

33
XXV

**Schriften des
Naturwissenschaftlichen Vereins
für Schleswig-Holstein**

Band XXV

Karl-Gripp-Festschrift

**Im Auftrage des Vereins herausgegeben
von R. Weyl,
E. W. Guenther und G. P. R. Martin**

H. Tischer

24. VII. 51

Kiel 1951

Verlag Lipsius & Tischer

INSTITUT FÜR UR- UND FRÜHGESCHICHTE
AM DER UNIVERSITÄT KIEL

8024/49

Was ist Diagenese?

Von Kurt HUCKE, Plön.

Da der Inhalt des zuerst von W. v. GUMBEL geprägten Begriffes „Diagenese“ sich so gewandelt hatte, daß die Notwendigkeit des gegenseitigen Verständnisses in Forschung und Lehre eine neue Definition erforderte, stellte A. KUMM vor rund 25 Jahren die Frage: „Was ist Diagenese?“ und gab die folgende Antwort: „Unter Diagenese haben wir also diejenigen Vorgänge zu verstehen, die ein Sediment nach seiner Ablagerung bis zum Eintritt der Metamorphose oder Metagenese betreffen.“

Wie steht es heute? Die Diagenese wird nach Umfang und Inhalt recht verschieden aufgefaßt. Bald sollen Diagenese und Metamorphose einander ausschließen, bald erscheint die Diagenese als Teil der Metamorphose. Hier wird die Diagenese auf Sedimentgesteine beschränkt, dort spricht man auch von einer Diagenese der Eruptivgesteine. Teils wird die Gesteinsbildung in drei zeitlich aufeinanderfolgende Abschnitte: „Verfestigung, Diagenese, Altern“ zerlegt, teils ist die Rede von einer „Diagenese alternder Sedimente“, oder es gelten „die Veränderungen bis zur Verfestigung“ als Diagenese. Gelegentlich findet man die Diagenese auf die Verfestigung beschränkt und spätere Ausgestaltungen des Sediments als „Metamorphose“ bezeichnet. Manchmal werden Veränderungen des chemischen Bestandes ausdrücklich von der Diagenese ausgeschlossen und „Metasomatose“ genannt.

Auch über Beginn und Abschluß der Diagenese sind die Meinungen geteilt. Während die Diagenese nach der Auffassung einiger Geologen schon dann ihren Anfang nehmen soll, wenn das Sediment zur Ablagerung gekommen ist, wollen sie andere erst nach der Verfestigung eintreten lassen. Einige sind dafür, den Beginn der Verwitterung als Ende der Diagenese zu bezeichnen, andere schließen den Bereich der Verwitterung nicht von der Diagenese aus. Gelegentlich wird eingeräumt, daß Verwitterungszonen von neuem unter die Herrschaft der Diagenese geraten können. Alle diese Auffassungen von der Diagenese findet man im Schrifttum vertreten.

Um den methodischen Sinn der Diagenese zu erläutern, kann man Bezug nehmen auf JOH. WALTHER's Auffassung der „Geologie als historische Wissenschaft“. Das Gestein erscheint dann als geschichtliche „Quelle“ und unterliegt als solche der Text- bzw. Quellenkritik, gemäß dem Satze: lapides loquuntur. Für den Geologen spricht das Gestein; er spricht es an und versteht es auszufragen. In diesem Sinne besteht z. B. die wissenschaftliche Untersuchung eines Gesteins aus der Jurazeit zunächst darin, die später erworbenen Eigenschaften zu ermitteln, die dem ursprünglichen Jurasediment zu seiner augenblicklichen Beschaffenheit verholfen haben. Um an den Urtext einer erdgeschichtlichen Quelle heranzukommen, müssen seine späteren Veränderungen, die Diagenese, vorher weggeräumt werden. Erst dann ist es möglich, aus den Quellenaussagen die erdgeschichtlichen Vorgänge, wie sie wirklich waren, abzuleiten.

Hiernach erscheint es theoretisch bedenklich, die Anwendung des Begriffes Diagenese auf die Sedimentgesteine zu beschränken, da auch die Eruptiva erdgeschichtliche Quellen sind und im Laufe ihrer Überlieferung Aus- oder Umgestaltungen erfahren haben. Aus demselben Grunde gehören auch die unter hohem Druck und hoher Temperatur stattfindenden Gesteinsumwandlungen, also die Metamorphose i. e. S., zur Diagenese, und das auch deshalb, weil die Grenze zwischen „metamorph“ und „nichtmetamorph“ fließend ist. Die Drucke und Temperaturen, unter denen Metamorphose eintritt, sind auch nicht für alle Gesteine dieselben und z. B. für die diesbezüglich empfindlichen Salzablagerungen verhältnismäßig niedrig.

