

DIE
FORTSCHRITTE DER GEOLOGIE.



V O R T R A G ,

GEHALTEN BEI DER FEIERLICHEN SITZUNG DER KAISERLICHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN

AM XXX. MAI MDCCCLXXIV

VON

PROF. DR. FERDINAND v. HOCHSTETTER,
WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Der ehrenvollen Aufgabe, in dieser hochansehnlichen Versammlung das Wort zu ergreifen, glaube ich dadurch am besten gerecht werden zu können, daß ich die Wissenschaft, der ich meinen Platz in der Reihe der Akademiker verdanke, die Geologie, zum Gegenstand meiner Rede wähle.

Fünfzehn Jahre sind es, seit ein hochgeehrter Fachgenosse und College bei derselben festlichen Gelegenheit von dieser selben Stelle aus in schwungvollen Worten von der Geologie und ihrer Pflege in Oesterreich gesprochen. Gestatten Sie mir heute, daß ich das Bild, welches damals vor Ihnen entrollt wurde, ergänze und erweitere, um in allgemeiner Ueberschau Ihre Blicke hinzuwenden auf die fortschreitende Entwicklung der geologischen Wissenschaft und auf ihre Beziehungen zu den übrigen Naturwissenschaften.

Als jüngste in dem altadeligen Kreise ihrer Schwestern hat sich die Geologie nicht ohne Mühe die Stellung erobert auf welcher ihr heute die allgemeine Achtung der gebildeten Welt entgegen gebracht wird, und mit frischem Muthe hat sie sich an die Lösung einer der größten und schwierigsten Aufgaben gewagt.

Mögen wir das Ziel der geologischen Wissenschaft fassen wie immer: groß und allgemein, als die Erde nach der Totalität ihrer kosmischen, ihrer physischen und ihrer biologischen Er-

scheinungen in der Vergangenheit wie in der Gegenwart umfassend, oder in kathedergerechter Definition beschränkt auf die Zusammensetzung, den Bau und die Bildungsgeschichte der festen Erdrinde, immer erscheint das Gebiet derselben von fast unbegrenztem Umfange, das Ziel fast unerreichbar. Wie der Anatom den Körper von Thier- und Pflanzen-Individuen zergliedert und deren Entwicklungsgeschichte studirt, so soll der Geologe die Anatomie des Erdkörpers erforschen, dessen Inneres ihm doch ewig verschlossen bleibt; er soll eine Entwicklungsgeschichte entziffern, welche Zeiträume umfaßt, für die uns jede Vorstellung fehlt. Und wie der Physiologe die Thätigkeiten der einzelnen Organe und alle Lebenserscheinungen auf die wirkende Ursache chemischer und physikalischer Kräfte zurückführt, so soll der Geologe nicht bloß die wirkenden Kräfte nachweisen, welche die geologischen Erscheinungen der Gegenwart erklären, sondern auch die mannigfaltigen und höchst complicirten Endresultate der summirten Wirkungen aller geologischen Agentien vergangener Perioden aufklären.

In der That, weniger als jede andere Naturwissenschaft scheint die Geologie dem allgemeinen Gesetze der Naturwissenschaften nachkommen zu können, daß das Gebäude der theoretischen Schlußfolgerungen in allen Theilen auf dem fest begründeten Unterbau der beobachteten Thatsachen ruhe. Daher mag es wohl auch kommen, daß so häufig nicht bloß Laien, sondern selbst Männer der Wissenschaft in einer seltsamen Verkennung des stetigen Entwicklungsganges jeder naturwissenschaftlichen Erkenntniß und des Werthes einer durch Beobachtung am Objecte selbst erworbenen wissenschaftlichen Erfahrung auf Grund vorgefaßter theoretischer Ansichten das Gebäude der geologischen Wissenschaft auf neuer Grundlage aufbauen zu können glauben.

Sehen wir, wie solch wissenschaftlichem Dilettantismus gegenüber der langsame, aber dauernde Fortschritt der ernstesten Wissenschaft sich verhält.

Wir fassen zunächst in's Auge, was die erste und wichtigste Grundlage aller geologischen Forschung bleibt: Die Beobachtung in der Natur, d. h. die Arbeit im Felde oder die geognostische Terrain-Untersuchung.

In keiner Richtung sind dem einzelnen Forscher die Schranken enger gezogen, als in dieser; in keiner anderen Richtung werden aber auch der geologischen Forschung die öffentlichen Mittel in so reichem Maaße zugewendet. Der große Nutzen, welchen eine genaue Kenntniß der Verbreitung und der Lagerungsverhältnisse der Gesteine, sowie der verschiedenen geologischen Formationen allen jenen für den Nationalreichtum der Länder so wichtigen Industriezweigen gewährt, deren Aufgabe es ist, die natürlichen Schätze des Bodens auszuheben, — der eigene Vortheil also hat die Regierungen fast aller civilisirten Völker veranlaßt, Staatsinstitute zur geologischen Landesdurchforschung zu errichten. Die Landes- oder Feldgeologen bilden auf diese Weise eine Art organisirter Armee, deren Angehörige in allen Welttheilen zerstreut sind. Der geologische Hammer, das Symbol und das Werkzeug dieser Armee, er erklingt ebensowohl am Nordpol wie in den südlichen Alpen Neu-Seelands, in den Gletscherregionen des Himalaya und des Felsengebirges nicht weniger als in den Sandwüsten Afrikas und Australiens, und es sind nicht bloß eitel Erze und Metalle oder die viel begehrten „schwarzen Diamanten“, welche sein Schlag zu Tage fördert, sondern es ist auch Salz der Wissenschaft und es sind auch goldene Schätze der Erkenntniß, welche ans Licht gebracht werden.

Welch ehrenvollen Platz in der Reihe der geologischen Staatsinstitute unsere geologische Reichsanstalt einnimmt, ist oft genug anerkannt worden, und mit Dankbarkeit wollen wir uns des Mannes erinnern, dessen Name — eine unsterbliche Zierde auch unserer Akademie der Wissenschaften — an die Gründung dieses Institutes geknüpft ist, Wilhelm Haidinger's.

Wie viel Mühe, Arbeit und Entbehrung, wie viel Fleiß und Meisterschaft in der Kenntniß des Details, wie viel Scharfsinn und Combinationskraft in der vergleichenden Zusammenfassung der beobachteten Thatsachen die Feldgeologie erheischt, weiß nur Derjenige vollständig zu beurtheilen, der mit Ernst und Eifer an ihren Arbeiten selbst theilgenommen hat. Den Arbeiten des reisenden und beobachtenden Geologen verdanken wir die breiten Grundzüge der Stratigraphie und Geotektonik oder die Ausbildung unserer heutigen Formationslehre, und ebenso sind die geognostischen Karten der meisten civilisirten Länder der Erde ein bleibendes Denkmal für diese Richtung unserer Wissenschaft. Welchen Werth aber erleuchtete Nationen auf die höchste Vollendung und auf die größte Genauigkeit dieser Art Karten legen, das beweist die Organisation neuer solcher Aufnahmen in Italien, in Frankreich, in Rußland, und vor Allem die Neugründung einer geologischen Landesanstalt für den preußischen Staat in Berlin, deren Ziele noch weit über das hinausgehen, was die hierin am weitesten vorgeschrittenen Staaten bisher geleistet, und deren treffliche innere Organisation gar bald das Vorbild abgeben dürfte, dem man allerwärts nachzustreben bemüht sein wird. Es hat diese Anstalt die großartige Aufgabe unternommen, eine geologische Detailkarte des ganzen Landes in dem Maßstabe von 1:25000, also der Fläche nach sechsmal so groß wie die englischen und

33mal so groß wie unsere österreichischen Specialkarten, in Farbendruck zu publiciren. Erst bei Maßstäben von dieser Größe ist man, wie die Denkschrift über die Errichtung der Anstalt hervorhebt, im Stande, nicht bloß das in wissenschaftlicher Beziehung Interessante, sondern auch alle in der Praxis unmittelbar verwerthbaren Thaten zur Darstellung zu bringen.

