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

I. Aufsätze und Mitteilungen.

Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpetrographie.

Von **K. Andrée** in Marburg i. H.

(Schluss.)

Für das Verständnis diagenetischer Vorgänge ist es sehr wichtig die Kenntnis der einzelnen Komponenten der Sedimente (siehe oben) zu besitzen; es ist jedoch bei Sedimentgesteinen, welche von der Diagenese stark in Mitleidenschaft gezogen worden sind, keineswegs immer leicht, sich diese Kenntnis zu verschaffen.

Molekulare Umlagerungen in Sedimenten können auf mancherlei Weise zustande kommen. Umwandlungen polymorpher Substanzen aus einer labilen in eine stabilere Modifikation, Veränderungen in der Korngrösse, sowie gewisse Wanderungen und Konzentrationen von Stoffen, mit oder ohne chemische Umsetzungen, sind hier zu nennen. Je nach der Art der Sedimente scheint die Neigung zu solchen Umkristallisierungen verschieden gross zu sein. Besonders tonige Sedimente scheinen diese Neigung nicht zu begünstigen. So berichteten J. Murray und E. Philippi[38]) im „Valdivia"-Werk, dass im Globigerinenschlamm mit den Schalen der pelagischen Foraminiferen öfters ein Umkristallisierungsprozess vor sich zu gehen scheint, der im Blauschlick nicht eintritt. Es ist möglich, dass Untersuchungen über die innere Oberfläche rezenter Meeressedimente durch Feststellung der Hygroskopizität, wie sie m. W. bisher nur von E. Küppers[39]) ausgeführt worden sind, uns Aufklärungen über den Grund dieser Verschiedenheiten geben werden. Die Fortschritte der physikalischen Chemie in den letzten Jahrzehnten gestatten uns jetzt, solche Umkristallisationen in festem Aggregatzustande anzunehmen, und wir brauchen für dieselben nicht mehr eine allgemeine Erweichung der

[38]) Vergl. unter [4]) p. 154.

[39]) E. Küppers, Physikalische und mineralogisch-geologische Untersuchung von Bodenproben aus Ost- und Nordsee. Wissensch. Meeresunters., herausgeg. von d. Komm. zur Unters. d. deutsch. Meere etc. Abt. Kiel. N. F. Bd. 10. 1906 p. 1—11

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

Sedimente zu fordern, bzw. dieselben in eine Phase vor der Verfestigung zu verlegen, wie das z. B. H. Loretz[40]) noch tun zu müssen glaubte.

Als Beispiel für die Herstellung einer stabileren Modifikation sei die Umwandlung der labilen Modifikationen des kohlensauren Kalkes in den beständigen Calcit angeführt. Nach G. Linck[41]) bestehen die rezenten marinen Oolithe, wie sie sich an der Küste von Key West-Florida, auf der Reede von Suez und an der Küste der Sinai-Halbinsel bilden, aus Aragonit. Es ist nach den neueren Erfahrungen zweifelhaft, ob sie in der metastabilen Form dieses Minerales ausgeschieden wurden; vielleicht[42]) erfolgte ihr Niederschlag aus dem Meerwasser der organismenreichen Flachsee in Form der noch weniger beständigen III., Vater'schen Modifikation des kohlensauren Kalkes[43]). Wie dem aber auch sei, die fossilen Oolithe bestehen meistens aus Kalkspat. Weitere Untersuchungen müssen lehren, ob der Kalkspat aller dieser Gesteine sekundärer Entstehung ist; denn es sind neuerdings von K. Krech Gründe vorgebracht worden[44]), welche auch die direkte Entstehung von Kalkspatoolithen wahrscheinlich machen. Vielleicht sind die Ooide[45]) des Rogensteines unseres Buntsandsteines mit ihren eigenartigen von E. Kalkowsky so eingehend beschriebenen, wohl sicher primären Strukturen als Kalkspat entstanden; und vielleicht bestehen somit doch innerhalb der Klasse der Oolithe Differenzen derart, dass marine Aragonit- (bzw. Ktypeït-) Oolithe den lakustren Kalkspatoolithen gegenübergestellt werden könnten, Differenzen, welche auf verschiedenartige physikalisch-chemische Ausscheidungsbedingungen, auf verschiedene Lösungsgenossen zurückzuführen wären. Schon ein Teil der Versuche von G. Linck[46]), wobei zwar noch keine Sphärolithe, sondern einfache Kristalle von Kalkspat gewonnen wurden, könnte in diesem Sinne gedeutet werden. Wie dem aber auch sei, wo eine labilere Modifikation des kohlensauren Kalkes in Kalkspat übergeht, geht meistens alle feinere Struktur verloren; in Sedimenten, welchen aragonitische Schalreste beigemengt sind, werden diese entweder überhaupt

---

[40]) Zeitschr. deutsch. geol. Ges. **31**. 1879. p. 774.

[41]) Siehe Anm. 17a, p. 498.

[42]) G. Linck, siehe Anm. 17b, p. 276, und 17c, p. 8 (bezw. p. 235).

[43]) H. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine, I,2. 4. Aufl. Stuttgart 1905. p. 129, hat die rezenten, marinen Oolithe aus „Ktypeït" bestehend gefunden. (Über diesen vergl. Anm. 36.) Auch im Hauptrogenstein des badischen Oberlandes fand R. noch Reste von „Ktypeït."

[44]) K. Krech, Beitrag zur Kenntnis der oolithischen Gesteine des Muschelkalkes um Jena. Jahrb. Kgl. Preuss. Geol. Landesanst. f. 1909. XXX. I. p. 110—112.

[45]) Ich begrüsse mit G. Linck (1909) die Schaffung dieses neuen Terminus für die „Oolithkörner" durch E. Kalkowsky (l. c. p. 72), trotz Fr. Gaub's diesbezüglichen Bedauerns. (Die jurassischen Oolithe der Schwäbischen Alb. Geol. und Paläontol. Abhandl. N. F. IX (XIII). Heft 1. Jena 1910. p. 15.)

