

Werk

Titel: Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpet...

Autor: Andrée, K.

Ort: Leipzig

Jahr: 1911

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?345572157_0002|log34

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpetrographie¹⁾.

Von **K. Andree** in Marburg i. H.

Eine unentbehrliche Grundlage jeder Stratigraphie ist die Kenntnis der Gesteine der in Frage kommenden Schichten, ist deren Petrographie. Wollen wir aber die Petrographie eines fossilen Sedimentes verstehen, dann müssen wir suchen, uns die Bildungs-umstände und den Werdegang dieses Sedimentes klar zu machen. Einen wichtigen Abschnitt in diesem Werdegang bilden bestimmte Umwandlungen, die man mit dem Namen der Diagenese bezeichnet, und welche im folgenden näher gekennzeichnet werden sollen. Zuvor jedoch möge ein kurzer Überblick jenen Arbeiten gewidmet sein, denen wir die Kenntnis der rezenten Sedimentbildung in erster Linie verdanken; denn jener Versuch, fossile Sedimente zu verstehen, musste auf recht schwachen Füßen stehen, solange diese Fragen unbearbeitet waren, solange das Prinzip von HOFF's und LYELL's in diesem Teilgebiet der Wissenschaft noch nicht angewendet war.

Die Erforschung der rezenten Sedimentbildung ist erst in den letzten Jahrzehnten systematisch in Angriff genommen worden. Die Tiefsee-Expeditionen im letzten Drittel des vorigen Jahrhunderts, besonders die des „CHALLENGER“ 1872—76, und die Untersuchung der von diesen geloteten Grundproben lehrten zum ersten Male die Faktoren richtig einschätzen, welche für die marine Sedimentbildung, auch grösserer Tiefen, massgebend sind, sie zeigten, wie weit die Eigenart eines Sedimentes von den geographischen Verhältnissen im weitesten Sinne des Wortes im grossen und im kleinen abhängt, und wieviel infolgedessen die Erforschung fossiler Meeressedimente, welche ja die wichtigste und verbreitetste Gruppe

¹⁾ Der Aufsatz ist der wenig erweiterte Abdruck der Probevorlesung des Verf. vor der Philosophischen Fakultät der Universität Marburg in Hessen am 25. IV. 1910.

unserer Schichtgesteine ausmachen, für die Ergründung paläogeographischer Verhältnisse zu leisten vermag. Das ist seither von vielen Autoren, neuerdings von J. THOULET mit Nachdruck betont worden. Was M. DELESSE²⁾ 1871 für die flacheren Meeresteile, insbesondere der europäischen, aber auch der östlichen Küsten Nordamerikas, zusammengestellt hatte, erfuhr 20 Jahre später durch das Werk von MURRAY und RENARD³⁾ für die Tiefsee eine erwünschte Ergänzung. Es kann nicht meine Absicht sein, die Namen aller der Forscher aufzuzählen, welche auf diesem Ozeanographie und Geologie verbindenden Gebiete tätig waren und sind, nur einige neuere Arbeiten mögen in diesem Zusammenhange noch genannt werden, die Bearbeitung der Grundproben von der Deutschen Tiefsee-Expedition durch MURRAY und PHILIPPI⁴⁾ und der Grundproben aus dem Stillen Ozean durch MURRAY und LEE⁵⁾. Die erstere enthält Grundprobenkarten des Atlantischen und Indischen Ozeans, die letztere eine solche des Pazifischen Ozeans, so dass wir nunmehr wiederum für alle drei Weltmeere eine auf den neuesten Beobachtungen fussende Kartendarstellung der Meeressedimente besitzen, welche zum Vergleiche mit paläogeographischen Karten von grossem Werte ist. Welch' schöne Erfolge aber das Zusammenarbeiten geologischer Erfahrung mit ozeanographischen Kenntnissen zu verzeichnen hat, erkennt man am besten aus den wertvollen Arbeiten E. PHILIPPI's, insbesondere aus den allgemeinen Kapiteln seiner grossen Arbeit über „Die Grundproben der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903“⁶⁾ Wenn schon M. DELESSE 1871⁷⁾ auf Grund seiner Kenntnisse der rezenten Meeressedimente paläogeographische Karten Frankreichs für Silur-, Trias-, Lias-, Eozän-, Pliozän- und Diluvialzeit entwarf, so waren dieses tastende Versuche, die jedoch für alle späteren Darstellungen vorbildlich wurden und unser Interesse wegen der richtigen Grundlage, von der sie ihren Ausgangspunkt nahmen, im hohen Masse beanspruchen. Auch von GÜMBEL, welcher die

²⁾ M. DELESSE. *Lithologie des mers de France et des mers principales du globe*. Paris, E. Lacroix 1871. 479 p. Text, 136 p. Tabellen, 4 Tafeln.

³⁾ J. MURRAY und A. F. RENARD. *Report on Deep-Sea Deposits based on the Specimens collected during the Voyage of H. M. S. „Challenger“ in the Years 1872 to 1876*. London 1891. 525 p., XXIX Tafeln, 43 Karten, 22 Diagramme.

⁴⁾ J. MURRAY und E. PHILIPPI. *Die Grundproben der „Deutschen Tiefsee-Expedition“*. Bd. X der *Wissensch. Ergebn. der „Deutschen Tiefsee-Expedition 1898—1899“ auf dem Dampfer „Valdivia“* p. 77—206, Tafel XVI—XXII, nebst 2 Karten. Jena 1908. (Enthält eine sehr vollständige Literaturübersicht).