In welchem Verhältniß das bereits Erforschte zu dem noch Unbekannten steht, darüber konnte uns die geologische Karte der Erde von Jules Marcou aufklären, die wir als Manuscriptkarte in zweiter Auflage auf der Weltausstellung im vorigen Jahre gesehen haben. Trotz der bewundernswürdigsten Anstrengungen und Leistungen in den weiten Gebieten Asiens, Afrikas und Australiens erschienen diese Continente kaum tangirt von dem bunten geologischen Farbenkleide, in welchem sich Europa und Amerika präsentirten. Was aber mögen jene ungeheuren Ländergebiete bergen, welche auf der Karte der Erde in der weißen Farbe geologischer Jungfräulichkeit erscheinen? Liegen nicht vielleicht eben in jenen Gegenden noch ungehoben die Schätze des Paradieses mit allen jenen Urkunden, aus welchen wir das geheimnißvolle Räthsel der Herkunft unseres eigenen Geschlechtes zu entziffern haben werden? Wer kann diese Frage verneinen, wer bejahen?

Die Geologie liebt Überraschungen.

Lassen Sie mich, um diesen Ausspruch zu rechtfertigen, die wunderbaren Entdeckungen in Ihr Gedächtniß zurückrufen, mit welchen uns nordamerikanische Geologen in den letzten Jahren in Gegenden überrascht haben, die wir im Vergleiche zu den unbekanntenen Regionen Innerasiens, Afrikas und Australiens schon zu den bekannteren Gebieten zu rechnen gewohnt waren. Ich erinnere nur an das großartigste Geysirgebiet der Welt am Yellowstone-See und Yellowstone-Fluß auf der Wasserscheide des Felsengebirges (im

nördlichen Wyoming), mit welchem uns der amerikanische Staatsgeologe Dr. Hayden im Jahre 1871 bekannt gemacht hat. Da haben die Nordamerikaner jetzt einen Nationalpark so groß wie ein deutsches Fürstenthum mit Naturfontänen siedenden Wassers, die 200 Fuß hoch springen. — Oder ich erinnere an die fast wie ein unheimliches Märchen klingenden Schilderungen früherer Expeditionen von den „Mauvaises Terres“ (den sog. „bad lands“, bei den Dakota-Indianern Má-ko-Séetcha mit derselben Bedeutung), jener wüsten, fast vegetationslosen Ebene, die sich über Hunderttausende von englischen Quadratmeilen am östlichen Rande des Felsengebirges erstreckt, in den Territorien von Nebraska, Dakota und Colorado. Mächtige Ströme wälzen hier zur Regenzeit ihre schmutzigen Fluthen durch die furchtbarsten Schluchten der Welt, durch die sogenannten Cañons; phantastisch geformte Felsen und Erdpyramiden ragen aus der Ebene hervor, von einer Großartigkeit, als wäre eine ganze Welt in Trümmer zerfallen. Wie Mauern und Thürme von Stadtruinen stehen die weißen Felsen und der Widerschein der Sommersonne macht das Auge des Reisenden erblinden. In diesen wildesten und einsamsten Gegenden der Erde hat man (am White Earth River in Dakota, nahe am nordöstlichen Fuß der schwarzen Berge („black hills“), ferner am Niobrara-Flusse in Nebraska, am Day River in Oregon, endlich in Kansas und in Wyoming) ganze Leihengärten untergegangener Säugethier- und Reptiliengeschlechter aufgefunden. Die alten Knochen lagen, als die ersten Reisenden jene Gegenden besuchten, in solcher Menge ausgewittert und ausgewaschen auf dem Boden, daß mehrere Expeditionen ausgesandt wurden, um die seltenen Reste zu sammeln. Amerikanische Paläontologen, vor allen anderen Leidy, Cope und Marsh, haben den alten Knochen wieder Leben eingehaucht und Thierformen reconstruirt, die zum Abenteuerlichsten gehören, was sich die Phantasie

vorzustellen vermag: gigantische Dickhäuter von Rhinoceros- und Elephantengröße mit knöchernen Hörnern in drei Paaren hinter einander stehend (eines zu beiden Seiten der Nase, ein zweites Paar über den Augen und ein drittes auf der Scheitelhöhe des Kopfes*), Wiederkäufer halb Hirsch halb Schwein, so daß sie Leidy wiederkäuende Schweine nennt; hornlose Rhinoceroten, Lama - Kameele in der Mitte stehend zwischen den Kameelen der alten und den Lama's der neuen Welt, Urpferde mit drei Hufen in einer Anzahl von gegen 30 verschiedenen Arten bis herab zur Größe eines Neufundländerhundes, daneben Mastodonten, Elephanten, Flußpferde, säbelzählige Tiger, Hyänen, Wölfe, Schweine von der Größe des Nilpferdes bis zur Größe einer Hauskatze, Antilopen, Biber, Stachelschweine u. s. w. u. s. w. Reconstruiren wir das Bild jener Landstriche, die jetzt zu den traurigsten und ödesten gehören, für jene nach der geologischen Bezeichnung der Tertiärperiode angehörige Zeit, in welcher die genannten Thiere gelebt haben, so erblicken wir inmitten der üppigsten Waldlandschaften eine Kette von Süßwasserseen, die sich einst vom Mississippi bis zum Pazifischen Ocean und vom Polarkreis bis Mexico erstreckt haben. Die Palmen von damals sind verschwunden, ebenso wie jene Thiergeschlechter. Nur die virginische Zaunrebe und der Maulbeerbaum sind geblieben, jene am Hause des Farmers die rankende Zierde bildend und dieser Schatten spendend den spielenden Kindern.

So enthüllt die geologische Forschung die Physiographie der Continente und Länder der Vorzeit und weist uns eine Reihe von Transformationen der Erdoberfläche nach,

*) Die Dinoceraten von Marsh: *Dinoceras mirabilis* und *Tinoceras anceps* etc. aus den eocönen Ablagerungen von Wyoming vereinigen die Charaktere von Rüsselthieren, von Unpaarhufern und von Paarhufern. Nahezu vollständige Skelete enthalten die Sammlungen des Yale College in New Haven.

welche mit der Geschichte der Aufeinanderfolge des Lebens in verschiedenen Gegenden und den Beziehungen dieser Lebewesen zu denen anderer Gegenden in engster Beziehung stehen. Oder muß man nicht, wenn man von jenen tertiären Thiergeschlechtern Amerikas hört, welche dort erloschen in ihren allerdings viel veränderten Nachkommen nur in der „Alten Welt“ noch fortleben, zu der Ansicht kommen, daß die „Neue Welt“ in Wirklichkeit die „Alte“ ist, und daß wir im Wechsel der Dinge dem Continente jenseits des Atlantik heute das Lebenscapital zurückbezahlen, das er uns in der Tertiärzeit übergeben hat, und zwar zurückbezahlen — in der Münze unseres eigenen Geschlechtes mit Zinseszinsen?

Der Wetteifer der civilisirten Nationen in der Erforschung der physischen Natur der Erde hat in den letzten Jahren noch zu einer anderen Reihe von Unternehmungen geführt, die ich hier nicht unerwähnt lassen darf, weil ihre Resultate von der größten Wichtigkeit für die Geologie geworden sind, ich meine die Untersuchungen des Meeresgrundes längs der Küsten der Continente und die Tiefsee-Forschungen. Bereits hat ein sehr hervorragender französischer Geologe, A. Delesse*), die Resultate derartiger Untersuchungen zu einer „Lithologie des Bodens der Meere“ verarbeitet und uns mit einer neuen Art von Karten bekannt gemacht (*cartes marines lithologiques*), auf welchen durch verschiedene Farben die verschiedenartige mineralogische Beschaffenheit der submarinen Felsgebilde und der modernen Ablagerungen auf dem Meeresgrunde bezeichnet ist.

