

Ueber die Genesis der zementbildenden Materialien

rekonstruktiv und musealtechnisch dargestellt.

□ □ □

Vortrag

gehalten am 31. März 1911 in der Generalversammlung des
Vereines der österreichischen Zementfabrikanten.

Mit 9 Figuren auf einer Tafel.

*Separatabdruck aus dem Protokoll der XVII. ordentlichen General-
versammlung des Vereines der österreichischen Zementfabrikanten.*

WIEN 1911

Selbstverlag des Vereines der österreichischen Zementfabrikanten.

Druck von Bruno Bartelt, Wien XVIII., Theresiengasse 3.

Ueber die Genesis der zementbildenden Materialien, rekonstruktiv und musealtechnisch dargestellt.

Vortrag, gehalten in der am 31. März 1911 stattgehabten Generalversammlung
des Vereines der österreichischen Zementfabrikanten.

von **Dr. Friedrich König.**

Folgende Ausführungen haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, ebensowenig wie die Bilder etwas anderes sind als flüchtige Skizzen. Ein sehr wichtiges Institut, das Objekte vorbildlich für die Verwirklichung dieser Ausführungen enthält, ist das unter Leitung von Geheimrat Penck stehende Museum für Meereskunde in Berlin, dessen Objekte in einem speziellen Referat mit den Grundlagen der Industrie der Steine und Erden in Verbindung gebracht werden sollen. Die Gruppierung der Resultate der Adriaforschung im Sinne dieses Vortrages ist in der Arbeit; bezüglich der Darstellung engerer Beziehungen zwischen Fabrikationsvorteil und natürlichen Vorgängen der Lithogenesis, bittet der Autor um gefällige Nachrichten und Ratschläge der Praktiker. Der fachgeologische Kritiker sei auf die ganz speziellen Zwecke dieses Vortrages aufmerksam gemacht, die es unthunlich erscheinen ließen mehr als Anregungen, und zwar ohne Rücksicht auf die weniger leicht zugängliche Literatur, zusammenzustellen; auch diese Gruppe ist höflichst um Ratschläge und insbesondere Mitteilung schwer zugänglicher Literatur ersucht. Vom geographischen Standpunkt wird beim Ausbau dieser Gedanken sich die Benützung der Physiographie von Davis und Braun notwendig ergeben, deren elementare Gestaltung vortrefflich zur Verwertung im Museum geeignet ist.

Sehr geehrte Versammlung! Das gewählte Thema klingt vielleicht etwas fremd, es soll aber nichts anderes sein, als der Versuch, für die Darstellung in Wandtafelform einfache industrielle Ausgangsmaterialien und Prozesse zum Darstellungszentrum wichtiger Fragen der Wissenschaft zu machen.

Da die Zementindustrie im wesentlichen Sedimentgesteine als Ausgangsmaterial hat, so ist es zunächst eine populäre Darstellung einiger wichtigerer Vorgänge bei der Entstehung derselben und ihren Beziehungen zur Erdgeschichte von Interesse. Die Wandlungen des Stoffbestandes sollen vom ersten Anfang bis zum bruchfähigen Gestein verfolgt werden, dann soll aber auch der Gedanke erörtert werden, inwiefern wir rein technische Vorgänge mit Gemischen und mechanischen Veränderungen, wie sie in der Natur erfolgen, parallelisieren können.

In den Demonstrationen zum Vortrage verwende ich das Wirbeltier als Zeitmarke, um die großen Zeiträume durch die sonderbaren Gestalten der älteren Wirbeltierfaunen schärfer hervorzuheben.

Derartige populäre Darstellungen wären vor kurzer Zeit noch keine sehr dankbare Arbeit gewesen. Heute ist aber die weitgehendste Popularisierung in Schrift, Bild und Modell gerade zu einer Zeitfrage geworden und auch in Oesterreich ist durch die Vorarbeiten für das neue technische Museum das Interesse an solchen Darstellungen neu erweckt worden.

Was heute im stillen Laboratorium und Konstruktionszimmer geschaffen wird, bleibt nicht mehr in den Lehrbüchern und Zeitschriften, sondern bahnt sich seinen Weg in die Masse; mit welchem Bildungshunger diese die Popularisierungen aufnimmt, zeigen z. B. die „100.000-Auflage“ der Zeitschrift Kosmos und ein Wintersonntag im Deutschen Museum in München, mit seinen Tausenden von jungen Arbeitern und Lehrlingen unter den zahlenden Besuchern, die sich dort in Berufsdetails und allgemein durch Experiment und Studium selbst ausbilden. Die ersten vergleichenden Darstellungen und schematischen Modelle brachten die großen Ausstellungen; dem Ingenieur ist das Schema und das Diagramm weit früher bekannt, als das Museum dieses Prinzip aufnahm.

Einen Höhepunkt in dieser Hinsicht bildet wieder eine Ausstellung: die Hygienische Ausstellung in Dresden 1911, in der das System aller Varianten der populären Darstellungskunst auf Ausstellungen aufs höchste vervollkommenet erscheinen wird.

Von einer anderen Seite, als Ausstellung, Populärmuseum und Zeitschrift wurden aber derartige primitive Versuche schon vor sehr langer Zeit gemacht und die notwendige Technik wie die Theorie ausgearbeitet.

Das Schulbuch und das zu seiner Vervollständigung dienende Lehrmittel folgen heute denselben Bahnen. Die Lehrmittelindustrie ist bis zu einer erstaunlichen Vervollkommnung ausgebildet.

In einigen moderneren Lehrbüchern der Geologie und Mineralogie *) ist nun der Versuch gemacht worden, von wichtigen Industrialprodukten ausgehend, den Weg in die Theorien der Erdgeschichte zu beschreiten; gleichzeitig wurde unter dem Einflusse Johannes Walthers **) die methodische Erklärung der einfachsten Vorgänge der Geologie angeschnitten.

Auch das moderne Schulbuch geht diesen Weg, um womöglich auf dem Wege der Selbstbeobachtung unter Aus-

*) z. B. P. Wagner, Lehrbuch der Mineralogie und Geologie für höhere Schulen. Teubner 1907 und 1908; als Populärwerk folgt Gürich, Das Mineralreich, diesem Prinzip.

**) J. Walther, Vorschule der Geologie. Jena 1910 (III. Aufl.); auch C. K. Rothes zahlreiche Schriften zur Methodik der Schulgeologie.

nützung aller aus dem Detail sich ergebender Ausblicke auf große Zusammenhänge, also auch der Methode, die bei der musealen Darstellung zu gelten hat, den Lehrgang aufzubauen. Ursprünglich Notwendigkeiten der Lehrpläne, wirkte diese Konzentration von Chemie, Technologie, Geologie und Mineralogie höchst befruchtend. Johannes Walther verdanken wir aber noch weit mehr. Hat er doch durch seine monumentale „Einführung in die Geologie als historische Wissenschaft“ (Jena 1893/94), besonders durch den Band „Lithogenese der Gegenwart“ erst die wissenschaftlichen Grundlagen zu einer zusammenfassenden Darstellung der Vorgänge der Sedimentation gegeben. Damit ist sowohl einerseits ein wirklich elementarer Unterricht in der Geologie und die heutige Blüte der Methodik des Faches ermöglicht, andererseits aber das wichtige wissenschaftliche Handbuch für das Studium der Fazies geschaffen; früher waren dem Geologen die ozeanographischen und marinbiologischen Grundlagen ganz außerordentlich in der Benützung erschwert.

Als eine nicht minder fruchtbare, durch maßvoll kombinierende Phantasie verschönte Vertiefung der früheren Arbeiten müssen auch schon hier als wichtige Quellen für rekonstruierende Richtung genannt werden: seine „Geschichte der Erde und des Lebens“ und viele Einzelheiten in seiner „Geologie Deutschlands“.

Die Rücksichtnahme auf ursprüngliche Ablagerungsverhältnisse der Sedimentgesteine und die Lithogenese der Sedimente, kurz die Fazies, stellt in einem rein wissenschaftlichen Handbuche der Franzose E. Haug (Traité de Géologie) in den Vordergrund.

Der großartige Gedankenflug E. Sueß' im „Antlitz der Erde“ wird bei Vielen Musealgedanken anregen.

Schließlich benützte Verf. noch F. Frech, „Aus der Vorzeit der Erde“, „Aus Natur und Geisteswelt“, 4 Bände (Teubner, Leipzig). Dies sind die wichtigsten buchmäßigen Quellen*) der folgenden Betrachtungen.

Zur Musealdarstellung können hier im Text nur gelegentliche Andeutungen gegeben werden. Die Methoden sind drei: die der genetischen Darstellung, die der vergleichenden Darstellung, die der Verbindung mit angrenzenden Fächern, die Konzentration. Die Schulmeister haben die Methoden geschaffen, Oskar v. Miller gab ihnen in München im Deutschen Museum die lebendige körperliche Darstellung für weite Wissensgebiete. Sein geniales Organisationstalent, glücklich gewählte Hilfskräfte, reiche Mittel schufen dort dieses vorbildliche Werk.

Ich kann hier nur die durch Hilfsmittel der malerischen Darstellung hergestellten Tafeln zeigen, für das Gebiet der plasti-

*) Mehr zu zitieren ist bei dem speziellen Zweck des Vortrages nicht nötig. Er ist nicht eine Abhandlung, sondern eine Zusammenstellung des Stoffes konzentriert um Beziehungen der Zementindustrie.

schen Modelle müssen Andeutungen genügen. Das große Gebiet des beweglichen Modells und Selbsterperimentes muß außer Betracht kommen. Es ist das schönste, aber relativ kostspieligste Lehrmittel.

Bei einer muscalen Darstellung tritt nicht nur das Material als solches, d. h. als Ausstellungsobjekt, auf, sondern es dient auch zur Demonstration allgemeiner Fragen.

Nun können wir mit der Fragestellung beliebig weit zurückgehen, bis auf den kosmischen Nebel, und schließlich so den Weg verfolgen, den der Elementarbestand des fertigen Materiales von der Kondensation aus gasförmigem Zustand bis zur primären Abscheidung, ihrer Zerstörung, Umwandlung usw., bis zum derzeitigen Rohmaterial nimmt.

Dabei ist es auch möglich, die Vorgänge der Natur durch Vergleich mit industriellen Prozessen zu veranschaulichen.

Wir werden uns dabei zunächst auf höchst problematisch-spekulativem Boden bewegen, dann aber werden unsere Kenntnisse immer positiver, bis die letzten (tertiären) Sedimentausscheidungen meist eine vollständige Parallelisierung mit rezenten Meeressedimentationen ermöglichen.

Bei der Darstellung einer Steinindustrie für muscale Zwecke sollen Geologe, Techniker und Nationalökonom zusammenarbeiten, wodurch es möglich sein wird, die merkwürdigsten Zusammenhänge anscheinend nur Gelehrteninteressen berührender, theoretisch-geologischer (resp. stratigraphischer) Fragen mit wichtigen technischen und ökonomischen Interessen darzustellen.

Vorgreifend will ich nur ein (schematisiertes) Beispiel erwähnen.

An einem tertiären Kalkalgenriff z. B. erfolgt eine Niveauschwankung, die bei größerem Gefälle von Flüssen des nahe gelegenen Festlands nicht nur das Algenriff zum Absterben bringt, sondern auch eine Versandung des Meeres mit terrigenem Detritus (Sand) verursacht. An einem anderen Riff, das bei sonst gleichen Lebensbedingungen etwas weiter vom Ufer des Kontinents abstand, lagerten sich die suspendierten feineren Teile der Flußtrübe als blauer Kontinentalschlamm ab, als verwendbarer Ton. So wird die Erkenntnis der alten Küste, der Sandablagerung und damit der Wertverminderung der ersten Riffe ökonomisch nützlich sein; die kleine Niveauschwankung an einem Meer, das nie ein Menschenauge erblickte, wird heute eine ganze Reihe gleichzeitiger und gleichartiger Riffe in Nachteil setzen, da das tiefere und strandferne Sediment des Tones werterhöhend ist, oder: da ein Gehalt an kohlenaurer Magnesia für Materialien der Portlandzementfabrikation unerwünscht ist (ich entnehme zementtechnische Daten im wesentlichen aus dem mir zufällig zur Hand liegenden Werke: Die Kalkbrennerei und Zementfabrikation, von Heusinger von

Waldegg. 5. Aufl., von C. Naske, Leipzig 1903, Th. Thomas), so können wir damit die Vorstellung verknüpfen, daß ein Vorgang, der in einem warmen, mesozoischen Meere eine kontinuierliche Dolomitriffbildung von Korallen und Lithotamnien schafft, als ein in seinen Folgen für diese Industrie ungünstiger zu bezeichnen ist; die Erkenntnis der Naturvorgänge, die höhere oder mindere Werte begründen, ist es also, die gezeigt werden kann.

Ich betone gleich, in recht ungleichem Grade. Denn so wertvolle Arbeiten auch auf dem Gebiete der Lithogenese in den letzten Zeiten erschienen, so ist eine Reihe der wichtigsten Vorgänge, wie die Entstehung der meisten Mergel, geringe Kieselsäure- und Eisengehalte usw., noch recht dunkel oder wenigstens sehr wenig durch rezente Parallelvorkommen belegt.

So weit es also möglich ist, sollen allgemein natürliche Vorgänge in ihrer Wertbeeinflussung auf die historische und geographische Entwicklung der Industrie gezeigt werden, unter Heranziehung aller Parallelen; dadurch kann im Museum die Eintönigkeit des alten Depositoriums vermieden werden.

Gehe ich über den Umfang der Titel hinaus, so sind die Gebiete der Nationalökonomie, Anthropologie, Natur- und Erdkunde, Technik und — Kosmogenie ganz wohl einheitlich zu verarbeiten, unter jeweiliger Beziehung auf einen Spezialzweig. Ein Beispiel geben die jüngsten Handbücher der Wirtschaftsgeographie.

In ihren letzten Zusammenhängen entsteht so von jedem Spezialzweig ein einheitliches Bild, das auf natürlichen Grundlagen aufgebaut, auf Abstammung, Lebensbedingung und Lebensraum beruht.

Ob ein Lebewesen, ein Volk, ein Reich oder eine Industrie vorliegt, die Art der Entwicklung folgt denselben oder parallelen Gesetzen; wenden wir im Museum das alte Schulmeisterschema „Warum“ und „Weil“ konsequent an, so gewinnen wir neue Vorstellungen, vielleicht geschieht dies gerade durch das dabei überraschend häufige Versagen der Antwort.

Von fast jedem Punkte unserer Kultur können wir den Weg bis auf gewisse letzte Grundlagen verfolgen und in Modell, in Bild, Diagramm und Zeichen darstellen, nicht leicht aber so weitgehend als vom Gebiete der Industrie der Steine und Erden; hier führt der Weg zur grundlegenden und alles verbindenden Wissenschaft: der Geologie.

*

Als Staub und Stein wandern die Produkte millionenjähriger natürlicher Vorgänge in die Werke der Zementindustrie und durch die Arbeit und den Geist enden sie als himmelragende Zeichen menschlichen Eingreifens in die Erdgeschichte.