⁵⁾ J. MURRAY und G. V. LEE. *The Depth and Marine Deposits of the Pacific*. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoölogy at Harvard College* Vol. XXXVIII. Nr. 1. Cambridge 1909. 169 p., 5 Tafeln, 3 Karten.

⁶⁾ Deutsche Südpolar-Expedition. II. Band. p. 411—616. Tafel XXXI—XXXIII. Berlin, 1910.

⁷⁾ l. c. pl. A. de l'Atlas.

Grundproben von den Expeditionen des „Drache“⁸⁾ und der „Gazelle“⁹⁾ bearbeitete, zog aus diesen Untersuchungen wichtige Schlüsse auf die Bildung der fossilen Sedimente, und TH. FUCHS¹⁰⁾ hat in einer seinerzeit sehr bekannt gewordenen Abhandlung: „Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten?“ weitgehende Vergleiche zwischen rezenten und fossilen Sedimenten angestellt. Diese Vergleiche können jedoch heute zum Teile nicht mehr aufrecht erhalten werden, weil das Prinzip, nach welchem TH. FUCHS Litoral- und Tiefseeablagerungen unterschied, nämlich das Fehlen oder Vorhandensein der „Tiefseefauna“ ebenso verfehlt war, wie seine Grenze zwischen den beiden Typen in 40 bis 50 Faden¹¹⁾ Tiefe¹²⁾. Später hat JOH. WALTHER in eingehender Weise alles, was mit der Bildung der Sedimentgesteine in der Jetztzeit zusammenhängt, in seiner „Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft“ (Jena 1893/94) zusammengefasst, ein Unternehmen, welches, zeitweise, und von manchen noch heute, nicht geachtet, erst in der letzten Zeit reiche Früchte zu tragen beginnt. Auch die kontinentale Sedimentbildung ist in diesem Buche mitbehandelt worden, nachdem kurz zuvor „Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung“ dargelegt war¹³⁾. Die bekannteste Frucht der Wüstenstudien dieses Autors bildet jedoch „Das Gesetz der Wüstenbildung in Gegenwart und Vorzeit“ (Berlin 1900). Die hierin durchgeführte Beleuchtung der erdgeschichtlichen Bedeutung der abflusslosen Gebiete und ihrer Bildungen gibt uns den nötigen Rückhalt bei der Beurteilung kontinentaler Sedimente. So ist die Saat, welche KARL ERNST ADOLF VON HOFF vor fast 100 Jahren in einer Göttinger Preisarbeit¹⁴⁾ gelegt hat, in bezug auf die Sedimente erst spät aufgegangen. Trotzdem ist schon manches erreicht worden. Die Faziesuntersuchungen, wie sie VON MOJSISOVICS 1878—79 in den „Dolomitriffen von Südtirol und Venetien“ veröffentlichte, sind ebenso ein Beweis dafür, was die vergleichende Lithogenie der Sedimente zu leisten vermag, wie die

⁸⁾ VON GÜMBEL. Geologisch-mineralogische Untersuchung der Meeresgrundproben aus der Nordsee. p. 23—47 in „Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Knbt „Drache“ in der Nordsee in den Sommern 1881, 1882 und 1884“. Berlin 1886.

⁹⁾ VON GÜMBEL. Die mineralogisch-geologische Beschaffenheit der auf der Forschungsreise S. M. S. „Gazelle“ gesammelten Meeresgrund-Ablagerungen. p. 69—116 in „Die Forschungsreise S. M. S. „Gazelle“ in den Jahren 1874 bis 1876“. II. Theil. Berlin 1888.

¹⁰⁾ Neues Jahrb. f. Min. etc. II. Beil. bd. 1882. p. 487—584.

¹¹⁾ 1 Faden = 1,83 m.

¹²⁾ Vergl. hierzu K. ANDRÉE, Über stetige und unterbrochene Meeressedimentation, ihre Ursachen, sowie über deren Bedeutung für die Stratigraphie. Neues Jahrb. f. Min. etc. XXV. Beil. bd. 1908. p. 366—421, bes. 371.

¹³⁾ Abh. math-phys. Cl. Kgl. sächs. Ges. Wissensch. XVI. Nr. 3. Leipzig 1891.

¹⁴⁾ Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. 1818.

Ergebnisse fazieller Studien in den Westalpen, durch welche die von den Tektonikern erkannte grossartige Überschiebungstektonik dieses Gebietes erst ihre Bestätigung erfuhr¹⁵⁾. Ist somit die Petrogenie der Sedimente für alle Gebiete der historischen Geologie eine unentbehrliche Hilfswissenschaft geworden, so sind es doch zwei Punkte, die besonders hervorgehoben werden müssen: Sedimentpetrogenetische Untersuchungen lehren uns einmal geologische und geographische Bedingungen der Vorzeit kennen, andererseits bilden sie aber auch unter ständiger Rücksichtnahme auf die aktuellen Verhältnisse die feste Grundlage für eine rationelle Behandlung der Sedimentpetrographie. Die verschiedenen Klassifikationen, welche man für die Sedimentgesteine aufgestellt hat, die Familien der Kalke, Schiefer, Sandsteine, Salze, Eisengesteine und andere mehr zeigen auf das Deutlichste, wie weit man noch auf diesem Gebiete vom Ziel entfernt, wieviel Arbeit noch zu leisten ist. Über den paläontologischen Inhalt der Sedimentgesteine hatte man des Gefässes vergessen, dessen Beschaffenheit ebenfalls so wichtige Aufschlüsse zu geben vermag. Aber es sind z. T. recht eingehende Untersuchungen nötig, um zum richtigen Verständnis des Bildungsvorganges zu gelangen, so zwar, dass die meisten älteren Beschreibungen von Sedimentgesteinen nach ihrem äusseren Aussehen und die sehr selten genügend umfassend ausgeführten chemischen Analysen nur noch beschränkten Wert besitzen.