*) *Delesse, Lithologie des mers de France et des mers principales du globe, Paris.* Dem Werke sind drei Karten in Farbendruck beigegeben, welche die Verhältnisse des Meeresbodens längs der Küsten von Frankreich, von Europa und von Amerika darstellen und eine vierte Karte, welche die Verbreitung des Meeres über Frankreich in den verschiedenen geologischen Perioden zur Anschauung bringt.

Die neuesten und großartigsten Unternehmungen zur Erforschung des Meeresgrundes und der Meerestiefen sind die unter der wissenschaftlichen Leitung des verstorbenen Professors Louis Agassiz in den Jahren 1871—72 ausgeführte United States Hassler Expedition längs der Küsten des amerikanischen Continentes, an welcher auch unser verdienster Ichthyologe, Herr Dr. Franz Steindachner, Theil genommen hat*), und ferner die von der englischen Admiralität auf 3 $\frac{1}{2}$ Jahre ausgerüstete Challenger Expedition, von der die letzten Nachrichten aus dem süd-atlantischen Ocean kamen.

Mit Recht knüpft man an die Fortsetzung und Ausdehnung solcher Forschungen die höchsten wissenschaftlichen Hoffnungen und darf eine Reihe von Entdeckungen erwarten, die viele bisher irrthümliche Ansichten beseitigen und in gleicher Weise der physischen Geographie, der Biologie und der Geologie zu Statten kommen werden. Das beweisen die überraschenden Resultate, welche schon die ersten Untersuchungen der Amerikaner längs der Vereinigten Staaten Küste (United States Coast Survey) und bei der Halbinsel Florida im Ursprungsgebiet des Golfstromes (Graf Pourtalès und Louis Agassiz), der Schweden und Norweger (Thorell, Nordenskiöld, Malmgren, Chydenius und Sars Vater und Sohn) an ihren Küsten bis Spitzbergen hinauf und der Engländer Daymann und Wallich im nordatlantischen Ocean

*) In welcher Weise die Zoologie durch solche Unternehmungen bereichert wird, davon bekommen wir eine Vorstellung, wenn wir die Sammlungen sehen, welche Dr. Steindachner von seiner auf eigene Kosten unternommenen Reise durch Nordamerika mitgebracht hat. Diese Sammlungen bestehen aus ungefähr 40,000 Fischen und 5000 Reptilien, nebst Säugethieren, Vögeln, Mollusken und Krebsen. Sie waren in 128 Kisten von 1—4 Centner Gewicht verpackt. Von der Hassler Expedition, von welcher Agassiz selbst in einer Rede, die er in San Francisco hielt, sagte, dass er die Hälfte des Erfolges der Expedition der unermüdlichen Thätigkeit Steindachner's verdanke, hat derselbe eine Auswahl von Doubletten für das k. Museum erhalten.

zur Folge hatten, Resultate, welche noch weiter bestätigt wurden durch die Tiefsee-Baggerungen der Engländer (Dr. W. Carpenter, Prof. Wyville Thomson und Gwyn Jeffreys) in den Jahren 1868—1871 im Meerbusen von Biskaya und in dem Gebiete zwischen Nordschottland und den Faröer Inseln.

Gegenüber der durch die Autorität von Ed. Forbes so lange gestützten Meinung, daß das organische Leben im Ocean nur in die Tiefe von wenig hundert Faden hinabreiche, wurde festgestellt, daß selbst in Tiefen, welche der Höhe des Montblanc gleich kommen, nicht bloß formlose Batybius-Klumpen und mikroskopisch kleine Urthiere (kalkschalige Foraminiferen und kieselschalige Radiolarien) angetroffen werden, sondern auch höher organisirte Thiere, wie Stachelhäuter, Krusten- und Weichthiere. Für die richtige Beurtheilung der verschiedenen Facies einzelner Formationen in verschiedenen Verbreitungsgebieten ist von größter Wichtigkeit der Nachweis, daß abseits der Küstenzonen die Temperatur auf die Vertheilung der Thierformen einen weit größeren Einfluß ausübe als die Tiefe des Wassers, indem kalte Meeresgebiete mit wesentlich borealer Fauna und wärmere mit der charakteristischen Thierwelt wärmerer Zonen in gleichen Tiefen neben einander existiren. Und was man vielfach vermuthet hatte, daß in den Tiefen der Oeane unter den dort fast ununterbrochen sich gleichbleibenden Verhältnissen heute noch Formen existiren könnten, die wir bisher nur aus fossilen Ueberresten kannten, wurde auf's Glänzendste bestätigt durch die Entdeckung von lebenden Seelilien (z. B. *Rhizocrinus lofotensis* von Sars bei den Lofoden aufgefischt), von Seeigeln aus der Gattung *Micraster*, von Schwämmen aus der Gattung *Cnemidium* und *Siphonia*, von *Pleurotomaria*-Arten u. s. w. (von Louis Agassiz aus den Tiefen des westindischen Oceans hervorgeholt) — alles

Formen, welche Fossilien der Jura- und Kreide-Formation am ähnlichsten sind. So knüpfen die Tiefseethiere das Band zwischen den marinen Geschöpfen der Vorwelt und der Jetztwelt, und die tiefsten Abgründe des Meeres erhellen in unerwarteter Weise die dunkle Nacht geologischer Vergangenheit.

Meine bisherigen Betrachtungen haben der praktischen Geologie gegolten; überblicken wir jetzt die Theilgebiete der theoretischen Geologie.

Wie der Pflanzenkeim allmählig zum Baum heranwächst, der nach allen Richtungen Aeste und Zweige treibt, Blüten entfaltet und Früchte reifen läßt, so ist auch die Geologie rasch in die Höhe und Breite gewachsen; und fortwährend erweitert sich der Kreis ihrer Forschung, ohne daß ein Ende abzusehen wäre. Kaum erst wurden in Tagen, die wir noch selbst miterlebt haben, an unseren Hochschulen besondere Lehrstühle für Geologie errichtet, und schon sehen wir an der Stelle eines Lehrers der Geologie eine Reihe von Vertretern der einzelnen Richtungen der Geologie. Wenn ich an die heute übliche Eintheilung unserer Wissenschaft in Petrographie und Paläontologie, in dynamische und historische Geologie erinnere, so habe ich damit eine Reihe von Specialwissenschaften bezeichnet, zu deren selbstständiger Ausbildung die nothwendig gewordene Theilung der Arbeit geführt hat. Es ist meine Aufgabe, nachzuweisen, welcher Fortschritt nicht allein für die Geologie, sondern für die Naturerkenntniß überhaupt aus den Ergebnissen dieser Specialwissenschaften resultirt.