[46]) Siehe Anm. 17a.

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

aufgelöst oder durch eben diese Umkristallisation unkenntlich, während kalkspätige Organismenreste ihre Struktur oft bis ins einzelne erhalten zeigen; sie haben nicht nur keine Auflösung erfahren, sondern lassen im Gegenteil oft ein Weiterwachsen ihrer Calcitindividuen erkennen[47]). Ich erinnere nur an den so lange bekannten Fossilisierungsmodus der Echinodermenskelette, welche schon beim lebenden Tiere aus Kalkspat bestehen, und an die hohlen Ananchyten der senonen Schreibkreide von Hemmoor bei Stade oder von Lägerdorf, wie sie in vielen norddeutschen Sammlungen liegen[48]). Hier ist jeder Tafel nach innen weitere Kalkspatsubstanz angelagert, welche nun in freier Rhomboëder-Endigung in den Hohlraum des Seeigels hineinragt. Auch im Faxe-Kalk auf Seeland kommt, wie ich mich kürzlich überzeugen konnte, die gleiche Erscheinung vor. Jene molekulare Umlagerung der Aragonitschalen in Kalkspatsubstanz hat u. a. Hausmann bereits 1855[49]) der K. Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen während der umfassenden Behandlung der „Molekularbewegungen in starren leblosen Körpern" vorgetragen. Die Beziehungen des metastabilen Aragonites zum stabilen Kalkspat sind dann neuerdings durch Foote dargelegt worden[50]).

Auch die Entglasung ursprünglich amorpher Substanzen dürfte in vielen, besonders marinen Sedimenten eine Rolle spielen. Kleinste Fragmente vulkanischer Gläser sind den Sedimenten der Tiefsee in der Jetztzeit vielfach beigemengt, und es liegt kein Grund vor anzunehmen, dass es früher anders gewesen sei. Sofern dann diese Fragmente nicht nach ihrer eventuell grossen Menge oder ihrer charakteristischen Form noch nach dieser Umwandlung zu erkennen sind, werden sie nur schwer ihrer Natur nach zu definieren sein.

W. Ostwald[51]) hat 1900 experimentell nachgewiesen, dass einer Verfeinerung des Korns eine Erhöhung der Löslichkeit parallel geht. Dementsprechend ist eine Aufzehrung kleinerer Komponenten zugunsten grösserer eine weit verbreitete Erscheinung, die man seit langer Zeit nicht nur beim Kochen oder längeren Stehenlassen chemischer Niederschläge in ihrer Mutterlauge nachahmt[52]), sondern auch in der Natur beobachten kann. Ein altbekanntes Beispiel hier-

[47]) Vergl. z. B. auch K. Krech l. c. (Anm. 44), p. 78, 80.

[48]) H. Hanssen, Die Bildung des Feuersteins in der Schreibkreide. Inaug. Dissert. Kiel 1901. p. 42. Fig. 5.

[49]) J. F. L. Hausmann, Über die durch Molekularbewegungen in starren leblosen Körpern bewirkten Formveränderungen. I. Abh. Kgl. Ges. Wissensch. Göttingen. **6**. 1853—1855. (Göttingen 1856) Phys. Cl. p. 169.

[50]) Foote, Über die physikalisch-chemischen Beziehungen zwischen Aragonit und Calcit. Zeitschr. f. phys. Chemie. **33**. 1900. p. 740.

[51]) W. Ostwald, Über die vermeintliche Isomerie des roten und gelben Quecksilberoxyds und die Oberflächenspannung fester Körper. Zeitschr. f. Phys. Chem. etc. **34**. Leipzig 1900. p. 495–503.

[52]) Vergl. z. B. H. Rose in Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie. **84**. p. 554, 566. G. Bischof, Lehrb. chem. u. phys. Geol. 2. Aufl. Bd. I. p. 138—139.

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

für ist die Vergrösserung des Korns beim Übergang von Schnee in Firn- und von Firn- in Gletschereis. Aber auch in anderen „chemischen" Sedimenten, einschliesslich der Karbonat-Komponenten, besonders in den Salzlagerstätten, dürfte dieser Faktor eine massgebende Rolle spielen. Schon Fr. Kuhlmann[53]) ist dieser Kornvergrösserungsvorgang an Kalkspat- und Steinsalzstalaktiten aufgefallen. Für unsere Steinsalzlager des Zechsteins beweisen die Wellenfurchen, welche E. Zimmermann[54]) an einem Steinsalzbohrkern von Schlitz in Hessen nachgewiesen hat, dass das Salz als lockerer Salzsand sich ausgeschieden hat und erst durch nachträgliche Umkristallisationen, unter Kornvergrösserung, verfestigt worden ist.

Unsere Salzlager sind aber auch die Stätten grossartiger chemischer Umsetzungen, welche bald nach der Ablagerung einsetzten und teilweise bis zur Jetztzeit fortdauern. Während als erste Ausscheidungen aus der eingeengten Salzlösung nur wenige Mineralien zu betrachten sind, gibt es eine grössere Zahl sekundärer Salze, wie das die Untersuchungen von Precht, van't Hoff und anderen dargetan haben. Everding[55]) hat in einer wichtigen Arbeit diese sekundären Bildungen in deszendente und posthume Bildungen gegliedert, was einen wesentlichen Fortschritt gegen früher bedeutet. Er bezeichnete als deszendent alle diejenigen Salze, welche „alsbald nach Abscheidung der Muttersalzfolge, noch während der Zechsteinzeit, aus der Umlagerung oder Umbildung des Muttermaterials hervorgegangen sind", als posthum jedoch solche Salzumbildungen, die erst in postpermischer Zeit, nach der Einbettung der Muttersalze wie der Deszendenzsalze unter der Decke der mesozoischen Schichten und nach der Auffaltung und Zerstückelung dieser Decke, entstanden zu denken sind." Petrogenetisch betrachtet, können wir diese Umbildungen nur zu einem Teile als diagenetische in Anspruch nehmen. Insbesondere wären alle sogenannten Hutbildungen, zu denen vor allem die Entstehung der Kaïnite gehört, als veranlasst durch Atmosphärilien davon auszuschliessen und in die Gruppe der Verwitterungserscheinungen zu stellen.