Die Erforschung der Sedimentgesteine in petrogenetischer Beziehung ist ungleich schwieriger als die der kristallinen Massengesteine. Während die Erstarrung dieser durch ganz bestimmte, chemisch-physikalische Gesetze festgelegt ist, kann dasselbe nicht für den Absatz der Sedimente, jedenfalls nicht für alle gesagt werden. Chemisch-physikalische Gesetze spielen allein für die Bildung der sogenannten chemischen Sedimente eine ausschlaggebende Rolle, für die Gesteine, welche wie Anhydrit, Gips, Steinsalz, Kalisalze u. a. aus Lösungen ausgeschieden sind. Über diese Vorgänge haben uns die Untersuchungen PRECHT's, VAN't HOFF's¹⁶⁾ und seiner Mitarbeiter und anderer in weitgehendem Masse aufgeklärt. Die Bedeutung der Lösungsgenossen für die Ausscheidungsfolge, die Wirkung von Druck- und Temperaturänderungen auf dieselbe ist uns klar geworden, und unser Wissen geht jetzt soweit, dass wir gewisse Paragenesen von Salzen in unseren Salzlagerstätten als geologische Thermometer bezeichnen können, indem dieselben nur in einem ganz bestimmten Temperatur-

¹⁵⁾ Vergl. von allgemeinen Darstellungen z. B. G. STEINMANN, Geologische Probleme des Alpengebietes. Zeitschr. deutsch-österr. Alpenvereins 37. 1906. p. 1–44. — Von speziellen Mitteilungen siehe z. B. ARN. HEIM, Gliederung und Facies der Berrias-Valangien-Sedimente in den helvetischen Alpen. Vierteljahrsschr. Naturforsch. Ges. Zürich 52. 1907. p. 1–16.

¹⁶⁾ J. H. VAN't HOFF. Zur Bildung der ozeanischen Salzablagerungen. I. Braunschweig, Fr. Vieweg 1905. II. ebenda 1909.

intervall entstanden sein können. Auch für eine Reihe hierher gehöriger Kalk- und Dolomitgesteine ist durch die Untersuchungen von G. LINCK¹⁷⁾ und anderen ein fester Boden gewonnen worden, auf dem weiter gebaut werden kann. LINCK's Experimente zeigten, dass rein chemische Ausfällungen, die nur indirekt durch Fäulnisprozesse organischer Substanzen mit Organismen zusammenhängen, Gebilde entstehen lassen, welche mit den marinen Aragonit-Oolithen (siehe weiter unten und Anm. 43) der Jetztzeit verglichen werden müssen; und es können nach dem jetzigen Stande des Wissens diejenigen Anschauungen als verfehlt betrachtet werden, welche mit ROTHPLETZ, KALKOWSKY und anderen hierfür unbedingt direkte Organistentätigkeit in Anspruch nehmen. Das liegt nach allem, was wir über die Bildungsstände unseres Buntsandsteins schliessen können, trotz der gegenteiligen Ansicht E. KALKOWSKYS¹⁸⁾ ebenso klar für die Rogensteine dieser Formation und die Oolithe nordamerikanischer Binnenseen, wie es wahrscheinlich ist für die Kalkspat-, bzw. Karbonat-rhomboëderchen, welche vom „CHALLENGER“¹⁹⁾ und der „VALDIVIA“²⁰⁾, wenn auch selten, in Tiefseeablagerungen des offenen Ozeans gefunden worden sind, neuerdings aber auch in Sedimenten des Mittelmeeres durch FR. SALMOJRAGHI²¹⁾ nachgewiesen wurden.

Sehen wir von diesen chemischen Sedimenten ab, die sich in fast reinem Zustande ziemlich allein auf die Anhydrite, Gipse und Salze beschränken, so kompliziert sich für die grosse Masse der Trümmersedimente und der organischen Ablagerungen die Entstehung ausserordentlich, da die verschiedenartigsten Komponenten in wechselnden Verhältnissen an ihrem Aufbau teilnehmen.

Den minerogenen Bestandteilen können wir in Anlehnung an eine Bezeichnungsweise von O. KRÜMMEL²²⁾ eine „biogene“ oder organogene Komponente gegenüberstellen. Jede dieser beiden Komponenten wollen wir wiederum zerlegen, je nach der Beteiligung von an Ort und Stelle entstandenen, autochthonen, und von allochthonen Bestandteilen. Die

¹⁷⁾ G. LINCK. a) Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Neues Jahrb. f. Min. etc. XVI. Beil. bd. 1903. p. 495–513. — b) Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Jenaische Zeitschr. f. Naturwissenschaft 45. 1909. p. 267–278. Tafel 24 und 25. — c) Über die Entstehung der Dolomite. Vortrag Berlin 5. V. 1909. Jena, 1909. (Siehe auch Monatsber. der deutsch. geol. Ges. 61, 1909. p. 230–241.)

¹⁸⁾ E. KALKOWSKY. Oolith und Stromatolith im norddeutschen Buntsandstein. Zeitschr. deutsch. geol. Ges. 60. 1908. p. 68–125. Taf. IV–XI. Bes. p. 122–125.

