir uns nach Norden verlegten. Der allgemeine Gang der Umwandlung ist der: die Lebewesen werden bei uns in polarer Phase immer weiter nach Norden verlegt. Sind sie nicht fähig, niedere Wärmegrade zu ertragen oder sich umzuwandeln, so sterben sie entweder aus, oder sie wandern, wenn sie beweglich genug dazu sind, nach Westen und Osten auf dem ihnen zusagenden Breitengrade. Die Richtungen werden, da sich das Land gewissermaßen unter ihnen immer weiter nach Norden verlegt, genauer eine südwestliche und südöstliche. So erfolgt die Verbreitung über die ganze Erde. Diejenigen Tiere aber, die anpassungsfähig waren, machen unter entsprechenden Umwandlungen die nordwärts gerichtete Bewegung unter dem Schwingungskreise mit und werden zu neuen Arten. Bei weiterer Verschiebung vollzieht sich derselbe Vorgang, Auswanderung nach beiden Seiten, Neubildungen in der Mitte. Nach dem Umschlag in die entgegengesetzte Schwingungsrichtung, in die äquatoriale Phase also, wandern die Ost- und Westformen in entsprechender Gesetzmäßigkeit wieder zurück in die alte Lage, dem Schwingungskreise zu, soweit sie beweglich dazu sind.

So vollzieht sich nach der Pendulationstheorie das ganze Schema der Artenbildung und Artenverbreitung unter dem Einflusse des Klimas.

Eine weitere Folgerung dieser Theorie wäre aber, daß die geologischen Epochen, die Schichten, welche die gleiche Lebewelt enthalten, nicht im bisherigen Sinne der Geologie im

wesentlichen als synchronisch zu nehmen seien, sondern als Wellen, welche von uns aus über die Erde weggehen, um schließlich allmählich an den entferntesten Punkten auszufliegen.

Wenn auch die Pendulationstheorie auf viele bisher für unlösbar gehaltene Schwierigkeiten in der geologischen Verbreitung der Organismen ein ganz neues Licht wirft, und auch zu einem guten Teil die paläoklimatologischen Tatsachen sich mit ihr in Einklang bringen lassen¹⁾, so vermag sie doch nicht alle Eigentümlichkeiten der geologischen Klimate zu erklären, zum mindesten nicht allein. Ja, es stehen die Klimaverhältnisse mancher geologischer Epochen in direktem Gegensatz zu ihr. So müßten z. B. nach der Pendulationstheorie die Gegenden der beiden Schwingpole, Ecuador und Sumatra, stets in tropischem Gebiet gelegen haben. Das mag wohl für Ecuador seine Gültigkeit haben; von Sumatra aber wissen wir, daß es im Permokarbon nicht unter der Herrschaft eines Tropenklimas gestanden haben kann, wenn sich in seiner Nähe die großen paläozoischen Vereisungszentren finden. Ferner aber hatten wir in Europa im Permokarbon, wie oben gezeigt wurde, keine typische Eiszeitlage, sondern es herrschte daselbst in der Hauptsache ein Steppenklima, später sogar ein heißes Wüstenklima. Selbst wenn sich daher auch die Existenz der Schwingpole einst noch beweisen lassen dürfte, was jedoch zum mindesten sehr unwahrscheinlich ist, so werden wir trotzdem an der für die gesamte Geographie und Geologie hochwichtigen Theorie festhalten müssen, daß große Verschiebungen der Erdkruste in horizontalem Sinne für gewisse Eigentümlichkeiten der geologischen Klimate ein notwendiges Postulat sind.

¹⁾ So ist es eine auffallende Tatsache, daß das Hauptergebnis von H. Simroth's Pendulationstheorie sich im wesentlichen nicht nur mit Reichgauer's Äquatorfrage, sondern auch mit Voesselholz von Colberg's „Die Drehungen der Erdkruste“ u. a. deckt. Vgl. S. 102 Anm. 1.

Kosmische Ursachen terrestrischer Klimaperioden¹⁾.

Wir wenden uns nunmehr den periodisch wirkenden kosmischen Ursachen terrestrischer Klimaschwankungen zu, soweit sich diese in ihren Wirkungen auch dem Maße nach abschätzen lassen.

Von den periodischen Veränderungen der Bahnelemente der Erde kommen in Betracht: 1. die Änderungen in der Schiefe der Ekliptik, 2. die Oszillationen in der Größe der Exzentrizität der Erdbahn und 3. die aus der Präzession der Tag- und Nachtgleichen resultierende Länge der Jahreszeiten, welche bald für die eine, bald für die andere Hemisphäre ein kürzeres Sommerhalbjahr und längeres Winterhalbjahr zur Folge hat.

Die Schiefe der Ekliptik.

Das Klima eines bestimmten Ortes würde sich im Laufe eines Jahres gar nicht ändern, wenn die Erdachse stets genau senkrecht zur Ebene ihres Weges um die Sonne stünde. Da jedoch die Erdachse auf ihrer Umdrehungsbahn um die Sonne um 23° von ihr abweicht (Ekliptik), verschieben sich die Klimazonen in jedem Jahre um diesen Betrag bald auf der südlichen bald auf der nördlichen Halbkugel gegen den Pol und es entsteht die Erscheinung von Sommer und Winter. Denn die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne treffen in paralleler Richtung auf die Erdoberfläche und während sie am Äquator ihre ganze Kraft entfalten können, mindert sich diese mit

¹⁾ Vgl. hierüber Hann, Handbuch der Klimatologie, 3. Aufl., Bb. I, S. 364 ff. und die hier zitierte Literatur, vor allem aber N. Ekholm, Variations on the climate, Quart. Journ. R. Met. S. 27, 1901. Ferner Adhémar, Les révolutions de la mer, déluges périodiques, Paris 1842 sowie James Croll, On the physical cause of the change of climate during geological epochs, Philos. Mag. 23, 1864. Ferner: Derselbe, Climate and time in their geological relations, a theory of secular changes of the earth's climate, London 1875. Ferner in: Discussions on climate and cosmology, London 1889.

zunehmender geographischer Breite. So bewirkt die von 21—27° wechselnde Schiefe der Erdachse (Ekliptik) besonders in den mittleren und höheren Breiten einen ausgesprochenen Wechsel der Jahreszeiten. Diese Verhältnisse aber können auch in früheren Epochen nicht wesentlich andere gewesen sein, da viele oben geschilderte Symptome für einen ausgeprägten Jahreszeitwechsel auch in früheren Perioden sprechen. Aber neben diesen jährlich wiederkehrenden Schwankungen der Erdachse gibt es noch eine Veränderung der Achsenstellung von wesentlich längerer Periode. Infolge der Anziehung von Sonne und Mond beschreibt die Erdachse im Laufe von 26 000 Jahren einen Kreis, dessen Halbmesser gleich der Schiefe der Ekliptik ist. Während die Schiefe der Ekliptik jetzt 23° beträgt, war sie um das Jahr 29 400 v. Chr. sogar 27° und um 14 400 v. Chr. nur 21°.

Beim Minimum der Schiefe der Ekliptik ist das Winterhalbjahr in höheren Breiten natürlich etwas wärmer, das Sommerhalbjahr kälter, umgekehrt verhält es sich bei dem Maximum der Schiefe der Ekliptik.

Die Exzentrizität der Erdbahn.

Was nun ferner die Exzentrizität der Erdbahn anlangt, so hat jene Hemisphäre, deren Winter in das Perihelium der Erdbahn fällt, ein gemäßigtes solares Klima, eine geringere Jahreschwankung der Wärme, während die andere Halbkugel gleichzeitig ein exzessives solares Klima mit einer größeren Jahreschwankung aufzuweisen hat. Bei der gegenwärtigen Exzentrizität der Erdbahn ($\frac{1}{60}$) ist jedoch die ungleiche Verteilung von Wasser und Land auf den beiden Halbkugeln von so großem Einfluß auf die Klimate, daß diese theoretischen Verhältnisse nicht nur nicht in Erscheinung treten, sondern daß das reale Klima in geradem Gegensatz

zum solaren Klima steht. Die nördliche (Land-) Hemisphäre, deren Winter mit dem Perihelium zusammenfällt, hat ein sehr exzessives, die südliche (Wasser-) Hemisphäre hat ein sehr gemäßigtes Klima. Daraus darf man schließen, daß selbst eine extreme Exzentrizität der Erdbahn die jetzt bestehenden klimatischen Unterschiede der beiden Halbkugeln nicht ganz aufzuheben imstande sein dürfte, sondern daß sie in dem einen Falle (Winter der nördlichen Halbkugel wie jetzt im Perihelium) sich bloß abschwächen, in dem andern verschärfen würden. Die ungleiche Verteilung von Wasser und Land auf den beiden Halbkugeln ist ein für allemal der mächtigste klimatische Faktor, und die gegenwärtig bestehenden Unterschiede in der Wärmeverteilung auf den beiden Halbkugeln sind nicht auf die Exzentrizität der Erdbahn, sondern auf die verschiedene Wärmekapazität und Reflexionsfähigkeit des Wassers und der Landmassen zurückzuführen. Es geht daher schon aus diesen Tatsachen mit Sicherheit hervor, daß die von Croll gegebene Erklärung des Unterschiedes der Wärmeverhältnisse der beiden Halbkugeln nicht richtig sein kann.

Unterschied in der Dauer der Jahreszeiten.

Eine große Exzentrizität der Erdbahn hat aber noch eine andere bedeutsame Konsequenz; sie kann große Unterschiede zwischen der Dauer des Winter- und Sommerhalbjahres bewirken.

Da der Frühlingspunkt in 21 000 Jahren wieder in seine frühere Lage zurückgelangt, so hat während ca. 10 000 Jahre die eine Hemisphäre den langen Winter und den kurzen Sommer, während der nächsten 10 000 Jahre tritt dies für die andere Hemisphäre ein.

Da die Zeiten, während welcher die Exzentrizität der Erdbahn bei einem maximalen Wert sich hält, sehr viel länger

sind als diese Periode, so treten immer während einer Periode großer Exzentrizität diese Ungleichheiten in der Dauer der Jahreszeiten mehrmals ein und treffen die beiden Hemisphären im entgegengesetzten Sinne.

Kritik der kosmischen Ursachen terrestrischer Klimaperioden.

Auf diese periodisch wiederkehrenden, zeitweilig bis zu einem hohen Betrage anwachsenden Unterschiede, in der Dauer des Sommer- und Winterhalbjahres sind verschiedene Theorien über große Klimawechsel, welche die beiden Hemisphären stets in entgegengesetztem Sinne treffen, gegründet worden¹⁾.

Gegen die Anwendung dieser Theorien auf die diluviale Eiszeit läßt sich zunächst einwenden, daß die bekannten gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse der beiden Halbkugeln unterschieden dagegen sprechen, eine so enorme Verschlechterung des Klimas auf jener Hemisphäre anzunehmen, welche den (langen) Winter im Aphelium hat. So kommen wir zu dem Schluß, daß die in sehr geschickter Weise und auf rein klimatologischer Grundlage aufgebaute Theorie der großen Klimawechsel zwischen den beiden Hemisphären und der daraus resultierenden Eiszeiten unseren gegenwärtigen klimatologischen Erfahrungen widerspricht und sich als unhaltbar erweist. Denn wäre jene Theorie richtig, dann müßten sich eben eine ganze Reihe von im Laufe der Erdgeschichte eingetretener und wieder verschwundener Vereisungen nachweisen lassen. Mit Sicherheit sind aber bis jetzt nur zwei Eiszeiten, die paläozoische und die quartäre nachgewiesen worden. Daß die Spuren früherer Eiszeiten verwischt wären, oder als submarin uns nicht zugänglich seien, kann

¹⁾ Vgl. oben S. 128 Anm. 1.

auch nicht ohne weiteres behauptet werden, nachdem uns doch die paläozoische und quartäre Eiszeit so deutliche und zahlreiche Spuren hinterlassen haben. Diese Gründe zeigen zur Genüge, daß die Theorie Croll's nicht haltbar ist. Ferner dürften, wenn die Croll'sche Theorie richtig wäre, die Äquatorialgegenden, deren Klima sich im Jahresmittel annähernd gleich blieb, überhaupt keine glazialen Spuren aufweisen. Aber auch das ist nicht der Fall. Nach alledem aber müßte, da die bekannten periodischen Änderungen in den Elementen der Erdbahn auf keine bedeutenderen Schwankungen in den terrestrischen Klimaten zu schließen gestatten, vom astronomischen Standpunkte aus eher auf eine gewisse Beständigkeit der irdischen Klimate geschlossen werden. Für die Erklärung eines periodischen Auftretens von „Eiszeiten“ sind diese Temperaturänderungen also nicht zu verwerten, denn kältere Sommer sind an sich noch lange kein Zeichen für Eiszeiten.

Wenn sich demnach auch die „astronomische Theorie der Eiszeit“ als leistungsunfähig erweist, so scheint doch, da bei der Schiefe der Ekliptik auch die Niederschlagsverhältnisse das Problem zu einem sehr verwickelten machen, auch in den früheren Erdperioden sich ein Einfluß auf das Klima nachweisen zu lassen. Denn es ist eine auffallende Tatsache, daß, wie aus den deutlichen Jahresringen im Salz und Anhydritgestein der permischen Ablagerungen zu Staßfurt hervorgeht, jenes 900 Meter mächtige Gestein in dem relativ kurzen Zeitraum von 10000 Jahren entstanden sein muß. Sodann deuten verschiedene Pflanzenfunde, namentlich des nördlichen Europa, darauf hin, daß auch den geologischen Zeitraum des Alluviums eine oder mehrere Klimawellen ausfüllen¹⁾, für die eine irdische Ursache zur Erklärung vollständig genügt.

¹⁾ Vgl. oben S. 79 ff.