Nur flüchtig berühre ich das für die speculative Geologie so wichtige Gebiet der Petrographie und Petrogenie. Der alte Kampf der Neptunisten und Plutonisten, der an der Basalt- und Granitfrage entbrannt war und lange Zeit die geologische Wissenschaft beherrschte, hat längst seine Bedeutung verloren. Die Werner'sche Universal-Hypothese der gesammten

Erdbildung durch Wasser mußte einer klareren und reicheren geognostischen Anschauung weichen. Die vulkanische Thätigkeit wurde als ein ebenso allgemeines und wichtiges Agens für die innere und äußere Gestaltung des Erdkörpers erkannt wie das Wasser. Dagegen haben die genetischen Forschungen, die sich auf Bildung und Umwandlung der Gesteine beziehen, zu einer chemischen und physikalischen Geologie geführt, deren vollste Berechtigung und deren hohe Bedeutung kein Geologe verkennen wird, wenn auch die einseitige Anschauung, welche die beschränkte Arbeitszone des chemischen oder physikalischen Laboratoriums für geologische Fragen ermöglicht, nicht selten in Conflict geräth mit der klar vor Augen liegenden geognostischen Thatsache. Eine neue selbstständige Richtung hat die Petrographie gewonnen durch die Anwendung des Mikroskopes bei der Untersuchung der Gesteine (in Dünnschliffen). Dadurch wurde ein Forschungsgebiet, welches der Geologe bereits fast ganz dem Chemiker überlassen hatte, für den Naturhistoriker wieder zurückgewonnen, und namentlich den Mineralogen eröffnete sich ein neues erwünschtes Feld der Thätigkeit. Das reiche Beobachtungsmaterial, das sich anhäuften, hat bereits eine systematische Zusammenfassung und Bearbeitung der Resultate der Mikropetrographie nothwendig gemacht *). Jedoch es würde mich hier viel zu weit führen, wollte ich auf die interessanten Resultate dieser neuen Beobachtungsmethode selbst näher eingehen.

Anregender und dem allgemeinen Verständnisse näher liegend als die Ergebnisse mikroskopischer Mineral- und

*) Dr. F. Zirkel, die mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, Leipzig 1873.

H. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien, ein Hilfsbuch bei mikroskopischen Gesteinsstudien, Stuttgart 1873.

Gesteinsstudiën sind die Resultate der paläontologischen Forschung.

Die Versteinerungen, früher nur für zufällige Naturspiele gehalten und höchstens als Curiositäten aufbewahrt, sie sind für uns heute kostbare „Denkmünzen der Schöpfung“, denen wir bereitwillig die Prachtsäle unserer Sammlungen einräumen. Fast unabschbar ist die Menge der Formen, welche der Sammel-eifer der Geologen zu Tage gefördert, der Fleiß der Paläontologen beschrieben und benannt hat. Sie sind für den beobachtenden Geologen bei der wechselnden Gesteinsbeschaffenheit der Schichten ein sicheres und unentbehrliches Hilfsmittel zur Charakteristik und zur Gliederung der Formationen, ein Kriterion für die Differenz oder Identität der Schichten geworden. Jedoch das Schwergewicht der paläontologischen Forschung liegt nicht in der praktischen Verwendung der Fossilien zur relativen Altersbestimmung der Schichten, es liegt auch nicht in dem Nachweis der ungeahnten Mannigfaltigkeit und der seltsamen Gestaltung untergegangener Thier- und Pflanzenformen, nicht in jenen Fischechsen und Schlangendrachen, die so mächtig unsere Phantasie anregen, nicht in jenen Flugreptilien oder bezahnten Fisch-Vögeln*), durch welche die Lücken der zoologischen Systematik ausgefüllt werden. — Die Paläontologie als selbstständige Wissenschaft hat eine viel bedeutungsvollere Aufgabe, — die Aufgabe, die Geschichte des organischen Lebens auf der Erde zu ent-räthseln. Auf dieses große Ziel sind jetzt alle Bestrebungen der Paläontologen gerichtet. Durch die Verfolgung der kleinsten Merkmale der Formen zu deren Unterscheidung einerseits, und andererseits durch Berücksichtigung ihrer Uebereinstim-

*) *Odontopteryx toliapicus* Owen aus dem Londonthon von Sheppeg; *Ichthyornis dispar* Marsh und *Ichthyornis celer* Marsh aus der oberen Kreide von Kansas, Vögel mit Zähnen und biconcaven Wirbeln.

mung im Typus zu ihrer Zusammenfassung strebt die Wissenschaft eine Gruppierung der Formen von verschiedenem Alter nach ihrer natürlichen d. h. genetischen Verwandtschaft an; sie sucht an die Stelle der Prinzipien einer künstlichen Systematik die Abstammung als Grundprinzip eines natürlichen Systems der Lebewesen zu setzen.

Schlag auf Schlag folgen sich die neuen Thatsachen und Ring an Ring sehen wir sich schließen zu jener mysteriösen Kette von organischen Wesen, als deren Endglied nach dem sich uns mehr und mehr enthüllenden „Plane der Schöpfung“ wir unser eigenes Geschlecht betrachten müssen.

Zwar ist der Anfang des organischen Lebens auf der Erde für uns in tiefes Dunkel gehüllt — ein noch völlig ungelöstes Räthsel*); denn das Urgebirge enthält keine deutlich erhaltenen organischen Reste. Der erste Band der geologischen Schöpfungsgeschichte, wenn ich mich des oft gebrauchten Gleichnisses bedienen darf, er ist für uns unleserlich geworden. Nur die Endproducte alles pflanzlichen und thierischen Stoffwechsels — Kohlenstoff und kohlenaurer Kalk — sind uns geblieben in der Form von Graphit und Urkalk als unwiderleglicher Beweis des Lebens selbst in jener fernsten Vorzeit.

Dagegen versetzt uns der zweite Band der geologischen Urkunde schon auf den ersten Blättern mitten in ein vielge-

*) Sir W. Thomson und Dr. H. Helmholtz stellten die Hypothese der Uebertragung von Organismen durch die Welträume auf, indem es möglich sei, dass organische Keime in den Meteoriten vorkommen und den kühl gewordenen Weltkörpern zugeführt werden. „Es scheint mir ein vollkommen richtiges wissenschaftliches Verfahren zu sein (sagt Helmholtz in der Vorrede zum zweiten Theile des ersten Bandes des Handbuchs der theoretischen Physik von W. Thomson und P. G. Tait, 1874), wenn alle unsere Bemühungen scheitern, Organismen aus lebloser Substanz sich erzeugen zu lassen, dass wir fragen, ob überhaupt das Leben je entstanden, ob es nicht ebenso alt, wie die Materie sei, und ob nicht seine Keime von einem Weltkörper zum anderen herübergetragen sich überall entwickelt hätten, wo sie günstigen Boden gefunden.“

staltiges Leben. J. Barrand's classische Arbeiten über die silurische Formation in Böhmen haben schon in jener frühen Periode, der die erste petrefaktenführende Schichtenreihe ihren Ursprung verdankt, die Existenz aller Hauptstämme des Thierreiches von den Pflanzenthieren und Würmern bis zu den Gliederthieren und Weichthieren, ja in den Fischen bis herauf zu den Wirbelthieren nachgewiesen. Und verfolgen wir nun die Geschichte der Organismen weiter durch die geologischen Formationen, so sind es drei tief eingreifende philosophische Erkenntnisse, zu welchen die geologisch-paläontologische Forschung der letzten Decennien gegenüber den entgegengesetzten früheren Anschauungen geführt hat:

1. die Erkenntniß der ununterbrochenen Continuität und des genetischen Zusammenhanges des Lebens auf der Erde;

2. die Erkenntniß einer langsamen, aber stetig sich vollziehenden Transmutation der Lebensformen; und

3. die Erkenntniß einer fortschreitenden Entwicklung von niederen zu höheren Lebensformen.

Die beiden ersten Erkenntnisse resultiren aus dem Nachweis eines langsam sich vollziehenden Artenwechsels in den reihenweise zu ordnenden Uebergängen von einer Form zur andern, wo nur immer eine ununterbrochene Reihenfolge von Ablagerungen, als das Bildungsproduct größerer geologischer Zeiträume das geeignete Beobachtungsmaterial an die Hand liefert. Einige Beispiele mögen das Gesagte erläutern.