Einen sehr interessanten Fall diagenetischer Umbildung, durch welchen der freie Wasserstoff der Salzlagerstätten seine Erklärung findet, hat uns A. Johnsen[56]) in Anlehnung an ältere Arbeiten von Precht kürzlich verstehen gelehrt, nämlich die Entstehung des manchen Carnallit rotfärbenden, orientiert eingewachsenen Eisenglanzes

---

[53]) Force cristallogénique. Formation du spath calcaire, du sel gemme, des glaciers, etc. Comptes rendus t. **58**. 1864. p. 1038, 1040. Vergl. auch H. Sainte-Claire-Deville, ibidem t. **59**. 1864. p. 44, 45.

[54]) Monatsber. deutsch. geol. Ges. **60**. 1908. p. 70.

[55]) H. Everding, Zur Geologie der Deutschen Zechsteinsalze. In „Deutschlands Kalibergbau". Abh. Kgl. Preuss. Geol. Landesanst. N. F. Heft 52 (Teil I). Berlin 1907. p. 31.

[56]) A. Johnsen, Regelmässige Verwachsung von Carnallit und Eisenglanz. Centralbl. f. Min. etc. 1909. p. 168—173.

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

durch Entmischung eines supponierten Eisen-Magnesiumcarnallites und durch Oxydation von Eisenchlorür unter Neubildung von Magnesium-Carnallit. Folgende Formeln mögen diese Umbildung verdeutlichen:

1) $6\,(KCl\,.\,FeCl_2\,.\,6\,H_2) = 4\,FeCl_3 + \underline{Fe_2O_3} + 6\,KCl + \underline{3\,H_2} + 33\,H_2O.$

2) $4\,FeCl_3 + 6\,Mg(OH)_2 = \underline{2\,Fe_2O_3} + 6\,MgCl_2 + 6\,H_2O.$
(im Carnallit)

3) $6\,KCl + 6\,MgCl_2 + 39\,H_2O = 6\,(KCl\,.\,MgCl_2\,.\,6\,H_2O) + 3\,H_2O.$
(neu gebildeter Carnallit)

Andere molekulare Umlagerungen in Sedimenten sind mit Stoffwanderungen aufs engste verknüpft. Das wird am deutlichsten für die Bildung der Konkretionen. Wenn auch gelegentlich chemische Umsetzungen hierbei eine Rolle spielen mögen, in der Hauptsache dürften die Stoffe als solche sich auf die Wanderung begeben und um gewisse Zentren, oft irgendwelche Organismenreste, sich konzentriert haben. Bei diesem Vorgange ist am schwersten die erste Ausscheidung des betreffenden Stoffes zu deuten; und wir müssen gestehen, dass wir bisher darüber kaum unterrichtet sind, weshalb in dem einen Sediment Konkretionen entstehen, in dem anderen von ähnlicher Beschaffenheit aber nicht, oder weshalb einmal um viele enggescharte Zentren kleinste Zusammenballungen sich bilden, während ein anderes Mal grosse, weit entfernt voneinander liegende Knollen entstehen. Ist aber ein solches Ausscheidungszentrum gegeben, dann wirkt es, ebenso wie ein Kriställchen irgend einer Substanz in deren Lösung, als „Keim“ „impfend“ auf die Umgebung. Auch das oben erwähnte Weiterwachsen des Kalkspats der Echinodermenskelette könnte in diesem Zusammenhange genannt werden. Aber selbst das Weiterwachsen der Aragonitnadeln von Korallenskeletten in den benachbarten Kalkschlamm in einem ersten Stadium diagenetischer Umwandlung hat Skeats[57]) beobachtet.

Sehr verbreitet sind Konkretionen von Schwefeleisen in vielen Sedimentgesteinen, das eine Mal in Form von ringsum ausgebildeten Kristallen des Pyrits, das andere Mal in radialstrahligen Konkretionen, die entweder dem Pyrit oder dem Markasit angehören. Auch als Bindemittel, z. B. von Sandsteinen, tritt der Pyrit auf. In fast allen Meeressedimenten der Jetztzeit, welche organismenreichen Meeresteilen entstammen, ist Schwefeleisen in geringer Menge vorhanden; am minimalsten in den roten Tonen der Tiefsee und in den roten Kontinentalschlammen tropischer Küsten. In feiner Verteilung bedingt es in der Hauptsache die blauschwarze Farbe des sogenannten Blauschlicks der Kontinentalabhänge, was in ähnlicher Weise für viele

[57]) E. W. Skeats, The chemical composition of limestones from upraised coral islands, with notes on their microscopical structure. Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard Coll. **42**. 1903. Geol. Ser. 6. Nr. 2. p. 53—126.