Die riesige, hoch entwickelte römische Bautätigkeit an den Küsten des Mittelmeeres hinterließ nach ihrem Untergange mäch-

tige Kulturschichten, die wie eine Fazies des Menschen die Stätten der alten Kultur bezeichnet. Man kann ja ganz gut in Troja oder Pergamon von einer Stratigraphie der Tätigkeit des Menschen sprechen; dies kann nicht minder an den ungeheuren Aufhäufungen bei den Kalifengräbern bei Kairo gesehen werden. Tritt uns dort schon neben der aufhäufenden Tätigkeit in den enormen Mengen von Ziegel, Ton und Glasscherben die Tätigkeit des Menschen als lithogenetischer Faktor entgegen, so steigert sich dies noch viel mehr unter der Herrschaft des Zements und Betons, wo wirkliche feste Gesteine an menschlichen Bauten geschaffen werden.

Die Rohmaterialien machen gewissermaßen die Vorgänge in kürzester Zeit nochmals durch, die sie bereits einmal zu durchlaufen hatten. Wind und Wetter trugen die Gebirge ab, Frost und Hitze hatten vorher die Gesteine gelockert — wie es der Bohrer und das Sprengmittel tun — der Transport besorgte die Zerkleinerung; in kürzester Zeit machen es Steinbrecher und Mahlvorrichtung; Wasser und Wind trugen die Produkte in die Stellen der Ablagerung und dort verkittete sie der Vorgang der Diagenese zu festen Bänken.

Alles das schafft die Industrie in kurzer Zeit, gehetzt von der Konjunktur, sie schafft Sandsteine, Konglomerate, feste Kalksilikate und Aluminate; die Tuffe und Silikate der Hochöfen treten in Konkurrenz mit ihren älteren Vettern aus den Schloten der Erde, den Basalten und Obsidianen.

Der Mensch macht heute durch Geist und Arbeit mit seinem Kunstprodukt aus minderwertigen Produkten den älteren, festeren, dichteren, hochwertigeren Produkten der Mutter Erde erfolgreich Konkurrenz.

Die häufigeren jüngeren Bildungen dienen dazu, die Härte der älteren oder tieferen (natürlich ganz allgemein gesprochen) bei der leichten Formbarkeit des Kunstproduktes zu erreichen.

Wir leben heute im Zeitalter des Surrogates, und Surrogate und Imitationen der alten Felsarten sind es, die die Industrie heute schafft, allerdings mit Eigenschaften, die das Vorbild an Verwendbarkeit weit übertreffen!

Die edelsten Baumaterialien sind Eruptiv- oder Tiefengesteine, Gesteine, die durch Druck und Wärmewirkung metamorphosiert sind und dichte Kalke älterer Formationen, an denen der Vorgang der Diagenese, der Umkristallisation und vielleicht noch weitergehende Metamorphose, ein dichteres Gefüge schuf. Die Massenmaterialien aber sind die jüngeren Gesteine (Tertiär) mit größerem Porenvolumen, wie sie uns an den gotischen Monumentalbauten entgegenreten, aber auch ältere Sedimente, in denen geringerer Gebingsdruck oder geringere Diagenese die ursprüngliche Struktur und damit das ursprüngliche Porenvolumen besser erhalten hat.

Wie aber bei großer Festigkeit das geringe Porenvolum, andererseits bei geringer Festigkeit großes Porenvolum eine Einseitigkeit des Stiles bedingte, gestattet das Produkt der petrogenetischen Tätigkeit des Menschen, der „Zement“ — allgemein gesagt — nun dem modernen Leben angepaßte Formen.

Bei der musealtechnischen Demonstration der natürlichen Baumaterialien dürfte also das Verhältnis von Stil, Lage, Klima und vorhandenem Material zu demonstrieren sein, bis zu dem Punkte, wo die Kunststein- und Zementindustrie durch Veredlung der Produkte der jungen und mittleren Meere, in leicht transportabler Form den Faktor der Lage bis zu einem gewissen Grade ausschaltet.

Kalk, Ton, Mergel, in zweiter Linie der Sand sind die Stoffe, mit denen sich die Demonstrationen zu beschäftigen haben, ihre Geschichte ist allerdings auch fast die ganze Erdgeschichte, sie verbinden als Piedestal des organischen Lebens die Geschichte der Erde mit der der Organismen und deren höchsten Repräsentanten, den Wirbeltieren.

An einzelnen Beispielen sollen einige Schicksalsmomente der Körper, die wir bei jeder Zementanalyse finden, hervorgehoben werden; einige wenige von den Tausenden, die gegeben werden könnten.

Dunkel ist der Uranfang der Sedimentgesteine. Ca, Al, SiO₂, CO₂, H₂O, die Elemente und Verbindungen, die hier in Frage kommen, waren in einem planetarischen Nebel enthalten, der langsam die Sonne umkreiste.)*

Die Elemente, welche wir heute als Bestandteile unserer Zemente kennen, waren als Gase vorhanden, erst unter etwa 4000⁰ bildeten sich die ersten chemischen Verbindungen.**)

Dieser Glutdunst zieht sich nun immer weiter zusammen, nach weiterer Kontraktion folgt der glühend weiche Ball schon festgelegten Bahnen, dunkle Schollen schwimmen auf der Oberfläche, die Kieselsäure hat bald begierig die Alkalimetalle, Kalzium und Magnesium gebunden, nach den Gewichten bilden sich Zonen, in deren äußersten (siehe Sueß, Antlitz der Erde, Schlußband, Kap. VI) sich die Silikate und Aluminate derjenigen Metalle ansammeln, die berufen sind, das Parkett des Lebens zu bilden. Wieder erfolgt Abkühlung (demonstrativ wäre die Tabelle von Th. Arldt geeignet; l. c., S. 556), die feste Kruste scheidet sich aus — die Erde hat ihren Panzer.

*) Nach Th. Arldt, Die Entwicklung der Kontinente und ihrer Lebewelt. Leipzig 1907, S. 527 ff.

**) Beim folgenden benützt Th. Arldt, l. c.; Walther, Geschichte der Erde und des Lebens, S. 55 ff.; Doelter, Petrogenesis, Braunschweig 1906, A. Stübel u. a. Die phantastische Vorstellung denke ich mir als Reihe von malerischen Blicken in den Weltraum von einem imaginären Standpunkt (Dioramen) dargestellt. Die Kontraktionshypothese kann als die bestbekannte im Museum gewählt werden.

Aber oft genug mag der lebendige Leib der Erde aus den Scharnieren und Fugen des harten Plattengewandes geblickt haben, und feurige Flutwellen durchbrachen die knittrige Kruste, bis die Abkühlung so weit vorgeschritten war, daß sich die wahren Lebensboten undissoziiert zeigen konnten. Wenn auch im Anfange nicht überall, so werden die erstarrten Laven an einzelnen Stellen so weit eine schützende Decke gebildet haben, daß weit draußen gegen den kalten Weltenraum die ersten weißen Wasserwölkchen sich gezeigt haben, erscheinend und spurlos verschwindend, wie trügerische Regenboten über der sommerglühenden Wüste. Mallet hat 1880 berechnet, daß das erste Wasser sich an der Erdoberfläche etwa bei 400° zeigen konnte (infolge des darauf lastenden Druckes).

Das Wasser war ursprünglich durchwegs an das Magma gebunden, es ist also das Wasser (nach Sueß) ein Produkt der Entgasung des Erdballes.

Mit der Abscheidung des Wassers beginnt ein Prozeß der Auflösung, Umkristallisation, der Zerstörung und Wiederabsetzung der zunächst ohne Mitwirkung der Organismen seine Parallele in den unter Druck und höherer Temperatur entstandenen Bildungen der Erzgänge und Erzlagerstätten haben mag, nur daß damals die Bedingungen, d. h. die größere Lösungsfähigkeit des Wassers usw., schon an der Erdoberfläche, nur nicht im tiefen Berge vorhanden waren.

Damit ging auch eine stetig sich verstärkende Sonderung der Bestandteile der Erdkruste vor sich, so daß die leichteren immer mehr an die Oberfläche gebunden wurden, wie es schon seit der „Entgasung des Planeten“ begann. Wir haben bald eine Anreicherung der leichten Bestandteile, H_2O , CO_2 , SiO_2 , Ca, Mg, Al, an den Stellen, wo das Leben bald die weitere Konzentration besorgen sollte. Ich erwähne dies, um den Punkt zu zeigen, wo in dem Gewirre musealer Verbindungen die Verknüpfung mit der Industrie der Mineralien und schweren Metalle zu geschehen hätte.

Aber noch eine andere Beziehung knüpft hier an: die Frage, ob nicht primär ganz ähnliche petrogenetische Vorgänge vor sich gingen, als sie Versuche mit Zementmaterialien ergaben.

L. Jesser*) fand beim Brennen geeignet zusammengesetzter Zementmischungen Mineralbildungen, die bei ihrer weiteren Bearbeitung von sehr großem Interesse sein dürften — zunächst Pyroxene; es scheint damit ein eigenartiger Weg der Mineralsynthese beschritten.

*) Ueber Mineralbildungen während des Schmelzens. Zentralblatt für Chemie und Analyse der hydraulischen Zemente. II.,/1, 1911.

Wenn wir ferner einige Gedanken W. Michaelis*) mit den vorerwähnten scharfsinnigen Spekulationen Mallets in Beziehung bringen, daß wir im Anfang der Erkaltung der juvenilen Wässer diese in einem Zustande starker Ueberhitzung und Lösungsfähigkeit uns denken müssen, andererseits aber die Zementbindung als ein Erstarren von Hydrogelen dargestellt wird, könnte durch die Petrographen hier Anregung zur Fassung des Bildes primärer Erstarrungsprodukte gegeben werden, die bereits auf wässerigem Wege gebildet sind. Ferner möchte ich hier noch auf das Schema Haugs (Traité de Géologie, Tom. I, S. 189) hinweisen, das uns die Theorie eines anderen Vorganges (das heißt eines erst später möglichen, aber im Prinzip vielleicht ähnlichen) zeigt, die Umwandlung sedimentärer Schichten an der tiefsten Stelle einer Geosynklinale in ein Gestein von der Art eines Granites, zunächst aber in einen granitischen Schmelzfluß.**)

Hier wäre also, nach der Vorarbeit berufener Petrographen, in Modell und Bild die musealtechnische Verbindung der Vorgänge des Brennens, Sinterns, resp. Abbindens und Erhärtens mit den minero-genetischen Vorgängen der Zementindustrie zu schaffen. Nur gilt die Warnung hier, nicht das Experiment als absolut beweisend hinzustellen, sondern nur als ein wertvolles Hilfsmittel zur interesseerregenden Verknüpfung.

Im Vortrage zeigte ich als ein Beispiel die Rohskizze eines phantastischen Bildes, als ein gedachtes Glied dekorativer Illustrationen.

Dieses Bild stellt ein Segment der noch fast glühenden Erde dar, etwa knapp vor dem großen Wendepunkte der Erdgeschichte, als die ersten Wassertropfen den glühend heißen Erdball erreichten.

Die Erdkruste hat sich schon gebildet, aber noch reißen mächtige Spalten auf, aus denen Magmamassen den Panzer überfluten. So entstehen etwa frühzeitig dichtere und weniger dichte Stellen der Rinde, an anderen Stellen drücken sich halbstarre Kuppen und Pfröpfe in die Höhe. Wenn auch das Austreten des Magmas meist den Charakter der ruhigen Ausbrüche der hawaiischen Vulkane haben mag, könnten an dichteren Stellen Gasexplosionen — und alles leichter Vergasbare, nicht nur Wasser, war im Gaszustande — wasserhaltige Dämpfe bis an die Grenzen des kalten Raumes geschleudert haben; in den höchsten kälteren Schichten könnte echter weißer Dampf erschienen sein, während unten das Wasser sich in einem nur theoretisch vorstellbaren kritischen Zustande höchster Wirksamkeit und Beweglichkeit befand.

*) Der Erhärtungsprozeß der kalkhaltigen hydraulischen Bindemittel. Tonindustriezeitung 1909, Bd. 33, S. 1243 ff.

**) F. Becke, Verhandl. der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, Salzburg 1909, Bd. 1; Leipzig 1910, S. 176.

Es ist hier nicht der Platz, auf die weiteren, sehr interessanten Spekulationen einzugehen, die zum Eingreifen des für unsere Materialien wichtigen Faktors führen: des Lebens.

In einem Zeitpunkte, als die Temperatur das Bestehen eines teilungsfähigen Protoplasmas erlaubte, war es eben da und tritt durch die Eigenschaft: mineralische Stoffe aufzunehmen, umzulagern und wieder auszuschcheiden, bald als lithogenetischer Faktor auf. Jedoch kaum nur als aktiv ausscheidender; auch der Zerfall der Eiweißkörper (Walther, Steinmann u. a.) bedingt chemische Umwandlungen. Der Fäulnisprozeß erzeugt Körper (Ammonkarbonat, Schwefel- und Phosphorwasserstoff), die selbst als Reagentien, als Fällungs- und Umwandlungsmittel auf die wärmeren Lösungen der alten Meere gewirkt haben mögen.

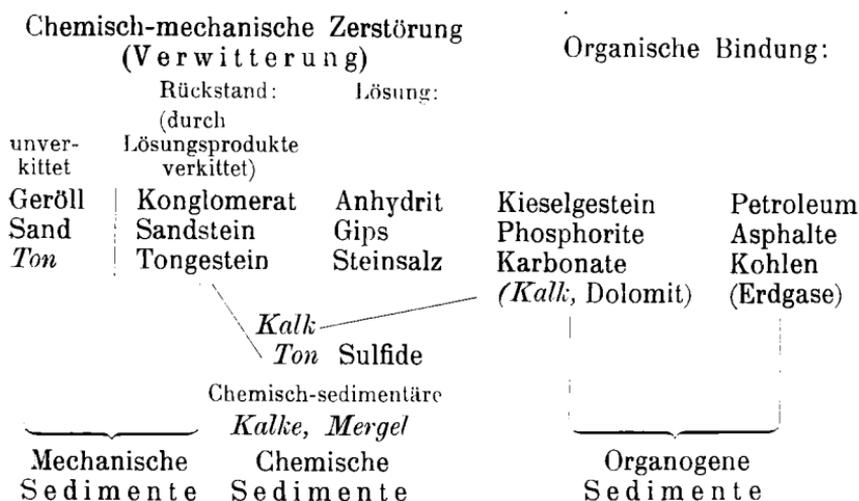
Hier möchte ich auf die Ansicht Dalys hinweisen (Am. Journ. of Science, 1907, S. 93 ff.), der die Kalklosigkeit der präkambrischen Meere behauptet und damit den Mangel an erhaltenen Versteinerungen zu erklären sucht.

Mit diesem ersten Auftreten des neuen mächtigen Faktors zur Erzeugung unserer Rohmaterialien hat schon ein wahrscheinlich zyklischer Prozeß des Aufbaues und der Zerstörung eingesetzt, der hauptbestimmend ist an dem Zustandekommen derjenigen Materialien, auf deren Kenntnis das Wissen von der Entwicklung der lebentragenden Hülle der Erde beruht.