Eine solche hat man in den Schwankungen der Schiefe der Ekliptik gefunden. Die Erdachse bildet jetzt einen Winkel von $66\frac{1}{2}^{\circ}$ mit der Ebene der Ekliptik. Dieser Winkel schwankt zwischen $68^{\circ} 1'$ und $65^{\circ} 24'$, und zum letztenmal wurde nach den Rechnungen der Astronomen das Minimum (nur $65^{\circ} 46'$) im Jahre 10926 v. Chr. erreicht. Damals lagen die Polarkreise $\frac{3}{4}^{\circ}$ näher dem Äquator und die Wendekreise um ebensoviele näher den Polen, die polaren und die tropischen Zonen waren also auf Kosten der gemäßigten ausgedehnter als jetzt. Die Wärmezufuhr hängt von dem Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und der Tageslänge ab; sie war damals am Äquator geringer, weil, obwohl die Tageslänge wie jetzt 12 Stunden betrug, der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen in den Solstitien um $\frac{3}{4}^{\circ}$ kleiner war. In der gemäßigten Zone waren die Winter zwar kälter, die Sommer aber wärmer, weil in dieser Jahreszeit der Einfallswinkel bis zu $\frac{3}{4}^{\circ}$ größer und der Tag länger war. In der Polarzone fiel die sommerliche Begünstigung wegen der längeren ununterbrochenen Bestrahlung noch mehr ins Gewicht. Für das Jahr 10926 hat man folgende Abweichungen von den gegenwärtigen Temperaturen berechnet:

G. Br.	0°	30°	50°	60°	70°	80°	90°
Winterhalbjahr	-0.2°	-1.2°	-1.0°	-1.1°	0	0	0
Sommerhalbj.	-0.2	+0.5	+1.1	+1.4	+2.4	+3.0	+3.2
Jahr	-0.2	-0.35	+0.05	+0.15	+1.2	+1.5	+1.6

Man sieht also, daß der sommerliche Wert für 70° n. Br. genau mit dem übereinstimmt, den man aus der Verbreitung der Haselnuß in Skandinavien ermittelt hat. Das Gleiche ergeben ungefähr auch die frühere Wald- und Baumgrenze, vor allem die Verbreitung der Eiche. Man kann ferner nach den prähistorischen Funden ziemlich gut abschätzen, daß seit dieser letzten warmen Zeit 7000 bis 10 000 Jahre verflossen sind, diese Periode demnach in die letzte Maximumperiode der Schiefe der Ekliptik hineinfiel, für welche Ekholm die Temperaturabweichungen berechnet hat. Es ist demnach mehr

als wahrscheinlich, daß, erdgeschichtlich gesprochen, vor so kurzer Zeit die Ursache für diese Erscheinung tatsächlich in erster Linie in den Schwankungen der Schiefe der Ekliptik zu suchen ist. In den vordiluvialen Perioden freilich müssen sich aus naheliegenden Gründen derartige Spuren des solaren Klimas in den für die gesamte Epoche maßgebenden Charaktereigenschaften des Klimas vollkommen verwischen, und zwar dürfte das um so mehr der Fall sein, je weiter wir in die Erdgeschichte rückwärts schreiten.

Es sind daher auch die periodischen Änderungen der Elemente der Erdbahn nicht instande, die klimatischen Eigentümlichkeiten der prädiluvialen Epochen (noch des Diluviums selbst) zu erklären, und so rücken wohl die Theorien von Polarschwankungen wieder in den Vordergrund, wofür vor allem die pflanzengeographischen Verhältnisse der Polarzonen vom Paläozoikum bis zum Frühtertiär zu sprechen scheinen. Es sind jedoch die Wechsellagerungen von Torf- und Wurzelschichten der verschiedensten Waldbäume des nördlichen und mittleren Europa vielfach nicht ausschließlich auf klimatische Ursachen, nämlich auf einen wiederholten Wechsel von langen trocken-warmen und kühl-feuchten Zeiträumen, zurückzuführen, sondern es dürften in diesem Falle — vielleicht sogar mit in erster Linie — auch lokale Ursachen, d. h. botanisch-geologische Tatsachen der Moore, bzw. Zustände der Umgebung selbst ausschlaggebend sein¹⁾. Vor allem ist es

¹⁾ Vgl. hierüber A. Woeikof, *Die Klimate der Erde*, Bd. I, S. 253 ff. sowie W. R. Eckardt, „Die Wälder der Heimat“, *Naturw. Wochenschr.* 1908. Ferner „Moore und Torf“, Ein Beitrag zur Unterf. über die Theorie der wechselnden kontinentalen und insularen Klimate, von M. König, *Entgegnung auf Blytts Bemerkungen zu M. Königs Untersuchungen über die Theorie der wechselnden kontinentalen und insularen Klimate*, Kosmos, 3. f. d. gesamte Entwicklungslehre, 1883 und 1884, sowie Blytt, A., *Zwei Kaltstufbildungen in Gudbrandsdalen*; *Weiblatt 36 zu Englers Botan. Jahrb.* 1892 und schließlich J. Hoops, *Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum*, Straßburg 1905, sowie die zahlreiche in diesem Buche zitierte Literatur, besonders diejenige von Kapitel I—III. S. auch oben S. 79/82.

eine Art natürlichen Fruchtwechsels, der sich besonders bei Bäumen mit tiefgehenden Wurzeln zeigt; sie ziehen Stoffe, die zu ihrer Ernährung nötig sind, aus den tiefen Schichten des Bodens und lagern sie alsdann in den oberen ab; auf diese Weise verarmen die ersteren, letztere bereichern sich. Daher werden, je länger eine derartige Vegetation fort-dauert, die oberen Schichten des Bodens für das Wachstum von Bäumen mit nicht tiefgehenden Wurzeln geeignet gemacht, aber ebenso für Wiesen- und Steppengewächse. Solche Veränderungen in der Vegetation entstehen und entstanden jederzeit ohne Einfluß des Menschen und ohne jede Änderung des Klimas.

Zusammenfassung der über das Klima der geologischen Vergangenheit gewonnenen Resultate.

Überblicken wir die hauptsächlichsten Resultate unserer Abhandlung, so können wir folgende Sätze aufstellen:

Eine ausgesprochen periodische Änderung des Klimas ist in der geologischen Vergangenheit ebensowenig nachzuweisen, wie eine gleichsinnige Änderung der klimatischen Faktoren. Denn gleich wie die Pflanzen-, so zeigt auch die Tierwelt unwiderleglich, daß zu verschiedenen geologischen Perioden das Klima und mit ihm die Organismen derselben Gegenden öfters regellos wechselte, und zwar daß nicht gleichmäßig in einem Sinne nur Temperaturabnahmen, sondern dazwischen auch Temperaturzunahmen sich erkennen lassen.

Die Annahme von im Laufe der Erdgeschichte periodisch wiederkehrenden Kälteperioden, die die Gesamttemperatur der Erde, sowie die mittlere Temperatur in allen Zonen gleichmäßig um ein bedeutendes Maß herabzusetzen vermögen, ist

eine ebenso grundlose und unbeweisbare Voraussetzung, wie die einer in den übrigen vergangenen Erdperioden vom Äquator bis zu den Polen verbreiteten gleichmäßigen Wärme.

Auch folgen weder an der Wende der großen geologischen Zeitalter regelmäßige Eisperioden, bzw. eine stärkere Abkühlung, wie sie für die Kreide behauptet wurde, auf Zeiten größerer Sonnenwärme, noch kehren die vermeintlich dem Klima allein zuzuschreibenden günstigen Perioden für Kohlenbildung in regelmäßigem Rhythmus wieder, wie es die Theorie Arrhenius = Frech fordert.

Die Erdgeschichte legt auch nicht Zeugnis ab von einer beständigen Wärmeabnahme an der Erdoberfläche, vielmehr waren bereits im Paläozoikum und vorher mächtige Eisdecken vorhanden, und dieser Umstand allein genügt, um zu beweisen, daß von jeher, so lange es Leben auf der Erde gibt, klimatische Zonenunterschiede bestanden. In erster Linie fällt die alte Auffassung, daß früher die weniger stark vorgeschrittene Abkühlung der Erde und der Sonne die relativ gleichmäßige Verbreitung vieler Organismen bis in arktische Breiten gestattete; braucht man doch wieder nur auf die zahlreichen Gletscherspuren aus paläozoischer Zeit Rücksicht zu nehmen.

Somit können bei der Sphäroidform des Erdkörpers überhaupt zonale klimatische Unterschiede keineswegs erst ein Merkmal der jüngsten Formationen sein; nur ist es leichter, sie in diesen zu beobachten, weil hier noch die vielen Beziehungen zur heutigen Welt Handhaben bieten.

Freilich darf man annehmen, daß die bisweilen durch verschiedene Ursachen hervorgerufenen Klimaänderungen einander bis zu einem gewissen Grade kompensieren dürften, und es hindert uns nichts, anzunehmen, daß einmal der Fall eintreten konnte, wo sie zufällig einander in gleichsinniger Weise beeinflussten. Man denke an das warme Klima des Mesozoi-

kums und des Tertiärs, sowie andererseits an die paläozoische und diluviale Eiszeit. Dann mußten sie zweifellos eine sehr bedeutsame Rolle spielen, die durch eine dieser Veränderungen niemals hervorgebracht werden konnte. Daher darf man nicht erwarten, daß unter allen Umständen eine einzige Theorie den Schlüssel für alle paläoklimatologischen Probleme bietet. Das würde auch erklären, warum es eben bisher noch nicht gelungen ist, klimatische Änderungen in der Erdgeschichte nach astronomisch genau wiederkehrenden Perioden nachzuweisen.

Das Klima der geologischen Vergangenheit geht unmerklich in das Klima der Gegenwart über, dessen einzelne Zonen unverändert in den heutigen Zuständen bereits zu Beginn der historischen Zeitrechnung festgelegt waren. Über die Klimaänderungen der Gegenwart, die im wesentlichen soviel wie periodische Schwankungen bedeuten, uns näher einzulassen, ist hier nicht am Platze. Ich verweise hier auf folgende nicht nur das Klima der geologischen Vorzeit, sondern auch das Problem der Klimaänderungen in der Gegenwart berücksichtigenden Ausführungen: J. Hann, Handbuch der Klimatologie, 3. Aufl., I. Band, 1908, Sechstes Buch: Klimaänderungen S. 345—389, sowie nochmals auf mein mehrfach zitiertes, in der Sammlung „Die Wissenschaft“ erschienenen Bändchen Nr. 31 „Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart“, 1909, und E. Brückner, „Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über das Klima der Diluvialzeit“.

Wir können hier nur kurz zusammenfassend sagen, daß eine wesentliche Änderung des gegenwärtigen irdischen Klimas nur möglich ist mit wesentlichen Änderungen der Konfiguration der Kontinente und Meere einerseits und großen horizontalen Verschiebungen der Erdkruste andererseits. Solche Vorgänge aber geschehen für menschliche Begriffe langsam und unmerklich im Laufe von Äonen. Somit beginnt in

jeder Hinsicht mit dem Ablauf der Eiszeit diejenige Gegenwart unseres Planeten, in welcher die physikalischen Faktoren seiner Ausstattung und seines Aussehens keine wesentliche Änderung umgestaltender Art mehr erfuhren, wie überhaupt die physikalischen und chemischen, im weiteren Sinne klimatischen Veränderungen an der Oberfläche unseres Planeten seit undenklichen Zeiten nach denselben unveränderlichen Gesetzen erfolgt sind.

Auf die Tatsache, daß der Mensch die belangreichste unter den drei Mächten der Lebewelt in bezug auf die rezenten Wandlungen im Aussehen der Erdgebiete ist, und daß sein in wirtschaftlicher Hinsicht nicht immer rationelles Vorgehen oft Eigentümlichkeiten des Klimas eines Ländergebietes stärker widerspiegelt als die ursprünglich unberührte Natur, brauchen wir uns an dieser Stelle nicht näher einzulassen. Da wir wissen, daß der Wald so gut wie keinen Einfluß auf die Häufigkeit und Intensität der Niederschläge ausübt, können wir nur das hervorheben, daß die unterirdischen Wasservorräte in Ländern, die von Natur aus trocken und im allgemeinen von der direkten Zufuhr maritimer Feuchtigkeit abgeschlossen sind, auch ohne Regenabnahme einer allmählichen Erschöpfung entgegengehen müssen, vor allem wenn der Mensch durch Anbohrungen sie ausnutzt, ohne daß der Nachschub den entzogenen Vorrat ganz und zu allen Zeiten ersetzen kann. Solche Vorgänge sind allerdings, auch wenn die Mittel der einzelnen meteorologischen Elemente einander gleichbleiben, zum größten Teil die Folgen der großen, nach dem Willen des Menschen vorgenommenen Änderungen im Antlitz der Erde.

Nach alledem können wir sagen, daß auch das Rätsel des Klimaproblems der Erde sich wie so viele andere dem forschenden Geiste des Menschen mit der Zeit erschließen wird, aber dieser wie jeder andere Erfolg auf wissenschaftlichem Gebiete

kann nur durch angestrengteste und geduldigste Arbeit erungen werden, und dafür leistet vor allem die Tatsache Gewähr, daß die neuerdings mit besonderem Eifer betriebene junge Wissenschaft der Meteorologie in kurzer Zeit schon so manchen Erfolg gezeitigt hat; um so eher wird diese ihren Zweck auch für das paläothermale Problem erfüllen, wenn sie sich — schon um ihrer selbst willen — eine genaue und kritische Sammlung der in ihren Bereich fallenden Tatsachen noch mehr als bisher angelegen sein läßt; aber es wird auch weiterhin nötig sein, daß die Meteorologie mit der gesamten übrigen erdkundlichen Forschung engste Fühlung nimmt.