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

blaugraue Kalke, z. B. des Muschelkalkes, Geltung hat[58]). Dass die Entstehung und Zusammenballung dieser Verbindung von Eisen und Schwefel auf Verwesung organischer Substanz zurückgeht, zeigen die vielfachen Funde in Verknüpfung mit Organismen. In Diatomeenschalen der alluvialen Schlickböden Hollands wies VAN BEMMELEN[59]), in Diatomeen des Schwarzen Meeres ANDRUSSOW[60]), in Foraminiferen (seltener in Seeigelstacheln und Schneckenschalen) RHUMBLER[61]) Schwefeleisen nach; und fossile Vorkommnisse dieser Art sind so häufig und bekannt, dass es sich erübrigt, hierbei länger zu verweilen[62]). In grösserem Massstabe erfolgt Schwefeleisenbildung in abgeschlossenen, schlecht ventilierten Meeresteilen, wie im Schwarzen Meere, in tiefer eingesenkten, der normalen Zirkulation entzogenen Mulden der Flachsee, und zwar insbesondere infolge des Mangels an Sauerstoff. In früheren Zeiten scheint solche Schwefeleisenbildung weiter verbreitet gewesen zu sein; und mit Recht hat wohl E. PHILIPPI[63]) den Schluss gezogen, dass geringerer Sauerstoffgehalt des Tiefenwassers jener Zeiten, bedingt durch völlig von den heutigen abweichende paläogeographische Verhältnisse (während des Mesozoikums und früher), hierfür verantwortlich gemacht werden müsse. Aber ganz abgesehen hiervon mögen grössere Konkretionen von Schwefeleisen den rezenten Meeressedimenten besonders deshalb fehlen, weil sie sich in dem fertigen Sediment durch Zusammenballung des zunächst in feiner Verteilung ausgeschiedenen Schwefeleisens erst zu bilden scheinen, nachdem neues, darüber abgelagertes Material dasselbe von direkter Verbindung mit dem Meerwasser abgeschnitten hat. Der ganze Prozess der Bildung beginnt nach VAN BEMMELEN und ANDRUSSOW mit der Ausscheidung von Ferrosulfid, Einfachschwefeleisen, FeS. Die Böschungen des Schwarzen Meeres tragen nach ANDRUSSOW eine oberflächliche Lage von schwarzem, FeS-führendem Schlamm. Erst darunter liegt blaugefärbter Schlamm mit nagelförmigen Konkretionen von Pyrit, FeS_2.

---

[58]) Vergl. z. B. EDM. LIEBETRAU, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **41**. 1889. p. 723.

[59]) J. M. VAN BEMMELEN, Bydragen tot de Kennis van den Alluvialen Bodem in Nederland. Amsterdam 1886. (Vergl. auch F. SCHUCHT, Das Wasser und seine Sedimente im Flutgebiete der Elbe. Jahrb. Kgl. Pr. Geol. Landesanst. f. 1904. XXV. p. 450—453, 460—463.)

[60]) N. ANDRUSSOW, La mer noire. Guide des excursions du VII. Congr. géol. internat. 1897. XXIX. p. 13.

[61]) L. RHUMBLER, Eisenkiesablagerungen im verwesenden Weichkörper von Foraminiferen etc. Vorl. Mitt. Nachr. Kgl. Ges. Wiss. Göttingen 1892. p. 419—428 und Zeitschr. wissensch. Zoologie. **57**. 1894. p. 573–578. Tafel XXII. Fig. 42.

[62]) Z. B. W. DEECKE, Diatomeenkieskerne im paläocänen Tone Greifswalds. Monatsber. d. deutsch. geol. Ges. **59**. 1907. p. 254—255.

[63]) E. PHILIPPI, Über das Problem der Schichtung und über Schichtbildung am Boden der heutigen Meere. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **60**. 1908. p. 359, 360.

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

Konkretionsbildung ist von vielen Mineralien bekannt. Manche Lagerstätten von Konkretionen, so z. B. die mancher Toneisenstein-, bzw. Sphärosideritkonkretionen, sind technisch verwertbar, und Gürich [64]) hat für solche eine „diagenetische Gruppe“ schichtiger Erzlagerstätten aufgestellt.

Die Konkretionen sind früher gelegentlich mit Geröllen oder mit Hohlraumausfüllungen analog den Achatmandeln, also sogenannten Sekretionen, verwechselt worden, da man sich ihre Bildungsweise nicht recht zu vergegenwärtigen vermochte. Die Fortschritte auf chemisch-physikalischem Gebiete haben auch hier Wandel geschaffen, indem sie zeigten, dass Wanderungen von Stoffen selbst bei festem Aggregatzustande möglich sind. Einen präexistierenden Hohlraum, wie für die Entstehung von Sekretionen, brauchen wir daher für unseren Fall nicht anzunehmen, vielmehr schreiben wir der kristallisierenden Materie die Fähigkeit zu, sich eventuell den Platz durch Beiseiteräumen im Wege stehender Stoffe selbst zu schaffen. Auf diese Betätigung einer Kristallisationskraft bei der Genese der Sedimente ist meines Erachtens bisher zu wenig Gewicht gelegt worden. Schon von Weissenbach [65]) hatte 1836 die Erweiterung von Gangklüften und die Ausbildung schwebender, allseitig mit Kristallflächen versehener Mineralien auf „die Gewalt des vorschreitenden Auskrystallisierens“ zurückgeführt. R. Bunsen [66]) war sodann der erste, welcher eine der uns hier in erster Linie interessierenden Bildungen in gleicher Weise deutete. Seine Angabe bezieht sich auf den Gips, der sich in Tonablagerungen Islands ausgeschieden findet. Bunsen sagt hierüber: „Die Krystallbildung tritt mithin hier in den Kreis der mechanischen Kräfte, indem sie die durchfeuchteten Thonlager in dem Masse durch das Wachsthum der sich bildenden Gypseinlagerungen hebt oder nach aussen zusammenpresst, als die Masse der letzteren zunimmt.“ Seitdem machte wohl der eine oder andere Forscher dahingehende Beobachtungen, je nach seinem Forschungsgebiete an Mineralgängen, an Konkretionen oder an schwebend und ringsum ausgebildeten Kristallen, aber eine einwandsfreie physikalische Erklärung der Kristallisationskraft ist bis heute nicht gegeben worden. Ich kann hier auf die Anführung der diese Frage betreffenden Literatur um so eher verzichten, als erst kürzlich zwei Zusammenstellungen derselben gegeben worden sind, von Franz E.

---

[64]) G. Gürich, 77. Jahresber. Schles. Ges. f. vaterl. Kultur für 1899. II. Abth. Naturwiss. Section. p. 3—4. (Breslau 1900.)

[65]) C. G. A. von Weissenbach, Abbildungen merkwürdiger Gangverhältnisse aus dem sächsischen Erzgebirge. Leipzig 1836. p. 23, 26.

[66]) R. Bunsen, Über den inneren Zusammenhang der pseudovulkanischen Erscheinungen Islands. Annal. Chemie und Pharmazie. LXII. Bd. 1. Heft. 1847. p. 1—59, bes. p. 15.