Wie als Merkzeichen der Geschichte der Bewohner einer Landschaft uns zuerst rohe Feuersteinstücke, dann kunstvolle Werkzeuge und später Münzen mit Köpfen und Zeichen, noch später solche mit Namen und Zahlen vorliegen, so steigern sich in noch unendlich größeren Abständen die chronologischen Marken der Entwicklung der Erdrinde, aber nicht gleichmäßig, sondern wechselnd und an geeigneten Stellen plötzlich. Wenn wir auch heute darin keine Katastrophen mehr sehen wollen, so können plötzliche, wenn auch nur lokale Veränderungen irgendwelcher Art nach dem Gesetze der kleinsten Ursachen zu Anstößen, zur plötzlichen Steigerung normaler Entwicklungen führen. Die Marken dieser Veränderungen sind die Organismen und die petrographische und chemische Zusammensetzung der Bestandteile der untersuchbaren Bestandteile der Erdrinde. Es beginnt durch Wasser und Wind an einzelnen Stellen gleichmäßig, an anderen Stellen mit steigender oder kleiner werdender Intensität der Prozeß des Abbaues und der chemischen und mechanischen Veränderung derjenigen Gesteine, die die primäre Hülle der Erde bildeten. Die Organismen nehmen Kalk, Phosphorsäure, Schwefel usw. auf und lagern diese Stoffe wieder ab.

Dieses Eingreifen der organisierten Eiweißkörper, der lebenden Substanz, haben wir auch als chemische Veränderung zu betrachten (Anlagerung an komplexe Eiweißkörper). Folgendes Schema (verändert aus Weinschenk, „Grundzüge der Gesteinskunde“, Freiburg 1909) zeigt eine Stammgeschichte der Sedi-

mentärgesteine, wobei die Stellung der Zementmaterialien durch *Kursivdruck* hervorgehoben wurde:



Durch die Anfügung der chemisch, jedoch auf organischem Wege präzipitierten Kalk- und Tonsedimente soll diese Möglichkeit der Entstehung der Kalk- und Mergellager besonders hervorgehoben werden.

Mit Hilfe einer Tabelle, die die Beziehungen der magmatischen Absonderungen der Tiefe und der Eruptionen zeigt, können dann die Beziehungen aller auf anorganischer Grundlage beruhenden Industrien zusammengefaßt werden.

Die Darstellung im Museum würde großen Raum beanspruchen, aber wäre effektiv als *Stammbaum* mit natürlichem Materiale in großen Stücken, unterstützt durch Bilder, zu gestalten. Von besonderem Interesse wäre es, bei dieser Aufstellung möglichst junge, rezente Bildungen zu verwenden, um zu zeigen, daß diese Prozesse im wesentlichen noch heute vor sich gehen oder experimentell hervorgerufen werden können. Die Bildskizzen hätten stets den Vorgang zu illustrieren, unter welchen Bedingungen das betreffende Sediment zur Ablagerung oder Abscheidung kommt.

Dieser *Stammbaum* wäre eine Einleitung und Uebersicht zu der Lehre von der Abhängigkeit der Sedimentationsprodukte von klimatischen und geographischen Bedingungen, der *Fazies*.

Jeder dieser Körper wird an einem Punkte nur unter ganz bestimmten relativen Bedingungen *rein* abgeschieden werden. Mit jeder feineren Variation, besonders wo das empfindliche, lebende Protoplasma in Betracht kommt, werden diese Bedingungen genauer spezialisiert.

Ein Gerölle erfordert bei einer bestimmten Form und Größe ein bestimmtes Gefälle des Wassers zum Transport. Ein Sand wird nur bis zu einer bestimmten Entfernung vom Meeresufer verschwemmt werden können, eine salz- oder gipshältige Schicht wird nur dort entstehen, wo eine abgeschlossene Menge Meerwasser eingedampft wird, d. h. in einem trockenen Klima u. dgl. Diese heute noch zu machenden Erfahrungen, unter Beobachtung von gewissen Nebenumständen, gestattet in den meisten früheren Ereignissen der Sedimentation, die aus den Gesteinen ersehen werden können, einen gleichen oder ähnlichen Vorgang, wie an der heutigen Erdoberfläche zu finden, besonders wo Beobachtung von Organismenresten, glückliche Marken intimerer Vorgänge (fossile Regentropfen, Wülste, Kriechspuren) es gestatten, die Schlußreihe zu vervollständigen.

Wo wir in heutigen Meeren und Seen (um Bildungen und Absätze im Wasser handelt es sich ja, abgesehen von Wüstenbildungen im wesentlichen) bestimmte Bedingungen einer Fazies erschließen können, ist auch der Rückschluß auf ähnliche Bedingungen bei gleicher Fazies in der geologischen Vergangenheit erlaubt.

Wo wir aber zur Erklärung ausgebreiteter Sedimente älterer Zeiten keine oder ungenügende Parallelen in der Jetztzeit finden, da hat auch die Spekulation das Recht einzugreifen, um der Meeresforschung und dem Experimentator neue Anregungen zu geben.

Die Frage ist also, enger umschrieben, die, ob in den heutigen Meeren ganz oder teilweise dieselben Sedimentationsvorgänge vor sich gehen, die zur Bildung von Kalken, Kalkmergeln und Tonen führen, wie in der Trias, Jura und Kreidezeit und in den tertiären Ablagerungen, die der Zementindustrie als Rohmaterial dienen. Ferner, wie diejenigen Bildungen zustande kommen, die als Zementmergel im engeren Sinne hauptsächlich vom Ende des Jura bis ins Senon auftreten.

Es ist allerdings in den gegenwärtigen Meeren nicht möglich, eine vollständige Parallele zu diesen Zeiten riesiger Kalkproduktion, etwa im Devon und im Mesozoikum, zu finden. Insbesondere sind wir über die Entstehung der marinen Mergel und der geschichteten Nichtriffkalke mit ihrer weitgehenden Analysenkonstanz nicht vollständig im klaren; es gibt jedoch bereits eine Reihe Erkenntnisse der Meereskunde, die wir zur guten Erklärung der verwendbaren Kalke und Tone usw. heranziehen und in Tafel und Modell darstellen können.

Die Kalkbildung.

Alle Kalke sind direkt oder indirekt Produkte des Lebens, besser fast stets marinen Lebens.

Das lebende Protoplasma lagerte an seine komplexen Moleküle Ca (auch SiO_2) an, die komplizierten Verbindungen werden wieder abgespaltet und bilden aus Kalk, Arragonit, vielleicht noch aus anderen isomorphen Formen des CaCO_3 bestehend, das innere oder äußere Skelett zahlloser Organismen. Die kalkigen Hartteile dieser Tiere und Pflanzen sind primär immer der Ausgangspunkt aller Kalklager, sei es, daß die harten kalkigen Reste der Organismen fast unverändert oder nur zerbrochen verkittet sind (zum Beispiel Lumachellen, Faluns, Spongien-, Foraminiferen-, Algen-, Korallenbildungen), sei es, daß die kalkigen Reste gänzlich bis zur Strukturlosigkeit verändert und wieder an Ort und Stelle umkristallisiert sind (wie die Masse der Riffe), sei es, daß der Kalk gänzlich gelöst und an anderer Stelle wieder niedergeschlagen wurde.

Letzteres mag der Fall sein, wenn höhere Temperatur und geringerer Gehalt an absorbierenden, lösenden Gasen das kalkbeschwerte Wasser in Regionen des sterbenden Lebens mit seinen unablässig arbeitenden Bakterien und fallenden Verwesungsprodukten der organischen Substanz brachte.*)

Ich möchte bei dieser Gelegenheit auf ein interessantes Demonstrationsobjekt hinweisen, das leicht zu beschaffen ist und eine Reihe derartiger Erscheinungen (Kalkabscheidung, Auflösung von Kalkschalen), aber auch andere, z. B. Tätigkeit der Verwesungsbakterien, Faulschlamm- und Bildung usw. zeigt: das Verwesungs-aquarium, d. h. in natürlichen Verhältnissen möglichst ähnlich bepflanztes usw. Aquarium, das langsam zum Aussterben gebracht wird. Auch die Art der Einbettung toter Tiere kann gut demonstriert werden.

Diese Konzentration des Kalkes durch Organismen und chemische Vorgänge (resp. Folgen der Verwesung) hat aber nicht nur Kalzitbildung zur Folge, auch Arragonit wird in großen Mengen primär in Organismenresten,**) sekundär in Riffen und auf chemischem Wege gebildet, wie z. B. die Resultate der Tiefbohrungen auf dem Funafutiatoll zeigten. Die Arragonitbildung ist besonders für warme Meere und ganz bestimmte Abscheidungen charakteristisch. (

Diese Aragonitbildung,***) die auch bei den jungen Oolithen der warmen Meere eine Rolle spielt, ist jedoch nicht beständig,

*) Ueber diese Vorgänge J. Walther. Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft, S. 660 ff.; Walther und Schirlitz, Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft 1886; E. Philippi, Ueber Dolomitbildung und chemische Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc. Festband 1907, S. 397—445; Steinmann und Baumann, Bericht der Freiburger naturforschenden Gesellschaft 1889, Bd. 2. (Kalkfällungen durch Eiweißkörper.)

**) Link. Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Neues Jahrbuch 1903, Beilageband 16.

***) Es kommen noch andere Modifikationen (Konchit etc.) des Kalziumkarbonats in den Tierresten vor. Lithothamnien bestehen bis 10%, einzelne Korallen bis 20% aus primären Dolomit.

sondern es erfolgt immer Umlagerung zu Kalzit; Arragonit ist als Bestandteil eines älteren Kalksteines nicht bekannt (Weinchenk).

Wenn auch hier von der chemischen Sedimentation und Umlagerung der Kalksubstanz vornehmlich die Rede sein soll, sollen doch die hauptsächlichsten primären Kalkträger nochmals genannt werden; es sind dies Muscheln, Schnecken, Korallen, Zephalopoden. Kalkalgen geben Kalzit oder Arragonit- (resp. Konchit-)reste, Schwämme, Foraminiferen, Brachiopoden, Bryozoen und Würmer aber Kalzitreste.

Die Organismen sind arten-, gattungs- und ordnungsweise in ihrer Entwicklung von Temperatur, Salzgehalt, Strömung, absorbierten Gasen (Sauerstoff) des Meerwassers abhängig; sehr schön werden solche Abhängigkeiten sichtbar, wo eine Strömung stark wechselt, wie an dem Auftauchen seltener Arten usw. in der Golfstromregion der norwegischen Küste.

In noch unendlich größerem Maßstabe ist diese Abhängigkeit im Fazieswechsel der Organismen vergangener Erdperioden ausgedrückt, am stärksten dadurch, daß gewisse Perioden der Erdgeschichte, z. B. Devon, Trias, Oberjura, durch eine enorme Produktion an kalkbildendem Leben ausgezeichnet sind, die sich indirekt in einer allgemeinen Steigerung der Kalkbildung ausdrückt.

Als einen der wichtigsten Faktoren der Entstehung von Kalkbildung kennen wir heute eine erhöhte Temperatur des Wassers.

Wenn man bei Triest nach der Punta Salvore hinausfährt, wo der Hafenschlamm nicht mehr das Leben der empfindlichen Organismen beeinträchtigt, wird ein Dredschzug in mäßiger Tiefe eine Menge Kalkalgen liefern, an anderen Stellen zahlreiche Muscheln und Schnecken mit kalkigen Gehäusen, wie sie aus den Sanden der Badeorte des Mittelmeeres (Lido) wohl bekannt sein dürften. Gehen wir weiter nach Süden an die syrische Küste, so haben dort die Kalkalgenbildungen schon stark zugenommen.

Korallen sind recht häufig. Der Kalkreichtum der marinen rezenten Bildungen hat schon sehr zugenommen. Eine Strecke weiter, in dem heißesten aller Meere, dem Roten Meere, ist geradezu ein Höhepunkt der Kalkbildung erreicht — bei zugleich sehr hohem Salzgehalt und sehr hoher Meeres-temperatur; ja, hier ist die chemische (Oolith-) Kalkbildung bis fast in die Gegenwart eine so auffällige Erscheinung, daß hier das Studium der rezenten chemischen Kalkbildungen seit längerem anknüpft.

Ein österreichischer Chemiker, der leider so früh tragisch aus dem Leben geschiedene Professor am Wiener chemischen Universitätsinstitut, Konrad Natterer, hat hier zuerst Ca-Fällungen durch Ammonkarbonat infolge verwesender Organismen nachgewiesen.

Es werden heute einzelne derartige Regionen stärkster mariner Lebenstätigkeit in Form von Kalkausscheidung als eine Art

Relikte einer „kalkreicheren“ Zeit bezeichnet (A. Heim). Mit der Steigerung der Kalkbildung läuft auch eine der Dolomitisierung mit. Dieselben Erscheinungen in umgekehrter Richtung sehen wir bei einer Wanderung gegen Norden, wenn auch an der Norwegischen Küste der Golfstrom manche Gäste von Süden herführt und Tiefenkorallen reichlich vorkommen. Der Kalkorganismenreichtum wird in keiner Weise auch nur annähernd erreicht. Das Formen- und Individuummaximum liegt also in der Kälte bei kalkarmen, im Süden bei kalkreichen Formen und ihrem Gefolge an Räubern und Schmarotzern, wie an diesem Beispiele wohlbekannter Reisegegenden gezeigt werden sollte.

Heute aber liegen nicht nur die ganzen Gebiete der Pole, das mächtige Nordpolarmeer mit 4000 Meter Tiefe, große Teile des Atlantik und der nördlichen Mittelmeere unter dem Einflusse des kalten Nordwassers von heute und aus dem Diluvium. Die Antarktis beherrscht den Atlantik und Pazifik in seinen Tiefen (Philippi), ja es scheinen die Eiszeitvorgänge, wie Schichtungsvorgänge in der Tiefsee anzeigen, auch im Meere bis tief hinab sich geltend gemacht zu haben. Eine vorübergehende Abkühlung kann aber die Entwicklung kalkholder Organismen mit ihrer geringeren Beweglichkeit und Empfindlichkeit der planktonischen Larven weitaus zerstört haben. Ganz abgesehen davon, daß in geologisch jüngeren Zeiten ein Großteil der warmen Mittelmeere durch vulkanische und tektonische Störungen auf das stärkste verändert wurde,*) während die Kalkzeiten der Erde eine relative Ruhe der Entwicklung boten.

Ziehen wir die Anwendungsschlüsse für ein Museum. Es wird darzustellen sein:

Eine Serie kalkbildender Typen von Organismen. Der Hauptbestand an Kalkbildnern eines nördischen Meeres, mit Planktonproben, die Kalkbildner des Mittelmeeres, die riesigen Korallenschätze des Roten Meeres, dabei stets Temperatur des Wassers und ihre Extreme. Die 20°-Korallenisotherme ist auf einer Karte zu geben. Vorgreifend (es käme dies bei den Bildern zu sagen) erwähne ich das wunderschöne Korallenriffmodell im Museum zu Halle, das der unermüdlich ideenproduzierende Johannes Walther aufstellen ließ (Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1910).

Ein besonderes Interesse böte eine Zusammenstellung aller in österreichischen Meeren tätigen kalkbildenden Faktoren und der Konstanten ihres Optimums, sowie eine Darstellung der Arbeit österreichischer Forscher (Natterer) in der Kalkfrage.

Eine wichtige darstellungsmögliche Frage ist nun weiter die der weiteren Verarbeitung der kalkigen Organismen und die Abhängigkeit dieser chemisch-dehydralischen Tätigkeit von äußeren

*) Die jungen Brüche. Vulkanischer Schlamm hindert z. B. in der Sunda-see ein reiches Korallenleben, das aber immerhin so stark ist, daß es an einzelne Bimssteinbrocken ansetzt.

