

Moderne Sedimentpetrographie, ihre Stellung innerhalb der Geologie, sowie ihre Methoden und Ziele.

Von K. Andrée (Marburg i. H.).

Vortrag gehalten vor der Ortsgruppe der Geologischen Vereinigung zu Frankfurt a. Main am 12. März 1914.

Geologie im eigentlichen Sinne des Wortes ist die Wissenschaft von der Erde und demnach von einer Ausdehnung, daß es schon lange keinen Menschen mehr gibt, der alle Zweige derselben gleichmäßig, wenn auch nur halbwegs, beherrschen könnte. Schon frühzeitig ist daher eine Teilung eingetreten in 1. das, was wir heute Geologie nennen, welche die Lehre von der Zusammensetzung, den Kräften, dem Bau und der Geschichte der Erd feste und der gesamten Erde enthält, 2. die Hydrologie, welche sich mit der Wasserhülle der Erde beschäftigt, 3. die Lehre von der Atmosphäre und 4. die Biologie, die sich mit dem Leben abgibt, das Hydrosphäre und Atmosphäre enthalten. Es ist also, wie im Laufe jeder Entwicklung, eine Arbeitsteilung eingetreten; aber was hierbei die Geologie an Breite hat aufgeben müssen, das ist ihr in der Tiefe zugute gekommen.

Geographie im eigentlichen Sinne des Wortes ist Erdbeschreibung und hat als solche nichts mit der Geschichte der Erde, die zum Ressort des Geologen gehört, zu tun, besitzt vielmehr die Aufgabe, für die Jetztzeit ein anschauliches und verständliches Bild von der Erdoberfläche und allen auf derselben sich abspielenden Erscheinungen zu geben und deren konditionalen Zusammenhänge aufzuklären. Von manchen Seiten, auch von geologischer Seite aus, ist gelegentlich der Geographie als selbständiger Wissenschaft jede Daseinsberechtigung abgesprochen und dieselbe als eine zwecklose, ja verderbliche Mischung der verschiedensten und heterogensten Wissenschaften erklärt worden. Eine solche Auffassung, soweit sie von geologischer Seite ausging, zeigt aber nur, daß die Betreffenden selbst zu wenig in die letzten Ziele ihrer eigenen Wissenschaft hineingesehen haben, und sie ist in manchen Fällen dadurch erklärlich, daß Übergriffe von Geographen auf geologisches Gebiet nicht zu den Seltenheiten zu rechnen sind. Aber solche Übergriffe kommen schließlich in allen Wissenschaften vor, und mit BRANCA¹⁾ brauchen wir das nicht einmal zu bedauern, solange nur mit der nötigen Vorbildung gearbeitet wird, und etwas Ordentliches dabei herauskommt, solange also die Wissenschaft als solche nicht leidet. Ich selbst stehe aus Gründen, die später verständlich werden dürften, der Geographie gegenüber nicht

¹⁾ W. BRANCA, Über das Verhältnis der Geographie zur Geologie-Paläontologie und die Frage einer Teilung der Geologie-Paläontologie. Monatsber. Deutsch. Geol. Ges. 65, 1913, S. 620—629.

auf diesem ablehnenden Standpunkt, und wenn ich in der Geographie als Wissenschaft jenes ungeheure Gebiet erkenne, das sich mit der Aufgabe beschäftigt, die Beziehungen aller Erscheinungen der Erdoberfläche zueinander, mögen sie nun anorganischer oder organischer Natur sein, herzustellen und auszuwerten, also die Resultate der anfangs genannten vier Erdwissenschaften zu einem Gesamtbild der Jetztzeit¹⁾ zu verarbeiten, so glaube ich, der Zustimmung der Mehrzahl der beteiligten Forscher hüten und drüben sicher zu sein. Was aber der Geograph für die Jetztzeit zu leisten hat, das ist Sache des Geologen für die unendlich lange geologische Vorzeit, und wenn der Geologe dementsprechend versuchen will, für jeden geologisch unterscheidbaren Zeitabschnitt Paläogeographie zu treiben, so ist es klar, daß er des geographischen Denkens und der geographischen Arbeitsweise nicht entraten kann²⁾.

Sehen wir nun einmal von den praktischen Nebenzwecken der Geologie ab, so sucht dieselbe das Ziel einer rationellen Paläogeographie auf verschiedenem Wege zu erreichen, und wir betrachten dazu die einzelnen Hilfswissenschaften unserer Disziplin.

Mineralogie und Petrographie, die sich ihrerseits wieder auf die Lehren der Chemie und Physik stützen, machen uns mit dem Baumaterial unserer Erde bekannt, die erstere mit den einzelnen mineralogischen Individuen, die Petrographie mit den mehr oder weniger zusammengesetzten Gesteinen. Eine Geologie ohne die Grundlage dieser beiden Hilfswissenschaften, die für den Unterricht fast überall zu einem besonderen Fach zusammengeschlossen sind, ist einfach undenkbar, und ein Geolog, der nicht durch ihre Schule hindurchgegangen ist, nur unvollständig vorbereitet.

Paläontologie beschäftigt sich mit den in den Sedimentgesteinen enthaltenen, versteinerten Resten der Pflanzen und Tiere und bildet

¹⁾ So schreibt FR. HAHN (Methodische Untersuchungen über die Grenzen der Geographie (Erdbeschreibung) gegen die Nachbarwissenschaften. III. Geographie und Geologie. Petermanns Geogr. Mitt. 1914. I. S. 121—124), S. 124: »Uns ist die Erdbeschreibung sowohl eine beschreibende wie eine erklärende Wissenschaft — wie eigentlich jede andere auch —, aber wir denken bei der Erklärung an die Wechselwirkung zwischen den einzelnen Momenten, welche das Bild eines Erdraums in der Gegenwart oder in einer historisch faßbaren Vergangenheit ausmachen, nicht an die Rückverfolgung der Geschichte jener Momente bis in die fernste Vorzeit.«