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

Suess[67]) und von W. Bornhardt[68]). Die Mitteilungen dieser und der älteren Autoren beziehen sich zwar nur zu einem kleinen Teil auf Kristallisationsvorgänge während der Diagenese. Immerhin scheint es mir wichtig, die Bedeutung dieser Erscheinung auch für unsere Fragen ins Licht zu stellen.

Das bekannteste und leicht zu beobachtende Beispiel bildet der Gips. Ein wasserklarer Gipskristall, den wir aus dem Septarienton des Mittelrheintales oder Mainzer Beckens ausgraben, oder die Zersprengung und Aufblätterung der verwitternden oberkambrischen Alaunschiefer von Andrarum durch Kristallisation von Gipsrosetten auf den Schichtflächen zeigen die Wirkung des „Wachstumsdruckes" der Kristalle ebenso, wie Salpeterkristalle, die wir in kleisterartiger Stärke sich ausbilden lassen (O. Lehmann 1877). Manche Konkretionen haben das umgebende Sediment beim Fortwachsen deutlich beeinflusst, und R. A. Daly (1900) hat Fälle beschrieben, in denen hierbei Druckschieferung des umliegenden Tonschiefers entstanden ist. Auch die grossen Stinkkalkkonkretionen und Anthrakonitkristallisationen, die man in den Alaunschieferbrüchen des Oberkambriums am Westabhang des berühmten Kinnekulle in Westergötland beobachtet, haben einen Wachstumsdruck ausgeübt. Hierauf weisen nicht nur die Rutschflächen, welche, mit kohliger Substanz überzogen, das Gestein vielfach durchziehen, sondern auch die über den Konkretionen stark emporgewölbten Alaunschieferlagen hin, die unmöglich in dieser geneigten Lage sedimentiert worden sein können, vielmehr erst nachträglich in dieselbe hineingebracht worden sein müssen.

Für alle Vorkommnisse „schwebend" ausgebildeter, in irgendwelchen Sedimenten eingewachsener Pyrit-, Quarz-, Cölestin- Gipskristalle usw. müssen wir die Betätigung eines Wachstumsdruckes annehmen, und auch die Ausscheidung der Steinsalzwürfel, denen die bekannten, sogenannten Steinsalzpseudomorphosen unseres Röts oder Salzkeupers ihre Entstehung verdanken, ist unter Beiseiteschieben des Schlammmediums erfolgt. Weshalb nun aber das gleiche Mineral in dem einen Falle Wachstumsdruck ausübt, in einem anderen nicht, ist ebenso wie die physikalische Erklärung der ganzen Erscheinung ein Rätsel. So haben viele Gipskristalle, die in Ton wuchsen, Teile desselben umschlossen, andere in Sanden zeigen bisweilen grosse Massen eingeschlossenen Quarzsandes. Dasselbe kennen wir auch vom Kalkspat und Schwerspat[69]), sowie vom Flussspat.

---

[67]) Franz Ed. Suess, Die Bildung der Karlsbader Sprudelschale unter Wachstumsdruck der Aragonitkristalle. Mitt. Geol. Ges. in Wien. II. 1909. p. 392—444. Taf. X—XV. p. 414—421.

[68]) W. Bornhardt, Über die Gangverhältnisse des Siegerlandes und seiner Umgebung. I. Archiv für Lagerstättenforschung. Heft 2. Berlin 1910. p. 213—228.

[69]) Vergl. z. B. R. Delkeskamp, Über die Krystallisationsfähigkeit von Kalkspat, Schwerspat und Gyps bei ungewöhnlich grosser Menge eingeschlossenen Quarzsandes. Zeitschr. f. Naturwissensch. **75**. 1903. p. 185—208.

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

Die sandhaltigen Gipse sind u. a. aus vielen Trockengebieten bekannt. In der algerischen Sahara werden sie dem Reisenden als (falsche) „Rosen von Jericho“ zum Kauf angeboten. Joh. Walther [70]) hat sie aus transkaspischen Wüsten, Futterer [71]) aus tertiären Ablagerungen Tibets beschrieben. Die sandhaltigen Kalkspäte, seit langem bekannt von Fontainebleau, haben in ihrem Vorkommen im deutschen Buntsandstein neuerdings in Strasser [72]) einen Bearbeiter gefunden, der insbesondere neue Heidelberger Funde beschrieb und alles, was über die gar nicht so seltenen Gebilde bekannt geworden ist, zusammentrug. Für die sandhaltigen Baryte von Kreuznach und von Rockenberg in der Wetterau ist eine diagenetische Entstehungsweise unwahrscheinlich. Delkeskamp, der sich eingehend mit dieser Frage beschäftigte, meint, dass das Baryum mit Quellwässern von unten aufgedrungen sei. Andere Barytkonkretionen sind aber zweifellos diagenetischen Ursprunges und finden ihr Analogon in den so oft zitierten 75 % $BaSO_4$ enthaltenden Konkretionen des 1234 m tiefen Meeresbodens bei Colombo (Jones). Viel seltener sind endlich die sandhaltigen Flussspäte. Mackie hat sie erst kürzlich in den Triassandsteinen von Elgin in Schottland nachgewiesen, in nicht erkennbarem Zusammenhange mit irgendwelchen Eruptivgesteinen oder Spaltenausfüllungen, so dass eine diagenetische Entstehung dieses Flussspates aus fluorhaltigen Mineralien dieser Sandsteine vieles für sich hat.

Ich [73]) habe sodann für gewisse andere Flussspatvorkommen auseinanderzusetzen versucht, dass dieselben auf diagenetischem Wege aus einem nur wenig Fluor enthaltenden Sedimentgesteine entstanden zu denken sind. Ich konnte hierfür insbesondere eine Anzahl mariner Sedimentgesteine ins Feld führen, und zwar solche, die der organismenreichen Flachsee entstammen, wie der z. T. koralligene Hauptrogenstein des badischen Oberlandes und der Nordschweiz, die bryozoenreichen Dolomite des mittleren Zechsteines am südlichen Harzrande, die oolithischen Valanginien-Kalke des Säntis oder die organismenreichen Schrattenkalke desselben Gebirgstockes.