¹⁹⁾ Vergl. ³⁾ p. 205.

²⁰⁾ Vergl. ⁴⁾ p. 198.

²¹⁾ «Rendiconti» del R. Ist. Lomb. di sc. e lett. Ser. II. Vol. XLII. 1909. p. 708.

²²⁾ O. KRÜMMEL. Handbuch der Ozeanographie I. Stuttgart 1907. p. 154. (Das zweite Kapitel dieses Buches, p. 152–214, bietet eine ausgezeichnete Übersicht über „Die ozeanischen Bodenablagerungen.“)

Dreiteilung der Meeresorganismen durch ihre Lebensweise in Plankton, Nekton und Benthos ermöglicht für die marinen Sedimente die Aufstellung weiterer Unterabteilungen, die man planktogen, nektogen und benthogen nennen kann. Nur planktogene und benthogene Komponenten sind von grösserer Bedeutung. Im wesentlichen planktogene Sedimente sind z. B. die Schlamme der küstenfernen Tiefsee, benthogene²³⁾ die Korallen- und anderen Riffkalke.

Das Nekton gehört in gewisser Weise zum allochthonen Teile der biogenen Komponente. Durch Strömungen und Winde verschleppte Planktonorganismen, Landpflanzen in Meeressedimenten, in Senken der Kontinente oder an Küsten zusammengeschwemmte Pflanzenreste, welche zur Anhäufung fossiler Brennstoffe Veranlassung geben, sind hier ferner von Wichtigkeit.

Führen wir für die minerogene Komponente die gleiche Scheidung in einen autochthonen und allochthonen Teil durch, so ist es geboten, jeden dieser beiden Teile weiter zu zerlegen in einen aus Lösung sich ausscheidenden, sogenannten chemischen, und einen klastischen Bestandteil. Besonders für das Meer lässt sich der autochthone von dem allochthonen Teil der aus Lösung sich ausscheidenden Komponente, die KRÜMMEL als „halmyrogene“ bezeichnet, kaum trennen, und der letztere verschwindet gegenüber der enormen Salzmasse des Meerwassers vollkommen. Innerhalb der klastischen Komponente kann ein Teil als der am Ort der Ablagerung verbleibende Zerstörungsrückstand von älteren Gesteinen (z. B. Konglomeratbildungen des Wellenkalkes, ferner viele Geröllbildungen in oolithischen Horizonten) abgetrennt werden von dem in den Sedimenten meist die überwiegende Masse ausmachenden hinzugeführten Material. Einer minimalen Menge allochthon-kosmischer Materie, welche den Sedimenten beigemischt, aber in allen rascher sich bildenden Ablagerungen von den übrigen Komponenten maskiert wird, steht sodann die enorme Masse terrigenen Materials gegenüber, welches den verschiedenartigsten Transportmöglichkeiten unterliegt, bevor es in einem Sediment zur Ruhe kommt. Diesen Transportmöglichkeiten unterliegen naturgemäss auch die Organismen, soweit sie hier überhaupt in Frage kommen, und es könnte daher auch die ganze allochthone Komponente der Sedimente, einerlei, ob minerogen oder biogen, eine nach Transportarten aufgestellte Einteilung erhalten. Da sich indessen die allochthon-biogene Komponente den Transportkräften gegenüber nicht anders als die minerogen-klastische verhält, so wollen wir das hier mit Bewusstsein vernachlässigen.

Eine schematische Zusammenstellung sämtlicher für die Sedimentbildung in Frage kommenden Komponenten, einerlei, ob dieselbe im Meere oder auf dem Festlande, im Wasser, Eis oder in der Atmo-

²³⁾ Dieser Ausdruck ist wohl zuerst durch L. CAYEUX, später von PHILIPPI und KRÜMMEL angewendet worden.

sphäre vor sich geht, könnte zweckmässigerweise in folgende Form gebracht werden:

	Minerogene Komponente		Biogene Komponente			
	„Chemische“	Klastische	Im Meere und in kontinent. Gewässern			Anteil dem trockenen Festlande
			Benthogen	Nektogen	Planktogen	
Autochthone Komponente	„Chemische“ Ausfällung aus dem Medium, aus welchem der Absatz erfolgt („Halmyrogene“ Komponente KRÜMMEL's im Meere): z. B. Oolithe, Schnee, Hagel	Aufbereitungsprodukte älterer Gesteine, welche an Ort und Stelle zu Komponenten eines neuen Sediments werden: z. B. manche marine Geröllhorizonte, viele subaërische Verwitterungsprodukte, z. T. der Laterit etc.	Z. B. Korallen, Kalkalgen; Sumpfvegetationen (autochthone Kaustobiolithe!)	Nur untergeordnet. Z. B. Pteropoden- und Heteropodenschalen, sowie Selachierzähne	Z. B. Coccolithen, Diatomeen, fettreiche Algen (Sapropel-Bildung!); Globigerinen, Radiolarien	Z. B. Knochenansammlungen in Höhlen
Allochthone Komponente	„Chemische“ Ausfällung des in gelöstem Zustande zugeführten Materials (im Meere von der halmyrogenen Komponente nicht zu trennen, da gegenüber der Masse der Meeressalze völlig verschwindend): z. B. Salze des Karabugabusens	Terrigen ²⁴⁾ : Aufbereitungsprodukte älterer Gesteine, transportiert durch: 1. H ₂ O (als Wasser „Eis“), 2. Wind (Staubstürme), 3. Vulkanische Explosionen, 4. Organismen Kosmogen: von minimaler Bedeutung	Z. B. ins Meer geschwemmte Landpflanzen, Stümpfer, wasser- (und Land-)molusken. Verschwemmte Pflanzenreste (allochthone Kaustobiolithe!)	Nur untergeordnet	Z. B. Sargassokraut. Leere Cephalopodengehäuse	Nur sehr untergeordnet

²⁴⁾ Natürlich sind auch alle übrigen Komponenten, soweit sie nicht „kosmogen“ sind, terrigen, ohne dass es nötig erschiene, das besonders anzuführen.