Als eine der wichtigsten Aufgaben einer erdgeschichtlichen Untersuchung muß die Feststellung der Lage der Erdachse und des Äquators gelten. Aber keineswegs werden dadurch alle paläogeographischen Rekonstruktionen sinn- und zwecklos, noch versiegt damit für die Paläoklimatologie ihr wichtigster Lebensquell. Im Gegenteil! Denn die thermischen Klimazonen ebenso, wie die Meeresströmungen, die Gebiete von Eis- und Urwald, Wüste und Steppe werden dadurch auf der Erdkugel festgelegt. Nach und trotz alledem kann man sagen, daß die Hypothesen der Polverschiebungen und Krustenwanderungen, denen in fast gleicher Weise bis zu einem gewissen Grade eine Wahrscheinlichkeit zukommt, künftighin unter allem Vorbehalt noch mehr berücksichtigt werden sollten als bisher. Freilich auf Grund des vorläufig nur höchst lückenhaft vorliegenden geologischen Beweismaterials können wir etwas Sicheres daher durchaus noch nicht darüber aussagen. Es wäre also auch ebenso verfrüht wie verfehlt, sich auf genaue physikalische und meteorologische Erklärungsversuche für die einzelnen Zonen oder gar den ganzen Erdball in irgend einer geologischen Epoche einzulassen, indem man jedesmal zur Hypothese einer Polverschiebung greift. „Wer

sich Rechenhaft davon gibt, wie wenig die Wärme vieler Gegenden auf unserer Erde der an Ort und Stelle empfangenen Sonnenwärme entspricht," meint Woelfkoff¹⁾, „wie sehr kalte Meeresströmungen und die Eisschmelze abfühlen können und dann Wolken und Nebel die direkte Wirkung der Sonnenstrahlen mindern, der wird in der Vergletscherung Brasiliens keine physikalische Unmöglichkeit sehen und auch zur Erklärung derselben nicht zu völlig unbewiesenen Hypothesen²⁾ Zuflucht nehmen, sondern sich mit den auf der Erde jetzt wirkenden Ursachen begnügen, nur eine besondere Kombination derselben erfordernd.“

In Anbetracht dieser Thatfachen, wie überhaupt der grundlegenden Bedeutung für die Entwicklung und Verbreitung der gesamten Tier- und Pflanzenwelt und nicht in letzter Hinsicht auch für die gesamte Menschwerdung muß es eine der vornehmsten Aufgaben der historischen Geologie ein für allemal bleiben, die Grenzen der Länder und Meere in den verschiedenen geologischen Perioden möglichst genau festzulegen, damit man bereits hieraus auf die klimatischen Eigentümlichkeiten der Vorzeit schließen kann, wie das mit großem Erfolg Fr. von Kerner mehrfach durchgeführt hat; erst in zweiter Linie darf man, wenn man so unter allen Umständen zu keinem befriedigenden Resultate gelangen sollte, Hypothesen von Polverschiebungen oder Krustenbewegungen mit zur Lösung des paläothermalen Problems heranziehen. Freilich müssen wir gestehen, daß auch das Ziel, die Konfiguration der Länder und Meere für die einzelnen geologischen Perioden genau festzulegen, so gut wie noch für keine einzige Epoche erreicht ist, und daß es noch langer, mühseliger Mosaikarbeit bedarf, bis die

1) Gletscher und Eiszeiten, Zeitschr. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin, 1881. Kap. X (Schluß).

2) Zu solchen gehören eben auch die Polverschiebungen und Krustenwanderungen, so plausibel sie auch erscheinen.

einzelnen, lithologisch oder paläontologisch leicht bestimm-
baren Klimaregionen zu einem harmonischen System paläo-
geographischer Beziehungen angeordnet sein werden. Vor-
läufig steht also hinsichtlich der wichtigen speziellen Frage,
ob Polverschiebungen, bzw. große Krustenwanderungen,
sei es partielle oder holosphärische Gleitbewegungen, statt-
gefunden haben, Meinung gegen Meinung.



In unserm Verlage erschien:

Die
Pendulationstheorie

von

Dr. Heinrich Simroth

Professor an der Universität Leipzig

36 Bogen, Lex.-8^o, mit 27 teils zweifarbigen Karten

Preis: Broschiert 12 M., in Halbfranz geb. 14 M.

Auszüge aus einigen Kritiken:

„Der Globus“: Simroth hat sich in dankenswerter Weise nicht auf ein Gebiet beschränkt, sondern hat von geologischem, zoologischem und botanischem Wissen, einschließlich der allgemeinen Biologie und Ethnographie, unter der Theorie vereint, „was ihm nur irgend möglich war“. Wir konstatieren gleich hier: mit vollem Erfolge... Wir widerstehen der naheliegenden Versuchung, weitere Stichproben aus dem wichtigen Werke zu geben; bei der Fülle interessanten Materials weiß man in der Tat nicht, wohin man zuerst greifen soll! Unser Urteil über das Buch glauben wir nicht präziser zusammenfassen zu können, als wenn wir es für eine wissenschaftliche Tat erklären! Ja wir sind überzeugt, daß es in ähnlicher Weise befruchtend und anregend auf die gesamten biologischen Wissenschaften wirken wird, wie einstmals Darwins unsterbliche Schöpfung selbst.

„Neue Weltanschauung“: ...Die Wissenschaften, besonders Astronomie, Geologie und Biologie, werden sich noch lange und viel mit dieser Theorie befassen müssen, die, wenn sie sich als richtig herausstellen sollte, in vielen Punkten einen Umschwung in fundamentalen Fragen der Entwicklungslehre herbeiführen würde.

„Deutsche Revue“: ...Das Studium von Simroths Pendulationstheorie ist von höchstem Interesse. Die Reichhaltigkeit der Belege erinnert an

KONRAD GRETHLEIN'S VERLAG IN LEIPZIG

Darwins berühmtes Werk, das ja gerade seinen zahlreichen Beispielen den Sieg verdankte. Zu wünschen wäre nur, daß sich auch die Geologie und Astronomie mit dieser Theorie beschäftigten, denn diese beiden Wissenschaften sind es, die über ihre Berechtigung oder Nichtberechtigung zu entscheiden haben...

„Zeitschrift für Schulgeographie“: Die Prinzipien der Pendulationstheorie, wie sie Paul Reibisch festlegte, biologisch zu stützen, ist der zugegebene Grundzug dieses mit enormem Wissen und Fleiß geschriebenen Buches. Jedenfalls ist die Pendulationstheorie ein ausgezeichnetes Mittel zu einer Systematik der Biogeographie geworden, ihr Wert als Arbeitshypothese ist ein nicht zu unterschätzender, so daß dieser Versuch nicht nur für den Tier- und Pflanzengeographen, sondern auch dem Geographen überhaupt durch das riesige Detailmaterial von Wert sein dürfte. Das ganze Gebiet der Kenntnis der Verbreitung lebender und fossiler Tiere ist nach einem einheitlichen Gesichtspunkte dargestellt, dazu kommen noch Ausblicke in das Gebiet der Botanik und Geologie und nicht zuletzt Anthropologie, Ethnographie. Diese umfassende, einheitliche Darstellung durch zahlreiche, ganz neue Kärtchen belegt, macht auch für den Schulmann das für ein wissenschaftliches Werk billige Buch von Wert. Eine eingehendere Würdigung speziell einzelner Teile noch zu bringen, behalten wir uns vor; für diesmal genüge die Konstatierung des Wertes der Pendulationstheorie als Arbeitshypothese...

Die **„Zeitschrift für Mineralogie, Geologie und Paläontologie“** bringt eine sich über vier Nummern erstreckende, 21 Seiten füllende, zustimmende Besprechung.

„Mitteilungen über die Vogelwelt“: ... Aus Simroths kostbarem Buch, dem ich eine ebenso große kommende Bedeutung beimesse wie den Darwinschen Werken, kann ich weitere ornithologische Anzeichen einer wiederkehrenden „Terziärzeit“ herauslesen...

„Zeitschrift für die österreichischen Gymnasien“ am Schluß einer 10 Seiten langen Besprechung: ... Auch wenn man von der Pendulationstheorie absieht, so sind die Ergebnisse der Simrothschen Forschungen für die Biogeographie von hohem Werte und sichern dem Werke in unserer naturwissenschaftlichen Literatur einen Ehrenplatz.

Wissenschaftliche Beilage der „Leipziger Zeitung“: ... Wir können dem großzügig angelegten Werk, das selbst die meteorologischen Erscheinungen der Atmosphäre mit in den Bereich der Theorie zieht, das vor allem jegliche Zukunftsspekulation beiseite läßt, nur die weiteste Verbreitung wünschen.

Verzeichnis der erschienenen Bände.

	Seite		Seite
Astronomie	12	Meteorologie	12
Bau- u. Ingenieurwissenschaften	15	Militärwissenschaft	22
Bibliothekswesen	23	Mineralogie	11
Botanik	10	Musikwissenschaft	20
Chemie	13	Naturwissenschaft	9
Chemische Technologie	14	Nautik	17
Elektrotechnik	15	Pädagogik	19
Forstwirtschaft	21	Pharmazie	23
Geologie	11	Philosophie	2
Geographie	6	Photographie	23
Geschichte	4	Physik	12
Gewerbewesen	18	Rechtswissenschaft	17
Handelswissenschaft	21	Religionswissenschaft	19
Hygiene	23	Soziale Wissenschaften	18
Ingenieurwissenschaften	15	Sprachwissenschaft	2
Jurisprudenz	17	Staatswissenschaft	17
Kaufmännische Wissenschaften	21	Stenographie	23
Kristallographie	11	Technologie, chemische	14
Kunst	20	Technologie, mechanische	14
Landwirtschaft	21	Theologie	19
Literaturdenkmäler	3	Volkswirtschaft	18
Literaturgeschichte	3	Zeichentunde	15 u. 20
Mathematik	8	Zeitungswesen	23
Mechanik	12	Zoologie	10
Mechanische Technologie	14		

B. Verzeichniss nach Wissenschaften.

Bibliothek zur Philosophie.

- Einführung in die Philosophie von Dr. Mag Wentzher, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 281.
- Geschichte der Philosophie IV: Neuere Philosophie bis Kant von Dr. Bruno Bauch, Privatdoz. an der Univers. Halle a. S. Nr. 394.
- Psychologie und Logik zur Einführung in die Philosophie von Professor Dr. Th. Esenhans. Mit 13 Figuren. Nr. 14.
- Grundriß der Psychophysik von Professor Dr. G. F. Lipps in Leipzig. Mit 3 Figuren. Nr. 98.
- Ethik von Prof. Dr. Thomas Achilles in Breun. Nr. 90.
- Allgemeine Aesthetik von Prof. Dr. Mag Diez, Lehrer an der Kgl. Akademie der bildenden Künste in Stuttgart. Nr. 300.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Sprachwissenschaft.

- Indogermanische Sprachwissenschaft von Dr. R. Meisinger, Professor an der Universität Graz. Mit 1 Tafel. Nr. 59.
- Germanische Sprachwissenschaft von Dr. Rich. Loeve in Berlin. Nr. 238.
- Romanische Sprachwissenschaft von Dr. Adolf Zauner, Privatdozent an der Universität Wien. 2 Bände. Nr. 128, 250.
- Semitische Sprachwissenschaft von Dr. C. Brockmann, Professor an der Universität Königsberg. Nr. 291.
- Finnisch-ugrische Sprachwissenschaft von Prof. Dr. Josef Szinnhei in Budapest. Nr. 463.
- Deutsche Grammatik und kurze Geschichte der deutschen Sprache von Schulrat Professor Dr. O. Lyon in Dresden. Nr. 20.
- Deutsche Poetik von Dr. K. Borinski, Professor an der Universität München. Nr. 40.
- Deutsche Redelehre von Hans Probst, Gymnasialprof. in Bamberg. Nr. 61.
- Aufsagentwürze von Oberstudienrat Dr. L. W. Straub, Rektor des Eberhard-Ludwigs-Gymnasiums in Stuttgart. Nr. 17.
- Wörterbuch nach der neuen deutschen Rechtschreibung v. Dr. Heinrich Klenz. Nr. 200.
- Deutsches Wörterbuch von Dr. Richard Loeve in Berlin. Nr. 64.
- Das Fremdwort im Deutschen von Dr. Rud. Kleinpaul in Leipzig. Nr. 55.
- Deutsches Fremdwörterbuch von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 273.
- Plattdeutsche Mundarten v. Prof. Dr. Hub. Grimme, Freiburg (Schweiz). Nr. 461.
- Die deutschen Personennamen von Dr. Rudolf Kleinpaul in Leipzig. Nr. 422.
- Englisch-deutsches Gesprächsbuch von Professor Dr. E. Hausknecht in Lausanne. Nr. 424.
- Grundriß der lateinischen Sprachlehre v. Prof. Dr. W. Botsch in Magdeburg. Nr. 82.
- Russische Grammatik von Dr. Erich Berneker, Prof. an der Universit. Prag. Nr. 66.
- Russisch-Deutsches Gesprächsbuch von Dr. Erich Berneker, Professor an der Universität Prag. Nr. 68.

- Russisches Lesebuch mit Glossar v. Dr. Erich Bernker, Prof. a. d. Univ. Prag. Nr. 67.
 Russische Literatur v. Dr. Erich Boehme, Lektor an d. Handelshochschule Berlin.
 I. Teil: Auswahl moderner Prosa und Poesie mit ausführlichen Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 403.
 — — II. Teil: Всеволодъ Гаршинъ, Разказы. Mit Anmerkungen und Akzentbezeichnung. Nr. 404.
 Geschichte der klassischen Philologie von Dr. Wilh. Kroll, ord. Prof. an der Universität Münster. Nr. 367.

Siehe auch „Handelswissenschaftliche Bibliothek“.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Literaturgeschichtliche Bibliothek.