²⁾ Vgl. auch W. W. WATTS, Geology as geographical evolution. Quart. Journ. Geol. Soc. London 67, 1911, S. LXII—XCIII. — Die Bedeutung der Geographie für den Geologen habe ich bereits anderenorts mehrfach gewürdigt: K. ANDRÉE, Probleme der Ozeanographie in ihrer Bedeutung für die Geologie, Naturwissenschaftliche Wochenschrift. N. F. XI. 1912, S. 241—251. — Sedimentpetrographie im Dienste der Paläogeographie. »Die Naturwissenschaften«. I. 1913, S. 187—191. — Die paläogeographische Bedeutung sedimentpetrographischer Studien. Petermanns Geogr. Mitt. 1913. II. S. 117—123, 186—190, 245—249. — Die petrographische Methode der Paläogeographie. Naturwissenschaftl. Wochenschrift. N. F. 13. 1914. S. 145—148.

einmal die Basis für eine Entwicklungs- und Stammesgeschichte der Lebewelt, zum andern aber auch eben wegen der Tatsache der Entwicklung die Grundlage für eine Formationskunde oder Stratigraphie, die eine geologische Zeitrechnung gestattet; eine geologische Zeitrechnung, welche nötig ist, um das Neben- oder Nacheinander von Erscheinungen feststellen, um eben Paläogeographie treiben zu können.

Aber Hilfswissenschaften allein machen noch keine Wissenschaft! Wir haben gesehen, welches Band zu ziehen ist, um das zu erhalten, was wissenschaftliche Geographie heißt. Die Hilfswissenschaften der Geologie, die ich genannt habe, Mineralogie und Petrographie einerseits, Paläontologie und Stratigraphie andererseits, schließen sich erst zur Geologie zusammen durch die Lehre von den geologischen Kräften, welche in und welche auf der Erde walten, durch die Lehre von der endogenen und exogenen Dynamik, die man auch als Allgemeine Geologie kurzweg bezeichnen kann.

Eine eigene Stellung innerhalb der Geologie nimmt ein Zweig derselben ein, der erst neuerdings mehr beachtet worden ist, die Sedimentpetrographie. Sie werden meinen, die Sedimentpetrographie ist die Petrographie der Sedimente, der Ablagerungsgesteine, und gehört als solche zur größeren Wissenschaft der Petrographie. Ich sage ja, ich sage aber auch nein: Versteht man unter der Sedimentpetrographie nur die Petrographie der Sedimente im früheren Sinne, und geht diese Wissenschaft nicht weiter als bis zur vollständigen petrographischen Untersuchung der betreffenden Gesteine, dann in der Tat ist die Sedimentpetrographie nur ein Teil, ja ein ziemlich langweiliger und deshalb auch wenig bearbeiteter Teil der allgemeinen Petrographie. Sollen aber die Sedimentgesteine weiteren, höheren Zwecken dienen, so darf die Wissenschaft nicht auf solchem primitiven Standpunkt stehen bleiben, sondern dann beginnt die Arbeit des Sedimentpetrographen, wie ich sie mir denke, mit dem hohen Ziel der Paläogeographie vor Augen¹⁾.

Erst wenige Forscher haben sich mit diesem Teil der allgemeinen Geologie eingehender befaßt, was wohl seinen Grund in der Fülle der auftauchenden Fragen hat, die, wie ich nachher zu zeigen versuchen werde, bald in diese, bald in jene Hilfswissenschaft hineingreifen. Gerade das Fortschreiten der Erkenntnis in diesen Hilfswissenschaften, der Chemie und Physik, der Biologie und Ozeanographie usw. usw. ermöglichte aber erst in der letzten Zeit eine rationelle Sedimentpetrographie, und es ist dieses der Grund dafür, daß die ausgezeichneten Anregungen, die JOH. WALTHER schon vor 20 Jahren in seiner »Einleitung in die Geologie« gegeben hat, erst jetzt nach und nach Früchte zu tragen beginnen. Wohl wenige Widmungen sind so sehr verdient, wie diejenige des schönen

¹⁾ Vgl. insbesondere K. ANDRÉE, Die paläogeographische Bedeutung sedimentpetrographischer Studien a. a. O.

neuen Buches von AM. W. GRABAU: Principles of Stratigraphy¹⁾ an JOH. WALTHER.

Die ausgezeichnetsten Untersuchungen moderner Sedimentpetrographie verdanken wir L. CAYEUX über französische und belgische Tertiär- und Kreidesedimente. Sehr viel Anregung gab sodann sein Landsmann J. THOULET, der Ozeanograph und Mineralog in Nancy. Kleinere Untersuchungen sind von manchen englischen Forschern angestellt worden. In Deutschland gehen vielfach die der mitteldeutschen Trias gewidmeten Arbeiten, welche unter der Ägide von LINCK in Jena ausgeführt wurden, derartigen Problemen nach. Einige schöne Arbeiten dieser Art über den süddeutschen Jura sind sodann in den letzten Jahren, mit unterschiedlichem Gewinn für die Wissenschaft, unter der Leitung von KOKEN entstanden, und ich möchte hier besonders auch die ausgezeichnete Arbeit von G. WAGNER über den Hauptmuschelkalk und die Lettenkohle Frankens (1913) erwähnen. Minutiöse und wichtige Untersuchungen über dieselben Schichtenkomplexe dieser Regionen hat vor Jahren O. M. REIS der Wissenschaft geschenkt.

Die Untersuchungsmethoden moderner Sedimentpetrographie haben ihre Basis in den petrographischen Methoden der Eruptivgesteinskunde. Untersuchung im Dünnschliff, chemische Analyse des Gesamtgesteins, Trennung und Analyse der Gemengteile bilden den Anfang unserer Feststellungen. Auch die Projektion der Analysenresultate, wie sie für die Eruptivgesteine besonders durch OSANN, für die krystallinen Schiefer z. B. durch FR. BECKE, U. GRUBENMANN u. a. mit großem Erfolg zur Feststellung systematischer Zusammengehörigkeit der Gesteine verwendet wird, ist für die Sedimente von großem Nutzen, wie G. LINCK²⁾ an den tonigen Sedimenten gezeigt hat. In gewissen Fällen hat sich gerade für Sedimente auch die chemische Synthese sehr fruchtbar gezeigt, vielleicht fruchtbarer als bei den Eruptivgesteinen. Sie wissen, daß die Synthese der Silicatgesteine noch ganz in den Anfängen steckt. Nun, was hier noch nicht verwirklicht werden konnte, ist für einen wichtigen Teil der Sedimente bereits zur Tatsache geworden, nämlich für die Salzgesteine. VAN'T HOFF und seine Schüler, dann RINNE, BOEKE, NACKEN und andere haben hier Vorbildliches geleistet, und ihre Resultate — es sind physikalisch-chemische Arbeiten, die hier, soweit die letztgenannten in Betracht kommen, von Mineralogen geleistet wurden — muß sich der Geologe zu eigen machen, nicht blindlings, sondern sinngemäß, wie wir weiterhin noch sehen werden. Dasselbe gilt für die Untersuchun-