Praktisch dagegen verhält es sich anders. Die Petrographie ist mit ihrer mineralogischen und chemisch-physikalischen Arbeitsweise neben der Geologie hergegangen und mündete nur mit ihren Ergebnissen in die Erdgeschichte ein. Infolgedessen besitzt sie ihre eigene Terminologie, obwohl ihr eine Vorstellung wie die der Diagenese keineswegs fremd blieb (vgl. Reliktgefüge, Palimpsest, Diaphthorese): nur die Bezeichnung ist eine andere. Allmählich hat sich indessen auch eine Sediment-Petrographie herausgebildet, und die historische Geologie ist in die als Grundgebirge bezeichneten kristallinen Basalkomplexe, z. B. das Präkambrium in Fennoskandia, einst ausschließliches Arbeitsgebiet des Petrographen, eingedrungen. Es wird sich empfehlen, den der Diagenese bisher nebengeordneten Begriff der Metamorphose ihr nunmehr unterzuordnen. Dann bleibt der Inhalt der Metamorphose des Petrographen derselbe wie bisher und erscheint nur in ganz allgemeinen erdgeschichtlichen Betrachtungen als Sonderfall der Diagenese. Damit kehrt in diesem Falle übrigens die Diagenese zu ihrer ursprünglichen, ihr von W. v. GUMBEL gegebenen Bedeutung in mancher Hinsicht zurück. —

Stellen wir nach diesen terminologischen Erörterungen nunmehr die Frage, worin die diagenetischen Vorgänge bestehen, so lautet eine der letzten, von sachverständiger Seite hierauf gegebenen Antworten, daß „die Diagenese wohl das gegenwärtig am wenigsten geklärte Teilstück erdgeschichtlicher Werdegänge“ ist. „Denn die Vorgänge sind keiner direkten Beobachtung zugänglich.“ „Zugänglich sind nur ihre Wirkungen“ (H. ILLIES). Hiergegen läßt sich grundsätzlich kaum etwas einwenden, und es scheint, als stünde unser Erkenntniswille diesen Vorgängen ohnmächtig gegenüber. Das bedeutet jedoch kein Verzicht. Unvermögen, ja offenbare Aussichtslosigkeit hat noch in keiner Wissenschaft zur Aufgabe der Forschung geführt.

Dem in dieser Verlegenheit befindlichen Geologen bieten sich zwei Auswege an: das Kausalgesetz, von dem H. v. HELMHOLTZ sagte, es sei die einzige Möglichkeit für den Menschen, etwas nicht Beobachtetes zu wissen, und — unser Vorstellungsvermögen. Wir wollen uns dieser beiden Hilfsmittel bedienen, ohne auf die wissenschaftstheoretische Bedeutung unseres Entschlusses einzugehen.

Mit seiner Individuation tritt das Sediment in das chthonische Reich ein, wo es, tätig und erleidend, teilnimmt an den umfassenden und mannigfachen säkularen Vorgängen, die unseren Sinnen verborgen sind. Es ist also nicht zur Ruhe gekommen, wie manchmal gesagt wird, sondern seine Stoffteilchen sind nahe zusammengerückt. Hierdurch entstehen innere Spannungen verschiedenster Art, die nach Ausgleich streben. Aber auch von außen her, anfangs noch vom absetzenden Medium, später vom Hangenden, ferner vom Liegenden und den seitlichen Nachbarn gehen Einwirkungen aus. Im ganzen gesehen birgt die tellu-

rische Sedimenthülle einen Kraft- und Stoffhaushalt, wie er nur ihr eigen ist. Jede Ablagerung nimmt daran mit ihrem Einzelschicksal, ihrer Diagenese, teil. Grad, Richtung und Ergebnis der Diagenese hängen von der ursprünglichen Beschaffenheit des Sediments und den Gegebenheiten des subterranean Gebietes ab, in dem die Diagenese erfolgte. Es kann sich ereignen, daß aus gleichartigen Sedimenten verschiedenartige Gesteine werden. Faßt man die Diagenese eines Gesteins als Teilerscheinung der chthonischen Vorgänge auf, so bedeutet das für die Forschung methodisch einen Vorteil. Denn Beobachtungen über derartige Vorgänge fehlen uns keineswegs, und so besteht Aussicht, daß wir uns an das Verständnis diagenetisch zu erklärender Erscheinungen deduktiv heranzutasten vermögen.