- Deutsche Literaturgeschichte von Dr. Max Koch, Professor an der Universität Breslau. Nr. 31.
 Deutsche Literaturgeschichte der Klassikerzeit von Prof. Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Karl Berger. Nr. 161.
 Deutsche Literaturgeschichte des 19. Jahrhunderts von Carl Weitbrecht. Durchgesehen und ergänzt von Dr. Richard Weitbrecht in Wimpfen. 2 Teile. Nr. 134, 135.
 Geschichte des deutschen Romans von Dr. Hellmuth Mielle. Nr. 229.
 Gotische Sprachdenkmäler mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Herm. Janßen, Dir. d. Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 79.
 Althochdeutsche Literatur mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Th. Schaufßler, Prof. am Realgymnasium in Ulm. Nr. 28.
 Eddalieder mit Grammatik, Übersetzung und Erläuterungen von Dr. Wilh. Ranisch, Gymnasialoberlehrer in Osnabrück. Nr. 171.
 Das Walthari-Lied. Ein Heldensang aus dem 10. Jahrhundert im Versmaße der Urschrift übersetzt u. erläutert v. Prof. Dr. G. Althof in Weimar. Nr. 46.
 Dichtungen aus mittelhochdeutscher Frühzeit. In Auswahl mit Einleitungen und Wörterbuch herausgegeben von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 137.
 Der Nibelunge Nôt in Auswahl und mittelhochdeutsche Grammatik mit kurzem Wörterbuch von Dr. W. Golther, Prof. an der Universität Rostock. Nr. 1.
 Kudrun und Dietrichsleben. Mit Einleitung und Wörterbuch von Dr. O. L. Jiriczek, Prof. an der Universität Münster. Nr. 10.
 Hartmann von Aue, Wolfram von Eschenbach und Gottfried von Straßburg. Auswahl aus dem höfischen Epos mit Anmerkungen und Wörterbuch v. Dr. R. Marold, Prof. a. Rgl. Friedrichskollegium zu Königsberg i. Pr. Nr. 22.
 Walthar von der Vogelweide mit Auswahl aus Minnesang und Spruchdichtung. Mit Anmerkungen und einem Wörterbuch von O. Günther, Prof. an der Oberrealschule und an der Techn. Hochschule in Stuttgart. Nr. 23.
 Die Epigonen des höfischen Epos. Auswahl aus deutschen Dichtungen des 13. Jahrhunderts von Dr. Viktor Junz, Aktuar der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien. Nr. 289.
 Literaturdenkmäler des 14. und 15. Jahrhunderts, ausgewählt und erläutert von Dr. Hermann Janßen, Direktor der Königin Luise-Schule in Königsberg i. Pr. Nr. 181.

- Literaturdenkmäler des 16. Jahrhunderts. I: Martin Luther, Thomas Murner und das Kirchenglied des 16. Jahrhunderts. Ausgewählt und mit Einleitungen und Anmerkungen versehen von Prof. G. Berlit, Oberlehrer am Nikolai-Gymnasium zu Leipzig. Nr. 7.
- II: Hans Sachs. Ausgewählt u. erläutert v. Professor Dr. Julius Sahr. Nr. 24.
- III: Von Brant bis Rollenhagen: Brant, Hutten, Fischart, sowie Tierepos und Fabel. Ausgewählt u. erläutert von Prof. Dr. Julius Sahr. Nr. 36.
- Deutsche Literaturdenkmäler des 17. und 18. Jahrhunderts von Dr. Paul Legband in Berlin. 1. Teil. Nr. 364.
- Simplicius Simplicissimus von Hans Jakob Christoffel von Grimmelshausen. In Auswahl herausgegeben von Prof. Dr. F. Bobertag, Dozent an der Universität Breslau. Nr. 138.
- Das deutsche Volkslied. Ausgewählt und erläutert von Professor Dr. Julius Sahr. 2 Bändchen. Nr. 25, 132.
- Englische Literaturgeschichte von Dr. Karl Besser in Wien. Nr. 69.
- Grundzüge und Haupttypen der englischen Literaturgeschichte von Dr. Arnold M. M. Schröder, Prof. an der Handelshochschule in Köln. 2 Teile. Nr. 286, 287.
- Italienische Literaturgeschichte von Dr. Karl Böhler, Prof. an der Universität Heidelberg. Nr. 125.
- Spanische Literaturgeschichte von Dr. Rudolf Beer in Wien. 2 Bde. Nr. 167, 168.
- Portugiesische Literaturgeschichte von Dr. Karl von Reinhardtstoettner, Prof. an der Königl. Technischen Hochschule München. Nr. 213.
- Russische Literaturgeschichte von Dr. Georg Polonskij in München. Nr. 166.
- Slavische Literaturgeschichte von Dr. Josef Karásek in Wien. I: Ältere Literatur bis zur Wiedergeburt. Nr. 277.
- II: Das 19. Jahrhundert. Nr. 278.
- Nordische Literaturgeschichte. I: Die isländische und norwegische Literatur des Mittelalters von Dr. Wolfgang Goltzer, Prof. an der Univ. Rostod. Nr. 254.
- Die Hauptliteraturen des Orients von Dr. Mich. Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. I: Die Literaturen Ostasiens und Indiens. Nr. 162.
- II: Die Literaturen der Perser, Semiten und Türken. Nr. 163.
- Griechische Literaturgeschichte mit Berücksichtigung der Geschichte der Wissenschaften von Dr. Alfred Gerde, Prof. an der Univ. Greifswald. Nr. 70.
- Römische Literaturgeschichte von Dr. Herm. Joachim in Hamburg. Nr. 52.
- Die Metamorphosen des P. Ovidius Naso. In Auswahl mit einer Einleitung und Anmerkungen herausgegeben von Dr. Julius Ziehen in Frankfurt a. M. Nr. 442.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Geschichtliche Bibliothek.

- Einleitung in die Geschichtswissenschaft von Dr. Ernst Bernheim, Prof. an der Universität Greifswald. Nr. 270.
- Urgeschichte der Menschheit von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität in Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.
- Geschichte des alten Morgenlandes von Dr. Fr. Hommel, v. d. Prof. der semitischen Sprachen an der Universität in München. Mit 9 Voll- und Textbüchern und 1 Karte des Morgenlandes. Nr. 43.
- Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. J. Benzinger. Nr. 231.

- Neutestamentliche Zeitgeschichte I: Der historische und kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums** von Lic. Dr. B. Staerk, Professor an der Universität Jena. Mit 3 Karten. Nr. 325.
- II: **Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft.** Mit einer Planstizze. Nr. 326.
- Griechische Geschichte** von Dr. Heinrich Swoboda, Prof. an der Deutschen Univ. Prag. Nr. 49.
- Griechische Altertumskunde** von Prof. Dr. Rich. Maisch, neubearbeitet von Rektor Dr. Franz Pohlhammer. Mit 9 Vollbildern. Nr. 16.
- Römische Geschichte** von Realgymnasialdirektor Dr. Julius Koch in Grunewald. Nr. 19.
- Römische Altertumskunde** von Dr. Leo Bloch in Wien. Mit 8 Vollbild. Nr. 45.
- Geschichte des Byzantinischen Reiches** von Dr. R. Roth in Rempten. Nr. 190.
- Deutsche Geschichte I: Mittelalter (bis 1519)** von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 83.
- II: **Zeitalter der Reformation und der Religionskriege (1500—1648)** von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymn. in Berlin. Nr. 84.
- III: **Vom Westfälischen Frieden bis zur Auflösung des alten Reichs (1648 bis 1806)** von Prof. Dr. F. Kurze, Oberlehrer am Kgl. Luisengymnasium in Berlin. Nr. 85.
- Deutsche Stammeskunde** von Dr. Rudolf Much, Prof. an der Universität in Wien. Mit 2 Karten und 2 Tafeln. Nr. 126.
- Die deutschen Altertümer** von Dr. Franz Fuhs, Direktor des Städt. Museums in Braunschweig. Mit 70 Abbildungen. Nr. 124.
- Abriß der Burgenkunde** von Hofrat Dr. Otto Piper in München. Mit 30 Abbildungen. Nr. 119.
- Deutsche Kulturgeschichte** von Dr. Reinh. Günther. Nr. 56.
- Deutsches Leben im 12. u. 13. Jahrhundert.** Realkommentar zu den Volks- und Kunstepen und zum Minnesang. I: **Öffentliches Leben.** Von Prof. Dr. Jul. Dieffenbacher in Freiburg i. B. Mit 1 Tafel u. Abbildungen. Nr. 93.
- II: **Privatleben.** Mit Abbildungen. Nr. 328.
- Quellenkunde zur Deutschen Geschichte** von Dr. Carl Jacob, Prof. an der Universität in Tübingen. 1. Band. Nr. 279.
- Österreichische Geschichte. I: Von der Urzeit bis zum Tode König Albrechts II. (1439)** von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlig, Prof. an der Univ. Graz. Mit 11 Stammtafeln. Nr. 104.
- II: **Vom Tode König Albrechts II. bis zum Westfälischen Frieden (1440 bis 1648)** von Prof. Dr. Franz von Krones, neubearbeitet von Dr. Karl Uhlig, Prof. an der Universität Graz. Mit 2 Stammtafeln. Nr. 105.
- Englische Geschichte** von Prof. L. Gerber, Oberlehrer in Düsseldorf. Nr. 375.
- Französische Geschichte** von Dr. R. Sternfeld, Prof. an der Univ. Berlin. Nr. 85.
- Russische Geschichte** von Dr. Wilhelm Reeb, Oberlehrer am Ostergymnasium in Mainz. Nr. 4.
- Polnische Geschichte** von Dr. Clemens Brandenburger in Posen. Nr. 338.
- Spanische Geschichte** von Dr. Gust. Diercks. Nr. 266.
- Schweizerische Geschichte** v. Dr. K. Dändliker, Prof. a. d. Univ. Zürich. Nr. 188.
- Geschichte der christlichen Balkanstaaten (Bulgarien, Serbien, Rumänien, Montenegro, Griechenland)** von Dr. R. Roth in Rempten. Nr. 331.

- Bayerische Geschichte von Dr. Hans Odel in Augsburg. Nr. 160.
 Geschichte Frankens von Dr. Christian Meyer, Kgl. preuß. Staatsarchivar a. D.
 in München. Nr. 434.
 Sächsische Geschichte von Prof. Otto Kaemmel, Rektor des Nikolaigymnasiums
 zu Leipzig. Nr. 100.
 Thüringische Geschichte von Dr. Ernst Devrient in Jena. Nr. 352.
 Badische Geschichte von Dr. Karl Brunner, Prof. am Gymnasium in Pforzheim
 u. Privatdozent der Geschichte an der Techn. Hochschule in Karlsruhe. Nr. 230.
 Württembergische Geschichte von Dr. Karl Beller, Professor am Karls-Gymnasium
 in Stuttgart. Nr. 462.
 Geschichte Lothringens von Geh. Reg.-R. Dr. Herm. Derichsweiler in Straß-
 burg. Nr. 6.
 Die Kultur der Renaissance. Gesittung, Forschung, Dichtung von Dr. Robert
 F. Arnold, Professor an der Universität Wien. Nr. 189.
 Geschichte des 19. Jahrhunderts von Oskar Jäger, o. Honorarprofessor an
 der Universität Bonn. 1. Bändchen: 1800—1852. Nr. 216.
 — 2. Bändchen: 1853 bis Ende des Jahrhunderts. Nr. 217.
 Kolonialgeschichte von Dr. Dietrich Schäfer, Prof. der Geschichte an der Univ.
 Berlin. Nr. 156.
 Die Seemacht in der deutschen Geschichte von Wirkl. Admiralsitätsrat Dr. Ernst
 von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.
-  Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Geographische Bibliothek.

- Physische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl.
 Technischen Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
 Astronomische Geographie von Dr. Siegm. Günther, Professor an der Königl.
 Technischen Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
 Klimafunde. I: Allgemeine Klimalehre von Professor Dr. W. Köppen,
 Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Tafeln u. 2 Figuren. Nr. 114.
 Meteorologie von Dr. W. Trabert, Professor a. d. Universität in Innsbruck.
 Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
 Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der
 Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abb. im Text u. 8 Tafeln. Nr. 112.
 Paläogeographie. Geologische Geschichte der Meere u. Festländer v. Dr. Franz
 Kossmat in Wien. Mit 6 Karten. Nr. 406.
 Paläoklimatologie von Dr. Wilh. R. Erdardt in Aachen. Nr. 482.
 Das Eiszeitalter von Dr. Emil Berth in Berlin-Wilmersdorf. Mit 17 Ab-
 bildungen und 1 Karte. Nr. 431.
 Die Alpen von Dr. Rob. Sieger, Prof. an der Universität Graz. Mit 19 Abbil-
 dungen und 1 Karte. Nr. 129.
 Gletscherkunde von Dr. Frh. Nachazel in Wien. Mit 5 Abbildungen im Text
 und 11 Tafeln. Nr. 154.
 Pflanzengeographie von Prof. Dr. Ludwig Dieß, Privatdoz. an der Univers.
 Berlin. Nr. 389.
 Tiergeographie von Dr. Arnold Jacobi, Professor der Zoologie an der Königl.
 Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.