1) New York, A. G. Seiler u. Co. 1913. — Dieses Buch bildet, mag man auch mit Einzelheiten nicht einverstanden sein, im Zurückgreifen des Autors auf die Eigenheiten der Sedimentgesteine die wichtigste Neuerscheinung, welche unser Gebiet in der letzten Zeit zu verzeichnen hat.

2) G. LINCK, Petrochemie der Sedimente. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, VII, 1912, S. 606—610. — Über den Chemismus der tonigen Sedimente. Geologische Rundschau IV, 1913, S. 289—311.

gen über die Bildung der Carbonatgesteine, die wir besonders G. LINCK verdanken.

Aber über diese gewöhnlichen Untersuchungsmethoden hinaus hat der Sedimentpetrograph, dessen Arbeit in einer bis ins einzelste gehenden Paläogeographie gipfelt, weitergehende Feststellungen zu machen. Diese Feststellungen sind natürlich verschieden, je nach den Gesteinen, die zur Untersuchung vorliegen, aber alle gipfeln in der Forderung nach einer Zerlegung der Sedimentgesteine in die einzelnen Komponenten. Jedes Sediment, mag es noch so rein sein, ist ein zusammengesetztes, und die Art und die Menge der einzelnen Bestandteile zu kennen, ist nötig, um paläogeographische Schlüsse ziehen zu können. Verhältnismäßig einfach ist das bei lockeren, sandigen Sedimenten. Hier sind Art, Korngröße, Gestalt und Oberfläche der Komponenten festzustellen. Derartige Untersuchungen haben z. B. englischen Forschern schöne Resultate für den englischen Buntsandstein geliefert. Nur ein Wort sei gestattet über die Methode der Korngrößenbestimmung. THOULET¹⁾ hat bis ins einzelste eine Siebmethode ausgebildet; er siebt mit Sieben von verschiedenen Maschenweiten die einzelnen Korngrößen ab. Die Resultate dieser Methode sind, was die Korngröße anbetrifft, allerdings sehr schön, die abgeseibten Körner ausgezeichnet gleichmäßig, aber bei dieser Methode werden zwei wichtige Faktoren vernachlässigt, das spezifische Gewicht der Körner, dann aber auch die Gestalt. Ein Magneteisenkorn und ein Quarzkorn von gleicher Größe und gleicher Gestalt verhalten sich bei der Sedimentation Strömungen gegenüber infolge des verschiedenen spezifischen Gewichts ganz verschieden, und doch werden sie bei der Methode THOULETS nicht voneinander getrennt, sondern finden sich zusammen mit noch allen möglichen anderen Komponenten, wie vielleicht leeren Foraminiferenschalen usw. usw., in den Siebprodukten. Das gleiche gilt z. B. von einem kugelförmigen Quarzkorn und einem kreisförmigen Glimmerblättchen, sofern beide nur den gleichen Durchmesser haben. Schon PHILIPPI²⁾ hat mit Recht darauf aufmerksam gemacht, daß die Natur nicht siebt, sondern schlämmt, daß man also, um eine naturgemäße Sonderung der einzelnen Komponenten zu bewerkstelligen, eine Schlammethode anzuwenden habe, bei der auch die eben genannten Faktoren mit zur Geltung kommen³⁾. In derselben Weise wird man bei unreinen Kalksteinen, Salzen usw. nach Behandlung des Gesteins mit einem Lösungsmittel mit dem Lösungsrückstand verfahren.

¹⁾ J. THOULET, Précis d'analyse des fonds sousmarins actuels et anciens. Paris 1907.

²⁾ E. PHILIPPI, Die Grundproben der Deutschen Südpolar-Expedition 1901—1903. »Deutsche Südpolar-Expedition«. II. Heft 6. Berlin 1910.

³⁾ Vgl. hierzu auch K. ANDRÉE, Methoden und Ziele der Untersuchung der Grundproben auf ihren physikalischen Zustand. Geologische Rundschau III. 1912, S. 349—352. — Wenn man ein übriges tun will, wird es unter Umständen empfehlenswert sein, nach Anwendung einer Schlammethode die einzelnen Schlammprodukte noch auszusieben.

Tone verlangen wiederum andere Methoden. Hier wird man eventuell Hygroskopizitätsbestimmungen ausführen und a. m., worauf hier aber nicht eingegangen werden soll.

Die Zahl der möglichen Komponenten ist groß, aber es lassen sich leicht in einem Schema die großen Gruppen zusammenstellen, die in Frage kommen, und es ist ganz zweckmäßig, sich bei solchen Untersuchungen stets etwa ein derartiges Schema vor Augen zu halten, wie ich es mehrfach in der Literatur vorgeschlagen habe¹⁾.

Tabelle der möglichen Komponentengruppen der Sedimente.