Jedes Sediment besteht aus einer oder mehreren dieser Komponenten. Das letztere ist in der überwiegenden Mehrzahl der Fall. Die prozentuale Beteiligung der einzelnen Komponenten wechselt jedoch innerhalb weiter Grenzen, und hieraus ergibt sich eine ausserordentlich grosse Mannigfaltigkeit. Sehen wir aber einmal von rein biogenen Sedimenten (den „Biolithen“ C. G. EHRENBURG's) ab und beschränken uns für die nächsten Bemerkungen auf die im wesentlichen allochthon-minerogen-klastisch-terrigenen Sedimente, so ergibt sich hier schon durch die verschiedenen Transportmöglichkeiten eine grosse Mannigfaltigkeit. Für die Entstehung solcher Ablagerungen sind folgende drei Vorgänge erforderlich: 1. Die Verwitterung eines vorhandenen primären oder eines anderen Sedimentgesteines; 2. der Transport des hierdurch entstandenen Materials; 3. die Ablagerung desselben. Verwitterung und Ablagerung sind notwendige Phasen in der Bildung jedes klastischen Sedimentgesteines. Der Transport des Materials kann aber auf ein Minimum beschränkt sein, und hierdurch entsteht ein Übergang zu den Typen mit autochthon-klastischen Bestandteilen. Das Rotliegende des Schwarzwaldes oder Odenwaldes mag als Beispiel hierfür gelten. Seine Gesteine müssen z. T. (soweit sie nicht mit Porphy-Eruptionen zusammenhängen) als die Produkte einer tiefgründigen Zersetzung des Bodens des Rotliegend-Kontinentes gelten. Wo sie aber noch jetzt z. B. dem karbonischen Granit, wie bei Heidelberg, oder dem Gneis des „Grundgebirges“, wie im Schwarzwalde, aufruhen, dort dürfte in vielen Fällen der Transportweg nicht weit gewesen sein.

Je nach der Art der Verwitterung, ob durch mechanische, chemische oder organische Faktoren, je nach der Art des Transportes, ob durch Gletschereis, durch Wasser, Wind, subaërische, bezw. submarine Eruptionen oder ob durch Organismen, und je nach dem Ablagerungsort, ob auf dem festen Lande, im Süswasser, in Salzseen oder im Meere (und in diesem wieder, ob küstennah oder -fern, ob im tiefen oder im flachen Wasser), entstehen die allerverschiedenartigsten Sedimente. Dabei ist der Fall nicht selten, dass bei grosser genetischer Verschiedenheit doch weitgehende chemische Übereinstimmungen statthaben können und erst ein genaueres Studium des Sedimentes selbst, sowie der mit demselben auftretenden Ablagerungen eine eindeutige Erklärung möglich macht. Daher ist ein System der Sedimente auf rein chemischer Grundlage ein Ding der Unmöglichkeit. So ist der Dolomit meistens marinen Ursprungs; aber mannigfache Vorkommnisse zeigen uns, dass derselbe auch unter kontinentalen Ablagerungsbedingungen, zu welchen ja meistens die Mitwirkung von Salzen gehört, zu entstehen vermag. Ich erinnere hier an die Dolomitlagen des Rotliegenden von Heidelberg ²⁵⁾

²⁵⁾ Erl. zu Blatt Heidelberg der Geol. Spezialkarte d. Grossherzogtums Baden. II. Aufl. 1909. p. 34.

und an die Bemerkung von F. CORNU²⁶⁾, dass die KLEMENT'sche Darstellung des Dolomits aus Aragonit durch Einwirkung von $MgSO_4$ in NaCl-Lösung auch in der Kälte vor sich geht. Ein Sandstein andererseits vermag zu entstehen als verhärteter Wüstensand auf einem Kontinent, als Sandbank im Süßwasser, als Düne an der Meeresküste oder als Bodensatz in den randlichen Partien flacher Meeres- teile; endlich sind sogar aus der Tiefsee (wenn auch sehr feinkörnige) sandige Sedimente durch E. PHILIPPI²⁷⁾ bekannt gegeben worden. Die Fossilien lassen gerade bei Sandsteinen häufig deshalb im Stich, weil diese Sedimente weder für die Einbettung noch für die Erhaltung organischer Reste besonders günstig sind; und sie fehlen oft in mächtigen Sandsteinkomplexen auch marinen Ursprunges. Hier muss das Gestein als solches mit seinen Eigenheiten studiert werden. Dabei lassen sich häufig Eigenschaften feststellen, die man als bezeichnend für einen bestimmten Bildungsmodus und damit manchmal für einen bestimmten Zeitabschnitt gelten lassen kann. So sieht z. B. J. THOULET²⁸⁾ das Vorkommen gewisser seltener Mineralien von mikroskopischen Dimensionen als charakteristisch für bestimmte rezente und fossile Sedimente an. Andere Eigenschaften haben A. DENCKMANN in Stand gesetzt, gewisse weit verbreitete Gesteine des Rheinischen Schiefergebirges, des Westharzes und der Gegend von Magdeburg den gleichen Horizonten des Silurs, welches durch Fossilien nur an wenigen Punkten gesichert ist, lediglich auf Grund petrographischer Eigentümlichkeiten, zuzuweisen. Ähnliches hat C. GAGEL an nordwestdeutschem Eozän (lederfarbene Phosphorite), JOH. WALTHER für Gesteine des Präkambrium gezeigt. Wir können somit nicht nur von Leitfossilien, sondern, cum grano salis, auch von Leitgesteinen sprechen. Solche Gesteine lassen sich das eine Mal durch eine besondere Art der Verwitterung oder des Bruches, in einem anderen Falle durch bestimmte Kluftausfüllungen etc. etc. charakterisieren.