In Mitteleuropa sind es vor Allem die Schichten der Jura- und Kreideformation, die uns das schönste Bild ungestörter, durch lange geologische Perioden andauernder Meeresabsätze liefern. Und aus der so außerordentlich reichen Formenwelt

mariner Mollusken in diesen Ablagerungen ist es vorzugsweise die jetzt gänzlich erloschene Cephalopoden - Familie der Ammoneen („Ammonshörner“), welche durch ihre große Häufigkeit und Verbreitung, so wie durch die Menge leicht faßbarer Merkmale die Möglichkeit bietet, die allmälige Umänderung der Arten zu constatiren, zu verfolgen und ganze „Formenreihen“ aufzustellen. Das Resultat, zu welchem das Studium der Ammoneen führt, hat ein ausgezeichnete jüngerer Forscher Prof. Dr. M. Neumayr*) erst unlängst in folgenden Worten ausgesprochen: „Die Existenz von Formenreihen, innerhalb deren jede jüngere Form von der nächst älteren nach gewisser Richtung um ein geringes abweicht, bis durch die Summirung dieser kleinen Abweichungen eine große Differenz von der ursprünglichen Art hervorgebracht ist, die Existenz solcher Formenreihen führt mit zwingender Nothwendigkeit zur Annahme eines genetischen Zusammenhangs. — So ist es denn gelungen, die genetischen Verhältnisse für die Mehrzahl der Formen festzustellen; ja es ergab sich die Möglichkeit, die directe Verwandtschaft, die gemeinsame Abstammung als erstes classificatorisches Moment in die Systematik der Ammoneen einzuführen“.

Sehr interessant in dieser Beziehung ist auch die eigenthümliche triadische Fauna der Hallstätter Schichten unserer Alpen. Sie füllt durch zahlreiche Mittelformen wenigstens theilweise die große Lücke aus, welche in den außeralpinen Gebieten Europas zwischen der marinen Thierwelt der carbonischen und der jurassischen Periode besteht, und die unvergleichlichen Petrefaktensuiten aus diesen Schichten, welche eine der ersten Zierden der reichen Sammlungen der geologischen Reichs-

*) Dr. M. Neumayr, die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum*. Abhandlungen der k. k. geolog. Reichsanstalt Band V, Heft 6, 1873.

anstalt sind, sie haben es Dr. E. v. Mojsisovics möglich gemacht in seiner verdienstvollen Arbeit „über das Gebirge um Hallstatt“ *) auch die genetischen Beziehungen der Formenreihen triadischer Ammonoiten nachzuweisen.

Der Schluß, daß dasjenige, was für die Reihen von Arten oder Geschlechtern der niederen Thiere gilt, auch auf höhere Thiere, und nicht allein auf Arten und Geschlechter, sondern auch auf Familien, Ordnungen und Classen seine Anwendung haben wird, drängt sich von selbst auf.

Unter den Wirbelthieren sind es die neuentdeckten merkwürdigen Formen der Vögelreptilien (die *Ornithoscelida* **) wie *Compsognathus* u. s. w.) und der Reptilienvögel (*Archaeopteryx* und *Odontopteryx* etc.), in welchen wir Zwischenformen zwischen der Classe der Reptilien und Vögel kennen gelernt haben, „die uns, wie ein bekannter englischer Paläontologe (Huxley) sagt, die Möglichkeit des Ueberganges vom Typus der Eidechse zu dem des Straußes beweisen“. Und unter den Säugethieren sind es namentlich die Pferde, deren Stammbaum sich mit einer allen Zweifel ausschließenden Sicherheit auf die dreizehigen Gattungen *Hipparion* und *Hipparitherium* im Miocän und im oberen Eocän zurückführen läßt. Gaudry, der berühmte Verfasser der Monographie über die Fossilien von Pikermi bei Athen — einem der ergiebigsten Leihengärten Europa's — hat auch die Arten der Hyänen, der Rüsselthiere und der Rhinoceroten nach ihrer Abstammungsreihe geordnet von ihrem frühesten Auftreten in der Miocänzeit bis zur Jetztzeit; und eine ähnliche Darstellung hat Rüttimeyer für die Abstammung der Rinder entworfen. „Wie klar, sagt der hervorragende

*) E. v. Mojsisovics, das Gebirge um Hallstatt, I. Theil, die Molluskenfaunen der Zlambach und Hallstätter Schichten. Abhandlungen der geol. Reichsanstalt Band VI. 1873.

**) Huxley verbindet damit auch die Dinosaurier.

französische Paläontologe, führen uns jene Fossilien auf die Idee, daß Arten, Geschlechter, Familien und Ordnungen, wenn auch jetzt noch so verschieden, dennoch ihre gemeinschaftlichen Vorfahren hatten.“ — „Je mehr wir vorwärts schreiten, um so mehr überzeugen wir uns, daß die noch übrigen Lücken mehr in unserer Kenntniß existiren, als in der Natur. Einige Hiebe mit der Pickaxt am Fuße der Pyrenäen, des Himalaya und des Pentelikon, einige Nachgrabungen in den Sandgruben von Eppelsheim, oder in den „Mauvaises Terres“ von Nebraska haben die verbindenden Glieder zwischen Formen enthüllt, die uns früher weit getrennt erschienen sind. Wie viel enger wird sich die Kette schließen, wenn einmal die Paläontologie ihre Wiegenzeit hinter sich haben wird“ *)!

Läßt sich schon in den angeführten Beispielen sehr deutlich eine fortschreitende Differenzirung oder Specialisation nach gewissen Richtungen erkennen, d. h. in menschlichem Sinne eine Vervollkommnung der Organisation, wie sie die Descendenztheorie als Postulat für die gesammte Pflanzen- und Thierreihe aufstellt, so tritt die progressive Entwicklung — und das ist die dritte Erkenntniß, zu welcher die Ergebnisse der Paläontologie geführt haben — doch nächst der Pflanzenreihe am klarsten hervor in der aufsteigenden Reihenfolge, in welcher — ohne Zweifel angepaßt an die jeweilig veränderten physikalischen Verhältnisse der Erdoberfläche — die *Wirbelthiere* in die Geschichte eintreten. Den Anfang machen in der älteren paläozoischen Periode die wasserbewohnenden Fische, ihnen folgen in der Steinkohlenperiode und im Rothliegenden die kaltblütigen Amphibien und Reptilien. Nach der Kohlenperiode in einer kohlenensäureärmeren Atmosphäre konnten auch warmblütige Thiere die Bedingungen ihrer Existenz finden.

*) Gaudry, Animaux fossiles de Pikermi 1866, pag. 34.

Zuerst, wahrscheinlich schon in der Trias, erscheinen die Vögel, bis mit der Bildung von Gebirgen und ausgedehnten Continenten die Erde ein geeigneter Wohnplatz wurde auch für die Land-Säugethiere, die von den Ornithodelphien und Didelphien im Jura und der Kreide allmählig aufsteigen bis zu den Monodelphien im Tertiär. Das Gesetz dieser Aufeinanderfolge ist zugleich ein Gesetz des Fortschrittes.

Diese Thatsachen, sie haben ein überraschendes Licht geworfen auf viele Fragen der Biologie, deren wissenschaftliche Beantwortung sonst vielleicht nie möglich gewesen wäre. Sie haben die früher rein empirische Richtung dieser Wissenschaft zu theoretischen Anschauungen emporgehoben, welche die Erklärung der Erscheinungen zum Ziele haben.