		Nach der Art der Komponenten, ob					
		Minerogen		Biogen			
		Aus Lösung	Klastisch	In Gewässern		Auf dem Lande	
				Benthogen	Nektogen	Planktogen	
Nach der Herkunft, ob	Autochthon	Durch chemische Ausfällung aus verdünnter oder einfache Ausscheidung aus übersättigter Lösung: Die Ooide der Oolithe z. B.	Mechanische Zerstörungsprodukte älterer Gesteine, die am Ort der Zerstörung in neue Sedimente eintreten	Korallen, Kalkalgen, Sumpfpflanzen (autochthone Kohlen!)	Z. B. Haifiszähne	Kokkolithen, Diatomeen, Fetalgen (Petroleum!); Globigerinen, Radiolarien	Z. B. Knochenansammlungen in Höhlen
	Allochthon	Wie oben, aber nach einem Transport der Lösung (z. B. die Ausscheidung des durch eine Ausgleichsströmung aus dem Kaspisee ständig erneuerten Salzgehaltes des Karabugasbusens)	Mechanische Zerstörungsprodukte älterer Gesteine, transportiert durch: 1. Schwerkraft 2. Eis 3. Wasser 4. Wind 5. Vulkanische Explosionen 6. Organismen Kosmogene Komponente: Meteoritenkugeln	Z. B. ins Meer geschwemmte Landpflanzen, Land u. Süßwassermollusken. (Allochthone Kohlen!)	Wie oben. Hierher z. B. die Komponenten der meisten Bonebeds	Z. B. Sargassokraut, »Pseudoplankton«, Spirula und manche fossile Cephalopodenschalen	Z. B. gewisse Bonebeds

Um aber rationelle Sedimentpetrographie treiben zu können, muß sie zur vergleichenden Wissenschaft werden und das Prinzip von HOFFS und LYELLS anwenden, nach welchem erst das Studium gegenwärtiger Vorgänge uns eine naturgemäße Aufklärung solcher der Vorzeit zu liefern vermag. Erst in den letzten Jahrzehnten sind wir durch Meeres- und Wüstenforschung über viele aktuelle Vorgänge unterrichtet worden, deren Kenntnis zum vollen Verständnis der Sedimentgesteine unerläßlich war. Was bis zum Jahre 1893 über diese Dinge bekannt geworden, und was er selbst gesehen und erforscht hatte, hat JOH. WALTHER in seiner »Lithogenesis der Gegenwart« niedergelegt. Aber in den letzten 20 Jahren ist naturgemäß sehr viel Neues hinzugekommen.

Das erste, dem sich der Sedimentpetrograph hinzugeben hat, ist das Studium der rezenten Sedimentbildung. Die Probleme aber,

¹⁾ Zuerst in Geol. Rundschau II. 1911, S. 67.

welchen er hierbei begegnet, sind zum Teil geographischer Natur; erst die geographische Betrachtungsweise enthüllt die Gesetze, welche die Sedimentation sowohl nach ihrem Ort, wie nach ihrer Art regeln. Ja, um diese Verhältnisse voll zu verstehen, müssen wir bis auf den Ursprung der Sedimentkomponenten, bis auf die Gesteinszerstörungen zurückgehen, wir müssen den Kreislauf der Gesteine verstehen, den ich kürzlich geschildert habe. Wir bedürfen hierfür nicht nur der Gesetze der anorganischen Natur. Unsere Unterscheidung der minerogenen und biogenen Komponenten sagt schon, daß auch biologische Verhältnisse von großer Wichtigkeit für die Sedimentation sind. Die Gesteinsbildung durch Tiere und Pflanzen ist in der Tat ein wichtiges Kapitel unserer Wissenschaft. Umgekehrt können wir aber auch nicht darauf verzichten, die so verbreiteten und wichtigen Gesteinszerstörungsvorgänge durch Organismen zu kennen, denen bisher von geologischer Seite reichlich wenig Beachtung geschenkt worden ist. Hier haben wir also eine breiteste Berührung unseres Wissenschaftszweiges mit der Biologie, eine Berührung, die ja der Eruptivgesteinskunde völlig abgeht.

Eine vergleichende Sedimentkunde ist aber nicht ohne Schwierigkeiten. Die Eigenschaften der Sedimentgesteine, der fossilen Sedimente, wie sie uns vorliegen, sind häufig vollkommen andere als die der ursprünglichen Ablagerungen. Der Grund hierfür liegt in einer großen Zahl von Umwandlungen, die sehr verschiedener Art sind, aber sich in zwei Gruppen zusammenfassen lassen, erstens in solche, welche unter normalen Verhältnissen auf jedes Sediment, wenn auch verschieden stark und verschieden schnell, einwirken, und zweitens in alle übrigen mehr zufälligen Erscheinungen, wie Kontakt-, Thermo- und Regionalmetamorphose oder auch schließlich die Verwitterung. Die erste Gruppe von Erscheinungen fassen wir mit JOH. WALTHER als Diagenese¹⁾ zusammen und verstehen darunter diejenigen molekularen und chemischen Umlagerungen, welchen das sedimentierte Material unter dem Einfluß des Mediums, in welchem es abgelagert wurde, unterliegt, und welche es auch noch nach Heraushebung aus diesem Medium durch die gewöhnliche Bergfeuchtigkeit erleidet, oder schließlich auch durch zirkulierende vadose Wässer, soweit dieselben keine von außerhalb des Sedimentes stammenden Stoffe gelöst enthalten.

Sehen wir von Riffbildungen ab, so sind die meisten Sedimente im frischen Zustande locker; ihre Verfestigung ist ein diagenetischer Vorgang, der teilweise derart erfolgt, daß die Zwischenräume zwischen den einzelnen Komponenten durch ein Bindemittel ausgefüllt und die Komponenten hierdurch miteinander verkittet werden, bei denen andererseits aber auch vielfach Volumverminderungen stattfinden. Auf diese

1) K. ANDRÉE, Die Diagenese der Sedimente, ihre Beziehungen zur Sedimentbildung und zur Sedimentpetrographie. Geol. Rundschau II. 1911, S. 61—74, 117—130.

Volumänderungen ist insbesondere von J. THOULET¹⁾ und von H. CL. SORBY²⁾ hingewiesen worden, aber die Zahlen, welche von diesen Autoren hierfür angegeben werden, müssen so lange noch als recht unsicher gelten, als nicht in jedem Falle angegeben werden kann, bis zu welchem Grade die Poren durch Hinzukommen eines Bindemittels an Größe abgenommen haben. Einen interessanten Fall, in dem die Volumabnahme eines Braunkohlenflözes wenigstens nach ihrem Minimalbetrage angegeben werden konnte, hat FR. GLÖCKNER³⁾ unlängst beschrieben⁴⁾.