- Länderkunde von Europa** von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 14 Textkärtchen und Diagrammen und einer Karte der Alpen-einteilung. Nr. 62.
- **der außereuropäischen Erdteile** von Dr. Franz Heiderich, Professor am Francisco-Josephinum in Mödling. Mit 11 Textkärtchen u. Profil. Nr. 63.
- Landeskunde und Wirtschaftsgeographie des Festlandes Australiens** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 8 Abbildungen, 6 graphischen Tabellen und 1 Karte. Nr. 319.
- **von Baden** von Professor Dr. O. Kienitz in Karlsruhe. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 199.
- **des Königreichs Bayern** von Dr. W. Göb, Professor an der Königl. Techn. Hochschule München. Mit Profilen, Abbildungen und 1 Karte. Nr. 176.
- **der Republik Brasilien** von Rodolpho von Ihering. Mit 12 Abbildungen und einer Karte. Nr. 373.
- **von Britisch-Nordamerika** von Professor Dr. A. Doppel in Bremen. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 284.
- **von Elsaß-Lothringen** von Prof. Dr. R. Langenbeck in Straßburg i. E. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 215.
- **des Großherzogtums Hessen, der Provinz Hessen-Nassau und des Fürstentums Waldeck** von Prof. Dr. Georg Greim in Darmstadt. Mit 13 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 376.
- **der Iberischen Halbinsel** v. Dr. Fritz Regel, Prof. a. d. Univ. Würzburg. Mit 8 Kärtchen und 8 Abbildungen im Text und 1 Karte im Farbendruck. Nr. 235.
- **von Österreich-Ungarn** von Dr. Alfred Grund, Professor an der Universität Berlin. Mit 10 Textillustrationen und 1 Karte. Nr. 244.
- **der Rheinprovinz** von Dr. B. Steinecke, Direktor des Realgymnasiums in Essen. Mit 9 Abb., 3 Kärtchen und 1 Karte. Nr. 308.
- **des Europäischen Russlands nebst Finnlands** von Dr. Alfred Philippson, ord. Prof. der Geographie an der Universität Halle a. S. Mit 9 Abbildungen, 7 Textkarten und einer lithographischen Karte. Nr. 359.
- **des Königreichs Sachsen** von Dr. J. Ziemrich, Oberlehrer am Realgymnasium in Plauen. Mit 12 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 258.
- **der Schweiz** von Professor Dr. G. Walser in Bern. Mit 16 Abbildungen und einer Karte. Nr. 398.
- **von Skandinavien** (Schweden, Norwegen und Dänemark) von Heinrich Kerp, Lehrer am Gymnasium und Lehrer der Erdkunde am Comenius-Seminar zu Bonn. Mit 11 Abbildungen und 1 Karte. Nr. 202.
- **der Vereinigten Staaten von Nordamerika** von Prof. Heinrich Fischer, Oberlehrer am Luisenstädtischen Realgymnasium in Berlin. Mit Karten, Figuren im Text und Tafeln. 2 Bändchen. Nr. 381, 382.
- **des Königreichs Württemberg** von Dr. Kurt Hassert, Professor an der Handelshochschule in Köln. Mit 16 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 157.
- Die deutschen Kolonien I: Logo und Kamerun** von Prof. Dr. Karl Dove. Mit 16 Tafeln und einer lithographischen Karte. Nr. 441.
- Landes- und Volkskunde Palästinas** von Privatdozent Dr. G. Hölcher in Halle a. S. Mit 8 Vollbildern und einer Karte. Nr. 345.

- Völkerrunde** von Dr. Michael Haberlandt, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 56 Abbildungen. Nr. 73.
- Kartenkunde**, geschichtlich dargestellt von E. Selisch, Direktor der k. k. Kaiserlichen Schule in Lussinpiccolo, F. Sauter, Professor am Realgymnasium in Ulm und Dr. Paul Dinse, Assistent der Gesellschaft für Erdkunde in Berlin, neu bearbeitet von Dr. M. Groll, Kartograph in Berlin. Mit 71 Abbildungen. Nr. 30.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Mathematische Bibliothek.

- Geschichte der Mathematik** von Dr. A. Sturm, Professor am Obergymnasium in Seitenstetten. Nr. 226.
- Arithmetik und Algebra** von Dr. Hermann Schubert, Prof. an der Gelehrten-
schule des Johanneums in Hamburg. Nr. 47.
- Beispielsammlung zur Arithmetik und Algebra** von Dr. Hermann Schubert,
Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 48.
- Algebraische Kurven** von Eugen Beutel, Oberreallehrer in Baihingen-Enz.
I: Kurvendiskussion. Mit 57 Figuren im Text. Nr. 435.
- Determinanten** von Paul B. Fischer, Oberlehrer an der Oberrealschule zu
Groß-Pichterfelde. Nr. 402.
- Ebene Geometrie** mit 110 zweifarb. Figuren von G. Mahler, Prof. am Gym-
nasium in Ulm. Nr. 41.
- Darstellende Geometrie I** mit 110 Figuren von Dr. Rob. Haubner, Prof. an
der Universität Jena. Nr. 142.
- — II. Mit 40 Figuren. Nr. 143.
- Ebene und sphärische Trigonometrie** mit 70 Fig. von Dr. Gerhard Hessenberg,
Professor an der Landwirtschaftl. Akademie Bonn-Boppelsdorf. Nr. 99.
- Stereometrie** mit 44 Figuren von Dr. R. Glafer in Stuttgart. Nr. 97.
- Niedere Analysis** mit 6 Fig. von Prof. Dr. Benedikt Sporer in Ehingen. Nr. 53.
- Vierstellige Tafeln und Gegentafeln für logarithmisches und trigonometrisches
Rechnen** in zwei Farben zusammengestellt von Dr. Hermann Schubert,
Prof. an der Gelehrtenschule des Johanneums in Hamburg. Nr. 81.
- Fünfstellige Logarithmen** von Professor Aug. Abler, Direktor der k. k. Staats-
oberrealschule in Wien. Nr. 423.
- Analytische Geometrie der Ebene** mit 57 Figuren von Prof. Dr. M. Simon
in Straßburg. Nr. 65.
- Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie der Ebene** mit 32 Fig. von
O. Th. Bürklen, Professor am Realgymnasium in Schwab.-Gmünd. Nr. 256.
- Analytische Geometrie des Raumes** mit 28 Abbildungen von Professor Dr.
M. Simon in Straßburg. Nr. 89.
- Aufgabensammlung zur analytischen Geometrie des Raumes** mit 8 Fig.
von O. Th. Bürklen, Prof. am Realgymnasium in Schwab.-Gmünd. Nr. 309.
- Höhere Analysis I: Differentialrechnung** mit 68 Figuren von Dr. Friedrich
Junfer, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 87.
- II: Integralrechnung mit 89 Figuren von Dr. Friedrich Junfer, Prof. am
Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 88.
- Repetitorium und Aufgabensammlung zur Differentialrechnung** mit 46 Fig.
von Dr. Friedr. Junfer, Prof. am Karlsghymnasium in Stuttgart. Nr. 146.

- Repetitorium und Aufgabensammlung zur Integralrechnung** mit 52 Fig. von Dr. Friedr. Junker, Prof. am Karls-Gymnasium in Stuttgart. Nr. 147.
- Projektive Geometrie** in synthetischer Behandlung mit 91 Fig. von Dr. K. Doehlemann, Prof. an der Universität München. Nr. 72.
- Mathematische Formelsammlung und Repetitorium der Mathematik**, enth. die wichtigsten Formeln und Lehrsätze der Arithmetik, Algebra, algebraischen Analysis, ebenen Geometrie, Stereometrie, ebenen und sphärischen Trigonometrie, math. Geographie, analyt. Geometrie der Ebene und des Raumes, der Differential- und Integralrechnung von D. Th. Bürklen, Prof. am Kgl. Realgymnasium in Schw.-Gmünd. Mit 18 Figuren. Nr. 51.
- Verficherungsmathematik** von Dr. Alfred Boewy, Prof. an der Universität Freiburg i. Br. Nr. 180.
- Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate** mit 15 Fig. und 2 Tafeln von Wih. Weitbrecht, Professor der Geodäsie in Stuttgart. Nr. 302.
- Vektoranalysis** von Dr. Siegf. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.
- Astronomische Geographie** mit 52 Figuren von Dr. Siegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Nr. 92.
- Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper** von Dr. Walter F. Wislicenus, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 11 Abbildungen. Nr. 91.
- Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper** von A. F. Möbius, neubearb. von Dr. W. F. Wislicenus, Prof. an der Univ. Straßburg. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.
- Geodäsie** mit 66 Abbildungen von Dr. C. Reinherz, Prof. an der Techn. Hochschule Hannover. Nr. 102.
- Nautik. Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Theils der Schiffahrtskunde** mit 56 Abbildungen von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Nr. 84.
- Geometrisches Zeichnen** von G. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neu bearbeitet von Prof. J. Wunderlinn, Direktor der Kgl. Baugewerkschule zu Münster i. W. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung. Gleichzeitig macht die Verlagshandlung auf die „Sammlung Schubert“, eine Sammlung mathematischer Lehrbücher, aufmerksam. Ein vollständiges Verzeichnis dieser Sammlung befindet sich am Schluß dieses Prospektes. Außerdem kann ein ausführlicher mathematischer Katalog der G. J. Göschen'schen Verlagshandlung kostenfrei durch jede Buchhandlung bezogen werden.

Naturwissenschaftliche Bibliothek.

- Paläontologie und Abstammungslehre** von Prof. Dr. Karl Diener in Wien. Mit 9 Abbildungen. Nr. 460.
- Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten**, von C. Rehmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. G. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.

- Urgeschichte der Menschheit** von Dr. Moriz Hoernes, Prof. an der Universität Wien. Mit 53 Abbildungen. Nr. 42.
- Völkerverkundung** von Dr. Michael Haberlandt, I. u. I. Ratsk. der ethnogr. Sammlung des naturhist. Hofmuseums u. Privatdozent an der Universität Wien. Mit 51 Abbildungen. Nr. 73.
- Tierkunde** von Dr. Franz v. Wagner, Prof. an der Universität Graz. Mit 78 Abbildungen. Nr. 60.
- Abriß der Biologie der Tiere** von Dr. Heinrich Simroth, Professor an der Universität Leipzig. Nr. 131.
- Tiergeographie** von Dr. Arnold Jacobi, Prof. der Zoologie an der Kgl. Forstakademie zu Tharandt. Mit 2 Karten. Nr. 218.
- Das Tierreich. I: Säugetiere**, von Oberstudienrat Prof. Dr. Kurt Lampert, Vorsteher des Kgl. Naturalienkabinetts in Stuttgart. Mit 15 Abbild. Nr. 282.
- **III: Reptilien und Amphibien**. Von Dr. Franz Werner, Privatdozent an der Universität Wien. Mit 48 Abbildungen. Nr. 383.
- **IV: Fische**, von Dr. Max Rauther, Privatdozent der Zoologie an der Universität Gießen. Mit 37 Abbildungen. Nr. 356.
- **VI: Die wirbellosen Tiere** von Dr. Ludwig Böhmig, Prof. der Zoologie an der Universität Graz. I: Urtiere, Schwämme, Nesseltiere, Rippenquallen und Würmer. Mit 74 Figuren. Nr. 439.
- Entwicklungsgeschichte der Tiere** von Dr. Johs. Meisenheimer, Professor der Zoologie an der Universität Marburg. I: Furchung, Primitivanlagen, Larven, Formbildung, Embryonalhüllen. Mit 48 Fig. Nr. 378.
- **II: Organbildung**. Mit 46 Figuren. Nr. 379.
- Schmarotzer und Schmarotkertum in der Tierwelt**. Erste Einführung in die tierische Schmarotzerkunde von Dr. Franz v. Wagner, Professor an der Universität Graz. Mit 67 Abbildungen. Nr. 151.
- Geschichte der Zoologie** von Dr. Rud. Burckhardt, weil. Direktor der Zoologischen Station des Berliner Aquariums in Novigno (Istrien). Nr. 357.
- Die Pflanze, ihr Bau und ihr Leben** von Professor Dr. E. Dennert in Godesberg. Mit 96 Abbildungen. Nr. 44.
- Das Pflanzenreich**. Einteilung des gesamten Pflanzenreichs mit den wichtigsten und bekanntesten Arten von Dr. F. Reineke in Breslau und Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Fig. Nr. 122.
- Pflanzenbiologie** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 127.
- Pflanzengeographie** von Prof. Dr. Ludwig Diels, Privatdoz. an der Univerf. Berlin. Nr. 389.
- Morphologie, Anatomie und Physiologie der Pflanzen** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 141.
- Die Pflanzenwelt der Gewässer** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. Mit 50 Abbildungen. Nr. 158.
- Exkursionsflora von Deutschland zum Bestimmen der häufigeren in Deutschland wildwachsenden Pflanzen** von Dr. W. Migula, Prof. an der Forstakademie Eisenach. 2 Teile. Mit 100 Abbildungen. Nr. 268, 269.
- Die Nadelhölzer** von Prof. Dr. F. W. Neger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.
- Nutzpflanzen** von Prof. Dr. J. Behrens, Vorst. der Großh. landwirtschaftl. Versuchsanst. Augustenberg. Mit 53 Figuren. Nr. 123.

- Das System der Blütenpflanzen mit Ausschluß der Gymnospermen** von Dr. R. Pilger, Assistent am Kgl. Botanischen Garten in Berlin-Dahlem. Mit 31 Figuren. Nr. 393.
- Pflanzenkrankheiten** von Dr. Werner Friedrich Brud in Gießen. Mit 1 farb. Tafel und 45 Abbildungen. Nr. 310.
- Mineralogie** von Dr. R. Brauns, Professor an d. Universität Bonn. Mit 130 Abbildungen. Nr. 29.
- Geologie** in kurzem Auszug für Schulen und zur Selbstbelehrung zusammengestellt von Prof. Dr. Eberh. Fraas in Stuttgart. Mit 16 Abbildungen und 4 Tafeln mit 51 Figuren. Nr. 13.
- Paläontologie** von Dr. Rud. Hoernes, Professor an der Universität Graz. Mit 87 Abbildungen. Nr. 95.
- Petrographie** von Dr. W. Brühns, Professor an der Universität Straßburg i. E. Mit 15 Abbildungen. Nr. 173.
- Kristallographie** von Dr. W. Brühns, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 190 Abbildungen. Nr. 210.
- Geschichte der Physik** von A. Kstner, Prof. an der Großh. Realschule zu Sinsheim a. E. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Figuren. Nr. 293.
- II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 3 Figuren. Nr. 294.
- Theoretische Physik. I. Teil: Mechanik und Akustik.** Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 19 Abb. Nr. 76.
- II. Teil: Licht und Wärme. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
- III. Teil: Elektrizität und Magnetismus. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 33 Abbild. Nr. 78.
- IV. Teil: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Von Dr. Gustav Jäger, Prof. der Physik an der Technischen Hochschule in Wien. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
- Radioaktivität** von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.
- Physikalische Messungsmethoden** von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Uchtersfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.
- Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.
- II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
- Anorganische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.
- Metalloide (Anorganische Chemie I. Teil)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
- Metalle (Anorganische Chemie II. Teil)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.
- Organische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.
- Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I. II: Alphabetische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.
- III: Karbochllische Verbindungen. Nr. 193.
- IV: Heterochllische Verbindungen. Nr. 194.
- Analytische Chemie** von Dr. Johannes Hoppe. I: Theorie und Gang der Analyse. Nr. 247.
- II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.