Faktoren der Lage, Strömung usw., andererseits können wir damit die Abhängigkeit der fossilen Kalkorganismen von diesem Faktor kombinierend darstellen, denn in der Natur sehen wir sehr häufig Schichten von direkt organischer, detritärer und wahrscheinlich chemischer Bildung wechseln, so daß Heim versuchte, das Problem der Schichtung auf dem Wege einer rein chemisch-biologischen Erklärung zu erklären.*)

Die Existenz der Kalkträger, wie ich kurz für alle kalkausscheidenden Tiere und Pflanzen sagen will, ist nicht nur an bestimmte Tiefen, sondern auch an ganz bestimmte bathymetrische Niveaus gebunden, besonders aber eine intensivere Tätigkeit der Kalkbildner der Gegenwart.

Die Tiefsee von heute birgt zwar beträchtliche Areale, die von lokalem kalkhaltigen Sediment, von Globigerinenschlamm, bedeckt sind. Das Gesamtquantum dieses Sedimentes ist aber bei dem außerordentlich geringen Sedimentabsatz der Tiefsee (seit der Diluvialzeit 0:33 m) so gering, daß die 26% Globigerinenschlamm des Pazifik**) gegenüber den mächtigeren Ablagerungen der Küste und Plateaus zwar dem Areale nach groß, aber dem Volum nach klein erscheinen.

Auch wird es heute immer wahrscheinlicher,***) daß wir es in den Meeresgebieten der heutigen Alpengesteine, der Thetys Sueß, meist nicht mit eigentlichen Tiefseegebieten zu tun haben, wenn auch einzelne Teile beträchtliche Tiefen als Gräben („Sillon“) oder in anderer Form gehabt hätten.

Viele ehemals als Tiefseebildungen angesehene Gebilde werden als solche zweifelhaft. Durch Cayeux†) ist die lange Zeit für ein typisches Tiefseesediment gehaltene Schreibkreide auf Grund exakten bionomischen Vergleiches als in geringen Tiefen entstanden nachgewiesen;††) die Radiolarite der Nordalpen, die Wähner dezidiert als eine Tiefenbildung bezeichnete, werden in ihrer Qualität als solche nach Folgner und Ampferer†††) bezweifelt; so gibt es mit der fortschreitenden Erkenntnis von den Bildungen von Sedimenten in den heutigen Tiefen immer geringere Möglichkeiten, komplizierte Be-

*) Die neueren Arbeiten über Kalkbildung und Sedimentation sind in einem übersichtlichen Referate zusammengefaßt von R. Folgner. Neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Sedimentbildung und chemischen Geologie. Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 1910, Bd. 3, S. 555. Die an wertvollen Bemerkungen reiche Arbeit wurde hier öfter benützt.

**) Murray und Lee. The deep and the marine deposits of the Pacific. Mem. Mus. of comparative zoology. Haward Coll., Vol. 38 (n. Folgner).

***) Haug u. a. S. 156.

†) Cayeux. Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. Lille 1897.

††) Andrae. Ueber stetige und unterbrochene Meeressedimentation. Neues Jhrb., Beilg.-Bd. XXV, S. 374; mehrfach hier verwendet.

†††) Geol. Ges., Wien 1910, S. 664. Vgl. dagegen Steinmann, Geol. Beobachtungen i. d. Alpen. Bericht der Naturforsch. Ges. Freiburg i. B., XVI., 1905. — Zeitschr. d. Deutsch-österr. A.-V. 1906.

dingungen des Lebens und der Lage durch die Verlegung in die Tiefe zu erklären.

Die eigentliche primäre Kalkbildung wird am reichsten in Küstennähe auftreten und dort die besten Bedingungen für eine starke Kalkentwicklung, eine kontinuierliche Meeresbedeckung, mittlere Tiefe und warmes, jedoch zirkulierendes Grundwasser der Meeresteile finden, an deren Rändern und Abhängen die Kalkträger hausen.

Wollen wir uns ein derartiges Meer reichster Kalkbildung mit seinen Ufern weiter ausdenken, so sind die Festländergerüste bis zur Fußebene abgetragene Tafeln, aus denen träge Flüsse mit geringem Gefälle, die an niedrigen Wasserscheiden entspringen, nur mäßige Quantitäten plastischen Sedimentes (kalkbildungsfeindlichen) eintragen. Die Kalkbildung ist allgemeiner, denn die heutigen Meere zeigen sehr wenige, stärker kalkbildende, bewegliche Organismen, während die warmen Meere des Mesozoikums in großen Mengen anscheinend recht bewegliche Kalkpanzertiere (Ammoniten) beherbergten. Die Kalktierwelt ist in den heutigen Meeren festsitzender geworden, d. h. noch abhängiger vom Ufer und dem Kontinentalabhang.

Demonstration: Die beweglichen Kalkträger der Vergangenheit und Jetztzeit. (Auch die Verbreitung durch Larven und damit größere Empfindlichkeit ist zu zeigen.)

Im Litoral und der Bankregion tritt noch die chemische Ausscheidung hinzu, die, vereint mit mechanischer Umarbeitung, sich an die lokalen Kalkphasen anschließt. Daß die chemische Ausscheidung größer war als heute, ist aus der Menge organischer Substanz wahrscheinlich, die in diesen wärmeren, ruhigeren Meeren produziert wurde. A. Heim (Gedanken über Schichtung, 1909, zit. nach Folger) sucht auf einem Wege, der von langen Zeitläufen absieht, die Schichtung und damit Kalklagerbildung zu erklären durch ein Schwanken in den chemischen Grundlagen der Ausfällung und Auflösung, so daß einmal die eine, dann die andere Form des Sedimentes ohne mechanischen Einfluß entsteht (z. B. Kalk oder Mergel und Ton). Im warmen Meere tritt zunächst eine Aragonitphase auf, die in ihrer Aufarbeitung durch Organismen zur Kalkbildung führt. Daß Ueberproduktion von organischer, verwesender Substanz eine überaus große Einwirkung auf den Gang der Erdgeschichte nehmen kann, wurde bereits ausgesprochen. Nach J. T. Hofmann*) sollte auf biogenetischem Wege nur durch die, im Verhältnis zum gegebenen Lebensraum, überreiche Lebewelt eine enorme Wärmeentwicklung usw. erfolgt sein; die bestimmend in den Gang der Erdgeschichte eingriff. Bis zur Steigerung der Kalkbildung und dann Sterberscheinungen in wenig bewegten Meeren mag es gekommen sein.

*) J. T. Hofmann, Grundlinien einer Theorie der Eiszeiten (Gerlands Beiträge zur Geophysik). IX., 1908.

Die Möglichkeit einer abwechselnden Fällung von tonigem und kalkigem Sediment in flachen Wannen der mittleren Tiefe ist noch nicht durch Beobachtung belegt; wenn aber, wie Walther annimmt, die Fällung von Ton und Kalk durch Ammonkarbonat möglich wäre, so könnte eine Periodizität in einer Zerführung oder lokalen Entstehung von fällenden Verwesungsprodukten entstehen.

An Küstenbuchten, in Vertiefungen am Grunde des Mittelmeeres, in großartigem Maßstabe im Schwarzen Meere zeigen sich solche Bildungen.*)

Eigenartig sind auch die Verhältnisse in den norwegischen Austernpollen, d. h. kleinen Buchten, welche der Austernzucht dienen. Hier erfolgt unter starker Insolation flacher, abgeschlossener Meeresteile Bildung einer giftigen (H_2S) Grundschichte, über der eine Schichte warmen salzigen Wassers mit relativ enormer und südlicher Lebensentwicklung liegt. Steigt die Schwefelschicht in die Region der Kalkträger (Austern) und des Lebens hinauf, so erfolgt Absterben und Absinken der Reste auf den Grund.

Pompecki erklärte nach Analogie der Androussowschen Arbeit die Bildungen des schwarzen Juras.

Beachtenswert ist das Vorkommen von Kalkkarbonat in den Tiefen, das manchmal die Schwefeleisenklümpchen einhüllt (Androussow).

Die Beeinflussung der Sedimentation.

An den küstennahen Ablagerungen mittlerer Tiefen müssen sich bis an eine gewisse Grenze, an die eben Sueß die Grenze der Tiefsee verlegt, alle Veränderungen der Luftwelt wie des Festlandes spiegeln; dabei kann es sich um kleinere, alljährliche Vorgänge, wie sie die Schichten der Staßfurter Salzlager bedingen, oder um Veränderungen größerer Intensität und längerer Dauer handeln, die dann tiefer eingreifen (Oszillation, Strömungswechsel).

Alle diese Erscheinungen rufen an verschiedenen Stellen verschiedene, aber koordinierte Ablagerungen hervor, bis die Grenze der Wirkung des ablagerungs- oder faunenändernden Vorganges erreicht ist. Jedes noch so gering die Ablagerung ändernde Ereignis bedingt eine Aenderung des Absatzes in seiner petrographischen Zusammensetzung — eine Schichtfuge (Glimmerbeste u. dgl.).

Einige Beispiele aus historischen Zeiten, wo eine Katastrophe klimatischer Art in die Sedimentation eingreift, wären bei ge-

*) N. Androussow, La mer noire. Guide des excursions du 7e. Congrès géol. internat., St.-Petersbourg 1897, Nr. 29.

J. F. Pompeckj, Geognost. Jahreshfte 1901. S. 185. — Delkeskamp, Zeitschr. f. prakt. Geol., XII., 1904.

nügendem Material an Beobachtung für ähnliches aus der Adria darzustellen.

Wenn an englischen Küsten (Frech) durch eine Sturmflut 9 m klastisches Material aufgeschüttet wurde, so kann diese Sturmflut auf flachen Bänken direkt, noch mehr aber durch Aufarbeitung der aufgeschütteten Massen große Lebensbezirke mit ihren charakteristischen Bildungen vernichten. Eine Küste, wie die Yorkshirküste, wird seit Römerzeiten von den Fluten so angegriffen, daß sie um 5-6 km zurückweicht.

Hier zeigen sich einige Erscheinungen des jährlichen Klimas, die in die Aufarbeitung der primär oder sekundär angeschnittenen Kalksedimente eingreifen, u. zw. an der Küste. Indirekt greifen sie aber auch in fernere Gebiete ein. Erd(See)beben greifen in die Kalkbildung störend, aber kalkverbreitend durch die oft berichtete (z. B. weiße) Trübung ein.

Spekulativ könnte so geschlossen werden, daß durch Beben verursachte Faziesänderung (Schichtung) eine Chronologie extremer Bebenzüge an einzelnen Stellen darstellt. Wenn wir bedenken, daß am Mittelmeere nach Gnirs, Negris u. a. *) Strandverschiebungen auch in historischer Zeit stattfanden, so wären damit Wanderungen oder Wechsel der Fazies verbunden. An der bebendurchzogenen syrischen Küste könnte solches noch in den letzten Jahren stattgefunden haben, wie die Verschiedenheit der älteren Karten des Hafens von Ladikieh und unsere Beobachtungen uns glauben ließen. **)

Ob solches auftritt, könnten nur lange bohrende Grundproben zeigen. Es wäre interessant, an Bebenküsten im Litoralgebiet zu erforschen, ob nicht die Beben derartige Spuren hinterlassen.

Meerestrübungen bei Beben sind reichlich bekannt, und irgendwo muß diese Trübe sedimentieren. Das chemische Gleichgewicht einer ruhigen Sedimentation wird natürlich auch gestört und könnte so eine Phasenänderung oder Verschiebung der Fällung erfolgen; in der Nähe des Bebenherdes träte eine Schicht, in der Ferne eine Schichtfuge auf.

Diese Ereignisse: Trockenis und Nässe, Sturm (vielleicht Bebenjahre), folgen einander in Zyklen, mit denen Brückner z. B. große historische Ereignisse (Völkerwanderung, Mongolensturm) zu erklären trachtete.

Nach einem Taifun auf den Marshallinseln ***) waren an zahlreichen Riffen die oberste Krone weggespült, Lagunen versandet und derartige Mengen von Bäumen (Kokospalmen) abgeschwemmt, daß das Stationsschiff (nach einem anderen Bericht) stundenlang mit Mühe durch die schwimmenden Baum-

*) Darüber kritisch: Krantz, Hebung oder Senkung des Meeresspiegels. Neues Jhrb. f. Min., Beilg.-Bd. XXVIII.

**) Gnirs, Mittlg. der Geogr. Ges. Wien 1908.

***) Matthew, Erosion of the bolderness coast of Yorkshire. (Excerpt. of Proc. of the Institution of Civil Engineers 1904.)

massen steuerte. Eine derartige, weit ausgedehnte Katastrophe wird terrigenes und Strandsediment, z. B. Sand, über die normalen Sockelbänke der Riffe bis in die Tiefseeregion hinaus-schwemmen, ja dort Landpflanzen ablageren.

Wie die klimatisch abhängigen Flußablagerungen aus einem Kalkgebiet beträchtliche Mengen kalkigen Sedimentes weit draußen abzulagern imstande sind, zeigen Thoulets Beobachtungen an der Seine mündung.*) Hier könnte am Rande die Wechsel-lagerung kalkiger und kalkärmerer Schichten je nach Hochwasser eintreten, weiters nach nassen und trockenen Zeiten (Zyklen). An der Seinebucht zeigten die Sande einen Kalkgehalt von 4 bis 64%, Zonen kalkreichen Sandes liegen parallel mit kalkarmem Sand, die kalkreichsten liegen am weitesten von der Küste.**)

Ein anderer Fall, der vielleicht zeigen kann, wie sich Ereignisse verschiedener Zyklen des terrestrischen Klimas und großer orogenetischer Ereignisse in der Adria kombinieren. Grund***) nimmt an, daß eine Senkung der Dinariden (im Osten) und eine Ausfüllung der nördlichen Adria stattfindet. Letztere wäre wieder durch eine Transgression entstanden.

Die Ausfüllung durch Schuttmassen würde die niederen Zyklen zeigen, die Senkung und Transgression einem höheren Zyklus folgen. Um ein bekanntes altes Wort aufzunehmen, hätten wir Jahres-, Jahrhundert- und Jahrtausendringe, die wieder in Gruppen verschiedener Breite und Deutlichkeit zerfallen.

Je höher die Ordnung des Zyklus (z. B. die Nachklänge einer großen raschen Strandbewegung), desto tiefer die Wirkung.

Museal: Zeige aus den Revisionen der Küstenaufnahmen die Folge von nassen und trockenen Jahren. Ebenso die transportierenden Flußtrübemengen der verschiedenen Jahrtypen; ferner Beobachtungen über die lokale Position des flußtrüben Wassers, je nach dem Jahresklima. —

Wie Brückner die 35jährigen Wetterzyklen mit großen Folgeerscheinungen verknüpft, so haben auch die viel höheren „geologischen“ Ereignisse eine seit mehr als hundert Jahren erkannte zyklische Anordnung.

L'histoire géologique de notre planète n'est pas autre chose que l'histoire de ces cycles succésifs. (Haug, *Traité de Géologie*, I., p. 20.)

Wir kennen z. B. heute eine Reihe von Eiszeiten im Cambrium, den Perm, das Diluvium, die in ihren Folgen größere Erosionstätigkeit und Behinderung der empfindlichen Kalkbildner durch die Flußtrübe, lebhaftere Auflösung der kalkigen Sedimente, eine der Entwicklung kalkabscheidender Organismen ab-

*) Kapt. Jeschke-Petermann, *Mittlg.* 1905, S. 248; 1906, S. 270.