Umkristallisierungen in der Form von polymorphen Umwandlungen gehören ebenfalls zur Diagenese. Die rezenten Oolithe von Suez oder vom Großen Salzsee in Utah⁵⁾ bestehen aus Aragonit. Aber beim Fossilisierungsprozeß lagern sich Aragonitooide diagenetisch in die stabile Modifikation des kohlensauren Kalkes, den Kalkspat, um. Bei dieser Umlagerung geht meist alle Struktur verloren, und wer diese Verhältnisse nicht kennt, wird vermutlich nicht auf den Gedanken kommen, daß eine nunmehr etwa aus Kalkspatrhomboedern bestehende kleine Kalkkugel früher einmal ein konzentrisch und radial aufgebautes Aragonitoid gewesen ist. In Salz-, Kalk-, Dolomit- und Gipsgesteinen sind Kornvergrößerungen und Kornegalierungen⁶⁾ sehr verbreitete Erscheinungen, dasselbe gilt für die aus den betreffenden Substanzen bestehenden Bindemittel. Eine diagenetische Umkristallisierung sehr interessanter Art sah ich im letzten Sommer in New Brunswick in Canada. Hier besuchten wir auf einer der Exkursionen des Geologenkongresses die großen Gipsbrüche im Untercarbon von Hillsborough bei Monkton. In der

1) J. THOULET, Contribution à l'étude de la transformation des dépôts sédimentaires en roches sédimentaires. Compt. rends. 147. Paris 1908, S. 879—881.

2) H. CL. SORBY, On the application of quantitative methods to the study of the structure and history of rocks. The Quart. Journ. of the Geol. Soc. London 64. 1908. S. 171—233. Pl. XIV—XVIII.

3) FR. GLÖCKNER, Über den Setzungskoeffizienten der Braunkohle. Monatsber. d. Deutsch. Geol. Ges. 64. 1912. S. 306—310.

4) Die Höhe des Setzungskoeffizienten für die einzelnen Sedimentarten zu kennen, ist fraglos wichtig, wenn man die Mächtigkeiten verschiedener Sedimentarten in Beziehung zueinander und zu den entsprechenden frischen Ablagerungen bringen will.

5) Entgegen der Angabe von A. ROTHPLETZ (Botanisches Zentralblatt 1892, S. 265—268), der von Calcit spricht, konnte ich an einer kleinen Probe von frischem Salzsee-Oolithsand, die ich Prof. Dr. PAULCKE verdanke, mit Hilfe der MEIGEN- sehen Reaktion die Aragonitnatur des kohlensauren Kalkes feststellen, wodurch die Angabe von LINCK über die Suez- und Floridaoolithe auch für diesen Fall bestätigt wird (vgl. Neues Jahrb. f. Min. usw. Beil. Bd. XVI. 1903. S. 498).

6) Bei solcher Egalisierungskristallisation erfolgt wohl eine Kornvergrößerung der kleineren Krystalle, bis Gleichmäßigkeit der Korngröße erreicht ist. Daß größere Körner zu kleineren zerfallen könnten, wie aus gewissen Versuchen geschlossen worden ist (vgl. F. RINNE und H. E. BOEKE, Über Thermometamorphose und Sammelkristallisation. Tschermaks Min. Petrogr. Mitt. 1908. S. 393. — Ferner F. RINNE in Fortschritte der Mineralogie, Krystallographie und Petrographie, I. 1911 S. 209—210), widerspricht dem OSTWALDschen Löslichkeitsgesetz.

Tiefe der Brüche ist z. T. der bläuliche Anhydrit aufgeschlossen, aus welchem durch Wasseraufnahme der Gips geworden ist. Bei dieser Umbildung ist stellenweise ausgezeichnete, gekröseartige Quelfaltung eingetreten. Der weiße Gips enthält nun in einzelnen Partien bis 5 und mehr Zentimeter große, klare Gipskrystalle mit guten äußeren Krystallformen. Diese Gipskrystalle sind aber, wo sie in den gefalteten Partien liegen, durch die Quelfaltung in keiner Weise beeinflußt, dieselbe ist in ihnen vielmehr deutlich an der dunkleren Färbung gefalteter Lagen zu erkennen. Demnach hat hier nach beendeter Quelfaltung eine Umkrystallisation des Gipses in der Weise stattgefunden, daß sich von einzelnen Krystallisationszentren aus größere Gipskrystalle bildeten, hierdurch eine ausgezeichnete porphyrische Struktur erzeugend.

Die Bildung der Konkretionen und die Entsalzung der marinen Gesteine, welche im frischen Zustande mehr oder weniger Meerwassersalze adsorbierten, sind weitere Vorgänge der Diagenese. Auch die mannigfachen Versteinerungsprozesse, denen die biogene Komponente unterliegt, wären hier zu nennen.

Im Jahre 1901 hat FR. RINNE¹⁾ auseinander gesetzt, daß es beim Eindringen von Wasser zu Salzlagern zu mancherlei chemischen Umsetzungen kommen kann, und daß auch ohne Zutritt von Wasser sich in Salzlagern sekundäre Umänderungen durch innere Umlagerungen vollziehen müssen, insbesondere infolge der Ausscheidung von Krystallwasser und der Umsetzung mittels hierbei entstandener Laugen, falls nämlich eine Überlagerung durch andere Gesteine oder Gebirgsdruck die Temperatur und den Druck im Salze steigern; beträgt doch die Temperatur bei 3000 m etwa 100°, der Gesteinsdruck 800 Atmosphären!

RINNE hat hierdurch zum ersten Male auf die diagenetische Thermometamorphose der Salze hingewiesen, ist allerdings später unter dem Eindruck der EVERDINGSchen Gedanken über die Entstehung unserer Kaliumsalzlagerstätten wieder von dieser Idee abgekommen. Und erst neuerdings haben BOEKE und nach ihm ARRHENIUS und LACHMANN die Thermometamorphose der Salze wieder zu Ehren gebracht. Bei Nichtbeachtung dieses diagenetischen Faktors war man vordem zu recht abenteuerlichen Vorstellungen über die Entstehung unserer Salzlagerstätten gezwungen: Eines der gewöhnlichsten Salzgesteine unserer Zechsteinsalzlagerstätten ist das sogenannte Hartsalz, d. i. die Mineralparagenese Steinsalz, Sylvin und Kieserit. Die Bildung dieses Gesteins erfordert nach den physikalisch-chemischen Untersuchungen VAN'T HOFFS eine Temperatur von über 72°. Das Mineral Vanthoffit ($MgSO_4 \cdot 3 Na_2SO_4$) erfordert 46° usw. Zur Erklärung dieser hohen Temperaturen wies man nun anfangs auf die starken Erwärmungen hin, welche der Wüstenboden in der Jetztzeit gelegentlich erleidet, und glaubte, hierin einen Beweis für die Wüstennatur des oberen Zechsteins gefunden zu haben.