- Maßanalyse von Dr. Otto Röhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.
 Technisch-Chemische Analyse von Dr. G. Lunge, Prof. an der Eidgen. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
 Stereochemie v. Dr. E. Bedefind, Prof. a. d. Univ. Tübingen. Mit 34 Abb. Nr. 201.
 Allgemeine und physikalische Chemie von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Techn. Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Figuren. Nr. 71.
 Elektrochemie von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie u ihre physikal.-chemischen Grundlagen. Mit 18 Fig. Nr. 252.
 — II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
 Toxikologische Chemie von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
 Agrilkulturchemie. I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
 Das agrilkulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Kriche in Göttingen. Nr. 304.
 Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
 — II: Dissimilation. Mit einer Tafel. Nr. 241.
 Meteorologie von Dr. W. Trabert, Prof. an der Universität Innsbruck. Mit 49 Abbildungen und 7 Tafeln. Nr. 54.
 Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von Dr. A. Nippoldt jr., Mitglied d. kgl. Preuß. Meteorol. Instituts zu Potsdam. Mit 14 Abb. u. 3 Taf. Nr. 175.
 Astronomie. Größe, Bewegung und Entfernung der Himmelskörper von A. F. Möbius, neu bearb. von Dr. W. F. Wislicenus, Prof. an der Univ. Straßburg. Mit 36 Abbildungen und 1 Sternkarte. Nr. 11.
 Astrophysik. Die Beschaffenheit der Himmelskörper von Prof. Dr. Walter F. Wislicenus. Neu bearb. v. Dr. H. Ludendorff, Potsdam. Mit 15 Abb. Nr. 91.
 Astronomische Geographie von Dr. Stegm. Günther, Prof. an der Techn. Hochschule in München. Mit 52 Abbildungen. Nr. 92.
 Physische Geographie von Dr. Stegm. Günther, Prof. an der Königl. Techn. Hochschule in München. Mit 32 Abbildungen. Nr. 26.
 Physische Meereskunde von Prof. Dr. Gerhard Schott, Abteilungsvorsteher an der Deutschen Seewarte in Hamburg. Mit 28 Abbildungen im Text und 8 Tafeln. Nr. 112.
 Klimafunde I: Allgemeine Klimalehre von Prof. Dr. W. Köppen, Meteorologe der Seewarte Hamburg. Mit 7 Taf. u. 2 Fig. Nr. 114.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Physik.

- Geschichte der Physik von A. Kistner, Professor an der Großh. Realschule zu Einsheim a. G. I: Die Physik bis Newton. Mit 13 Fig. Nr. 293.
 — II: Die Physik von Newton bis zur Gegenwart. Mit 13 Figuren. Nr. 294.
 Theoretische Physik von Dr. Gustav Jäger, Prof. an der Technischen Hochschule in Wien. I: Mechanik und Akustik. Mit 19 Abbildungen. Nr. 76.
 — II: Licht und Wärme. Mit 47 Abbildungen. Nr. 77.
 — III: Elektrizität und Magnetismus. Mit 33 Abbildungen. Nr. 78.
 — IV: Elektromagnetische Lichttheorie und Elektronik. Mit 21 Figuren. Nr. 374.
 Radioaktivität von Wilh. Frommel. Mit 18 Figuren. Nr. 317.
 Physikalische Messungsmethoden von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit 49 Figuren. Nr. 301.

- Physikalische Aufgabensammlung** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Mit den Resultaten. Nr. 243.
- Physikalische Formelsammlung** von G. Mahler, Professor am Gymnasium in Ulm. Nr. 136.
- Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben** von Prof. Dr. R. Wegg und Privatdozent Dr. O. Sadur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
- Vektoranalysis** von Dr. Siegf. Valentiner, Privatdozent für Physik an der Universität Berlin. Mit 11 Figuren. Nr. 354.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Chemie.

- Geschichte der Chemie** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart. I: Von den ältesten Zeiten bis zur Verbrennungstheorie von Lavoisier. Nr. 264.
- II: Von Lavoisier bis zur Gegenwart. Nr. 265.
- Anorganische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 37.
- Metalloide (Anorganische Chemie I)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 211.
- Metalle (Anorganische Chemie II)** von Dr. Oskar Schmidt, dipl. Ingenieur, Assistent an der Kgl. Baugewerkschule in Stuttgart. Nr. 212.
- Organische Chemie** von Dr. Jos. Klein in Mannheim. Nr. 38.
- Chemie der Kohlenstoffverbindungen** von Dr. Hugo Bauer, Assistent am chem. Laboratorium der Kgl. Techn. Hochschule Stuttgart. I, II: Aliphatische Verbindungen. 2 Teile. Nr. 191, 192.
- III: Karbocyclische Verbindungen. Nr. 193.
- IV: Heterocyclische Verbindungen. Nr. 194.
- Analytische Chemie** von Dr. Joh. Hoppe. I: Theorie u. Gang d. Analyse. Nr. 247.
- II: Reaktion der Metalloide und Metalle. Nr. 248.
- Maschanalyse** von Dr. Otto Köhm in Stuttgart. Mit 14 Fig. Nr. 221.
- Technisch-Chemische Analyse** von Dr. G. Lunge, Professor an der Eidgenöss. Polytechn. Schule in Zürich. Mit 16 Abbildungen. Nr. 195.
- Stereochemie** von Dr. E. Wedekind, Professor an der Universität Tübingen. Mit 34 Abbildungen. Nr. 201.
- Allgemeine und physikalische Chemie** von Dr. Max Rudolphi, Professor an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 22 Fig. Nr. 71.
- Elektrochemie** von Dr. Heinrich Danneel in Friedrichshagen. I. Teil: Theoretische Elektrochemie u. ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. Mit 18 Fig. Nr. 252.
- II: Experimentelle Elektrochemie, Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen. Mit 26 Figuren. Nr. 253.
- Toxikologische Chemie** von Privatdozent Dr. E. Mannheim in Bonn. Mit 6 Abbildungen. Nr. 465.
- Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung** von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
- Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden** von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtsch. Versuchsanstalt in Marburg i. H. Nr. 470.
- Das agrikulturchemische Kontrollwesen** v. Dr. Paul Kriese in Göttingen. Nr. 304.
- Physiologische Chemie** von Dr. med. A. Legahn in Berlin. I: Assimilation. Mit 2 Tafeln. Nr. 240.
- II: Dissimilation. Mit 1 Tafel. Nr. 241.

- Stöchiometrische Aufgabensammlung von Dr. Wilhelm Bahrdt, Oberlehrer an der Oberrealschule in Groß-Lichterfelde. Mit den Resultaten. Nr. 452.
- Physikalisch-Chemische Rechenaufgaben von Prof. Dr. R. Abegg und Privatdozent Dr. O. Sackur, beide an der Universität Breslau. Nr. 445.
- ☛ Siehe auch „Technologie“. Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Technologie.

Chemische Technologie.

- Allgemeine chemische Technologie v. Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. Nr. 113.
- Die Fette und Öle sowie die Seifen- und Kerzenfabrikation und die Harze, Lacke, Firnisse mit ihren wichtigsten Hilfsstoffen von Dr. Karl Braun. I: Einführung i. d. Chemie, Besprechung einig. Salze u. d. Fette u. Öle. Nr. 335.
- II: Die Seifenfabrikation, die Seifenanalyse und die Kerzenfabrikation. Mit 25 Abbildungen. Nr. 336.
- III: Harze, Lacke, Firnisse. Nr. 337.
- Atherische Öle und Riechstoffe von Dr. F. Rochussen in Mittlitz. Mit 9 Abbildungen. Nr. 446.
- Die Explosivstoffe. Einführung in die Chemie der explosiven Vorgänge von Dr. F. Brunswig in Neubabelsberg. Mit 16 Abbildungen. Nr. 333.
- Brauereiwesen I: Mälzerei von Dr. Paul Dreverhoff, Direktor der Brauer- und Mälzerschule in Grimma. Mit 16 Abbildungen. Nr. 303.
- Das Wasser und seine Verwendung in Industrie und Gewerbe von Dipl.-Ing. Dr. Ernst Leher. Mit 15 Abbildungen. Nr. 261.
- Wasser und Abwässer. Ihre Zusammensetzung, Beurteilung und Untersuchung von Prof. Dr. Emil Haselhoff, Vorsteher der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Marburg in Hessen. Nr. 473.
- Anorganische chemische Industrie von Dr. Gust. Rauter in Charlottenburg. I: Die Leblancjodaindustrie und ihre Nebenzweige. Mit 12 Tafeln. Nr. 205.
- II: Salinenwesen, Kalisalze, Düngerindustrie und Verwandtes. Mit 6 Tafeln. Nr. 206.
- III: Anorganische Chemische Präparate. Mit 6 Tafeln. Nr. 207.
- Metallurgie von Dr. Aug. Geig in München. 2 Bde. Mit 21 Fig. Nr. 313, 314.
- Die Industrie der Silikate, der künstlichen Bausteine und des Mörtels von Dr. Gustav Rauter. I: Glas- und keramische Industrie. Mit 12 Taf. Nr. 233.
- II: Die Industrie der künstlichen Bausteine und des Mörtels. Mit 12 Taf. Nr. 234.
- Die Teerfarbstoffe mit besonderer Berücksichtigung der synthetischen Methoden von Dr. Hans Bucherer, Prof. a. d. Kgl. Techn. Hochschule Dresden. Nr. 214.

Mechanische Technologie.

- Mechanische Technologie von Geh. Hofrat Prof. A. Lüdtke in Braunschweig. Nr. 340, 341.
- Textil-Industrie I: Spinnerei und Zwirnererei von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 39 Fig. Nr. 184.
- II: Weberei, Wirkerei, Posamentiererei, Spitzen- und Gardinenfabrikation und Fülzfabrikation von Prof. Max Gürtler, Geh. Regierungsrat im Königl. Landesgewerbeamt zu Berlin. Mit 27 Figuren. Nr. 185.

Textil-Industrie III: Wäscherei, Bleicherei, Färberei und ihre Hilfsstoffe von Dr. Wilh. Massot, Lehrer an der Preuß. höh. Fachschule für Textil-Industrie in Krefeld. Mit 28 Figuren. Nr. 186.

Die Materialien des Maschinenbaues und der Elektrotechnik von Ingenieur Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 3 Abbildungen. Nr. 476.

Das Holz. Aufbau, Eigenschaften und Verwendung, von Prof. Herm. Wilda in Bremen. Mit 33 Abbildungen. Nr. 459.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zu den Ingenieurwissenschaften.

Das Rechnen in der Technik u. seine Hilfsmittel (Rechenchieber, Rechentafeln, Rechenmaschinen usw.) von Ingenieur Joh. Eugen Mayer in Karlsruhe t. B. Mit 30 Abb. Nr. 405.

Materialprüfungswesen. Einführung in die moderne Technik der Materialprüfung von K. Memmler, Diplom-Ingenieur, ständ. Mitarbeiter am Kgl. Materialprüfungsamt zu Groß-Lichterfelde. I: Materialeigenschaften. — Festigkeitsversuche. — Hilfsmittel für Festigkeitsversuche. Mit 58 Figuren. Nr. 311.

— II: Metallprüfung und Prüfung von Hilfsmaterialien des Maschinenbaues. — Baumaterialprüfung. — Papierprüfung. — Schmiermittelpfung. — Einiges über Metallographie. Mit 31 Figuren. Nr. 312.

Metallographie. Kurze, gemeinschaftliche Darstellung der Lehre von den Metallen und ihren Legierungen, unter besonderer Berücksichtigung der Metallmikroskopie von Prof. E. Heyn und Prof. O. Bauer am Kgl. Materialprüfungsamt (Groß-Lichterfelde) der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. I: Allgemeiner Teil. Mit 45 Abbildungen im Text und 5 Lichtbildern auf 3 Tafeln. Nr. 432.

— II: Spezieller Teil. Mit 49 Abbildungen im Text und 37 Lichtbildern auf 19 Tafeln. Nr. 433.

Statik. I: Die Grundlehren der Statik starrer Körper von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 82 Figuren. Nr. 178.

— II: Angewandte Statik. Mit 61 Figuren. Nr. 179.

Festigkeitslehre von W. Hauber, Diplom-Ingenieur. Mit 56 Figuren. Nr. 288.

Hydraulik v. W. Hauber, Diplom-Ingenieur in Stuttgart. Mit 44 Fig. Nr. 397.

Geometrisches Zeichnen von H. Becker, Architekt und Lehrer an der Baugewerkschule in Magdeburg, neubearbeitet von Professor J. Vonderlinn in Münster. Mit 290 Figuren und 23 Tafeln im Text. Nr. 58.

Schattenkonstruktionen von Prof. J. Vonderlinn in Münster. Mit 114 Fig. Nr. 236.