**) Thoulet. *Etude de fonds marines de la baie de la Seine.* (*Comptes rend.* 146, p. 1067 - 69.)

***) Grund, *Die Entstehung und Geschichte des Adriatischen Meeres.* *Geogr. Jahresber. aus Oesterr.* Bd. IV.

trägliche Abkühlung des Wassers, die Kalkbildung und -Erhaltung herabgesetzt haben, anderseits kennen wir eine Reihe der höchsten Entwicklung warmer, organisch sedimentierender Meere unserer Breiten.*)

Philippi fand bei seinen Studien über die Tiefseelotungen der Valdiviaexpedition,**) daß die roten Tone der Tiefsee von kalkhaltigem Sediment überlagert erscheinen, was mit einer Nordverlagerung der südpolaren Packeiskante im Diluvium erklärt wird; hier erfordert also im Bereiche der Tiefsee eine einzige Schichtflüge den ganzen Betrag einer Eiszeit, ein Beispiel eines tiefergehenden Zyklus.

Neumayr betont, daß in älteren Formationen meist küstenernere, tiefer bedeckte Sedimente erhalten sind, die nicht dem zerstörenden Einfluß der Oberfläche ausgesetzt waren. Diese würden dann auch nur die Zyklen höherer Ordnung zeigen. Die Erforschung dieser Verschiedenheit in rezenten Meeren bietet noch ein unendlich weites Feld der Detailarbeit im Litoral, wie in der Tiefe, aus deren Resultaten immer vollkommener die Geologie und damit die Steinindustrie profitieren kann.

Die Erforschung der Sedimentation der rezenten Meere in bezug auf die „tropischen“, bzw. „subtropischen“ Meere der Vergangenheit setzt besonders wirkungsvoll dort ein, wo Grenzen der marinen Sedimentation vorhanden sind; also dort, wo eben schon, oder eben noch nicht, eine allgemeinere, stärkere Kalksedimentation beginnt. Daß die Resultate gerade in solchen Grenzgebieten fallen, zeigen Natterers Funde im Norden des Roten Meeres, Walthers Arbeiten im Golf von Neapel, Fuchs' Anregungen von der Rhede von Messina, vielleicht auch die Resultate der Erforschung der Adria. Die Arbeitsziele wären es wert, wenn spezielle Stiftungen für derlei meereskundliche Kurse und Arbeiten junger Geologen gemacht würden.

Eingreifen der Faltungsphasen in die ursprüngliche Sedimentation.

Die Faltungen, die mit den vorhergehend erwähnten Ereignissen zu zyklischer Anordnung aneinandergereiht wurden, greifen primär und sekundär in diese ursprüngliche Ablagerungsfolge geradezu verwirrend ein. Wenn hier manchmal der Einfachheit halber, um nicht stets eine Umschreibung zu wählen, z. B. von dem Meere des nordalpinen Neokoms gesprochen

*) Uebersichten bei: Th. Arldt, l. c. S. 495, 506 etc. — Simroth, Pendulationstheorie. Leipzig 1907. Schlußkapitel: Der Zusammenhang von Transgression, Klima und Gebirgsbildung. — Sueß, Entstehung der Alpen, S. 120. — Philippi, Ueber einige paläontol.-math. Probleme. Neues Jhrb., Beilg.-Bd. XXIX, (S. 168 ff.)

**) Ueber Schichtbildung etc.. Intern. Revue der ges. Hydrobiologie etc. 1909, H. 2.

werden wird, heißt das nicht, daß gerade dort, wo heute das Gestein liegt, auch die Stelle der Sedimentation war.

Die neben- und hintereinander abgesetzten sukzessiven Sedimente des durch lange Zeiträume mit verschiedenem Tiefencharakter bestandenen Meeres mit seiner ungleichen, verschieden oszillierenden Grundfläche, mit tiefen Gräben, flachen Kalkplateaus, Riffen und schlammigen Lagunen und Becken werden durch die Faltung so zerlegt, überschoben und gefaltet, daß die Herstellung des ursprünglichen Bestandes der Bionomik des alten Meeres die größten Schwierigkeiten bereitet.*)

Die natürliche Mächtigkeit der älteren Meeressedimente wurde durch die Faltung so gesteigert, daß die Meeresebildungen als Schichtpakete von enormer Mächtigkeit in den Gebirgen zutage liegen, 40.000 Fuß beim Paläozoikum der Appalachen, 14.000 im Himalaya (vgl. C. Dien er).

Dabei treten die Bildungen der tieferen Meere gerade in diesen gefalteten Bildungen auf, die der küstennahen Meere vorzüglich (aber nicht ausschließlich) in ungefalteten Schichten auf.**)

— M u s e a l: Die tektonischen Erscheinungen gehören teils in die allgemeine Abteilung, teils zum Tunnelbau und Bergbau, wo sie in den Details mehr die Technik beeinflussen. —

Die Mächtigkeit der hochmarinen Kalke und Mergel und die Geosynklinalen.

Wie aus vorhergehendem bereits ersichtlich, haben wir es in den Materialien der mittleren geologischen Zeiten der Alpen mit tieferen Meeressedimenten zu tun, die sich nach neueren Annahmen in ihrer Mächtigkeit durch die Annahme von Senkungsgebieten, Geosynklinalen, im Boden der alten Meere, erklären lassen. E. Haug, der Hauptvorkämpfer dieser Theorie, versuchte, die Geosynklinalen der geologischen Perioden in Kärtchen zu reproduzieren. Um so mehr ist dies wichtig, da für die Praxis nicht nur die Qualität, sondern auch die Mächtigkeit der Ablagerung und die gleichmäßige Aufeinanderfolge verwendbarer Schichten in Betracht kommt. Die Gleichmäßigkeit wird in der Nähe des Meeresspiegels am geringsten sein, wo nicht feste Korallenriffe durch enorme Zeiten sich zu Höhen bis zu 1500 m aufbauen. Die gleichmäßige Mächtigkeit wird dort am größten sein, wo eine gleichmäßige Senkung die Ausfüllung durch chemische, organische oder detritäre Bildungen lange fort-dauern läßt.

Die Vorstellung einer solchen Mulde darf aber keineswegs so verstanden werden, daß wirklich ständig eine Vertiefung vor-

*) C. S c h m i d t. Bild und Bau der Schweizer Alpen. Basel 1907. S. 75.

***) S u e ß, Entstehung der Alpen. Wien 1875, S. 96 ff. (Mehrfach benützt.) Die Sueßschen Arbeiten haben als Grundlage für ein österreichisches Museal-Institut größte Bedeutung. Ihr großer, oft poetischer Reiz gestattet eine unmittelbare konzentrativ-museale Darstellung.

handen wäre, sondern die wahre Oberfläche bleibt während des ganzen Senkungsvorganges in gleicher absoluter Entfernung vom Erdmittelpunkte,*) der Betrag der Senkung wird durch die Sedimentation ausgeglichen.

Durch eine solche gleichmäßige Senkung können die gleichartigen mächtigen Lager der kalkigen tieferen Sedimente erklärt werden.**) Durch die Sedimentmassen selbst käme sonst die Oberfläche in immer seichtere Regionen und damit in andere Ablagerungsbedingungen.

In der Geosynklinale wird die Regel von der geringen Sedimentation gerade umgekehrt, es können am Rande der Geosynklinale, wie das Haugsche Schema zeigt, wenig mächtige, stark wachsende Flachseebildungen entstehen, während in der Mitte ununterbrochene Reihen tieferer mariner Kalke zum Beispiel sich bilden. Dieses ist der normale Fall; es könnte aber ebensogut die sinkende Ablagerungsfläche im Gebiete der raschesten Versenkung, im Gebiete des Litorals, bleiben.

Es sinkt nach dieser von Hall zuerst aufgestellten Annahme der Boden in der Linie der größten Senkung als Achse der Geosynklinale und zugleich Linie der größten Ablagerung.

Derartige tief abgelagerte Sedimente zeigen auch keine raschen unerwarteten Uebergänge, keine Linsen und kein Auskeilen, nur die höheren Zyklen beeinflussen sie; sie werden auf lange Strecken eine gleichmäßige, in den Diagrammen ihrer Zusammensetzung nur leicht undulierende Beschaffenheit zeigen.

Die Senkungszone der Geosynklinale erhält nun öfter in ihrer Längserstreckung eine Aufwölbung, die sich in den Gesteinen durch Ablagerungen seichteren Wassers charakterisieren wird, ohne vielleicht direkt an der Meeresoberfläche zutage zu treten, die Geoantikline.

Die Oberfläche dieser Aufwölbungen wird mit Korallenbauten, mit Spongien, mit detritären Bruchstücken solcher Bildungen bedacht sein, und in dem Einflußbereich von Strömung und Wellenschlag liegen. Die Geoantikline bringt die Sedimentationsfläche wieder in den Bereich der Zyklen niederer Ordnung. Die Schichtfolge wird immer rascher wechseln. Mit der Erwähnung dieser Geosynklinalen wären wir an der Grenze der „weltweiten“ Erscheinungen angelangt, die vielleicht nicht im Museum, früher aber in eine kleine an die Geophysik angegliederte Abteilung, theoretische Geologie, gehören, wo insbesondere die Versinnlichung des Sueßschen Gedankenfluges für eine österreichische Anstalt Pflicht, für eine ausländische Notwendigkeit wäre.

*) Walther, Gesch. d. Erde S. 64.

**) Haug, S. 158 ff

Muséal: Modell einer Geosynklinale (Kautschuk und Sand, beweglich). Sandmodelle verschiedener Regionen. Farbige Ausführung der Fazieskarten Haug. Verlauf einer andauernden Sedimentation im seichteren Becken mit und ohne Senkung.

Die triadischen Kalkzeiten.

Derartige Senkungsgebiete sind nach dem französischen Forscher*) die Ursprungsstelle der mächtigen Kalkmassen der Alpen. Ein zusammenhängendes tiefes und warmes Meer durchzog von der Triaszeit an das heutige Eurasien, die oft genannte *Tethys Sueß*; von Marokko bis in den fernen Osten Asiens.

In ihm entstanden die mächtigen Kalkmassen der Triaszeit, die vom Tertiär an Europas Boden indirekt mit Kalk versorgten. Aus dem Studium der triadischen Kalk- und Mergelzeiten schöpfte die Fazieslehre die größten Anregungen, die Schwierigkeiten der Erklärung des „Alpenkalkes“ der Geognosten der älteren erdgeschichtlichen Schulen förderten gerade den für unsere Interessen interessanten Teil der Wissenschaft.**)

Es ist daher nur billig, zunächst einige Worte der Vorstellung dieser Zeit zu widmen, die in ihren alpinen Meeren unsere Kalkphasen, unterbrochen durch Perioden mehr klastischer Ablagerung enthält. Könnten wir etwa zur Zeit der oberen Trias, einer Zeit enormster pflanzlicher und tierischer Kalkabscheidung, mit einem Expeditionsdampfer das ziemlich seichte Meer befahren, so machten wir eine Reihe Beobachtungen, die uns sehr an gewisse Teile des plateauriffbedeckten Indis und zugleich der Sulusee und Westindiens erinnern würden. (Hiebei ist weder die wahre ursprüngliche Stelle der Sedimentation, noch die exakte chronologische Reihenfolge berücksichtigt.) Vielleicht wird es mit Hilfe erfahrener Triasgeologen gelingen, hiezu später exaktere malerische Bilder zu schaffen.

Das landschaftliche Gesamtbild ändert sich kaum bedeutend, nur Oszillationen untergeordneter Art (Frech, Trias) stören die ruhige Entwicklung der riesigen Kalkmassen.

Wir durchfahren das Gebiet der jetzt von Vicenza bis Franken liegenden Gesteine. Im Anfang führe unser Dampfer vorsichtig unter halber Fahrt über flache tonige Gründe mit Schlamminseln und böartigen Algenriffen, so daß fast die Schraube den Grund mit aufrührt. Tieferes Wasser folgt, dann wieder Inseln mit üppigem Grün und gelbem Sandstrand (Valsugana), dann aber käme tieferes Wasser über festen Bänken von Kalkalgen, wo uns das

*) Haug, außerdem: *Les géosynclinaux*. Bull. Soc. Géol. de France. XXVIII, 1900.

***) Folgendes unter Benützung: v. Arthaber, *Lethaea geognostica*, die alpine Trias des Mediterrangebietes. Stuttgart 1905, Schweizerbarth: Frech, dasselbe, Einleitung des Mesozoikums und der Trias. 1903; Haug, *Traité*. Bd. II, S. 876 ff., 112 ff.; Walther, *Geschichte der Erde*. Kap. 22, 23; Schmidt, *Bild und Bau der Schweizer Alpen*, S. 75, 77 ff.

Schleppnetz außer einigen Kalkfischen und Tiefenkorallen nur aus den schlammigen Stellen reichere Beute brächte, im Westen dehnt sich diese Algenbankregion weithin.*)

Wir aber halten östlich den Kurs und nach einigen Stunden zeigt uns ferner Brandung und graue Inseltrübe an, daß wir in ein schwierigeres Fahrwasser kommen.

Aeltere Eruptionen erzeugten schlammige Untiefen, Inselchen erheben sich auf den höchsten Stellen der Nulliporenplateaus, die warme, klare See begünstigt Korallenbildungen, die auf jedem Bimssteinstück, auf jedem weit vertragenen älteren Riffblock einen Grund zum Wachstum fanden.**)

Im Inselrayon sehen wir überall buntes Korallenleben die Algenbänke überziehen, im Sand- und Kalkschlamm der Tiefen wandern wie die Limaarten große Muscheln. Dann folgt nach dem schmalen Inselgürtel (***) tieferes Meer, aus dem uns ein Dredschzug viele Ammoniten aus dem Kalkschlamm liefern würde. Einige Stunden Fahrt loteten wir ziemliche Tiefen, dann käme wieder eine seichtere Region und milchige Brandungstrübe von einzelnen zutage liegenden Inseln.

Von Inseln mag ein Sturm dichte Massen Stämme abtreiben, die, als Kohle gebettet, dem Bergmann ein trügerische Hoffnung auf reiches „Kohl“ vorgaukeln können. Die See wird flach; aus der üppiges Riffleben nährenden Strömung des offenen Meeres kämen wir auf einen „Klima“ trennenden Rücken. Wie heute am Whywille Thomson-Rücken, würde ein Trawlzug südlich und nördlich des flachen, an Senkstoffen reichen Grundes ganz verschiedene Faunen geben. Wir sind nach einigen Stunden Fahrt am Rande des deutschen Meeresgebietes.

Weite, seichte Meere, ohne so buntes Leben wie im Süden, dehnen sich weithin nach Norden, unterbrochen durch die Reste alten Wüstenlandes, mit Dünen und Lagunen, das im Kampf mit der See bald verschwindend, bald auftauchend, sich noch behauptete — das germanische Triasland und Meer.

Dies wäre also ein Bild, das, näherungsweise kombiniert, dem Zustande der oberen alpinen Trias entspräche.