Vergleicht man aber ein Gestein, wie die Aufschlüsse an der Erdoberfläche, in Tunnels, Bergwerken oder Bohrlöchern es liefern, mit einem frisch gebildeten Sediment, so wird man tiefgreifende Unterschiede wahrnehmen. Diese Unterschiede sind die Folge mannigfacher Veränderungen im Werdegange der fossilen Sedimente. Manche Forscher haben die Schwierigkeiten jenes Vergleiches zweifellos unterschätzt; und es erklärt sich hieraus, dass über die Bildungs- umstände vieler Schichtgesteine unter den beteiligten Autoren bisher eine Einigkeit nicht erzielt werden konnte. Ich erinnere nur an

²⁶⁾ Österreichische Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen. LV. 1907. 49. Heft. p. 596—598. — Vergl. auch W. FREUDENBERG in Monatsber. deutsch. geol. Ges. 61. 1909. p. 273.

²⁷⁾ Vergl. in *) p. 589—591, 602—607.

²⁸⁾ J. THOULET. Sur la lithologie océanographique des mers anciennes Comptes Rendus 144. 1907. p. 1075—1077.

den Streit um die Natur der Schreibkreide und an die verschiedenen Ansichten über die Entstehung der Kieselgesteine mit Radiolarien, der Radiolarite im Sinne von STEINMANN²⁹⁾.

Die Veränderungen, denen ein Sediment nach seinem Absatz unterliegen kann, sind mannigfacher Art. Ein Beispiel mag dieses näher erläutern. Für die Entstehung mächtiger Korallenriffkalke, wie für die Bildung der Atolle müssen wir ein allmähliches Sinken des Meeresbodens (bezw. ein Ansteigen des Meeresspiegels) annehmen. Wenn hierbei die Aragonitsubstanz der Korallenskelette allmählich in die stabilere Modifikation des Kalkspats übergeht, und wenn gleichzeitig kohlsaurer Kalk, je nach der Schnelligkeit jenes Sinkens durch Aufnahme von Magnesiumkarbonat schneller oder langsamer eine chemische Umwandlung erfährt³⁰⁾, so sind das in der Natur des Sedimentes begründete Umwandlungsprozesse, welche, wenn auch in verschiedenem Grade, so doch notwendig eintreten. Andererseits ist die Umwandlung eines Korallenkalkes in Phosphat durch darauf abgelagerte Guanomassen³¹⁾ eine mehr zufällige Erscheinung, die wir mit der erwähnten Dolomitbildung in abgestorbenen Korallenriffen nicht vergleichen können. Einer solchen metasomatischen Umwandlung analog ist vielmehr die Beeinflussung der Sedimente durch Mineralwässer, durch Temperatur- oder Druckerhöhung, bezw. beides zusammen, also Thermo-, Kontakt- und Regionalmetamorphose, oder endlich die Umwandlung durch Verwitterung.

Man kann demnach die so verschiedenartigen Vorgänge, welche ein Sediment nach beendeter Ablagerung beeinflussen, in zwei Gruppen zusammenfassen, nämlich in solche, welche unter normalen Verhältnissen auf jedes Sediment, wenn auch verschieden stark, einwirken, und zweitens in alle übrigen mehr zufälligen Erscheinungen, einschliesslich der Verwitterung. Es hat sich als zweckmässig erwiesen, die erste Gruppe mit einem besonderen Namen zu bezeichnen. JOH. WALTHER, dem wir, wie erwähnt, auf diesem Gebiete viele Anregung verdanken, hat dafür den Ausdruck „Diagenese“ gewählt³²⁾.

Dieser Ausdruck ist zuerst durch VON GÜMBEL 1868 in seiner „Geognostischen Beschreibung des ostbayerischen Grenzgebirges“ angewendet worden. Im Laufe seiner „Andeutungen über die Bildungsweise der Urgebirgsgesteine“ bespricht dieser Autor die

²⁹⁾ Vergl. u. a. K. ANDRÉE l. c. (12) p. 372 ff.

³⁰⁾ Betreffe dieser Erscheinungen, welche durch die Untersuchungen von SKEATS an jungen Riffkalen und durch die Ergebnisse der Funafuti-Bohrung genauer bekannt geworden sind, vergl. auch E. PHILIPPI, Über Dolomitbildung und chemische Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. Neues Jahrb. f. Min. etc. Festbd. 1907. p. 397–445.

³¹⁾ Vergl. z. B. JOH. WALTHER, Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena 1893/94. p. 709.

³²⁾ l. c. (31) p. 693.