Die meisten Erfahrungen besitzen wir über die Vorgänge in der sogenannten aktuellen Schicht, d. h. der Grenzzone des frisch abgelagerten Sediments gegen das abgelagerte Wasser. Hierüber liegen besonders hydrobiologische Arbeiten vor. Die Teilchen verändern ihre Lage (Setzung, Entwässerung, Induktionsschichtung); Stoffverschiebungen können die ursprüngliche Schichtung überlagern oder verstärken, zur Bildung verkitteter Bänke oder zu Abscheidungen (Konkretionen) führen; Tiere können als wühlende Entschichter am Werke sein; ein Redoxpotential stellt sich ein; gewisse Elemente wandern; Gasaustausch findet statt; Bakterien bringen das Sediment zur Ausfäulung (Mineralisierung). Diese und ähnliche Prozesse wurden am Grunde von Binnenseen und des Meeres nachgewiesen und eingehend beschrieben. Sie sind weit verwickelter als die obigen kurzen Andeutungen erwarten lassen.

Die Umsetzungen in der aktuellen Schicht fordern den Vergleich mit der Verwitterung geradezu heraus. Die Halmyrolyse wird auch „Verwitterung unter dem Meerwasser“ genannt. Entsprechendes gilt für Süßwasser; doch soll die Thololyse weder zur Verwitterung noch zur Diagenese gehören. Bezeichnend ist, daß der Limnologe von Unterwasserböden spricht und seine diesbezügliche Terminologie an die Bodenkunde anlehnt. Natürlich gibt es auch bei subaerischen Sedimenten eine aktuelle Schicht im vorliegenden Sinne.

Steigen wir weiter in die Unterwelt hinab, so stoßen wir auf Grundwasser. Das ist die allgemein übliche Vorstellung. Sie ist nicht unrichtig, und die zahlreichen Bohrungen zum Zweck der Wasserversorgung haben uns manche Erkenntnis gebracht. „Das Wasser ist der Fuhrmann in der Geologie“ — auch endogen, wobei bemerkt werden mag, daß das Wasser der heißen Quellen, mindestens größtenteils, nicht juvenil ist. Das Wissen der Hydrologen und die Erfahrungen der Brunnenbauer (Wasseranalysen, Ergiebigkeitsmessungen, Temperaturbeobachtungen, Druckschwankungen, Filterverstopfungen usw.) lassen sich in die Sprache des Geologen übersetzen. Zuverlässige Grundwasserkarten und Änderungen derselben im Laufe der Zeit (Differenzkarten) vermögen manche Hinweise zu liefern, wenn der Bau des Untergrundes bekannt ist.

Die Gesteine sind weder solide, noch homogen. Sie besitzen Porenvolumen und bestehen aus vielerlei Gemengteilen; die Korngröße wechselt. Die große innere Oberfläche erzeugt eine hohe Umsatzbereitschaft; sie wächst mit abnehmender Korngröße: 1 g Ton besitzt eine innere Oberfläche von rund 300 qm. Unter derartigen Verhältnissen kann das unterirdische Wasser in mannigfacher Weise wirksam sein. Es tritt in verschiedenen Erscheinungsformen (Grundwasser, Haftwasser, Kapillarwasser usw.) auf. Ungleichheit der Korngröße führt zur Sammelkristallisation. Stofftransporte können durch Strömung oder Diffusion er-

folgen. Konzentrationsgefälle werden stets vorhanden sein, Temperatur- oder Druckänderungen können Konzentrationsdifferenzen hervorrufen. Es kommt zu Verkittung und Versteinung (lithification), zu Änderungen des chemischen Bestandes, Schrumpfung infolge von Stoffauswanderung, zu Mineralausmerzung, Mineralverdrängung, Verkieselung, Vererzung u. dgl., Konkretions- und Sekretionsbildung, „flushing“ von Olsanden usw. usw. Fossilreste können aufgelöst oder ihr stofflicher Bestand verändert werden. Man kennt verkieselte Hölzer, verkieselte Insekten, in Raseneisenerz umgewandelte Hirschgeweihe. Die Hartteile fossiler Organismen können in Dolomit, Gips, Feldspat, Opal usw. verwandelt werden.