Eine Aufgabe für museale Zwecke wäre hier Draufsichten (ideale) in ähnlicher Weise herzustellen, wie sie die Alpenpano-

*) Ueber die sogenannten Riffe: Mojsisovics, Die Dolomitriffe etc. Wien 1897. -- Salomon, Palaeontographica LX, Abth. R. A., Bd. XXI. Uebersicht der Literatur v. Klebelsberg, Mittlg. d. Geolog. Ges. 1910. Bei der lebhaften Diskussion bleibt aber immerhin die Möglichkeit des zentralalpinen Archipels bestehen.

**) Derartige Ansätze an Bimssteinbrocken im Schlamme kommen in der Sulusee vor. Sluiter (n. May, Korallen etc. Natur u. Geisteswelt 1909, S. 32.)

***) v. Arthaber, Lethaea geognostica. Bd. II, Lief. 3. S. 229; vgl. die Größe des Südtiroler »Riff«-Terrains mit der des Quarnero; Walther vergleicht sie mit Kanalariffen, E. Sueß (Antlitz. Bd. III), mit den Keys etc. der Floridabucht vgl. die Riesengröße der Amirantenbank (80.000 km²) mit ihren wenigen Inseln.

ramen der bayrischen Fremdenverkehrsförderung darstellen — etwa malerische Ballonblicke, die die fazielle Verteilung in ihren Hauptzügen zeigen könnten. Es muß und soll das jedoch immer nur ein Schema bleiben. Die Ergänzung bildeten Unterwasserbilder, wie ich es im demonstrierten Bilde der zweiten Periode des Leithariffes versuchte. Die Technik derartiger Hochsichtbilder ist besonders von Prof. Zeno Diemer in München ausgebildet (Bild der Ueberlandzentralen, Deutsches Museum, Abteilung für Beleuchtungswesen) und zahlreiche andere.*)

Diese meist dolomitisierten Riffkalke und unreinen Mergel des seichteren Meeres kommen für technische Zwecke nicht so sehr in Betracht, wie die reinen Kalke und Mergel der Tiefen und Küsten, wie sie das folgende Zeitalter der Jurazeit für die Zwecke der Zementindustrie in hervorragender Weise bietet.

Kalkzeit des oberen Jura.

Hier beginnt unser Interesse bereits im Liasmergel (aufgearbeitete Kalke der Trias?), noch mehr aber in den primären und sekundären Kalkprodukten des oberen Jura, in dessen tieferen alpinen Meer das Wasser durchwegs ziemlich tief wäre. Im Norden lägen die Reste des vindelizischen Rückens.(?)** Nördlich der wechselnden Tiefen, der sich in immer verkomplizierenderen Verhältnissen entwickelnden Geosynklinalenregion, zieht sich ein tiefer Graben aus mächtigen Tiefwasserkalken, der „Sillon d'Europe centrale“. Er reicht von Nizza bis Polen, seine Tiefenkalke sind, tektonisch begrenzt, gerade in sonst als an geeigneten Kalken ärmeren Gegenden wichtig geworden. An seinem Nordrande liegen von Grenoble bis Franken in einer seichten Zone eine Reihe von riffähnlichen Bildungen.

Durch wenig mächtige Rindenriffe***) sind in Süddeutschland die älteren Kerne der direkten Attacke der Brandung und der Atmosphärien entzogen. Die primären und sekundären Ablagerungen sind weiße kalkige Sedimente, so daß auf weite Strecken der Name Weißer Jura lokal berechtigt erscheint. Diese submarinen, intensiv wachsenden Spongien und Korallenriffe, nach Haug peripherische Riffe des zentral-europäischen Grabens, gelangen in die Abtragungsregion. Stürme und Abwässer des nahen Festlandes tragen weithin die Riffprodukte als Kalk, Sand und Schlamm hinaus. Die kalkige

*) Für Darstellungen vergleichender Natur im Museum kommen hier die Darstellungen des Museums für Meereskunde in Berlin, und Hartmeyers kleine Schrift: Die westindischen Korallenriffe und ihr Tierleben, Berlin 1909 (Meereskunde) in Betracht.

**) Walther, Geschichte der Erde u. Lias. S. 399; Haug. S. 999 ff., 1046 ff., 1090 ff.

***) Eine ganze Reihe moderner und älterer Autoren nehmen an (Voeltzkow, St Gardiner, Agassiz u. a.), daß zahlreiche, wenn nicht alle Korallenriffbildungen des Indik und Westindiens wenig mächtige Rinden auf älteren Böden bildeten.

Phase hat die tonig-terrestrische abgelöst. Chemische, rein kalkige, weniger dolomitische Bildungen treten hinzu.

Es ist wie an vielen Stellen Amerikas, wo die Kalktrübe in der Florida bucht zur Kalkbankbildung führt.**) Walther gibt die Entfernung der Korallenschlammassen von Riffen bis zu 20 km, an der Küste Südamerikas aber bis 2500 km an.**)

Derartig groß und ausgedehnt sind die Kalkprodukte bei Riffschutz. Die Brandung usw. wirken eben nicht auf wahre terrestrische Gebiete, sondern auf die eigenen jungen Bildungen ein. In rifflosen Zeiten sind es die Bildungen der Kontinente, die direkt angegriffen werden. Nach Faltungen trägt die stärkere Erosion die Produkte früherer Meere in die alte Heimat gelöst und gemischt zurück; in Riffzeiten aber rein.

Die Größenverhältnisse der Riffzonen mit ihren Kalkmassen werden in ihrem Einfluß auf die Kalkführung weiter Gebiete vielleicht klarer, wenn wir uns Inseln, wie Samoa, Neukaledonien oder die Küste Dekkans mit seinen „gehobenen“ Randriffen (Voeltzkow) mit alten Kernen und starken Rinden in die Meere der Thetis versetzt denken, samt ihren Sockeln und Einflußgebieten auf die umgebenden Sedimente (Schwarzwaldinsel). Die Riffzone ist in der Lokalität Solnhofen nicht nur infolge ihrer einzig erhaltenen terrestrischen Fauna, der ersten terrestrischen seit der Triaswüste, sondern besonders als im steten Vergleich mit dem heutigen Riffleben bearbeitetes***) Modell einer seichteren Riffplateaubildung wichtig, von der ausgehend eine Reihe der wichtigsten Kalkmaterialfundstellen verstanden werden können. (Modell der Solnhofener Gegend!)

Es sind an diesen Riffen die ursprünglichen Bildner, Korallen und Schwämme, selten in guter Erhaltung vorhanden, der Vorgang der Diagenese verkettete ihre Reste zu einem homogenen Gestein. Der plumpe, strukturlose Riffkalk ist umhüllt von geschichteten Kalken und Tonen, jungen, autochthonen Bildungen der Zerstörung der Riffe, bewohnt von „korallophilen“ Tieren.

In den Riffkalken der Steinbrüche ist die Genesis auch ökonomisch von Interesse. Uebergußschichten geben geschätztes Baumaterial, chemische und Tertiärsedimente ausgezeichnete Platten. Gewachsener Kalk ist oft dolomitisiert, u. zw. je tiefer im Riff, desto stärker (bathymetrisch-ökonomische Beziehungen). Fossilaschen werden durch ungleiche Härte im Betrieb lästig werden, harte Bänke, Spongien desgleichen (Ungleichheit der Diagenese). Die ökonomische Bedeutung der Detailriffazies (Bruchkosten) wäre im Diagramm zu zeigen.

*) n. Agassiz. Sueß, Antlitz der Erde. IV, S. 391. 394.

**) Einleitung i. d. Geol. S. 930.

***) Walther, Die Fauna der Solnhofer Plattenkalke. Haeckelfestschrift 1904. S. 135 ff.

Der Vergleich, der am meisten herangezogen wurde, sind die Riffe der westindischen Riffzone. Hier machten es die Forschungen von Pourtalés und Agassiz (ähnlich wie Voeltzkow und Gardiner für einzelne Riffbänke im Indik) wahrscheinlich, daß die Sedimentbänke, entstanden zunächst durch Anhäufung gemischter Kalkträger usw., durch autogenen Aufbau in die Zone des Korallenlebens hinaufkamen. (Vgl. aber dazu die Haugsche Ansicht über das Aufkommen der Geoantiklinen in die Region des Korallenlebens, etwa zuerst in die tiefere Korallen- usw. und Spongienbank, dann in die Nulliporenriffregion, schließlich in die Riffkorallenregion.)

Hartmeyer gab für die westindischen Keys (Museum für Meereskunde, Berlin 1909) eine populäre Schilderung, der wir beim Vergleiche folgen, da sie auch für die österreichische Fortsetzung*) wie für den Hauptriffzug anschaulich sind.

Nur wenn die Riffe von der Hauptmasse erhalten sind, werden die massiven Gesteine des toten Riffes vorliegen, das an der Brandungsseite vom lebenden Riff begrenzt wird. An der Innenseite liegen große Massen geschichteten Kalkschlammes oder Kalksand. Nur die Kalksandlinsen zeigen eine reiche Fauna, der feine Schlamm ist fast frei von Organismen (Innenkanal von Tortugas). Die Innenseite des Riffes ist von einer sandigen Flachwasserzone begrenzt. Im toten Riff ist das Hauptleben der Schnecken, Seeigel, Krebse; die letzteren sind besonders häufig in der Flachwasserzone, in den Lagunen. Walther gibt ihnen eine ganz besondere Rolle bei der Zerkleinerung der Kalke und Herstellung von Kalksand und Schlamm. An einzelnen Stellen mögen auch in Höhlungen der Riffe bunte Ammoniten den Rayon so beherrscht haben, wie bunte Fische die heutigen Riffe. Wenn wir nicht wüßten, daß es eine große, nur auf die Riffklüfte beschränkte Fauna von Fischen gäbe, würden z. B. Fischreste ebensogut im Gestein als Kennzeichen freien Wassers gelten.

Ein Normalschnitt durch eine Barriere mit malerischer oder präparativer Darstellung der faziell wichtigsten Tiere ist zu machen (Riffsschnitttypen).

Wie sehr wieder terrestrische Ereignisse (Ueberschwemmungen, Stürme vom Lande), die in die Klimazyklen fallen, einwirken können, zeigt das vollständige Absterben (1887) der Madrepোরarien im Innenwasser der Tortugas, das, ohne daß die nähere Ursache bekannt ist, durch Küstenwasser verursacht wurde. -- So können wir uns z. B. das Zurücktreten von Korallen an manchen Riffen bei gleichzeitigem Vorherrschen einer reichen Schnecken- und Bivalven-, Brachiopoden- und Nichtriffkorallen- usw. Fauna denken.

*) Die Wahrscheinlichkeit des Zusammenhanges erhellt aus den nahen Tiefeneubildungen von Niederfellabrunn. (Haug, S. 1090. n. Abel u. Vettters.)

Die Schalenstärke der Muscheln und Schnecken wird einen Schlüssel abgeben, ob Außen- oder Innenseite des Riffs vorhanden ist. Damit wäre auch geringere Dolomitisierung, andere Bruchverhältnisse und damit andere ökonomische Bedeutung verbunden.

Der Vergleich unserer Riff- und Bankbildungen der Klippenreihen wird allerdings kaum günstige Verhältnisse der Erhaltung wie im wenig gestörten Frankenjura finden. Dort liegen ja Riffe der verschiedensten Tiefen vor, wie heute die Bänke und submarinen Riffe von Fischen, so von den Ammoniten bewohnt, von den durch Spongien verkitteten Riffbankbildungen der strömungsgekehrten Kanäle (vgl. Chagosbank) bis zu den Trockenbildungen der Dünen von Schnaitheim.

Da wir in den weißen Riffkalkbildungen und ihrem Gefolge von Sanden, Tonen, Mergeln und Breccien landnahe Bildungen vor uns haben, so wird damit auch ein im Detail häufigerer Fazieswechsel, Auskeilen, Linsenbildung und andere für den Betrieb weniger angenehme Erscheinungen einsetzen, wo nicht tektonische Begrenzungen dies noch mehr komplizieren. Die geschichteten Produkte werden bei diesen Inseln (nicht ganz so bei den Atollen) überwiegen. Winzig klein werden die Inseln erscheinen zu dem mächtigen Sockel von Schlamm, verkitteten und diagenetisch veränderten Kalkgrus, kreidigen oder tonigen Bildungen, die das Inselchen in gesetzmäßiger, von zyklisch-klimatischen Ereignissen beeinflusster Reihenfolge umgeben.

Sockelmodelle vergleichbarer Inseln, Schnitte durch die Insel in verschiedener Höhe, projiziert auf z. B. Oesterreichs Karte.

Nun zum Bilde. Der Vordergrund zeigt die ebbetrockene, tote Rifffläche — wir sind an der Innenseite des Riffes —, ein weißer Saum am Horizont und fernes Donnern der Brandung zeigt uns die äußerste lebende Riffzone an. Einzelne Korallenrollstücke bedecken den Boden. Ein Tümpel warmen Seewassers dürfte unserem Fänger reiche Beute bieten: Krebse, Schnecken, Insekten, vielleicht einen lauernden Ammoniten, der durch die wassererfüllten Höhlungen des Riffes bis hierher kam.

Riffsand bedeckt die Oberfläche wie ein Polster, füllt alle Zwischenräume des Gewirres von Kalkskeletten aus.

Wenn die Korallenstücke einst fest durch die Diagenese verkittet sind, wird der Steinbrecher den Ueberrest bunten formenreichen Korallenlebens, als Werkkalk in die Oefen schleppen.

Auf der Schlagseite des Riffs, an die wir von diesen fast trockenen Stellen bei den bewachsenen Inseln gelangen, würden wir im Wasser watend recht sehr auf die Höhlungen achten müssen, die gefährlich für den Sammler sind, aber auch reichstes Tierleben von Schnecken, Brachiopoden, Muscheln zeigen. Die Gänge und Löcher im Riffe werden im strukturlosen Kalk als Fossilaschen mit ungleicher Härte erscheinen.

Gerade die eigentlichen Versteinerungsfundstellen werden dem Steinbrecher vielfach unerwünscht sein. Dem Sammler gelingt es nicht zu oft, eine reiche Fundstelle zu finden; der fossil-leere, aber gleichmäßige detritäre und verkittete Kalk wird eher in stärkerem Abbau stehen, als diese lästigen, aber interessanten Stellen mit ihrem Dolomitgehalt. Auf den einzelnen grünen Inseln mit ihren Dünen, die aus der Riffregion aufragen, treibt sich allerlei Getier: Flugsaurier, die zahlreichen Insekten jagend, kleine Raubdinosaurier und Urvögel herum. Das fliegende Volk ist mit seinen Hakenapparaten zum Klettern und Abfliegen von erhöhtem Standpunkt befähigt, trotzdem der Flugapparat recht sonderbar ist.

In den Riffkalcken werden wir aber kaum viel von ihren Resten erwarten dürfen, obwohl sie wohl zumeist im Bereiche der Inseln lebten. Ihre Erhaltung erfolgt in einer anderen interessanten Oberflächenbildung, dem eigentlichen Lithographenschiefer, der in Franken und bei Nusplingen (ähnlich in Cerin, Dep. Ain, in Frankreich), in schöner Erhaltung die Wirbeltierreste beherbergt.

Im Bilde sehen wir nach dem tieferen Wasser der Innenlagune weite weiße Flächen verhärteten Schlammes und milchigen Wassers. In solchen flachen lebenslosen Becken, die oft trockengelegt wurden, ist die vielgestaltige Fauna aufbewahrt, die ab und zu dorthin verschlagen wurde.