Parallelperspektive. Rechtswinklige und schiefwinklige Trigonometrie von Prof. J. Vonderlinn in Münster. Mit 121 Figuren. Nr. 260.

Zentral-Perspektive von Architekt Hans Freyberger, neu bearbeitet von Prof. J. Vonderlinn, Dir. d. Kgl. Baugewerkschule, Münster t. W. Mit 132 Fig. Nr. 57.

Technisches Wörterbuch, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinenbaues, Schiffbaues und der Elektrotechnik von Erich Krebs in Berlin.

I. Teil: Deutsch-Englisch. Nr. 395.

— II. Teil: Englisch-Deutsch. Nr. 396.

— III. Teil: Deutsch-Französisch. Nr. 453.

Elektrotechnik. Einführung in die moderne Gleich- und Wechselstromtechnik von J. Herrmann, Professor an der Königlich Technischen Hochschule Stuttgart. I: Die physikalischen Grundlagen. Mit 42 Fig. u. 10 Tafeln. Nr. 196.

— II: Die Gleichstromtechnik. Mit 103 Figuren und 16 Tafeln. Nr. 197.

- Elektrotechnik. III: Die Wechselstromtechnik.** Mit 126 Fig. u. 16 Taf. Nr. 198.
- Die Gleichstrommaschine** von E. Rinzbrunner, Ingenieur u. Dozent für Elektrotechnik a. d. Municipal School of Technology in Manchester. Mit 78 Fig. Nr. 257.
- Ströme und Spannungen in Starkstromnetzen** von Diplom-Elektroingenieur Josef Herzog in Budapest u. Prof. Feldmann in Delft. Mit 68 Fig. Nr. 456.
- Das Fernsprechwesen** v. Dr. Ludw. Kellstab in Berlin. Mit 47 Fig. u. 1 Taf. Nr. 155.
- Die elektrische Telegraphie** von Dr. Ludw. Kellstab. Mit 19 Figuren. Nr. 172.
- Maurer- u. Steinhauserarbeiten** von Prof. Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 419—421.
- Eisenkonstruktionen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch mit Beispielen von Ingenieur Karl Schindler in Meissen. Mit 115 Figuren. Nr. 322.
- Vermessungskunde** von Dipl.-Ing. Oberlehrer P. Wertmeister. 2 Bändchen. Mit 255 Abbildungen. Nr. 468, 469.
- Der Eisenbetonbau** von Reg.-Baumeister Karl Adöle in Berlin-Steglitz. Mit 77 Abbildungen. Nr. 349.
- Heizung und Lüftung** von Ingenieur Johannes Körting, Direktor der Akt.-Ges. Gebrüder Körting in Düsseldorf. I: Das Wesen und die Berechnung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 34 Figuren. Nr. 342.
- II: Die Ausführung der Heizungs- und Lüftungsanlagen. Mit 191 Fig. Nr. 343.
- Gas- und Wasserinstallationen mit Einschluß der Abortanlagen** von Professor Dr. phil. u. Dr.-Ing. Eduard Schmitt in Darmstadt. Mit 119 Abbild. Nr. 412.
- Das Veranschlagen im Hochbau.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen des Kostenanschlages von Emil Beutinger, Architekt B. D. U., Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit vielen Figuren. Nr. 385.
- Bauführung.** Kurzgefaßtes Handbuch über das Wesen der Bauführung von Architekt Emil Beutinger, Assistent an der Technischen Hochschule in Darmstadt. Mit 25 Figuren und 11 Tabellen. Nr. 399.
- Die Baukunst des Schulhauses** von Prof. Dr.-Ing. Ernst Bettelein in Darmstadt. I: Das Schulhaus. Mit 38 Abbildungen. Nr. 443.
- II: Die Schulräume. — Die Nebenanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 444.
- Öffentliche Bade- und Schwimmanstalten** von Dr. Karl Wolff, Stadt-Oberbaurat in Hannover. Mit 50 Fig. Nr. 380.
- Die Maschinenelemente.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium und den praktischen Gebrauch von Friedrich Barth, Obergeringieur in Nürnberg. Mit 86 Figuren. Nr. 3.
- Eisenhüttenkunde** von A. Krauß, diplomierter Hütteningenieur. I: Das Roheisen. Mit 17 Figuren und 4 Tafeln. Nr. 152.
- II: Das Schmiedeeisen. Mit 25 Figuren und 5 Tafeln. Nr. 153.
- Technische Wärmelehre (Thermodynamik)** von K. Walther und M. Röttinger, Diplom-Ingenieuren. Mit 54 Figuren. Nr. 242.
- Die Dampfmaschine.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. d. prakt. Gebrauch v. Friedr. Barth, Obergering., Nürnberg. Mit 48 Fig. Nr. 8.
- Die Dampfkessel.** Kurzgefaßtes Lehrbuch mit Beispielen für das Selbststudium u. den prakt. Gebrauch v. Friedr. Barth, Obergering., Nürnberg. Mit 67 Fig. Nr. 9.
- Die Gaskraftmaschinen.** Kurzgefaßte Darstellung der wichtigsten Gasmaschinen-Bauarten v. Ingenieur Alfred Kirschte in Halle a. S. Mit 55 Figuren. Nr. 316.
- Die Dampfturbinen, ihre Wirkungsweise und Konstruktion** von Ing. Hermann Wilda, Professor am staatl. Technikum in Bremen. Mit 104 Abb. Nr. 274.

- Die zweckmäßigste Betriebskraft** von Friedrich Barth, Oberingenieur in Nürnberg. I: Einleitung. Dampfkraftanlagen. Verschiedene Kraftmaschinen. Mit 27 Abbildungen. Nr. 224.
- II: Gas-, Wasser- und Wind-Kraftanlagen. Mit 31 Abbildungen. Nr. 225.
- III: Elektromotoren. Betriebskostentabellen. Graphische Darstellungen. Wahl der Betriebskraft. Mit 27 Abbildungen. Nr. 474.
- Die Hebezeuge, ihre Konstruktion und Berechnung** von Ingenieur Hermann Wilba, Prof. am staatl. Technikum in Bremen. Mit 399 Abbildungen. Nr. 414.
- Pumpen, hydraulische und pneumatische Anlagen.** Ein kurzer Überblick von Regierungsbaumeister Rudolf Bogdt, Oberlehrer an der Königl. höheren Maschinenbauschule in Posen. Mit 59 Abbildungen. Nr. 290.
- Die landwirtschaftlichen Maschinen** von Karl Walther, Diplom-Ingenieur in Mannheim. 3 Bändchen. Mit vielen Abbildungen. Nr. 407—409.
- Nautik.** Kurzer Abriss des täglich an Bord von Handelsschiffen angewandten Theils der Schifffahrtskunde. Von Dr. Franz Schulze, Direktor der Navigationschule zu Lübeck. Mit 56 Abbildungen. Nr. 84.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zu den Rechts- u. Staatswissenschaften.

- Allgemeine Rechtslehre** von Dr. Th. Sternberg, Privatdozent an der Univerf. Lausanne. I: Die Methode. Nr. 169.
- II: Das System. Nr. 170.
- Recht des Bürgerlichen Gesetzbuches.** Erstes Buch: Allgemeiner Teil.
- I: Einleitung — Lehre von den Personen und von den Sachen von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 447.
- II: Erwerb und Verlust, Geltendmachung und Schutz der Rechte von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 448.
- Zweites Buch: Schuldrecht. I. Abteilung: Allgemeine Lehren von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 323.
- II. Abteilung: Die einzelnen Schuldverhältnisse von Dr. Paul Dertmann, Professor an der Universität Erlangen. Nr. 324.
- Viertes Buch: Familienrecht von Dr. Heinrich Tixe, Professor an der Univ. Göttingen. Nr. 305.
- Deutsches Zivilprozessrecht** von Professor Dr. Wilhelm Risch in Straßburg i. E. 3 Bände. Nr. 428—430.
- Deutsches Handelsrecht** von Prof. Dr. Karl Lehmann in Rostod. 2 Bändchen. Nr. 457, 458.
- Das deutsche Seerecht** von Dr. Otto Brandis, Oberlandesgerichtsrat in Hamburg. 2 Bände. Nr. 386, 387.
- Postrecht** von Dr. Alfred Wolde, Postinspektor in Bonn. Nr. 425.
- Allgemeine Staatslehre** von Dr. Hermann Rehm, Prof. an der Universität Straßburg i. E. Nr. 358.
- Allgemeines Staatsrecht** von Dr. Julius Hatschel, Prof. der Rechte an der Kgl. Akademie in Posen. 3 Bändchen. Nr. 415—417.
- Preussisches Staatsrecht** von Dr. Fritz Stier-Somlo, Prof. an der Univerf. Bonn. 2 Teile. Nr. 298, 299.
- Kirchenrecht** von Dr. Emil Sehling, ord. Prof. der Rechte in Erlangen. Nr. 377.

- Das deutsche Urheberrecht an literarischen, künstlerischen und gewerblichen Schöpfungen**, mit besonderer Berücksichtigung der internationalen Verträge von Dr. Gustav Rauter, Patentanwalt in Charlottenburg. Nr. 263.
- Der internationale gewerbliche Rechtsschutz** von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 271.
- Das Urheberrecht an Werken der Literatur und der Tonkunst, das Verlagsrecht und das Urheberrecht an Werken der bildenden Künste und der Photographie** von Staatsanwalt Dr. F. Schlittgen in Chemnitz. Nr. 361.
- Das Warenzeichenrecht**. Nach dem Gesetz zum Schutz der Warenbezeichnungen vom 12. Mai 1894 von J. Neuberg, Kaiserl. Regierungsrat, Mitglied des Kaiserl. Patentamts zu Berlin. Nr. 360.
- Der unlautere Wettbewerb** von Rechtsanwalt Dr. Martin Wassermann in Hamburg. Nr. 339.
- Deutsches Kolonialrecht** von Dr. H. Ebler v. Hoffmann, Professor an der kgl. Akademie Gosen. Nr. 318.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Deutsche Wehrverfassung** von Kriegsgerichtsrat Carl Endres i. Würzburg. Nr. 401.
- Jorenfische Psychiatrie** von Prof. Dr. W. Weggandt, Direktor der Irrenanstalt Friedrichsberg in Hamburg. 2 Bändchen. Nr. 410 u. 411.

 Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Volkswirtschaftliche Bibliothek.

- Volkswirtschaftslehre** von Dr. Carl Johs. Fuchs, Professor an der Universität Tübingen. Nr. 133.
- Volkswirtschaftspolitik** von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. Nr. 177.
- Gewerbewesen** von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. 2 Bände. Nr. 203, 204.
- Das Genossenschaftswesen in Deutschland**. Von Dr. Otto Lindede, Sekretär des Hauptverbandes deutscher gewerblicher Genossenschaften. Nr. 384.
- Das Handelswesen** von Dr. Wilh. Lexis, Professor an der Universität Göttingen. I: Das Handelspersonal und der Warenhandel. Nr. 296.
— II. Die Effektenbörse und die innere Handelspolitik. Nr. 297.
- Auswärtige Handelspolitik** von Dr. Heinrich Sieveking, Professor an der Universität Zürich. Nr. 245.
- Das Versicherungswesen** von Dr. jur. Paul Moldenhauer, Dozent der Versicherungswissenschaft an der Handelshochschule Köln. Nr. 262.
- Die gewerbliche Arbeiterfrage** von Dr. Werner Sombart, Professor an der Handelshochschule Berlin. Nr. 209.
- Die Arbeiterversicherung** von Professor Dr. Alfred Manes in Berlin. Nr. 267.
- Finanzwissenschaft** von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. I. Allgemeiner Teil. Nr. 148.
— II. Besonderer Teil (Steuerlehre). Nr. 391.
- Die Steuersysteme des Auslandes** von Geh. Oberfinanzrat D. Schwarz in Berlin. Nr. 426.
- Die Entwicklung der Reichsfinanzen** von Präsident Dr. R. van der Borcht in Berlin. Nr. 427.

- Die Finanzsysteme der Großmächte. (Internat. Staats- u. Gemeinde-Finanzwesen.) Von O. Schwarz, Geh. Oberfinanzrat, Berlin. 2 Bdeh. Nr. 450, 451.
 Soziologie von Prof. Dr. Thomas Achelis in Bremen. Nr. 101.
 Die Entwicklung der sozialen Frage von Prof. Dr. Ferd. Tönnies in Göttingen. Nr. 353.
 Armenwesen und Armenfürsorge. Einführung in die soziale Hilfsarbeit von Dr. Adolf Weber, Professor an der Handelshochschule in Köln. Nr. 346.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Theologische und religionswissenschaftliche Bibliothek.

- Die Entstehung des Alten Testaments von Lic. Dr. W. Staerk, Professor an der Universität in Jena. Nr. 272.
 Alttestamentliche Religionsgeschichte von D. Dr. Mag. Löhr, Professor an der Universität Breslau. Nr. 292.
 Geschichte Israels bis auf die griechische Zeit von Lic. Dr. F. Benzinger. Nr. 231.
 Landes- u. Volkskunde Palästinas von Lic. Dr. Gustav Hölscher in Halle. Mit 8 Vollbildern und 1 Karte. Nr. 345.
 Die Entstehung d. Neuen Testaments v. Brf. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 285.
 Die Entwicklung der christlichen Religion innerhalb des Neuen Testaments von Prof. Lic. Dr. Carl Clemen in Bonn. Nr. 388.
 Neutestamentliche Zeitgeschichte von Lic. Dr. W. Staerk, Professor an der Universität in Jena. I: Der historische u. kulturgeschichtliche Hintergrund des Urchristentums. Nr. 325.
 — II: Die Religion des Judentums im Zeitalter des Hellenismus und der Römerherrschaft. Nr. 326.
 Die Entstehung des Talmuds von Dr. S. Funk in Bostolwitz. Nr. 479.
 Abriss der vergleichenden Religionswissenschaft von Prof. Dr. Th. Achelis in Bremen. Nr. 208.
 Die Religionen der Naturvölker im Umriß von Dr. Th. Achelis, weiland Professor in Bremen. Nr. 449.
 Indische Religionsgeschichte von Prof. Dr. Edmund Hardy. Nr. 83.
 Buddha von Professor Dr. Edmund Hardy. Nr. 174.
 Griechische und römische Mythologie von Dr. Hermann Steuding, Rektor des Gymnasiums in Schneeberg. Nr. 27.
 Germanische Mythologie von Dr. E. Mogk, Prof. an der Univ. Leipzig. Nr. 15.
 Die deutsche Heldensage von Dr. Otto Luitpold Jiriczek, Professor an der Universität Münster. Nr. 32.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Pädagogische Bibliothek.