1) FR. RINNE, Gesteinskunde. 1. Aufl. Hannover 1901. S. 164.

Später, als die große Verbreitung der Salze nach W. bis über die holländische, nach O. bis an die russische Grenze eine Eindampfung eines großen Meerbusens unter einem Wüstenklima wahrscheinlich machte, haben manche Autoren den Glashauseffekt ungarischer Salzseen auf die Gewässer des Zechsteinmeerbusens übertragen wollen; derselbe sollte eine Süßwasserdecke getragen haben, unter welcher Sonnenwärme aufgespeichert worden wäre. Nun, bei der Größe des Zechsteinmeerbusens, der ganz Nord- und Mitteldeutschland umfaßte, würde eine solche Süßwasserdecke wohl bald mit dem Salzwasser der Tiefe vermischt worden sein; und zudem hat POMPECKJ darauf hingewiesen, daß eine deckende Süßwasserschicht ja jegliche Verdunstung und weitere Konzentration der unterliegenden Salzlösungen hätte verhindern müssen, also nicht vorhanden gewesen sein kann. Die Lösung des Rätsels muß also eine andere sein: Nicht jedes Mineral, nicht jede Mineralparagenese, die wir in einem fossilen Sediment antreffen, ist ohne weiteres als ein »geologisches Thermometer« für die Entstehungszeit der betreffenden Ablagerung anzusehen, sondern die Diagenese kann hier eine Fälscherin gewesen sein. Die von den Physikochemikern verlangte hohe Temperatur ist nachträgliche Folge der Thermometamorphose und diese wiederum hervorgerufen durch die geographisch bedingte Eindeckung mit mächtigen jüngeren Sedimenten.

Wir lernen aus diesem Fall, daß, wer Sedimentpetrographie in unserem Sinne treiben will, sich mit den Vorgängen der Diagenese vertraut zu machen hat, um trotz dieser Umwandlungen die Zusammensetzung des Gesteins aus seinen einzelnen Komponenten, deren paläogeographisch bedeutungsvolle Transportarten und die Art der in letzter Linie für jedes Sediment anzunehmenden Zerstörungsvorgänge aufdecken zu können. Für die Erkenntnis diagenetischer Umwandlungen sind aber Vorkenntnisse auf physikalischem und chemischem Gebiete unentbehrlich.

Während sich unsere bisherigen Bemerkungen auf die Zusammensetzung und die Struktur der Sedimentgesteine bezogen, gelten weitere Untersuchungen ihrem Aufbau im Großen, ihrer Textur.

Vorhandensein oder Fehlen der Schichtung ist die erste Feststellung, welche hier zu machen ist. Eigentliche Schichtung fehlt den klotzigen Massen der Riffbildungen, und diese Tatsache ist dadurch hervorgerufen, daß diese Gesteine im wesentlichen aus autochthon biogenen Komponenten, eben sedimentären Tierstöcken oder auch Pflanzen, aufgebaut werden und bei ihrer Bildung irgend eine durch die Schwerkraft bedingte Transportart nicht in Betracht kommt.

Jedes geschichtete Sediment hat eine bestimmte Art der Schichtung, bestimmt durch die geographischen Bedingtheiten der jeweiligen Sedimentation. Auch dort, wo nur die normale Parallelschichtung vorliegt, ist es durchaus von nöten, sich Gedanken darüber zu machen, wie diese Schichtung zustande gekommen ist, und ich möchte hier ausdrücklich

auf Arbeiten von E. PHILIPPI¹⁾ und ALB. HEIM²⁾ hinweisen, welche interessante Beiträge zu diesen Fragen geliefert haben. Es ist von großer Bedeutung, ob ein Sediment grob- oder feingeschichtet ist, ob normale Schichtung, ob Diagonal- oder ob Kreuzschichtung vorliegt; es ist auch von Bedeutung, nach welcher Himmelsrichtung bei Diagonalschichtung die Neigung der Schrägschichtchen geht, da hierdurch auf Strömungsrichtungen geschlossen werden kann, und wie groß der Neigungswinkel ist, da unter Wasser und in Luft, ferner auch je nach der Korngröße und Komponentenform verschiedenartige Böschungen entstehen müssen.

Von großem Interesse ist auch die seitliche Verknüpfung der Sedimentgesteine miteinander, und man wird jeweils festzustellen haben, ob hier ein Gestein allmählich durch Ab- und Zunahme gewisser Komponenten in ein anderes übergeht, oder ob unvermittelter Übergang oder auskeilende Wechsellagerung vorliegt. Es kommen hinzu Untersuchungen über Mächtigkeiten und Mächtigkeitsschwankung, kann doch hieraus, besonders bei küstennahen Sedimenten oft auf Strömungen geschlossen werden, welche die allochthonen Komponenten herbeiverfrachteten.

Und ein letztes ist hier von garnicht hoch genug anzusetzender Bedeutung; das ist die Eigenart der Schichtflächen.

Jede Schichtfläche eines Sedimentgesteines bildet ein Stück der Oberfläche der Lithosphäre vergangener Zeiten, und es ist Pflicht des Sedimentpetrographen, die Spuren, welche die äußere Dynamik diesen Schichtflächen aufgedrückt hat, festzustellen und zu deuten.

Diese Spuren der äußeren Dynamik sind teils anorganischer Natur, teils gehen sie auf die Lebenstätigkeit von Tieren und Pflanzen zurück und bilden ein unschätzbares Material für den Paläobiologen.

Aus der großen Fülle hierher gehöriger Erscheinungen³⁾ greife ich nur wenige heraus.

Eine sehr häufige Erscheinung, die z. T. äolischer, z. T. flachwässriger Entstehung ist, sind die Wellenfurchen, kurz gesagt: durch die Eigenart des Materials und die Art des Mediums, ob Wasser oder Luft, mehr oder weniger modifizierte HELMHOLTZsche Wogen.