Entstehung des Gneises. Seine Ansicht geht dahin, dass derselbe unter Mitwirkung von Wasser entstand, mit anderen Worten, dass er ein Sediment des heißen Ozeans darstelle. Diese Anschauung besass früher neben der Auffassung des Gneises als erste Erstarrungskruste der Erde viele Anhänger. Es erschien von GÜMBEL zwar nicht wahrscheinlich, dass die Niederschläge unmittelbar in der Form der Mineralien, welche heute den Gneis zusammensetzen, sich bildeten, da in diesem Falle die einzelnen Gemengteile sich annähernd nach ihrer Schwere getrennt zeigen müssten, sondern er meinte, dass ein amorphes Gemenge sich ausgeschieden und sedimentiert habe, „welches“ — ich zitiere hier wörtlich — „seine weitere Ausbildung nun unter fortdauernder Mitwirkung der Agentien, unter deren Herrschaft es früher in Lösung sich befand, an dem Orte seiner Ablagerung erlangte“. Hierbei erwähnte von GÜMBEL die kristallinische Umbildung, das hiermit im Zusammenhang stehende Festwerden und den gegenseitigen Austausch gewisser Stoffe unter Vermittlung des Wassers und bezeichnete diesen ganzen Prozess der Gneisbildung als Diagenese.

Heute wissen wir, hauptsächlich durch die Arbeiten von SAUER und ROSENBUSCH, sowie die Untersuchungen von BECKE, GRUBENMANN und vieler anderer³³⁾, dass der Gneis anderer Entstehung ist, dass zwar auch Wasser, wenigstens die Elemente desselben hierbei mitwirkten, dass ebenfalls Kristallisation, Wanderung von Stoffen und Umtausch von solchen statthatte, aber in ganz anderer Weise als von GÜMBEL meinte. von GÜMBEL's Diagenese entspricht der Dynamometamorphose von heute, also gerade dem, was JOH. WALTHER in Gegensatz zu seiner „Diagenese“ stellte.

Es ist auf alle Fälle misslich, die Bedeutung eines wissenschaftlichen Begriffes zu ändern. Indessen, der Ausdruck der Diagenese ist uns so geläufig geworden, dass wir an von GÜMBEL's Hypothese der Gneisbildung dabei nicht mehr denken, sondern nur solche Vorgänge damit verbinden, welche, wie die Kristallisation, die Erhärtung und der Austausch von Stoffen zwar die Sedimente unter normalen Verhältnissen wesentlich beeinflussen, aber eben nicht bis zur Gneisbildung.

Der Ausdruck der Diagenese ist vielfach auch auf entsprechende Umwandlungen der Primärgesteine angewendet worden. Die Geschichte eines Sedimentes und diejenige eines erkalteten Massengesteines, einer erstarrten Lava sind aber so verschieden voneinander, dass ich dem nicht folgen kann. Meine weiteren Ausführungen beschränken sich daher auch auf die Diagenese der Sedimente.

Hier müssen wir aber m. E. schärfer definieren, als bisher geschehen ist. JOH. WALTHER (l. c.) versteht unter der Diagenese „alle

³³⁾ Vergl. z. B. L. MILCH, Die heutigen Ansichten über Wesen und Entstehung der kristallinen Schiefer. Geologische Rundschau I. (Leipzig 1910.) p. 36–58.

diejenigen physikalischen und chemischen Veränderungen, welche ein Gestein nach seiner Ablagerung, ohne das Hinzutreten von Gebirgsdruck und Vulkanwärme, erleidet. Es sind dieselben Vorgänge, welche aus einer rezenten Muschelschale eine fossile Versteinerung machen.“ Diese Begriffsbestimmung der Diagenese durch JOH. WALTHER ist nach meiner Ansicht eine noch viel zu weite.

Wenn ³⁴⁾ auf der Sinai-Halbinsel und an mehreren Punkten der Westküste des roten Meeres Korallenkalke durch Einwirkung schwefelhaltiger Quellen in Gips umgewandelt werden, so ist dieser Vorgang eine Zufälligkeit, welche mit der Entstehung des Korallenkalkes als solcher nicht das mindeste zu tun hat. Wenn am bekannten Iberge bei Grund im Harz die oberdevonischen Kalkmassen lokal in einen kieseligen Kalk verwandelt wurden, so ist doch dieser Vorgang hier nicht allein auf den Riffkalk des Oberdevons beschränkt, sondern auch die auf Spalten in diese eingesunkenen Culmkalke sind von der Umwandlung ebenfalls ergriffen worden, und der Prozess dieser Verkieselung ist offensichtlich auf von unten aufdringende Quellwässer zurückzuführen, welche mit der Bildung jener Kalke in keinem Zusammenhange stehen. Ich meine daher, eine genauere Präzisierung unseres Begriffes ist vonnöten.