Schon Mitte des vorigen Jahrhunderts ist von einem amerikanischen Autor (Dana auf Grund der Analysen von Silliman jr.) auf diese Fragen hingewiesen worden; aber alle derartigen Vorkommen sind immerhin nicht bedeutend, und es erklärt sich hieraus, dass unsere Lehrbücher den Flussspat fast nur als typisches Gangmineral anführen. Diese sekundären Vorkommnisse sind aber für unsere Kenntnis der Stoffwanderungen von grosser Bedeutung. In allen genannten

---

[70]) Das Gesetz der Wüstenbildung etc. l. c. p. 129. Fig. 49.

[71]) K. Futterer, Durch Asien. II. 2. Berlin 1909. p. 50. Taf. X.

[72]) R. Strasser, Über Scheinkristalle aus dem Buntsandstein bei Heidelberg. Verh. Naturhist. Mediz. Vereins zu Heidelberg. N. F. VIII. 3. Heft. 1907 p. 371—396. Taf. IV, V.

[73]) K. Andrée, l. c. vergl. Anm. 37.

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

Fällen tritt der Flussspat entweder in ringsum geschlossenen Hohlräumen, z. B. in Drusen umkristallisierter Korallen, auf oder auf Spalten, deren tiefes Hinuntersetzen in die Erdrinde immerhin nicht wahrscheinlich ist. Letzteres gilt insbesondere für den Säntis, dessen auf Flysch überschobene Kreidefalten auf vermutlich bei der Überfaltung entstandenen Querbrüchen im Valanginien- und Schrattenkalk jene Ansiedelungen von Flussspat aufweisen; in die mehr oder weniger plastische Flyschunterlage dürften diese Querbrüche nicht hinuntersetzen, zum mindesten aber werden sie hier nicht als klaffende, der Zirkulation von Lösungen dienende Spalten entwickelt sein.

Fragen wir nach den Quellen des Fluors, so liegt nichts näher, als den durch Organismen in ihren Schalen und Hartteilen aufgespeicherten Fluorgehalt des Meerwassers hierfür heranzuziehen. Ein solcher ist seit Forchhammer's klassischen Untersuchungen mehrfach festgestellt worden, so durch Wilson, Carnot und Carles; derselbe beträgt ca. $^3/_4$ gr in 1 t Wasser. In bezug auf die Anreicherung dieses Fluorgehaltes des Meerwassers durch Organismen sind insbesondere die Hartteile der Korallen, Austern und Miesmuscheln (Mytilus) untersucht worden, und eine Berechnung ergab mir, dass aus 1000 kg Austernschalsubstanz etwas über 300 g Flussspat zu entstehen vermögen, d. i. ein Würfel von über 5 cm Kantenlänge. Ich glaube, diese Zahlen genügen als Wahrscheinlichkeitsbeweis für eine diagenetische Entstehung der erwähnten Flussspatvorkommnisse.

Als weiteren, der Diagenese zuzurechnenden Vorgang nenne ich die Erhärtung der Sedimente. Nicht alle Erscheinungen der Erhärtung gehören hierher. Nur Umlagerungen von Stoffen, die dem Sediment von Anfang an eigen sind, und davon als Spezialfall die soeben erörterte Konkretionsbildung, kommen in Betracht. Joh. Walther[52]) hat seinerzeit betont, dass ganz spezifische Vorgänge im Sediment selbst eine Erhärtung bedingen, dass nicht die Zeit und der Druck überlagernder Sedimente dafür verantwortlich gemacht werden können. Das zeigt insbesondere der plastische „blaue" Ton des Unterkambriums der russischen Ostseeprovinzen, die der seit langer Zeit von gebirgsbildenden Kräften kaum beeinflussten russischen Tafel angehören. Die kürzlich von R. Lepsius[74]) ausgesprochene Ansicht, dass die Weichheit dieser kambrischen Sedimente in Westrussland sekundär sei und auf die starke Durchfeuchtung, sowie abwechselndes Gefrieren und Wiederauftauen unterhalb der diluvialen Inlandeisdecke zurückgeführt werden müsse, halte ich für völlig verfehlt; die 100 m erreichende Mächtigkeit des grünen, plastischen Glaukonittones spricht allein schon gegen die auch aus anderen Gründen unhaltbare Annahme.

---

[74]) Geologie von Deutschland. 2. Teil. Leipzig 1910. p. 473. Anm. 1.

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

Sehr verbreitet ist die Erscheinung, dass eine tonige Schicht durch Anwachsen des Kalkgehaltes allmählich in einen Kalk übergeht. Ein solcher Fazieswechsel tritt sowohl als seitlicher Übergang wie auch als Übergang in der Zeit auf und stellt sich vielfach her durch das Auftreten von Kalkkonkretionen in der tonigen Lage, welche nach der Seite oder nach oben grösser und grösser werden, um sich schliesslich zu kompakten Kalkbänken zusammenzuschliessen. Die Plänerbildungen der oberen Kreide Nordwestdeutschlands sind ebenso ein Beispiel hierfür wie die Verknüpfung der Cypridinenschiefer mit den Knollen- und Flaserkalken des Oberdevons.

Während eine Erhärtung bei gewissen Sedimenten, wie erwähnt, ganz ausbleibt, sind andere geradezu prädestiniert zu derselben. Das sind insbesondere die benthogenen, sogenannten „Riffkalke", auch wenn sie, wie die Hauptmasse aller fossilen hierher gehörigen Bildungen, nur aus Riffdetritus bestehen. Denn die neueren Arbeiten auf diesem Gebiete[30]) zeigen, dass die Menge der verwesenden organischen Substanz in Verbindung mit dem erwärmten Wasser der Flachsee durch chemische Ausfällung eines Kalkzementes eine rasche Erhärtung solcher Sedimente bedingen muss; dieses bildet einen wesentlichen Grund mit dafür, dass solche „Riffkalke" sich im Bereiche starker Wasserbewegung und mit recht steilen Böschungen überhaupt zu bilden vermögen.