- Pädagogik im Grundriß von Professor Dr. W. Rein, Direktor des Pädagogischen Seminars an der Universität in Jena. Nr. 12.
 Geschichte der Pädagogik von Oberlehrer Dr. G. Weimer in Wiesbaden. Nr. 145.
 Schulpraxis. Methodik der Volksschule von Dr. N. Seyfert, Seminardirektor in Schopau. Nr. 50.
 Zeichenschule von Professor R. Kimmich in Ulm. Mit 18 Tafeln in Ton-, Farben- u. Golddruck u. 200 Voll- u. Textbildern. Nr. 39.

- Bewegungsspiele** von Dr. E. Kohlrausch, Prof. am Kgl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 14 Abbildungen. Nr. 96.
- Das öffentliche Unterrichtswesen Deutschlands in der Gegenwart** von Dr. Paul Stöhner, Gymnasialoberlehrer in Zwidau. Nr. 130.
- Geschichte des deutschen Unterrichtswesens** von Professor Dr. Friedrich Seiler, Direktor des königlichen Gymnasiums zu Ludau. I: Von Anfang an bis zum Ende des 18. Jahrhunderts. Nr. 275.
- II: Vom Beginn des 19. Jahrhunderts bis auf die Gegenwart. Nr. 276.
- Das deutsche Fortbildungsschulwesen** nach seiner geschichtlichen Entwicklung und in seiner gegenwärtigen Gestalt von H. Eiercks, Direktor der städt. Fortbildungsschulen in Heide i. Holstein. Nr. 392.
- Die deutsche Schule im Auslande** von Hans Amrhein, Direktor der deutschen Schule in Lüttich. Nr. 259.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Kunst.

- Stilkunde** von Prof. Karl Otto Hartmann in Stuttgart. Mit 7 Vollbildern und 195 Textillustrationen. Nr. 80.
- Die Baukunst des Abendlandes** von Dr. R. Schäfer, Assistent am Gewerbemuseum in Bremen. Mit 22 Abbildungen. Nr. 74.
- Die Plastik des Abendlandes** von Dr. Hans Stegmann, Direktor des Bayer. Nationalmuseums in München. Mit 23 Tafeln. Nr. 116.
- Die Plastik seit Beginn des 19. Jahrhunderts** von A. Heilmeyer in München. Mit 41 Vollbildern auf amerikanischem Kunstdruckpapier. Nr. 321.
- Die graphischen Künste** v. Carl Kampmann, I. t. Lehrer an der I. I. Graphischen Lehr- u. Versuchsanstalt in Wien. Mit zahlreichen Abbild. u. Beilagen. Nr. 75.
- Die Photographie** von H. Kehler, Prof. an der I. I. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Tafeln und 52 Abbildungen. Nr. 94.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Musik.

- Allgemeine Musiklehre** von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 220.
- Musikalische Akustik** von Dr. Karl V. Schäfer, Dozent an der Universität Berlin. Mit 35 Abbildungen. Nr. 21.
- Harmonielehre** von A. Halm. Mit vielen Notenbeilagen. Nr. 120.
- Musikalische Formenlehre (Kompositionslehre)** von Stephan Krehl. I, II. Mit vielen Notenbeispielen. Nr. 149, 150.
- Kontrapunkt.** Die Lehre von der selbständigen Stimmführung von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 390.
- Fuge.** Erläuterung und Anleitung zur Komposition derselben von Stephan Krehl in Leipzig. Nr. 418.
- Instrumentenlehre** von Musikdirektor Franz Mayerhoff in Chemnitz. I: Text. II: Notenbeispiele. Nr. 437, 438.
- Musikästhetik** von Dr. R. Grunsky in Stuttgart. Nr. 344.
- Geschichte der alten und mittelalterlichen Musik** von Dr. A. Wöhler. Mit zahlreichen Abbildungen und Musikbeilagen. I, II. Nr. 121, 347.

Musikgeschichte des 17. u. 18. Jahrhunderts v. Dr. K. Grunsky i. Stuttgart. Nr. 239.
— des 19. Jahrhunderts von Dr. K. Grunsky in Stuttgart. I. II. Nr. 164, 165.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Bibliothek zur Land- und Forstwirtschaft.

- Bodenkunde von Dr. P. Bageler in Königsberg i. Pr. Nr. 455.
Ackerbau- und Pflanzenbaulehre von Dr. Paul Rippert in Berlin und Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 232.
Landwirtschaftliche Betriebslehre von Ernst Langenbeck in Bochum. Nr. 227.
Allgemeine und spezielle Tierzuchtlehre von Dr. Paul Rippert in Berlin. Nr. 223.
Agrikulturchemie I: Pflanzenernährung von Dr. Karl Grauer. Nr. 329.
Das agrikulturchemische Kontrollwesen v. Dr. Paul Krißke in Göttingen. Nr. 304.
Fischerei und Fischzucht von Dr. Karl Edstein, Prof. an der Forstakademie Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens. Nr. 159.
Forstwissenschaft von Dr. Ad. Schwappach, Prof. an der Forstakadem. Eberswalde, Abteilungsdirigent bei der Hauptstation d. forstlichen Versuchswesens. Nr. 106.
Die Nadelhölzer von Prof. Dr. F. W. Reger in Tharandt. Mit 85 Abbildungen, 5 Tabellen und 3 Karten. Nr. 355.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung.

Handelwissenschaftliche Bibliothek.

- Buchführung in einfachen und doppelten Posten von Prof. Robert Stern, Oberlehrer der Öffentlichen Handelslehranstalt und Dozent der Handelshochschule zu Leipzig. Mit Formularen. Nr. 115.
Deutsche Handelskorrespondenz von Prof. Th. de Beaug, Offizier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 182.
Französische Handelskorrespondenz von Professor Th. de Beaug, Offizier de l'Instruction Publique, Oberlehrer a. D. an der Öffentlichen Handelslehranstalt und Lektor an der Handelshochschule zu Leipzig. Nr. 183.
Englische Handelskorrespondenz von E. E. Whitfield, M.-A., Oberlehrer am King Edward VII Grammar School in Kings Lynn. Nr. 237.
Italienische Handelskorrespondenz von Professor Alberto de Beaug, Oberlehrer am Königlichen Institut S. S. Annunziata zu Florenz. Nr. 219.
Spanische Handelskorrespondenz v. Dr. Alfredo Nadal de Mariezcurrera. Nr. 295.
Russische Handelskorrespondenz von Dr. Th. v. Kawranzky in Leipzig. Nr. 315.
Kaufmännisches Rechnen von Prof. Richard Just, Oberlehrer an d. Öffentlichen Handelslehranstalt der Dresdener Kaufmannschaft. 3 Bde. Nr. 139, 140, 187.
Warenkunde von Dr. Karl Hasslad, Professor an der Wiener Handelsakademie.
I: Unorganische Waren. Mit 40 Abbildungen. Nr. 222.
— II: Organische Waren. Mit 36 Abbildungen. Nr. 223.
Drogenkunde von Rich. Dorfsewitz in Leipzig und Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.

Maß-, Münz- und Gewichtswesen von Dr. Aug. Blind, Professor an der Handelschule in Köln. Nr. 283.
Das Wechselwesen von Rechtsanwalt Dr. Rudolf Mothes in Leipzig. Nr. 103.

☛ Weitere Bände sind in Vorbereitung. Siehe auch „Volkswirtschaftliche Bibliothek“. Ein ausführliches Verzeichnis der außerdem im Verlage der G. J. Göschen'schen Verlagsbuchhandlung erschienenen handelswissenschaftlichen Werke kann durch jede Buchhandlung kostenfrei bezogen werden.

Militär- und marinewissenschaftliche Bibliothek.

- Das moderne Feldgeschütz. I:** Die Entwicklung des Feldgeschützes seit Einführung des gezogenen Infanteriegewehrs bis einschließlich der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1850—1890, v. Oberlieutenant W. Hendenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 1 Abbild. Nr. 306.
- **II:** Die Entwicklung des heutigen Feldgeschützes auf Grund der Erfindung des rauchlosen Pulvers, etwa 1890 bis zur Gegenwart, von Oberlieutenant W. Hendenreich, Militärlehrer an der Militärtechn. Akademie in Berlin. Mit 11 Abbildungen. Nr. 307.
- Die modernen Geschütze der Fußartillerie. I:** Vom Auftreten der gezogenen Geschütze bis zur Verwendung des rauchschwachen Pulvers 1850—1890 von Mummenhoff, Major beim Stabe des Fußartillerie-Regiments, Generalfeldzeugmeister (Brandenburgisches Nr. 3). Mit 50 Textbildern. Nr. 334.
- **II:** Die Entwicklung der heutigen Geschütze der Fußartillerie seit Einführung des rauchschwachen Pulvers 1890 bis zur Gegenwart. Mit 33 Textbildern. Nr. 362.
- Die Entwicklung der Handfeuerwaffen seit der Mitte des 19. Jahrhunderts und ihr heutiger Stand** von G. Wzodek, Oberleutnant im Inf.-Regt. Freiherr Hiller von Gärtringen (4. Bosenches) Nr. 59 und Assistent der Königl. Gewehrprüfungscommission. Mit 21 Abbildungen. Nr. 366.
- Die Entwicklung des Kriegsschiffbaues vom Altertum bis zur Neuzeit. I. Teil:** Das Zeitalter der Ruderschiffe und der Segelschiffe für die Kriegsführung zur See vom Altertum bis 1840. Von Tjard Schwarz, Geh. Marinebaurat u. Schiffbau-Direktor. Mit 32 Abbildungen. Nr. 471.
- Militärstrafrecht** von Dr. Max Ernst Mayer, Prof. an der Universität Straßburg i. E. 2 Bände. Nr. 371, 372.
- Deutsche Wehrverfassung** von Karl Endres, Kriegsgerichtsrat bei dem General-Kommando des Königl. bayer. II. Armeekorps in Würzburg. Nr. 401.
- Die Seemacht in der deutschen Geschichte** von Wierfl. Admiraltätsrat Dr. Ernst von Halle, Prof. an der Universität Berlin. Nr. 370.

Verschiedenes.

Bibliotheks- und Zeitungswesen.

- Volksbibliotheken** (Bücher- und Beschaffen), ihre Einrichtung und Verwaltung von Emil Jäschke, Stadtbibliothekar in Elberfeld. Nr. 332.
Das deutsche Zeitungswesen v. Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 400.
Das moderne Zeitungswesen (System der Zeitungslehre) von Dr. Robert Brunhuber in Köln a. Rh. Nr. 320.
Allgemeine Geschichte des Zeitungswesens von Dr. Ludwig Salomon in Jena. Nr. 351.

Hygiene, Medizin und Pharmazie.

- Ernährung und Nahrungsmittel** von Oberstabsarzt Prof. Dr. Bichhoff in Berlin. Mit 4 Figuren. Nr. 464.
Bewegungsspiele von Dr. E. Kohnrausch, Prof. am Kgl. Kaiser Wilhelms-Gymnasium zu Hannover. Mit 15 Abbildungen. Nr. 96.
Der menschliche Körper, sein Bau und seine Tätigkeiten, von E. Rehmann, Oberschulrat in Karlsruhe. Mit Gesundheitslehre von Dr. med. H. Seiler. Mit 47 Abbildungen und 1 Tafel. Nr. 18.
Die Infektionskrankheiten und ihre Verhütung von Stabsarzt Dr. W. Hoffmann in Berlin. Mit 12 vom Verfasser gezeichneten Abbildungen und einer Fiebertafel. Nr. 327.
Tropenhygiene von Med.-Rat Prof. Dr. Noth, Direktor des Institutes für Schiffs- u. Tropenkrankheiten in Hamburg. Nr. 369.
Die Hygiene des Städtebaus von H. Chr. Ruxbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 30 Abbildungen. Nr. 348.
Die Hygiene des Wohnungswesens von H. Chr. Ruxbaum, Prof. an der Techn. Hochschule in Hannover. Mit 20 Abbildungen. Nr. 363.
Gewerbehygiene von Geh. Medizinalrat Dr. Noth in Potsdam. Nr. 350.
Pharmakognosie. Von Apotheker F. Schmittbrenner, Assistent am Botan. Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. Nr. 251.
Drogenkunde von Rich. Dorstewitz in Leipzig u. Georg Ottersbach in Hamburg. Nr. 413.

Photographie.

- Die Photographie**. Von H. Kehler, an der k. k. Graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien. Mit 4 Taf. und 52 Abbild. Nr. 94.

Stenographie.

- Stenographie nach dem System von F. A. Gabelsberger** von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 246.
Die Redefchrift des Gabelsbergerschen Systems von Dr. Albert Schramm, Landesamtsassessor in Dresden. Nr. 368.
Lehrbuch der Vereinfachten Deutschen Stenographie (Einig.-System Stolze-Schrey) nebst Schlüssel, Befestücken und einem Anhang von Dr. Umsel, Studienrat des Kadettenkorps in Bensberg. Nr. 86.

☛ Weitere Bände dieser einzelnen Abteilungen sind in Vorbereitung.



Escardot, Paläontologie