Es ist nun nicht möglich, diese Präzisierung derart vorzunehmen, dass bestimmte chemische Veränderungen, welchen die Gesteine unterliegen können, in ihrer Gesamtheit hierhergestellt werden. Am Beispiel der Dolomitbildung sei dieses erläutert. Eine grosse Zahl von Forschern hat sich mit diesem Problem beschäftigt, viele Experimente sind angestellt worden, aber nur wenige unter Bedingungen, welche in der Natur verwirklicht sein dürften (vergl. z. B. oben p. 69). Hier sind insbesondere die neuesten Versuche von G. LINCK ³⁵⁾ zu erwähnen, welcher Bodenkörper erhalten hat, die, wenn nicht sofort Dolomit, so doch sehr schnell in solchen übergingen. Durch Mischen von Magnesiumchlorid oder Magnesiumsulfat (2 Moleküle oder je 1) mit Ammoniumkarbonat ($1\frac{1}{2}$ Moleküle) und Calciumchlorid (1 Molekül) erhielt LINCK einen gallertartigen Niederschlag, der sich bereits bei der Erwärmung auf 30° in einen kristallinen Bodensatz umsetzte. Dieser besteht ausschliesslich aus (5—6 tausendstel Millimeter grossen) Sphärolithen von schwachem positivem Charakter der Doppelbrechung, dem spez. Gew. 2,6—2,7 und der Zusammensetzung von 1 Mol. CaCO_3 und 1 Mol. MgCO_3 . Wurde dieser Niederschlag, in Röhren eingeschmolzen, auf 40—50° C erwärmt, so wandelte er sich restlos weiter um in stark doppelbrechende Sphärolithe von negativem Cha-

³⁴⁾ Ich greife hier einige Beispiele heraus, die JOH. WALTHER in dem Kapitel über „Die Diagenese“ l. c. p. 698—711 angeführt hat, und verweise auf die dort zitierte Literatur.

³⁵⁾ Vergl. die in Anm. 17 zitierte Arbeit. Hierzu siehe auch W. MEIGEN in „Geologische Rundschau“ I. 1910. Bespr. p. 126.

rakter der Doppelbrechung, die in kalter verdünnter Essigsäure fast unlöslich waren, ein spez. Gew. von über 2,72 zeigten und die chemische Zusammensetzung von Dolomit hatten. Entsprach der erste Niederschlag wahrscheinlich der III., sogenannten VATER'schen Modifikation des kohlensauren Kalkes³⁶⁾, so ist das letzte Produkt ohne Zweifel normaler Dolomit, dessen Entstehung hierdurch im wesentlichen aufgeklärt zu sein scheint: „Immer und überall ist der Dolomit das Produkt eines chemischen Gleichgewichtes zwischen der Lösung und dem Bodenkörper.“ Aber es gibt viele Wege, auf welchen dieses chemische Gleichgewicht in der Natur erreicht wird. Wenn ein Korallenoolith des weissen Jura der Umrandung der Hilsmulde durch aufsteigende Quellwässer von Spalten aus so dolomitisiert wurde, dass seine Oolithstruktur völlig verloren ging, wenn in der Lindener Mark bei Giessen der Stringocephalen-Kalk auf grosse Erstreckung hin in körnigen Dolomit umgewandelt ist, so ist das, wenn als chemischer Vorgang vielleicht auch das gleiche, petrogenetisch betrachtet doch ganz etwas anderes, als wenn in oben angegebener Weise ein abgestorbenes Korallenriff langsam, unter der Einwirkung des Meerwassers, in dem Medium, in welchem es entstanden ist, in Dolomit pseudomorphosiert wird.

Ich ziehe daher vor³⁷⁾, die Diagenese der Sedimente auf diejenigen molekularen und chemischen Umlagerungen zu beschränken, welche das sedimentierte Material unter dem Einfluss des Mediums, in welchem es abgelagert wurde, erleidet und welchen es eventuell auch noch nach Heraushebung aus diesem Medium durch die gewöhnliche Bergfeuchtigkeit oder durch zirkulierende vadose Wässer unterlegen ist, soweit dieselben keine fremden (von ausserhalb des Sedimentes stammenden) Stoffe gelöst enthalten.

Als die hauptsächlichsten hier in Betracht kommenden Vorgänge

³⁶⁾ Der kohlensaure Kalk ist heute in 4 Modifikationen bekannt, nämlich ausser den bekannten Kalkspat und Aragonit in einer III., zuerst von VATER 1893 dargestellten Modifikation, die neuerdings auch von O. BÜRSCHLI untersucht worden ist. Sie ist allem Anschein nach identisch mit LACROIX' Ktypeit (1898) (spez. Gew. gleichermassen etwa = 2,6, Charakter der Doppelbrechung positiv.) Die 4. Modifikation ist der amorphe oder gallertige kohlensaure Kalk, der aber sehr labil ist. (Der „Conchit“ AGNES KELLY's, den E. HAUG noch 1907 in dem Kapitel über die Diagenese [Traité de Géologie I. p. 113] anführte, ist nach R. BRAUNS und VATER 1901 identisch mit Aragonit.) — Eine eingehende Diskussion dieser für die Sedimentpetrographie so bedeutungsvollen Dinge gab neuerdings O. BÜRSCHLI, Untersuchungen über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde etc. Abh. Kgl. Ges. Wiss. Gött. Math. Phys. Kl. N. F. VI Nr. 3. Berlin 1908, bes. p. 7—40.

³⁷⁾ K. ANDRÉS, Über einige Vorkommen von Flusspat in Sedimenten, nebst Bemerkungen über Versteinerungsprozesse und Diagenese. Tscherma's Min. Petrogr. Mitt. XXVIII. 1909. p. 535—556, bes. p. 543.

nenne ich vier, nämlich Umkristallisierungen, Konkretionsbildung, Erhärtung und Entsalzung. Diese Vorgänge können sich in mannigfacher Weise untereinander kombinieren; ihre Wirkungen können durch nachträgliche Metamorphose infolge Druck- und Temperatursteigerungen oder auch durch die Verwitterung stark verwischt werden, nichtsdestoweniger sind sie in ihren Beziehungen zur Petrogenie der Sedimente so gut charakterisiert, dass für sie allein der Begriff Diagenese reserviert bleiben sollte.

(Schluss folgt.)