Außer den subterranean Vorgängen, die vom unterirdischen Wasser bewirkt oder durch seine Anwesenheit ermöglicht oder begünstigt werden, müssen wir den Massenausgleich in Störungszonen in Betracht ziehen, der die verschiedenartigsten Gesteinsveränderungen zur Folge haben kann. Hierzu rechnet nicht nur sehr das Gekriech, Gefließ und die Rutschungen, sondern die Ausgleichvorgänge die wir von den Stauffalten der Salzstöcke kennen, die Zerreißen, ferner die Quellungen zwischen unnachgiebigen Schichten und ähnliches. Massengleitungen von gewaltiger Ausdehnung können an aufsteigenden Kontinentalrändern oder durch Intrusionen erfolgen, wobei die untersten Schichtlagen durch Bildung von Brekzien, Druckkegeln usw. stark in Mitleidenschaft gezogen werden.

Die Wanderungen des Erdöls gehören ebenfalls hierher, besonders auch deswegen, weil die Vielfältigkeit dieses vagilen Biolithen mit der Verschiedenheit der Speichergesteine in Zusammenhang steht. Im übrigen sind die zahlreichen Erfahrungen des Ölgeologen hervorragend geeignet, unsere Vorstellungen über die Zustände und Vorgänge im subterranean Bereich zu erweitern und zu vertiefen. Auf der anderen Seite haben z. B. Beobachtungen in Öllagerstätten über die Abhängigkeit der Ölführung von der Beschaffenheit des Speichergesteins Untersuchungen angeregt über die Ursachen des unterschiedlichen Verhaltens verschieden zusammengesetzter Sande gegenüber dem Öl-Gas-Wassergemisch, um manche bei der Ölgewinnung in Anwendung gebrachte technische Verfahren zu wenden die Ergebnisse derartiger Untersuchungen, z. B. über die Vermeidung von Porenverstopfung durch Flutwasser. Hier kann nur andeutungsweise auf diese Dinge hingewiesen werden.

Die eigentümlichen Schwierigkeiten bei der Ausbeutung von Destillatfeldern (Kondensationslagerstätten) führen uns in größere Tiefen und zeigen, daß in diesen Regionen die herkömmlichen physikalisch-chemischen Vorstellungen nicht mehr gelten. Wir müssen bedenken, daß die uns gewohnten chemischen Versätze, wie sie im Laboratorium unter Luftzutritt, bei normalem Druck, Zimmertemperatur, im Reagensglas an abgewogenen Mengen von wenigen, reinen Substanzen während eines kurzen Zeitraums beobachtet werden, in der Tiefe der Erde nicht stattfinden können, weil dort völlig andere Versuchsbedingungen vorliegen. Ferner: viele Stoffe reagieren so langsam miteinander, daß der kurlebige Mensch nicht imstande ist, den schleichenden Verlauf einer derartigen Reaktion zu verfolgen. Das gerade ist es, was uns die Steine als Inbegriff der unbedingt Stablen, uns Überdauernden erscheinen läßt. Die geologischen Vorgänge spielen sich in einer anderen zeitlichen Größenordnung ab, und hier vermögen auch die trägsten Reaktionsgenossen in die Augen fallende Leistungen zu vollbringen. Was z. B. im Laboratorium durch hochaktive Katalysatoren in kurzer Zeit zustandekommt, kann in den Tiefen der Erde bei höherer Temp-

ratur und in sehr langen Zeiten durch die nur schwache katalytische Wirkung der Gesteinsbestandteile ebenfalls erreicht werden. Mit dieser sehr wahrscheinlichen Annahme kann man die Bildung von Erdöl aus den Stoffwechselprodukten des biochemischen Primärprozesses erklären. Auch die Erkenntnisse des die Eigenschaften der Stoffe unter hohen Drücken untersuchenden Chemikers kommen darauf hinaus, daß die Umsätze in größeren Erdtiefen sich wesentlich von denen an der Oberfläche unterscheiden.

Ganz allgemein kann man sagen, daß in den letzten Jahrzehnten die physikalische und chemische Forschung vieles ans Licht gebracht hat, was seinen Eingang in die Geologie noch nicht gefunden hat. Der Geologe kennt die diesbezüglichen Tatsachen begreiflicher Weise meist nicht, und der Physiker oder Chemiker denkt im allgemeinen nicht daran, sie auf ihre geologische Bedeutung zu prüfen. Es würde sich aber verlohnen, derartige Forschungsergebnisse in den Kreis unserer Vorstellungen vom subterranean Geschehen einzubeziehen. — Geophysik und Geochemie bleiben ihrem Wesen und ihrer Fragestellung nach stets Physik bzw. Chemie.