Die Vorgänge der Gebirgsbildung können eine Erhärtung der Sedimente ausserordentlich verstärken, und es ist in allen den Fällen, wo wir tektonisch gestörte Sedimentgesteine vor uns haben, schwer, genau anzugeben, inwieweit hier schon die Diagenese vorgearbeitet hatte. Auch die (relative) Zeit solcher Vorgänge genau festzustellen, ist nicht immer leicht. Darum sei hier ein Fall erwähnt, den Tornquist[75]) kürzlich beschrieben hat. Molasseschichten in Vorarlberg scheinen erst nach ihrer Auffaltung völlig verfestigt worden zu sein; denn sie zeigen eigenartige, horizontal verlaufende Zusammensackungen und Fältelungen der Oberfläche, die kaum auf andere Weise zu erklären sind. Auch für den Flysch nimmt Tornquist eine noch weiche Beschaffenheit zur Zeit der grossen Alpenüberschiebungen an.

Wenn ein im Wasser gebildetes Sediment durch Heraushebung aus demselben „trocken" gelegt wird oder wenn ein Sediment festländisch-äolischer Entstehung durch weitere Sedimentauflagerung der Einwirkung der Oberfläche entzogen wird, so gerät es, wenn nicht in das Bereich zirkulierender Wässer, so doch in dasjenige der sogenannten Bergfeuchtigkeit. Überall in der Erdrinde ist diese vorhanden; sie scheint erst in den Tiefen zu verschwinden, wo die Erhöhung der Temperatur ihr eine Grenze setzt. Nach einer Zusammenstellung, die ich U. Grubenmann[76]) entnehme, enthalten Tone im

[75]) Neues Jahrb. f. Min. etc. 1908. I. p. 110. Taf. XI.
[76]) Die kristallinen Schiefer. I. Berlin 1904. p. 31.

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

Mittel 10 %, Tonschiefer 4 %, Phyllite 3 %, Erstarrungsgesteine 2 bis 0,5 % Wasser. Im bergfeuchten Zustande ist ein Kalktuff, wie z. B. der des Alluviums der Gegend von Göttingen, weich und bröckelig, erst bei langem offenen Liegen an der Luft trocknet er völlig aus und wird hart und als Baustein verwendbar. Auch der „Stein von Sarno“ [77]), den schon die Pompejaner in grossem Umfange zum Häuserbau benutzt haben, ist ein im frischen Zustande leicht schneidbarer Travertin. Man hat nun ferner die Erfahrung gemacht, dass ein Gestein, welches durch völliges Austrocknen seine Bergfeuchtigkeit verlor, nicht mehr die Fähigkeit besitzt, wiederum die frühere Menge Wasser in sich aufzunehmen, und man wird sich vorstellen müssen, dass mit der Austrocknung verbundene Umlagerungen die Poren verstopfen und erneut andrängendem Wasser den Zutritt verwehren.

Die Veränderungen, welche ein Gestein unter dem Einfluss der Bergfeuchtigkeit erleiden kann, sind derselben Natur, wie die im obigen geschilderten verschiedenen Arten von Umlagerungen, und das Wasser wirkt hierbei nur mittelbar, nämlich als Lösungsmittel. Wir können daher auch den Einfluss zirkulierender Wässer, soweit sie nicht mit irgendwelchen von ausserhalb des Sedimentes stammenden Stoffen beladen sind, hiervon, und damit von diagenetischen Vorgängen überhaupt, nicht trennen.

Marine Sedimente werden, worauf Joh. Walther mit Nachdruck hingewiesen hat, durch Zutritt von Süsswasser entsalzt. Zwar hat Gebbing [78]) auseinandergesetzt, dass frische Meeressedimente je nach der Grösse der inneren Oberfläche die Salze des Meerwassers verschieden stark adsorbieren, und dass diese Salze z. T. ausserordentlich stark zurückgehalten werden können. Aber die Grösse der inneren Oberfläche erleidet durch Diagenese natürlich bedeutende Veränderungen, und die fossilen Sedimente sind viel zu wenig untersucht, um für diese Fragen Anhaltspunkte zu geben. Auf alle Fälle geht aber jene Entsalzung verhältnismässig langsam vor sich, und solche Salzlösungen werden uns nur in ausserordentlicher Verdünnung vor Augen treten. Jedenfalls entstammen die Solquellen des westfälischen Kreidegebirges, welche Joh. Walther im Zusammenhange hiermit erwähnte, indem er sie mit Huyssen auf einen feinverteilten Salzgehalt des Mesozoikums zurückführte, der Auslaugung mächtiger Salzlager des Zechsteins, wie durch neuere Untersuchungen nachgewiesen ist.

Von grosser Wichtigkeit ist die Einwirkung zirkulierenden Wassers auf den Anhydrit, welcher bei Fehlen von Salz, also nach der Entsalzung, in den wasserhaltigen Gips übergeht, unter einer

---

[77]) W. Deecke, Geologischer Führer durch Campanien. Berlin 1901. p. 58.

[78]) J. Gebbing, Chemische Untersuchungen von Meeresboden-, Meerwasser- und Luft-Proben der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. Deutsche Südpolar-Expedition 1901—1903. VII. Bd. p. 85, 118. Berlin 1909.

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

Volumenzunahme, welche starke Faltungen und Stauchungen zur Folge hat.

Die zuletzt genannten Vorgänge, die Einwirkungen zirkulierender Gewässer, sind häufig nicht scharf zu trennen von den Wirkungen der Atmosphärilien, die wir als Verwitterung bezeichnen. Auch die Verwitterung bewirkt alle möglichen Umlagerungen molekularer und chemischer Art. So kann ein Glaukonitsandstein zu einem eisenschüssigen Sandstein werden mit Nestern und Adern von Eisenhydroxyd, wie Verfasser das für einen Teil des Teutoburger Wald-Sandsteines angenommen hat [79]) [80]). Auch Konkretionen können unter dem Einfluss der Atmosphärilien entstehen, wie die eisenhaltigen Knollen des Laterits oder die Bohnerze des Tertiärs zeigen. Wo aber ein noch frisches Sedimentgestein in den Wirkungsbereich der Atmosphärilien tritt, da hört die Diagenese in unserer Auffassung auf.