Da dieser chemisch-detritäre Niederschlag korallogenen Ursprungs durch die Industrie fast quantitativ aufgearbeitet wird, so erscheinen die spärlichen Fossilien dieses Tierfriedhofes als reiche Fauna.

„Die Plattenkalke sind nichts anderes als der feine Kalkschlamm, der bei stürmischem Wellengang im tieferen Wasser an den Riffändern aufgewühlt (Saccocomapluten zum Beispiel) und über sie hinweg in die Lagunen geschwemmt wurde.“ Solche Korallenkreide wurde an vielen Atollen beobachtet (durch Dr. Schnee in den Marshallinseln und Karolinen, z. B. auch bei den Bahamas). Hier dürfte mechanische und chemische Sedimentation zusammenwirken, „die gelösten Kalkmengen kristallisierten im Lagunenschlamm aus“ (Walther, Einl. i. d. Geol., S. 403); bei der enormen Erhitzung, die die Lagunen (heute z. B. im Roten Meere) in der Sonne erfahren, geht das Ausfällen der Karbonate um so leichter vor sich.

Das Beispiel der Lagunen zeigt Ihnen einen extremen Spezialfall; sie dürften salzig gewesen sein (Haug, l. c., S. 1092). Diese Lagunen, mit ihrer Fauna, sind so ein merkwürdiges Beispiel, wie extrem speziell manche Gesteine der Riffzone gebildet sein können; aber auch, wie gerade diese Sondereigenschaft eine eigenartige Erfindung — die Idee Senefelders

*) Walther, Geologie von Deutschland, S. 295.

-- begünstigte. Die Becken waren aber nicht groß (G ü m b e l*) gibt an, daß nur etwa 7% der Bruchmasse aus brauchbarem Schiefer besteht.

Die nordalpinen Mergel.

Im nordalpinen Gebiet, dem wir uns jetzt zuwenden, interessieren uns die nun, wie früher im Lias und an diese anschließend, bis zum Aufhören des mitteleuropäischen Weltmeeres, dort in Nordtirol und anschließend auftretende Reihe tertiärer mergeliger Bildungen, die für unsere Industrie wertvoll erscheinen. Waren es vorher weitere und nähere Sedimente bei Korallenriffen, so sind es jetzt im Neokom, wie im Lias (und vorher in einzelnen Teilen der Trias) Bildungen ruhiger Tiefen in langen Becken — es muß nicht echte Tiefsee sein — und stillen Buchten.

Die Zeiten in dieser Lage wurden dem Auftreten reiner Kalksedimente wieder ungünstiger, aber die Meeresweite in unserem nordalpinen Gebiete, Wärme, Strömungen, lebhafter Wellenschlag, haben auf Bänken und um die Festlandsreste und auftauchenden Antiklinen so viel Kalk wachsen lassen, daß er noch auf lange Zeit im Sediment stark überwiegen kann.

Es sind ja nur geringe Faziesbezirke, die kaum über den Bereich eines größeren Trawlzuges hinausgehen, die einzelne Aufschlüsse in den langgezogenen Banden von Neokomgesteinen darstellen.**)

Während im schwäbisch-fränkischen Riffgebiete und noch mehr im Norden desselben, einige hundert Seemeilen fern, eine größere Landbildung bereits an der Grenze von Jura und Kreide eingetreten war, „sehen wir gegen den Schluß der Juraformation Europa sich entblößen und in wiederholten fortschreitenden Transgressionen sich wieder verhüllen. Das Gebiet der Alpen bleibt unter dem Meere“ (Sueß, Antl. d. Erde, III. T., S. 363).

Im Alpengebiete also legte sich Schicht auf Schicht und können wir uns auf unserem Hilfsbilde die Bildung der neokomen Zementmergel eigentlich nur dort vorstellen, wo von imaginärer Bergeshöhe nur blaues, zweites Meer zu sehen war. Dort in die Tiefe greifen die zyklischen Ereignisse nicht hinab, wie in den seichten Bildungen des Nordens, wo Jura und Kreide scharf geschieden sind, sondern im Unterinntal folgen tiefere marine Bildungen von Lias bis Neokom. Tiefes Meer — war, tiefes Meer bleibt — aber doch tritt eine ganz bestimmte Veränderung im Gebiete unseres Interesses ein. Die Kalkbildungen der Hochsee, der Thethys, wie sie in den Jurakalken vorhanden, fehlen.

*) G ü m b e l. Geologie von Bayern. S. 816.

***) Die tektonischen Begrenzungen bleiben hier, als zu weit führend, unberücksichtigt. Vgl. darüber K o b e r, Mittlg. der Geol. Ges. Wien 1910.

Nach den heutigen, durch die Alpenspaltung total zerstückten Aufschlüssen allerdings ist es schwer, ein Bild des alten Meeres zu rekonstruieren; Haugs, auf enormer Detailkenntnis beruhenden Versuche von Fazieskärtchen sind das interessanteste und beste Material dafür.*)

Wir dürfen nicht vergessen, wie Blätter eines Kartenspiels wurden die Sedimente des alten, lange bestehenden Mittelmeeres in Paketen vereinigt, so daß sie übereinander und nebeneinander schwer zu erkennen sind, und lange strittig waren.

Die Tethys war in dieser Zeit wieder merklich eingeeengt, so daß Inseln hier und dort zutage traten und Strömungen die tiefen Kalkbänke zu Konglomeraten zerarbeiteten. Wie mächtig Strömungen wirken, sieht man schon daraus, daß der Agulhasstrom wenigstens in den oberen 200 m die Schnelligkeit**) und also auch zumindestens einen Teil der Erosionskraft der Donau bei Wien hat.

Die Ablagerung erfolgte in langgestreckten Tiefenzonen, als grauer, kalkreicher Ton, den Zementmergeln des nordtiroler Neokoms. Abgesehen von ihnen folgen hier eine Anzahl petrographisch sehr ähnliche Mergel verschiedener Formationen, die in ihrer gerade der Zementindustrie passenden Zusammensetzung einmal als landferne, dann als landnahe Bildungen entstanden, in ihrer Aehnlichkeit auffällig sind. Es sind vielleicht eine Reihe wiederholter Umarbeitungen älterer Sedimente. Sie treten auch in Landschaftsform, wie im Pflanzenwachstum hervor. Tektonische Störungen und die Lage lassen diese Neokommergel heute industriell weniger wichtig erscheinen, als die später zu erwähnenden loco gebildeten strandnahen (Pflanzen und Kohle) Ablagerungen der oberen Kreide (des Senons) und Oligozäns.***)

Die grauen Mergelkalke der Sebi (Barremien) zeigen sich als Tiefseebildungen durch die vorherrschenden Ammoniten und mangelnden Schnecken. In Hinterthiersee (Berriasien) tritt eine pyritische Mergelmasse mit schichtenweise individuenreichen Ammonitenschwärmen auf. Vielleicht ist es eine strömungslose Tasche des Meeresgrundes mit vielen darüber verunglückten Tieren. In ganzen Zügen landeten die dünn-schaligen Schwimmer ihr Grab. Der hohe Kalkgehalt dieser Mergel weist auf die Zeit vielleicht schon jung „gehobenen“ Festlandes (Korallenland) hin. An der Ostküste Afrikas geht der graue

*) Sueß. Antlitz der Erde, III, 2. S. 206. stellt die neueste Zusammenfassung dar.

**) Chun. Aus den Tiefen des Weltmeeres. S. 172. Ausführlich die Transportmöglichkeiten schlammiger Sedimente u. dgl. (Literatur) behandelt A. Rühl, Beiträge zur Kenntnis der morphologischen Wirksamkeit der Meeresströmungen. Berlin 1906. S. 15 ff.

***) Max Schlosser. Zur Geologie des Unterinntales. Jhrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 1909, S. 527 ff. (Hier überhaupt benützt.)

Schlick an der gealterten sedimentierenden Küste weit hinaus. (Chun, Valdiviaexpedition.)

Besonders mächtig sind diese grauen Schichtmassen dort, wo die Erosion das Land angriff, stärker als bei insularem oder kontinental-mediterranem Klima mögen sie bei jeder feuchtkühleren Zyklusphase am Lande gewesen sein. Und gerade in dieser Zeit beginnen die Araukarien Jahresringe, also Zeichen einer Jahreszeitenbildung, abzusetzen.

Demonstration: Sockelmodelle, das Uebergreifen von Landsedimenten und Variieren derselben an die 400 Fadentiefe. Abhängigkeit der bathyalen Region vom Klima des Festlandes — Handstücke von „tiefen“ und „seichten“ Mergeln und dem Wahrscheinlichkeitsbeweise der Landnähe im Original.

In derselben Zeit oder bald darauf bildete sich auch im Seichtwasser eine zementfähige Bildung, wie das Neokom der Kaltenleutgebner Werke.*)

Hier liegen sandige und mergelige Schichten auf der Trias direkt auf. Das Barremien ist aber als dunkler, tonreicher Mergel vertreten. Nebenbei bemerkt, braucht das Neokom nicht überall einem derartig tiefen und ruhigen Meere oder ruhiger toniger Küstennähe zu entsprechen, an anderen Stellen bildeten sich in dem warmen Meere Korallenbänke (Neokom der Bukowina).

Unser Einteilungsbild nimmt also einen landfesten Strand an, ganz aus Kalken bestehend, Resten der älteren Triasriffe; im Meere aber wäre die Reihe der Sedimente nicht unterbrochen.

So könnten wir uns die Entstehung der neokomen Kalkmergel im Bilde weit draußen am Rande vorstellen, wo die graue und blaue Flußtrübe sich weithin in den tiefen Buchten ablagert, wäre aber eine Barre vorhanden, so entstände in der Tiefe der tödliche dunkle bakterienreiche Schlamm. Daß die ruhige kalkige Tiefe nicht weit entfernt war, in die pyritische Fazies überzugehen, zeigen pyritisierte Partien in dem aus härteren und weicheren kalkigen Lagen gebildeten Neokom der Sebi. An der Barre mag sich auch Korallenleben gebildet haben — es liegt uns aber nicht erhalten vor. Ein zunehmender Verlandungsprozeß, dessen blauer Schlamm weiter draußen die Mergel als Produkte der chemischen und mechanischen Sedimentation lieferte, ging vor sich. Wo kristalline Massen bereits als flache terrassierte Inseln, von alten Riffen bedeckt, emporsteigen, mag der Schlamm dunkler werden, wo nur die Kalkriffe zur Erosion kommen, wird er durch die Inselkalke, Dolomite und reinen verkitteten Kalksande weißer erscheinen. Für die Verwendungsfähigkeit ist nicht nur die Tiefenstufe, sondern auch die Beschaffenheit des nächsten Festlandes, respektive der vorhergegangenen Seichtwasserformation, von Bedeutung. Die Küstenebene zeigt (Ingressionsküste auf einer

*) P. Stephan Richarz, Jhrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 1904, S. 344.

flachen Insel) einen bipeden Dinosaurier, den ich als Typ der für diesen Abschnitt des Mesozoikums herrschenden Tierwelt hineinstellte.

Die Freiheit ist wohl nicht zu groß, da wir Dinosaurier, nördlich, wie gesagt, im Wealden, und noch in der oberen Kreide, in den Gosauablagerungen von Grünbach bei Wiener-Neustadt antreffen.

Gerade die unterste Kreide (Como beds) war übrigens in Nordamerika die Blütezeit dieser Riesenreptilien, von denen ich einige Rekonstruktionen im Vortrage als Charakteristik zeigte.

Vom Laude stammende Bildungen von zum Teil ganz außerordentlicher Ähnlichkeit, aber schon meist aus geringerer Tiefe, beginnen von jetzt an in den hier zutage gebrachten Meeresgebieten zu herrschen.

Museal: In der Sammlung wäre hier eine Kollektion dieser späteren ähnlichen Bildungen mit allen erklärenden Varianten (Erhaltungszustand der Fossilien) zu stellen. Als Vergleich dieser Mergel dienen die rezenten terrigenen Ablagerungen der Tiefe: Blauer, weißer, grüner, roter Schlick und die Hauptgründe ihres Entstehens und ihrer Färbung. Die relativen Dredsergebnisse, meist arm an Leben, im Vergleich zu Kalksand. Die Ablagerung in ihrer Entfernung von einer reifen, einer jungen Küstenlandschaft, von einer tertiären, kristallinen, gemischt gebauten Insel (Dalmatien, Helgoland, Bornholm, Ascension u. dgl.). Trage solche kleinere Sedimentationsgebiete, z. B. von einer dalmatinischen Insel, auf eine alpine (1 : 200.000) Karte ein, um wie bei den Sockeln die Größenverhältnisse zu zeigen. —

Die Möglichkeit einer bildlich-schematischen Darstellung wird nach der Neokomzeit größer, durch den Eintritt deutlich küstennaher (zum Teil loco gebildeter) Sedimente.

Im Cenomanmeere sehen wir die Buchten wieder über den bereits aufragenden Untergrund vorrücken. Die grünen Sande des Nordens sind typische Küstenbildungen mittlerer Tiefe (nach Walther, Einl. S. 881 von 60 m an). Orbitolinen bilden in Massen die Strand- und Küstensande, wie heute die Orbitoliten auf den Fidchiinseln und den ostaustralischen Küsten. Im Süden lagern sich strandnahe Bildungen auf den schlammigen, von Strömungen abgebohrten Rändern der flachen Inseln ab, an deren Buchten sich Austerbänke (Exogyren) ansiedeln, während etwas nördlicher die tiefere freiere Zone des litoralen Meeres ist. Die Lage der Zone der Mergelmischung ist somit im Südteile eines Meeres, das von Regensburg bis nach Kufstein reicht und in diesem Rayon mehr minder verfolgbar die Detailscheinungen der Flachsee zeigt. Es überflutete im Norden weithin die Festlandsgebiete und erzeugt in Böhmen litorale Materialien der Zementindustrie, während das junge Inselland bereits sich stärker akzentuierte, so daß es

im folgenden Anlaß Material zu ausgedehnten und mächtigen Küstenablagerungen geben konnte, u. zw. werden später wieder die tieferen Neokombarren und die cenomanen Austernbänke umgelagert.

Die Verbindung von altem Sediment und junger Umlagerung wird museal zu Stammbaumdarstellungen Anlaß geben, zum Beispiel nördliche Riffzone — Lias-Neokom-Kalkmergel — Senonmergel (?), Oligozänmergel; Austernbildungen begünstigt durch sandige Bänke — oligozäne Brecciensande usw. Die Reihe wird an einem großzyklischen Ereignis, zum Beispiel Auftauchen einer Antikline in die (submarine) Riffzone beginnen und bis zu einem alluvialen Bachsand der jüngsten Regengüsse demonstrierbar sein.

*

Nach diesem Vordringen des bayrischen Cenomans in das Inntal, die ich der Kontinuität der Entwicklung halber (nach Schlosser) erwähnte, finden wir wieder Zementmergel von großer ökonomischer Bedeutung in der oberen Kreide. Diese Zeit dürfte auch an anderen Stellen Gelegenheit für rekonstruktive Arbeiten geben, wie ich es noch einmal in einer Landschaftsrekonstruktion mit Dinosauriern der Grünbacher Gosaukohlenzeit auszuführen hoffe.