Erwähnenswert erscheint in diesem Zusammenhang, daß über die Wirkungen dithonischer Elektrizität noch sehr wenig bekannt ist. Von den elektrischen Verfahren der angewandten Geophysik zur Bodenuntersuchung beruht das Erdstromverfahren auf der Selbstpolarisation von Erzkörpern. Die Erscheinungen der Elektroosmose und Elektrofiltration werden bei Bohrlochmessungen benutzt. Elektrophorese erzeugt eine elektrische Spannungsdifferenz durch mechanische Bewegung einer Flüssigkeit durch ein poröses Medium (Strömungsstrom) und umgekehrt. Die Möglichkeiten für das Auftreten derartiger — auch kapillarelektischer Vorgänge im unterirdischen Raum sind vorhanden. Was das bedeutet, läßt sich z. B. daraus ersehen, daß die Technik ein elektroosmotisches Verfahren zur Reinigung und Entwässerung von Ton entwickelt hat. Durch Elektrophorese kann man auch Stoffgemische trennen. Die geringe Spannung der natürlichen Erdströme wird dadurch ausgeglichen, daß sie lange Zeiten hindurch fließen und so dennoch Leistungen erzielen können, die im tellurischen Haushalt in Betracht kommen.

Sehr ungewohnt ist die Vorstellung, daß Bakterien subterranean nicht nur in der Nähe der Erdoberfläche, sondern auch in größeren Tiefen (bis 3000 m) zu leben vermögen. Sie wurden von verschiedenen Beobachtern in weit von einander entfernten Gebieten im Erdöl lebend nachgewiesen. Man schreibt ihrer Tätigkeit die mannigfachsten Umsetzungen, sogar die Auflösung von sulfat- und karbonathaltigem Gestein zu.

Erdbrände entstehen zuweilen in Steinkohle, Braunkohle und bituminösen Schiefen durch Selbstentzündung und erzeugen Koks, Porzellanjaspis und andere natürliche Erdbrandgesteine. Merkwürdig ist, daß derartige Erdbrände sehr lange dauern und sich unterirdisch weit ausdehnen können, wie z. B. der — durch streikende Bergarbeiter angelegte — Grubenbrand von Straitsville (Ohio, USA), der seit 1884 in einem Gebiete von über 20 qkm unterirdisch wütet, ohne daß es gelungen wäre, ihn einzudämmen. —

Das Wort „Diagenese“ ist abgeleitet vom griechischen Zeitwort „diagignomai“ und bedeutet danach im vorliegenden Zusammenhang den Umstand, daß eine Ablagerung einen bestimmten Zeitraum durchläuft, d. h., historisch gesehen, ihre „Überlieferung“. Anfang und Ende dieses Zeitraumes sind durch Entstehen und Vergehen der Ablagerung gekennzeichnet. Damit gehört die Verwitterung als zeitlich letzte physiologische Gesteinsveränderung noch zur Diagenese. Es wäre

nicht folgerichtig, einerseits die Verwitterung von der Diagenese auszuschließen andererseits aber den Vorbehalt zu machen, daß Verwitterungszonen erneut Diagenese anheimfallen können. Jedes Gestein hat nur eine Diagenese. Verwitterungszonen erscheinen u. U. nach geologischen Zeiträumen als Schichtenglieder im Profil, und gelegentlich wird von „fossilen Böden“ gesprochen; z. B. für die tertiäre Braunkohlenquarzit als fossiler Wurzelboden.

Wir erwähnten schon oben, daß die Frühdiagenese ein Vorgang ist, der seinem Wesen der Verwitterung gleicht. Es läßt sich nicht unbedingt sagen in welcher Tiefe unter der Oberfläche die frühdiagenetischen bzw. Verwitterungsvorgänge nicht mehr wirksam sind. Als größte Verwitterungstiefe findet man 100 m angegeben. Es ist daher auch wenig zweckmäßig, die Verwitterung als wesensverschiedenen Vorgang von der Diagenese zu trennen.

Zum Schluß noch eine Bemerkung über Diagenese im Lichte der Aktualitätslehre. Da sämtliche geologische Abläufe zeitgebunden sind, so müssen wir annehmen, daß auch die dithonischen Vorgänge und damit die Gesteinsdiagenese sich im Verlauf der Erdgeschichte geändert haben, wie das z. B. für die Verwitterung bereits mehrfach hervorgehoben worden ist. Hierdurch werden jedoch unsere Bemühungen um das Verständnis der diesbezüglichen aktuogeologischen Erscheinungen keineswegs entwertet. Die Einsichten, die wir hinsichtlich der gegenwärtigen Vorgänge im unterirdischen Raum gewinnen, werden weiterhin als Grundlage und Unterbau für eine etwaige zukünftige Erforschung der vorzeitlichen niemals entbehren können.