Wie ich bereits früher [37]) auseinandergesetzt habe, stimme ich im wesentlichen mit Weinschenk's Auffassung unseres Begriffes überein, auch mit Haug's [81]) Begrenzung desselben bin ich völlig einverstanden. Es fehlt jedoch nicht an anderen Charakterisierungen, auf welche ich noch kurz eingehen muss. R. Hermann [82]) beschränkt die Diagenese auf die Verfestigung der Sedimente und bezeichnet alle nach derselben eintretenden Veränderungen als metamorph. Abgesehen davon, dass, wie schon R. Hermann anführte, manche Sedimente niemals verfestigt wurden, obwohl auch sie gewissen Umwandlungen diagenetischer Art in unserer Auffassung unterliegen, werden durch diese Beschränkung Vorgänge auseinander gerissen, deren enge Zusammengehörigkeit ich im obigen nachzuweisen versucht habe. Noch viel weniger aber vermag ich R. Lang [83]) zuzustimmen, welcher unter Diagenese (des schwäbischen Stubensandsteins) „eine erstmalige Verfestigung des Gesteins — unter der Einwirkung der Kohlensäure —“ versteht, in die „Zone der Diagenese“

---

[79]) Vergl. K. Andrée, Über stetige und unterbrochene Meeressedimentation etc. l. c. p. 379.

[80]) Wenn R. Lepsius (l. c. p. 379, Anm. 3) zwar in bezug auf die Rotfärbung der rotliegenden Sandsteine oder der bunten Sandsteine überhaupt sich denkt, „dass der Eisengehalt ursprünglich in Form von Glaukonit oder Thuringit vorhanden war, und dass diese fein verteilten Grünerdekörnchen durch Protozoen im Meerwasser ausgeschieden wurden“, so bedarf diese allen Tatsachen ins Gesicht schlagende Annahme keiner ernstlichen Widerlegung, zeigt jedoch, auf wie wenig fruchtbaren Boden die Ergebnisse der Untersuchungen der letzten Jahrzehnte über die aktuelle Sedimentbildung in vielen Fällen gefallen ist.

[81]) E. Haug, Traité de Géologie I. Paris 1907. Chapitre IX. La Diagénèse. p. 112—127.

[82]) R. Hermann. In „Der Dolomit (des fränkischen Jura) in seiner stratigraphischen Bedeutung mit Berücksichtigung seiner Entstehung.“ Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **60**. 1908. p. 12, 13.

[83]) R. Lang, Über eine Einteilung nichtmetamorpher Sedimente in Tiefenzonen nach der Ausbildung ihrer Fe- und Al-Mineralien. Centralbl. f. Min. etc. 1910. p. 69—76.

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

aber auch noch andere Vorgänge verlegt, wie z. B. die Zerlegung von Feldspat „durch die Wirkung der Kohlensäure und organischer Substanzen u. a. (von mir gesperrt!) in Kaolinit und Braunspat. Die Einwirkung dieser Agentien, einschliesslich der Kohlensäure, gehört aber meines Erachtens unter den Begriff der Verwitterung; sie dringt nur bis zu einer gewissen, zwar wie R. Lang ganz richtig betont hat, je nach dem Gestein sehr verschieden grossen Tiefe ein. Die Diagenese ist aber mit dem Auftreten dieses Faktors zu Ende. Das kann in den verschiedensten Stadien derselben eintreten, und verschieden muss danach auch die Wirkung der Verwitterung sein.

So schliesst sich die Kette jener Vorgänge, die wir auf dem weiten Wege von der Bildung eines frischen Sedimentes bis zur Ausgestaltung desselben zu einem fossilen Sediment-Gestein verfolgt haben; und ich möchte nach alledem folgende drei Phasen unterscheiden:

I. Verwitterung eines vorhandenen Gesteins, Transport und Ablagerung der Verwitterungsprodukte nebst Hinzutreten der übrigen Gesteinskomponenten: Sedimentation.

II. Diagenese.

III. Verwitterung.

Zwischen II und III können sich andere Vorgänge einschieben, wie z. B. Kontakt- und Regionalmetamorphose. Diese sind aber, wie schon oben betont wurde, nicht notwendig mit dem Werdegange unserer Gesteine verknüpft. Auch kann ein Gestein, welches bereits den Atmosphärilien ausgesetzt gewesen ist, durch Überdeckung mit jüngeren Sedimenten von neuem unter die Herrschaft der Diagenese gelangen. Die bekannten Lössprofile mit ihren verschiedenen Verlehmungs- oder Leimenzonen und die kürzlich beschriebenen Entkalkungszonen interglazialen Alters in Grundmoränen Schleswig-Holsteins[84]) sind ebenso Beispiele hierfür, wie die Reste alter Landoberflächen, welche man an der lokalen Rötung der Gesteine unserer paläozoischen Schiefergebirge zu erkennen vermeint.

Noch viele Fragen sind in der Petrogenie und der Petrographie der Sedimentgesteine zu beantworten. Mineralogie, Physik, Chemie, Biologie, Paläogeographie und Paläoklimatologie müssen mit ihren Lehren helfend eingreifen, damit wir die Wege der Natur aufspüren können. Doch soviel ist heute schon sicher, dass andererseits eine rationell betriebene Sedimentpetrographie insbesondere der Paläogeographie, diesem hervorragendsten Zweige der wissenschaftlichen Geologie, wesentliche Dienste zu leisten vermag.

[84]) C. Gagel, Monatsber. d. deutsch. geol. Ges. **62**. 1910. p. 322—326.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Geologische Rundschau - Zeitschrift für allgemeine Geologie

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Andree K.

Artikel/Article: I. Aufsätze und Mitteilungen. Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und Sedimentpetrographie (Schluss) 117-130