Charakteristisch für das Litoral oder auch kontinentale, gelegentlich durchnäbte, kahle Sandflächen sind die Sandsteinkegel⁴⁾.

1) E. PHILIPPI, Über das Problem der Schichtung und über Schichtbildung am Boden der heutigen Meere. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. 60. 1908. S. 346—377.

2) ALB. HEIM, Einige Gedanken über Schichtung. Vierteljahrsschrift d. Naturforsch. Ges. in Zürich. 54. 1909. S. 330—342.

3) Eine sekundäre Bedeutung bekommen alle diese Dinge noch dadurch, daß ihr Vorhandensein auf bestimmten Flächen die tektonische Lage der Schichten festzustellen gestattet, da sie mit ihren charakteristischen Kennzeichen entweder an Schichtober- oder an Schichtunterseiten gebunden sind.

4) K. ANDRÉE, Sitz.-Ber. Ges. z. Bef. d. ges. Naturwissensch. zu Marburg. 1912. S. 49—55. — Geologische Rundschau III. 1912. S. 537—543. Taf. 7. — Ebenda IV. 1913. S. 597. — Bei einem Aufenthalt in Amerika im vergangenen Jahre ist es mir gelungen, Sandsteinkegel auch im cambrischen Potsdamsandstein aufzufinden.

Den Beweis für Austrocknung einer Schicht bilden Trockenrisse und Sandtuten.

Viel mannigfaltiger als alles dieses sind die biologischen Erscheinungen, die uns eine Betrachtung der Schichtflächen kennen lehrt. Da haben wir die Spuren mannigfachster Lebenstätigkeit von Tieren, die Fußabdrücke schreitender Landtiere, die Kriechspuren von Würmern, die Anbohrungen von Schichtflächen. Wir stellen so unter Umständen fest, daß eine Schichtenfolge garnicht vollständig, daß sie unterbrochen ist, wie in der nordfranzösischen Kreide oder vielfach in unserem Muschelkalk. Hier haben wir abermals eine breite Berührung unserer Wissenschaft mit der Biologie. Alle die Problematica, die in unseren Sedimentgesteinen, besonders solchen von »Flyschfacies« enthalten sind, erfordern gebieterisch eine Deutung, und wer sollte mehr dazu berufen sein, diese Dinge aufzuklären, als der biologisch geschulte Sedimentpetrograph, der am ehesten zu beurteilen in der Lage ist, was anorganischer Entstehung sein kann, und was auf die Lebensgewohnheiten bestimmter Tiere zurückgeht? Und so sehen wir Forscher, wie TH. FUCHS¹⁾, der schon frühzeitig sich dem Vergleich rezenter und fossiler Sedimente zuwandte²⁾, und O. M. REIS³⁾, auf dessen sedimentpetrographische Arbeiten ich bereits einmal hinwies, sich diesen »Hieroglyphen« usw. widmen. Es ist wohl nicht zuviel gesagt, daß die Erklärung eines einzigen solchen Problematicums für die Erdgeschichte von größerer Bedeutung sein kann, als die genaue Beschreibung und Klassifizierung einer neuen Varietät oder Art einer schon bekannten Bivalven-, Brachiopoden- usw. Gattung.

Es sind nur Andeutungen, die ich hier geben kann. Gestatten Sie mir zum Schluß zwei Anwendungen.

Ein Mineral, dessen Entstehung unbedingt auf das Meer hinweist, ist der Glaukonit.

Der Glaukonit der heutigen Meere entsteht nach MURRAY u. PHILIPPI⁴⁾ an Kontinentalküsten, in großer Menge besonders dort, wo steile, aus Urgebirgsgesteinen bestehende Berge ans Meer treten, und keine Flüsse einmünden, im wesentlichen also an Längsküsten. Am günstigsten sind anscheinend die Tiefen in der Nachbarschaft der 200 m-Linie, mit abnehmender Häufigkeit kommt er aber selbst bis über 3500 m Tiefe vor.

1) TH. FUCHS, Studien über Fucoiden und Hieroglyphen. Denkschr. Math. Naturwissensch. Cl. K. K. Akad. Wiss. Wien LXII. 1895. S. 369—448. Taf. I—IX.

2) TH. FUCHS, Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? Neues Jahrb. f. Min. Beil. Bd. II. 1883. S. 487—584. — Zu dem hierbei angewendeten Begriff der »Tiefseebildungen« vgl. jedoch meine Bemerkungen in demselben Jahrb. Beil. Bd. XXV. 1908. S. 371 f.

3) O. M. REIS, Beobachtungen über Schichtenfolge und Gesteinsausbildungen in der fränkischen Unteren und Mittleren Trias. I. Muschelkalk und Untere Lettenkohle. II. Teil. Über Gesteins- und Schichtgestaltungen, deren Umwandlungen, über paläobiologische Fragen, über Rhizocorallium und verwandte Versteinerungen. Geognost. Jahresh. XXII. 1909. S. 58—285. Taf. I—XI.

4) J. MURRAY u. E. PHILIPPI, Die Grundproben der »Deutschen Tiefsee-Expedition«. Jena, G. Fischer, 1908. S. 99—104.

Eine neuere Analyse rezenten Glaukonits verdanken wir COLLET und LEE¹⁾. Sie lautet:

SiO ₂	47,46	%
Fe ₂ O ₃	30,83	%
Al ₂ O ₃	1,53	%
FeO	3,10	%
MgO	2,41	%
K ₂ O	7,76	%
H ₂ O	7,00	%
	<hr/>	
	100,09	%

Der Glaukonit ist also, wie schon von GÜMBEL 1886 gegenüber älteren Angaben feststellen konnte, ein wasserhaltiges Kali-Eisenoxydsilicat. Die frühere Vermutung, daß es sich — wegen der grünen Farbe — um eine Eisenoxydulverbindung handele, bestätigt sich demnach nicht.