Eine dieser Fragen bezieht sich auf die jetzige Vertheilung der Wirbelthiere auf der Erde. Erinuert diese nicht an ihr Nacheinander in der geologischen Geschichte? Oder sind wir, frage ich, nicht berechtigt, in dem bis in die neueste Zeit ausschließlich von Vögeln bewohnt gewesenen Neu-Seeland den übrig gebliebenen Rest eines Continentes der Triasperiode, in Australien mit seinen Beutelthieren den Continent der Jurazeit zu erkennen? Mit anderen Worten — sind nicht Neu-Seeland und Australien auf der Entwicklungsstufe vergangener geologischer Perioden zurückgebliebene Thierprovinzen, weil sie schon in früher Zeit losgetrennt wurden von jenen größeren Länder-complexen, auf welchen sich der Fortschritt des Lebens vollzog?

Und um eine zweite Frage zu berühren, die geologische Entwicklungsgeschichte der Wirbelthiere, hat sie uns nicht erst das richtige Verständniß möglich gemacht für die ontogenetische Entwicklung des Thier-Individuums, die sich uns nunmehr nach dem Ausdrücke Fritz Müller's als eine abgekürzte und vereinfachte Wiederholung seiner

Phylogensis, d. h. seiner Stammbaumgeschichte enthüllt?

Wie aber der Mensch? Dunkel, in Zweifel gehüllt, wie jene entlegenen Epochen selbst, in welchen organisches Leben zum ersten Male auf der Erde sich zu regen begonnen, so liegt noch heute für die Wissenschaft der Ursprung unseres Geschlechtes. Und doch ist ein gewaltiger Schritt auch nach dieser Richtung geschehen durch den Nachweis menschlicher Ueberreste in den Ablagerungen der Diluvialzeit. „Der fossile oder vorgeschichtliche Mensch“, an dessen Existenz Cuvier noch zweifeln konnte, er ist eine Thatsache, die fast täglich durch neue Funde bestätigt wird. Gleichsam eine neue Welt wurde damit erschlossen, und so erfolgreich waren die auf diesem Gebiete angestellten Studien, daß die Urgeschichte des Menschen schon heute einen ansehnlichen Wissenszweig bildet, welcher sich vermittelnd zwischen Geologie und Geschichte stellt, und wie die zahlreichen neuentstandenen Gesellschaften für Anthropologie, Ethnographie und Urgeschichte beweisen, das lebhafteste Interesse der weitesten Kreise erregt. Und was lehrt uns diese Urgeschichte?

Der prähistorische Mensch in Europa, dessen Gebeine wir aus den Ablagerungen der Quartärperiode zusammen mit Knochen vom Mammuth und Höhlenbären ausgraben, er war von Körper ein Mensch wie wir — nur vorschnelle Beurtheilung einzelner Funde konnte zu anderen Schlüssen führen — von Geist und Gemüth war er ein Kind und ein Wilder von Gesittung; das beweisen uns seine Werkzeuge, seine Waffen und sein Schmuck. Andere Thiere umgaben ihn und andere Pflanzen, und wahrscheinlich hatte die Erde selbst eine andere Gestalt, ein anderes Klima. Langsam ist er aufgestiegen von Stufe zu Stufe, von der Wildheit zur Barbarei, von der Barbarei zur Civilisation.

Hatte man nicht allen Grund zu vermuthen, daß der rohe, fast thierische Culturzustand des Urmenschen auch in seiner physischen Beschaffenheit Ausdruck finde? Der berühmte Neanderthalschädel schien diese Annahme zu bestätigen, allein er wurde von Virchow als eine pathologische Mißbildung erkannt. Und vom Schädel von Engis sagt Huxley, erkönne gerade so gut das Gehirn eines Philosophen, als das eines stumpfsinnigen Wilden enthalten haben. Kein wesentliches Merkmal unterscheidet also das Knochengerüste des europäischen Wilden der Mammuth- oder Rennthierzeit von dem hoch civilisirten Europäer der Gegenwart; und doch liegen Jahrtausende und Jahrtausende der Entwicklung zwischen beiden. Aber diese Entwicklung, sie vollzog sich nicht in einer Formenentwicklung zu neuen Arten und Gattungen, wie im Thierreich, sie manifestirt sich als geistige Entwicklung in einer fortschreitenden Ausbildung des Geistesorganes, in der Vervollkommnung der intellectuellen und moralischen Eigenschaften unseres Geschlechtes. So erscheint uns der Mensch — die „Krone der Schöpfung“, — als der Ausgangspunkt einer neuen Entwicklungsreihe. Die Geschichte der Organisation wird mit ihm zur Geschichte der Civilisation. Und wenn sich uns der leibliche Entwicklungsgang des thierischen Individuums als eine abgekürzte Wiederholung seiner Stammbaumgeschichte darstellt, so erkennen wir mit Gustav Jäger im geistigen Entwicklungsgange des menschlichen Individuums eine abgekürzte Wiederholung der Culturgeschichte; denn auch für uns gilt das Gesetz, das die Geschichte der Erde beherrscht, das Gesetz der Entwicklung durch stete Summirung der Einzelwirkungen,*) ein Naturgesetz, das uns mit der erhebenden Ueberzeugung erfüllt, daß der geistige und sittliche Fortschritt unseres Geschlechtes ebenso unaufhaltbar ist, als die Bewegung der Erde auf ihrer Bahn.

*) Vgl. B. v. Cotta, Geologie der Gegenwart, 4te Aufl. 1874.

Das sind die Anschauungen, zu welchen die geologisch-paläontologische Forschung geführt hat, Anschauungen so Epoche machend für die Wissenschaft vom Leben, wie das kopernikanische Sonnensystem für die Astronomie, wie das Gesetz der Erhaltung der Kraft für die Physik oder wie die Spectralanalyse für die Chemie.

Gleichzeitig mit dieser Umschwung der Ideen auf dem Gebiete der Geschichte der organischen Welt vollzog sich eine ebenso tiefgreifende Umgestaltung der Grundanschauungen über die Geschichte der unorganischen Welt. Wie Märchen klingen uns heute die Vorstellungen der Geologenschule aus der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts, jene phantasiereichen Hypothesen und Theorien, mit welchen die „Geologie der Katastrophen“ das System der Erdbildung ausgestattet hatte. Oder wer glaubt heute noch an ein plötzliches Aufsteigen ganzer Gebirgsketten, an ein plötzliches Versinken ganzer Continente? Wer an jene „Sturm- und Drangperioden“, in welchen durch vulkanische Ausbrüche, durch Erdbeben und „Sintfluten“ plötzlich die ganze Erdoberfläche zerstört und alles Lebendige vernichtet werden mußte, um in verjüngter Form neu zu erstehen am heiteren Morgen eines neuen Schöpfungstages? Wer glaubt heute noch an Leopold v. Buch's vulkanische Dolomitisirung durch Magnesiadämpfe, an Alex. v. Humboldt's Loxodromismus der Gebirgsketten, oder gar an die Zauberei Elie de Beaumont'scher Pentagonalnetze?

Im Gegensatz zu diesen Ansichten, welche in der Entwicklung der Erde durch große Erdrevolutionen scharf von einander getrennte Perioden voraussetzen, hat die neuere dynamische Geologie durch das eingehende Studium der fortschreitenden Veränderung der Erdoberfläche in der Gegenwart durch Kräfte, deren Wirkungsweise vor Augen liegt, den Nachweis geliefert, daß wir jetzt auf der Erde Beispiele all der ver-

schiedenen Ursachen und Wirkungen — Feuer-, Wasser-, Eis- und Lebenswirkungen — vor uns haben, durch welche die Erd- rinde im Laufe vergangener Zeiten modificirt worden ist. Diese Principien, welche schon v. Hoff deutlich ausgesprochen, der englische Geologe Sir Charles Lyell aber zuerst allgemein zur Erklärung der vollendeten Thatsachen der Vergangenheit angewandt hat, haben rasch Eingang gefunden. Die moderne Geologie erkennt daher auch in der Bildungsweise der unorganischen Bestandmassen der Erde das Gesetz der allmäligen Entwicklung, das Gesetz der Summirung der Wirkungen und Einzelvorgänge. Indessen, wenn es so gewiß ist, als es Physiker und Astronomen behaupten, daß „der in unserem Sonnensystem enthaltene Energievorrath“ in allen vergangenen Zeiten größer gewesen ist als jetzt, so dürfen wir uns die Geschichte der Erde bei alledem nicht als einen Zustand äußerster Gleichförmigkeit denken, sondern als eine continuirliche Entwicklung, die trotzdem noch der Vorstellung Raum gibt, daß die activen geologischen Phänomene in früherer Zeit sowohl im Einzelnen wie im Ganzen energischer gewesen sind, als jetzt, d. h. daß in früheren Perioden die vulkanischen Wirkungen häufiger und intensiver, Stürme und Fluten heftiger, die Vegetation üppiger und die Pflanzen und Thiere gröber und zäher gewesen sind als jetzt.

Mit dieser Erkenntniß des ununterbrochenen langsamen Entwicklungsganges der Erdgeschichte ist der Geologie eine neue Aufgabe erwachsen, die Aufgabe, die Dauer der Zeiträume nachzuweisen, welche uns die wechselnden Zustände der Erde und die gewaltigen Gesamteffecte in ihrer Umgestaltung aus der Summirung kleiner aber lange fortgesetzt wirkender Einflüsse erst verständlich machen.

Die historische Geologie scheint diese Aufgabe kaum lösen zu können; denn die geologische Urkunde ist „eine Chronik

ohne Jahreszahl und ohne Datum“. Aus dem System der Lagerung der Massen und den darin enthaltenen Petrefacten erkennen wir wohl das Nacheinander der geologischen Zeiträume, aber wo liegen die Wege, die uns zu einem richtigen Verständniß ihrer Dauer führen?

Wir berechnen die kolossale Mächtigkeit aller Sedimentformationen zusammengenommen zu 80,000 oder 100,000 Fuß und suchen die Wechselwirkungen zwischen Zeit und Masse zu ergründen; wir lassen im Geiste an uns vorüberziehen die ungezählten Geschlechter von Thieren und Pflanzen, welche gelebt haben, um wieder zu erlöschen und neuen Formen Platz zu machen; wir ahnen die Jahrmillionen, welche der Gegenwart vorausgegangen sein müssen, wir ahnen, daß wir ein Zeitmaß brauchen für das Alter der Erde, das unabhängig ist von unserer physischen Existenz und unserem historischen Bewußtsein, dem Großmaß von Fixsternweiten ähnlich, mit welchem die Astronomen die Tiefen des Himmelsraumes durchmessen. Aber wo und wie sollen wir dieses Zeitmaß finden?

Wenn Bischof einen Zeitraum von 1,004,177 Jahren berechnet, welche erforderlich waren, um durch die Vegetation der Steinkohlenformation das nöthige Material zur Bildung der Kohlenflötze zu liefern, oder wenn Bidell findet, daß das Delta des Mississippi 400 Jahrtausende bedurfte, um zu seiner gegenwärtigen Gestalt zu gelangen, und Lyell für das Zurückschreiten des Niagarafalls von Queenstown, wo der Fluß aus seiner engen Schlucht in die offene Ebene des Ontario-See's tritt, bis zu seinem heutigen Standpunkt 35,000 Jahre in Anspruch nimmt: so sind diese und so viele andere ähnliche Berechnungen eben nur Versuche, das Alter einzelner Bildungen zu bestimmen, Rechnungen, die überdieß auf Voraussetzungen beruhen, deren Nothwendigkeit oder Wahrscheinlichkeit sich bestreiten läßt.

Frägend wendet sich der Geologe an den Astronomen und an den Physiker. In den Fernen des Himmels — in Distanzen, welche der Lichtstrahl zu durchlaufen Jahrtausende und Jahrtausende braucht, sehen wir an Nebelflecken und Fixsternen jene Bildungsstadien, welche unser Sonnensystem und unsere Erde bereits durchgemacht hat. Kann uns also vielleicht die „Geologie des Himmels“ — um an den Ausdruck eines französischen Naturforschers*) für eine neue vergleichende Wissenschaft zu erinnern, welche die physischen Zustände der verschiedenen Himmelskörper zu ihrem Gegenstande hat — Aufschluß geben, wie lange der Abkühlungsproceß dauert, bis die glühend flüssige Masse eines leuchtenden Himmelskörpers zu dem gegenwärtigen Erstarrungszustand unserer Erde erkaltet.

In der That findet Helmholtz von gewissen Voraussetzungen über die anfängliche Wärme der Nebelmasse, aus der sich nach der Laplace'schen Theorie unser Sonnensystem und mit ihm unsere Erde gebildet hat, ausgehend, 70 Millionen Jahre für die Zeit, seit der sich die Sonne zu verdichten begann, und für das Alter der Erde 68,365,000 Jahre; und Sir William Thomson, der berühmte englische Physiker, berechnet aus der bekannten Temperaturzunahme der Erde nach der Tiefe um 1° F. für jede 50 englische Fuß (gestützt auf Fourier's Theorie der Wärmeleitung unter der Annahme, daß sich die Erde aus einer geschmolzenen Masse mit einer Temperatur von 7000 bis 10,000° F. zu dem jetzigen Zustand abgekühlt habe), daß die Erstarrung der Erde vor nicht weniger als 20 Millionen Jahren und vor nicht mehr als 400 Millionen Jahren stattgefunden haben könne; denn im ersteren

*) Stanislaus Meunier, *Le ciel géologique, prodrome de géologie comparée.* Paris, 1871.

Falle würde die Wärme in dem Erdinnern größer sein müssen, als sie jetzt ist, im letzteren Falle aber könnte die Temperatur mit der Tiefe nicht in dem Grade zunehmen, welchen die kleinsten, durch directe Beobachtungen erhaltenen Resultate ergeben. Wieder einen anderen Weg, um annähernd das Alter der Erde zu bestimmen, hat der Verfasser der „Entwicklungsgeschichte des Kosmos“, H. J. Klein versucht, indem er uns zeigt, wie die Abplattung und die in Folge von Ebbe und Flut sich verlangsamende Rotationsbewegung der Erde (um 0·01197 Secunden in den letzten 2000 Jahren nach Rechnungen von Adams) zu der Annahme führen, daß das Alter des festen Erdballs keinesfalls höher als 4000 Millionen Jahre anzunehmen sei und daß wahrscheinlich 2000 Millionen Jahre verflossen seien, seit zum ersten Male eine erhärtende Kruste den einst glühenden Erdball umschloß.

Wir sehen, auch diese Berechnungen sind unbefriedigend. Sie geben uns nur ein ganz allgemeines Maaß für die außerordentlichen Zeiträume, innerhalb welcher sich die ganze geologische und vorgeologische Geschichte der Erde abspielt und noch dazu in wenig übereinstimmenden und zwischen weiten Grenzen schwankenden Zahlenwerthen. Ueber die Zeitdauer der einzelnen geologischen Perioden aber lassen sie uns vollständig im Ungewissen.

Die Lösung dieser Aufgabe ist nur denkbar, wenn sich in den sedimentären Bildungen der Erdrinde der Einfluß von Ereignissen nachweisen läßt, die von periodisch wiederkehrenden kosmischen Verhältnissen abhängig sich chronologisch berechnen lassen. Solche Einflüsse hat man in den jüngsten Formationen in den Spuren wiederholt eingetretener Eiszeiten erkennen zu dürfen geglaubt, und diese Eiszeiten aus der periodischen Aenderung der Elemente der Erdbahn — nach den Theorien von Adhemar und James Croll als Folge der wechselnden Dauer

des Sommers auf der südlichen und nördlichen Hemisphäre bei veränderter Länge des Perihels und als Folge der säcularen Variation der Excentricität der Erdbahn — erklärt und berechnet. Allein, man mag diese Theorien für begründet halten oder nicht, auch sie können zu einer vollständigen Chronologie der Erdgeschichte nicht führen, da Eiswirkungen nur in den allerjüngsten Ablagerungen mit einiger Sicherheit sich constatiren lassen.