Der Glaukonit bildet sich mit Vorliebe als Steinkern von Foraminiferen, Seeigelstacheln und Spongiennadeln. Und es scheint, als ob die Verwesung organischer Substanz durch Oxydation derselben seine Bildung begünstigte. Das Vorhandensein in Zerstörung begriffener organischer Substanz wird auch durch das häufige Begleitmineral Pyrit, ferner durch das vielfache Auftreten von Phosphorit in glaukonitischen Sedimenten dargetan. Phosphoritknollen und Glaukonit finden sich nun mit Vorliebe dort, wo kalte und warme Strömungen zusammentreffen. Das ist z. B. der Fall auf der Agulhasbank, wo infolge dieser Verhältnisse viel, wohl meist planktonisches Leben im Meere abstirbt und rasch oxydiert wird. Aber trotz aller dieser Bedingungen würde doch noch kein Glaukonit entstehen, wenn nicht alle nötigen Substanzen, die wir in der Analyse finden, vorhanden wären, und da ist an erster Stelle das Kali zu nennen; zur Glaukonitbildung ist also kalireiches Urmaterial, das der Zerstörung unterliegt, unerläßlich.

Es kann kaum ein schöneres Beispiel für die Glaukonitentstehung geben, als dasjenige, welches ich im Sommer 1910 in Dalarne kennen lernte²⁾. Im Eisenbahneinschnitt von Sjurberg bei Nittsjö am Sillian-See beobachtet man folgendes Profil:

Oben:	Kalkstein mit <i>Megalaspis limbata</i>	3,00 m
	Kalkstein mit <i>Megalaspis planilimbata</i>	3,08 m
	Ceratopygekalk, glaukonitisch mit Pyrit und Granit-	
	komponenten	0,14—0,16 m
	Glaukonitsand	0,10 m
	Oboluskonglomerat (mit Phosphorit)	0,15—0,80 m
	(man beachte die charakteristische und große	
	Mächtigkeitsschwankung!),	
	Verwitterter Granit	0,10—0,40 m
Unten:	Frischer Granit.	

¹⁾ L. W. COLLET u. G. W. LEE, Recherches sur la Glauconie. Proceedings of the Royal Soc. of Edinb. 1905—1906. Vol. XXVI. S. 259.

²⁾ E. WARBURG, Geological description of Nittsjö and its environs in Dalarne. S. 3. Guides des excursions en Suède. Nr. 21. Congrès Géol. Internat. Stockholm 1910.

Die Bedingungen der Glaukonit- und Phosphoritentstehung sind aus diesem Profil unmittelbar abzulesen. Man halte sich derartiges auch bei anderen Glaukonitgesteinen vor Augen, und wichtige paläogeographische Schlußfolgerungen können nicht ausbleiben.

Folgen Sie mir zur Betrachtung eines anderen Bildes.

Rote Konglomerate des Devon-Carbon des Mt. St. Anne bei Percé auf der Gaspéhalbinsel in Quebec, Ostcanada, enthalten bis über kopfgroße Gerölle aller möglichen paläozoischen Gesteine. Das Material kann wegen seiner Größe nicht weit transportiert worden sein. Aber es kommen Gerölle darin vor, deren Anstehendes man noch nicht kennt, deren Natur bisher überhaupt nicht erkannt worden war, denn sie wurden einfach als Jaspis bezeichnet. Es sind echte, rote Radiolarite, aber die Radiolarien werden eigentlich nur für den kenntlich, der viele Gesteine dieser Art gesehen und das allmähliche Verschwinden der feinen organischen Struktur während der Diagenese kennen gelernt hat. Nur glückliche Schnitte ermöglichen eine sichere Bestimmung. Was sagt das Vorkommen dieser Gerölle weiter? Es zeigt, daß in einer der Bildung des genannten Konglomerates vorausgehenden Zeit ein Teil des späteren Appalachegebirgssystems, in dem wir uns dort in Canada befinden, eine Tiefsee gewesen ist, mit ganz bestimmten ozeanographischen Verhältnissen¹⁾.

Ich bin am Schluß, und ich schließe mit einer Frage: Wer ist berufen, Sedimentpetrographie in dem angeregten Sinne zu treiben und zu lehren, der Mineraloge und Petrograph, dem, der Bezeichnung unserer Wissenschaft nach²⁾, dieselbe zufallen müßte? Ich sage nein und abermals nein. Allein der entsprechend vorbereitete Geologe ist hierzu imstande, imstande aber auch nur mit vielen Apparaturen und Mitteln, die ihm bei uns wenigstens nur selten zur Verfügung stehen. Denn während zur Untersuchung eines Eruptivgesteins oft ein Handstück und ein Dünnschliff, sowie eine Analyse genügen, kommt es für unseren Zweck darauf hinaus, zahlreiche, genau horizontierte³⁾ Handstücke entsprechend zu untersuchen und die Resultate miteinander zu vergleichen und zu diskutieren.

¹⁾ Eine ausführlichere Mitteilung über diese appalachischen Radiolarite ist in den Schriften d. Ges. z. Beförder. d. ges. Naturwissenschaften in Marburg in Vorbereitung.

²⁾ Wenn BRANCA a. a. O. (Anm. 1 auf S. 000) S. 627. Lehrstühle, wie einen solchen J. ROTH seinerzeit in Berlin innehatte (für allgemeine und chemische Geologie inkl. Petrographie), vor dem Fach der Geologie-Paläontologie, wie es an unseren Universitäten üblich ist, abzutrennen vorgeschlagen hat, so würde eine solche Abtrennung in sehr glücklicher Weise die Sedimentpetrographie in unserem Sinne umschließen, wobei indes noch zu bedenken bleibt, daß eine solche Allgemeine Geologie immerhin noch manche Berührungspunkte mit den biologischen Wissenschaften besitzt.

³⁾ Denn Vorbedingung ist minutiöse Stratigraphie!

Wird aber einmal eine Sedimentpetrographie, wie sie mir vorschwebt, zur Tatsache, so läßt sich prophezeien, daß sie — um einen zwar bei anderer Gelegenheit geprägten Ausdruck ZIRKELS zu gebrauchen —, zur Paläogeographie, diesem höchsten Ziele geologischer Forschung, bald wird sagen können:

do, ut des.

Ich gebe, damit du gibst.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [5](#)

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

Artikel/Article: [Moderne Sedimentpetrographie, ihre Stellung innerhalb der Geologie, sowie ihre Methoden und Ziele 463-477](#)