Weit mehr Aussicht auf Erfolg bietet eine andere Reihe von Erscheinungen, die sich in allen Sedimentformationen mehr oder weniger deutlich wiederholt — ich meine die wechselnden Süß- und Salzwasserschichtungen, und die wechselnden Tief- und Seichtwasserbildungen in den Formationen, die auf eine in längeren und kürzeren Perioden sich ändernde Tiefenlage des Meeresbodens hinweisen.

Bisher hat man diesen Wechsel ausschließlich auf säculare Bodenschwankungen zurückgeführt. Erst Dr. J. H. Schmick in Köln hat einen neuen Weg gezeigt, der zugleich die Aussicht gewährt, an der Hand directer Beobachtung zu einer exacten Lösung des Zeitproblems zu führen. Schmick sucht nämlich jenen Wechsel aus säcularen Schwankungen des Meeresspiegels zu erklären und gründet seine neue Theorie auf eine eingehende Analyse des Fluthphänomens*). Er weist nach, daß in Folge der Drehung der großen Axe der Erdbahn, die sich in einer Periode von 21,000 Jahren vollzieht, die Sonne mit veränderlicher Anziehungsstärke auf die Wassermassen der verschiedenen Océane wirke und daß in Folge davon durch Ebbe und Fluth

*) Dr. J. H. Schmick, die Umsetzungen der Meere und die Eiszeiten. Cöln 1869. — Thatsachen und Beobachtungen zur weiteren Begründung der Theorie von der Umsetzung der Meere. Görlitz 1871. — Die neue Theorie periodischer säcularer Schwankungen des Seespiegels. Münster 1872. — Das Fluthphänomen, 1873.

eine Wasserversetzung zwischen der nördlichen und südlichen Hemisphäre stattfindet. Abwechselnd in Perioden von 10,500 Jahren wird bald die eine, bald die andere Erdhälfte vorwiegend oceanisch, indem das Meeresniveau auf jeder Erdhälfte langsam, um etwa 2 Fuß im Jahrhundert (also um 210 Fuß in 10,500 Jahren) steigt und dann wieder fällt*). Diese Theorie macht uns nicht allein die durch so viele Thatsachen bestätigte fortschreitende Ueberflutung der Südhemisphäre und die entsprechende Trockenlegung der Nordhemisphäre verständlich, indem sie die Theorie von der säcularen Hebung der nördlichen Continente in ein Sinken des Wasserspiegels umkehrt, sondern sie erklärt auch ungezwungen alle früher angeführten Erscheinungen in den Schichtenreihen der Formationen, welche auf eine periodisch wechselnde Tiefenlage des Meeresbodens hinweisen.

Schmick selbst hat durch die Vergleichung der detaillirtesten Schichtenprofile nordamerikanischer und deutscher Kohlenablagerungen dargethan, daß dieselben durch einen regelmäßigen Wechsel von lange dauernder Trockenlage und lange dauernder Ueberflutung entstanden seien, und daß die diesen Wechsel verursachenden Schwankungen des Seespiegels sich über die Meere der ganzen nördlichen Hemisphäre

*) Grössere Schwankungen des Meeresspiegels in längeren Perioden lassen sich nach der Schmick'schen Theorie aus veränderten Perihelstellungen der Erde erklären, die mit den Perioden der grössten Excentricität der Erdbahn zusammenfallen. Die nördliche Hemisphäre wird z. B. die grösste Ueberflutung erfahren, wenn bei grösster Excentricität der Sommer der nördlichen Hemisphäre mit dem Perihel zusammenfällt, die geringste, wenn bei kleinster Excentricität das Perihel in den Frühling und in den Herbst fällt. — Für die Richtigkeit der Schmick'schen Anschauung sprechen namentlich auch die durch die genauesten Flutbeobachtungen nachgewiesenen Niveauschwankungen der Ostsee und des Adriatischen Meeres, die in Perioden von 9 Jahren sich vollziehen, und nach der Schmick'schen Theorie auf's Einfachste aus der sich allmählig verändernden Stellung des Perigaeums des Mondes erklären, die an eine 18—19-jährige Periode gebunden ist.

gleichmäßig erstreckt haben. Für die westphälische Kohlenablagerung an der Ruhr ergibt die Rechnung, daß sie bei wahrscheinlich 240 Horizonten der Trockenlage, wie aus den Schichtenprofilen hervorgeht, 5,040,000 Jahre zu ihrem Aufbau gebraucht habe.

Es ist klar, daß bei solchen Untersuchungen mancherlei Irrthümer möglich sind, welche die Richtigkeit der gezogenen Folgerungen bedenklich trüben können. Vor Allem wird man sich vor Augen halten müssen, daß in den verschiedenen geologischen Perioden große Erdtheile eine Tieflage erreicht hatten, welche die Hinterlassung deutlicher Spuren jener Niveauschwankungen ausschloß, während wieder in anderen weniger tiefliegenden Strecken wirkliche Bodenerhebungen sich damit combinirten. Die durchgreifende Prüfung der Schmick'schen Theorie wird also weitumfassende Untersuchungen und große Vorsicht in der richtigen Würdigung gewisser säcularer Modificationen der Erdoberfläche erfordern. Aber das glaube ich dennoch aussprechen zu können: die Schmick'sche Theorie eröffnet uns die Perspective, daß wir auf dem Wege der fortgesetzten genauesten geognostischen Beobachtung nach und nach zu einer vollständigen Chronologie der Erdgeschichte gelangen. Man hat es dabei mit Vorgängen zu thun, die einen Theil der großen Weltordnung bilden, mit Vorgängen, welche als Resultat ewiger Gesetze sich mit unabänderlicher Genauigkeit wiederholen, wenn auch in Zeiträumen, welche unvergleichbar größer sind, als alle geschichtlichen Zeiten, mit Zeiträumen, gegen welche Menschenleben Secunden sind.

Damit komme ich zum Schluß meiner Rede. Die Lebensgeschichte der Erde in ihren allgemeinsten Zügen liegt klar vor uns. Einzelheiten werden noch lange verborgen bleiben. Aber Epoche auf Epoche des Verlaufes sind mit zweifelloser Sicherheit erkannt. Vom glühend flüssigen Ball bis zu seiner allmä-

ligen Erkaltung, von der überwiegenden Thätigkeit vulkanischer Kräfte bis zu derjenigen des Wassers, von der Entstehung der ersten Organismen bis zur Herrschaft des Menschen hat die Forschung die Vorgänge, welche die Erde zu dem macht, was sie heute ist, aufgedeckt. Für diese Erdentwicklung verlangt aber die moderne Geologie das Zugeständniß einer Zeitdauer, die sich zu der gemeinen menschlichen Vorstellung von der Zeit ebenso verhält, wie, so lange die Erde als Mittelpunkt der Welt galt, die alte Vorstellung von den Entfernungen der Gestirne zu den wahren Dimensionen des Raumes. Im Fortgang der wissenschaftlichen Erkenntniß erweitert sich das eine Mal die Vorstellung vom Raum, das andere Mal die Vorstellung von der Zeit und die rasch fortschreitende Forschung schiebt die Horizonte immer weiter hinaus, bis der Gedanke da anlangt, wo er stille steht — in der Ahnung des Unendlichen.