Auch in unserem Gebiete finden sich Verbindungen, die bis zur Kohlenbildung führen. Echt marine Bildungen im Norden ergänzen das Bild des von ziemlicher Tiefe, etwa auf einem Raume von der Größe des Golfs von Triest langsam, zeitlich und räumlich ansteigenden Strand, die wie im Cenoman nach Süden sein landfestes Ende hat. Die Buchten werden aber schon brackisch, die Inseln haben bereits die genügende Ausdehnung, um entsprechende Süßwassermassen zu liefern. Im Norden leben Organismen des freien Meeres, im Süden ist der Strand von Rudisten, Korallen und Schnecken erfüllt; ob er noch volltropischen Charakter hat, ist sehr die Frage.

Die Entwicklung der Innbucht zeigt jetzt bei sehr schwankender Strandlinie wieder eine großartige Aufarbeitung älterer Bildungen im Senon, das drittemal gereinigt und umgelagert, entsteht der Eiberger Zementmergel (Ober-senon).

Diese Schwankungen eines kleinen Gebietes graphisch darzustellen, ist für eine Entstehungsgeschichte der Zementmergel nicht zu entbehren; das Schema derselben sind die in einer Tabelle zusammengestellten Ergebnisse langjähriger Arbeit M. Schlossers (Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 1909, S. 564), die ich hier nur graphisch etwas verändert wiedergebe.

BisNeokom: Kontinuierliche Schichtenbildung am Boden eines ziemlich tiefen Meeres. — Zerteilung der Schichten in Schollen, teilweise Senkung.

Cenoman

N → Tieferes Meer

S → Seichtwasser, Küste mit Austernbänken

-----→
Vorrücken des Meeres nach Süden.

Untersenon

N → Tieferes Meer

S → Seichtwasser, Küste mit kohlenbildenden Wäldern, Land mit Flußsystem (Brackwasser)

-----→
Vorrücken des Meeres nach SW.
Marine Bildungen tieferen Wassers

Das ziemlich tiefe Meer dringt nach Süden in die schmale, von waldbedeckten Höhen umgebene, Bucht (Becken) vor.

Obersenon

Eiberger Zementmergel

←-----
Zurückweichen des Meeres bis an den Alpenrand. Unter- und Mitteloligozän. (Trockenlegung, mäßige Aufrichtung.)

Die Ereignisse an diesem eng begrenzten kleineren Meeresbezirk zeigen uns, wie zuerst die Wogen an eine felsige Triaskalkküste branden, die einen riffartigen Saum von Rudisten hatte. Brandungserosion und Vorrücken des Meeres legten dann im tieferen Meere Gerölle und Sande darüber. In den Brockengründen lebten Nerineen, in den Sanden, die langsam die Herrschaft errangen, Aktaeonellen. Lokal kommt es zu Höhlenbildungen, der Strand in seinen Detailscheinungen erscheint schärfer ausgeprägt. Vom Mittelsenon an kommt es zu dem wichtigen Ereignis in der Geschichte der Bucht: Ein energischer Vorstoß des Meeres, vielleicht mit einer lokalen Senkung verbunden, läßt es zur Bildung der mächtigen Eiberger Zementmergel kommen.

Von dem Meere, das in einem nach Norden in die Tiefe abfallenden Strande sich von Nordtirol bis Salzburg (vgl. Lebling) hinzog -- ähnliche Verhältnisse werden wir in Niederösterreich sehen -- hatte sich lokal ein schmaler, buchtartiger Arm abgezweigt.

In flutartigem Eindringen in die Innbucht wurde die Barre der Neokomschichten abgewaschen, deren zäher Schlamm der Flut Widerstand geboten hatte. Die geköpftete Barre lagerte sich dann in der vielleicht noch gesenkten Bucht in großer Mächtigkeit ab. (Das Verhältnis ist ähnlich wie das de-

tritärer Kalksandschichten zum ursprünglichen Riff.) Der Betrag der Senkung spiegelt sich in der gleichmäßigen Mächtigkeit der Zementmergel wieder.*) In seiner Zusammensetzung wäre er vielleicht als das Produkt einer iterativen Ablagerung unter Herstellung eines mehrfachen chemischen und physikalischen Gleichgewichtszustandes zu denken. Schon bei der Abtragung bleiben bestimmte „Fraktionen“ zurück, bei der Ablagerung erfolgen neue (kalkige) Niederschläge; die Operation wiederholt gibt das feine gleichmäßige Sediment, im großen Laboratorium des Meeres.

Eingeschwemmte Pflanzen sanken in dem tiefen Becken. Bei der gleichmäßigen Mischung und Abschwemmung mag auch die Gezeitenwelle mitgespielt haben, die in solchen Buchten eine beträchtliche Höhe, gerade bei Ostwestrichtung, erreichen kann. Der Flutstand solcher Buchten ist bekanntlich bis über 10 m; die Höhe der Gezeitenwelle ist auch bestimmend für das Entstehen der Mangrovevegetation, die sich als Galeriewälder der Küste jetzt entwickelt haben mögen (Kohle), andererseits ließ es die Flut im seichteren nörlichen Kanal zu keiner Sedimentbildung kommen. (Die Fundybay z. B. ist durch die riesige Flutwelle wie abgekehrt.) Zahlreiche eingeschwemmte Pflanzen in diesen Mergeln (Laubbäumen) geben einen Einblick in die Vegetation der Ufer.

Im Schlamm der tiefen Bucht lebten die großen Inoceramen nach Art der Meermuscheln (Pinna), die auch daneben vorkamen. Das oft gewechselte Wasser (keine Pyritbildung!) erlaubte ein immerhin spärliches Fortleben mariner Formen von Fischen und Ammoniten.

Die hier nur problematisch angedeutete Möglichkeit eines Einwirkens von Gezeitenströmen, vielleicht auch zyklischer Gezeitensteigerungen in Buchten usw., wäre aus den Ablagerungsergebnissen einiger Buchten zu demonstrieren. Die Flutwelle lagert ab, mehr, als der Ebbestrom rücktransportiert (Holland). Dabei ist (Walther, S. 70 ff.) es noch ganz verschieden, ob ein Steilstrand oder Sandstrand vorliegt. Bei Faltung oder Aufwölbung, die zu deutlichen Buchten führt, wird der Einfluß der Flutwelle stärker sein, als am flachen Strande der auftauchenden Geoantikline.

Hier aber kommt nun noch ein anderer Beziehungsverband — wir haben aus Gründen die tektonischen Vorgänge nicht berührt — zur Beurteilung der Lage der Zementmergellager; zu den großen Verkehrswegen sind sie aber in Betracht zu ziehen. Die ökonomische Bedeutung dieser jüngeren Bildungen von der Oberkreide an, ist durch die Lage an alten Bucht- und Tallinien bedingt, die ihrerseits mit „großen“ Vorgängen zusammenhängen. Früh angelegte Buchten und Becken, die später

*) Ein ähnlicher Vorgang der Senkung und Ausfüllung Grund (Adria).

nicht mehr in die Gebirgsregion aufgefaltet werden und am Rande der großen industriellen Flachlandsgebiete liegen, erlangen aus verkehrstechnischen Gründen eine ganz andere Bedeutung, als zum Beispiel Lias- oder Neokomgebiete, die bei aller industrieller Eignung des Materiales in das Gebiet der großen Störungen und Faltungen gelangen.*)

Diese, inmitten eines stark gefalteten oder Deckenlandes, anscheinend kaum viel vom ursprünglichen Ablagerungsort entfernte (nach Schlosser) Zone wiederholter Mergelbildung, respektive Umlagerung, ist dadurch von erhöhtem Interesse.

Museal: Demonstriere die Lage der Zementmergel des Mesozoikums bis Alttertiär zu den Zonen dichtester Bevölkerung auf einer Höhenschichte oder derb sichtbaren orographischen Karte.

Zeige, welche technisch ähnlich verwendbare Gesteine derselben Zeit, durch Lage in der Auffaltungsregion (zum Beispiel Schraffenkalk und so weiter), nicht zur technischen Verwendung kommen. —

Weit im Osten in Niederösterreich sehen wir in den Gosaubildungen der Umgebung von Wien,**) durch ihre Lage an dem reichbesiedelten Becken, ebenso wie die Neokomgesteine des Kaltenleutgebener Tales bedeutsam, Strandablagerungen des vielgestaltigen Bodens des Gosaumeeres, die ein kleines Profil von A. Spitz (Mitt. der Geol. Ges., Wien 1910, S. 395) zeigt.

Hier läßt sich die Wirkung des Gosaumeeres an den Riffen und Klippen der triadischen Gesteine, die die Flut zu wahren Blockhaufen zerarbeitet hat, deutlicher beobachten; auch hier sind die Mergel denen des Neokoms ganz ähnlich, nur ist hier ein nördlicher Strand vorhanden, dem im Süden eine Klippenreihe eingelagert war.

Gerölle kommen mit Hochfluten und kleineren Erscheinungen der Wetterzyklen hier auch in die Mulde hinaus, die keine so günstige Lage aufwies, daß es zu einer technisch verwertbaren Mergelbildung kam, wie im Senon von Eiberg.

Eine Küstenlage mit stärkerem terrestrischen Einfluß, wie ein in derberer Abtragung begriffener Strand mit etwas größerer Niveaudifferenz, Unterschiede der Höhe der Gezeitenwelle, Brandung und Ueberwiegen der vom Felsland einge-

*) Das Bestehen dieser loco-gebildeten Meeresbucht hindert natürlich nicht für die Flyschbildung (helvetische Decke) eine tektonische Grenze anzunehmen. Die Frage der Gosauablagerung ist eine der wichtigsten und meist umstrittenen im Alpengebiete.

***) Verschiedene Ansichten darüber in Vettors, Die geologischen Verhältnisse der weiteren Umgebung Wiens. Wien 1910, S. 50—52. (Angabe von Literatur.) — Kober, Untersuchungen über den Aufbau der Voralpen am Rande des Wiener Beckens. Mittlg. der Geol. Ges. Wien 1911, S. 67 ff., 71. — Die Gosaubildungen im Sinne der Deckentheorie behandelt.

schwemmen oder losgebrochenen Gebilde hindern sie; Rudisten und Korallen kommen anderseits nicht an der Seeseite vor, und es bestehen an der Landseite nicht die Bedingungen für eine Galeriewald (Mangrove-)Landschaft, die uns wieder bei Grünbach am Schneeberg begegnet.

Die Beziehungen zwischen Mangroveküste und mergeliger Aufarbeitung und Umlagerung der weichen älteren Küstenlagen machen die Gewinnung von Mergel und Kohlenvorkommen auf einer Lagerstätte zu einer stehenden Erscheinung dieser flachen, von starker Flut bespülten Buchten der oberen Kreide und der physiognomisch ähnlichen Tertiärkohlenküsten.

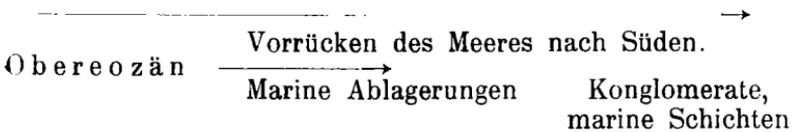
Dabei mag eine Stauung von suspendiertem, marinem und terrestrischem Schlamm (Akkumulationsregion), wie in großen Aestuaren, erfolgen. Küsteneinwärts kann eine Faulschlamm-Bildung bei gleichzeitiger Mitwirkung chemischer Fällung im Sinne der Theorie Potoniés*) gerade an solchen Stellen von besonderer Intensität gewesen sein.

Wir verfolgen nun die Art der Sedimentation in unserem Mustergebiete in Nordtirol weiter. Wir verließen es, als mit Ende der Kreidezeit eine Verlandung und teilweise Aufrichtung eingetreten war.

Die Ereignisse spielen sich (nach Schlosser) in folgender Weise ab:

N → S

Unter- und Mittelozän — landfest.



Konglomerate der Küste.

Brackwasser, Aussüßung, Kohle und sandig-tonige Schichten mit reichem Pflanzenwuchs in der Nähe.

Senkung ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ ↓ Senkung

Unteroligozän.

Zementmergel,

Tiefes Meer (ohne Sedimentabspülung durch Strömung?)

seichteres Meer, jedoch immer noch von einiger Tiefe.

Definitive Trockenlegung.

Mittel- und Oberoligozän. Deltabildung.

*) H. Potonié, Die Entstehung der Steinkohle (Berlin 1907) und dessen zahlreiche Aufsätze in der Naturwissensch. Wochenschr. (Jena.)

Diese Verhältnisse können wir in das malerisch-schematische Bild der oligozänen Strandbildungen eintragen. Es ist etwa zur Zeit der Senkung irgendeine Stelle gedacht, wo diese sukzessiven Bildungen gleichzeitig bestehen, eine Fazies müßte später über die andere sich legen. (Eine Hilfsanschauung, die den meisten der Rekonstruktionen zugrunde liegt, sie ist zum Teil auch exakt theoretisch berechtigt. Vgl. A. Wilson.)

Die Entstehung dieser Landschaft ist (Schlosser 1909, S. 549 ff., 563 ff.) von Eozän an durch folgende Momente gekennzeichnet: Wie im Senon neokome Gesteine eine Barre bildeten, so kämen jetzt die Bildungen des Cenomans an die Reihe, als das Meer in die Vorinnbucht eindrang. Eine abgestorbene Austernbank hatte sich dem Flutstrom vorgelegt — sie kam jetzt dran — zuerst lieferte sie bei gleichmäßiger Ingression des Meeres feine Sande, als das Kap selbst aber erreicht war, so zerfiel es bald in Blöcke. (Vgl. die jungen Küsten des Golfs von Tunis. Th. Fischer: Mittelmeerbilder. Neue Folge, 1908, b. Teubner, S. 120 ff.) Nach Zerstörung dieser wenig mächtigen Schichten erfolgte Brandungsabrasion auch der älteren triadischen Küste. Mit dem Hercinogen der Brandung haben sich kurze Zeit auch Korallen im klaren Wasser angesiedelt.

Mit dem weiteren Vorrücken des Meeres war es aber bald zu Ende, es entstanden die Wälder der Küste, die jetzt wieder, sei es durch Rückzug des Meeres infolge Hebung, sei es durch Verlandung und Abdämmung, an Terrain gewann. Sie siedelten sich knapp auf dem alten Grunde der Triasplatte an. Der Strand mag eine rasch vom Wald besiedelte und geschützte, breite Ebene, das Land sehr flach hügelig gewesen sein.*)

Trotz den zahlreichen Süßwasserschnecken, die dort lebten, wo das Wasser vom Lande stammender Quellen im Dschungel Tümpel bildete, und sogar noch in der Gezeitenzone, innerhalb der Wälder und Sümpfe (moorähnlichen Humusschichten), oben in den Bäumen gelebt haben, wo das Süßwasser sich mit dem ruhigen Steigen der Flut im Walde hob und senkte, entstand in engen Beziehungen zum Meere eine „paralische“ Kohle.

Wir erinnern uns, daß die Swamps in Fluthöhe einen grünen Saum bilden, daß sie bei Ebbe mit ihren Seichtwurzeln hoch hinaufragen. Wir müssen auch bei der Kritik behufs bildlicher Gestaltung des Umstandes gedenken, daß eine Depression der ganzen Kohlensumpfszone eintreten konnte, indem ein dichtbewachsener Dünenwald meerwärts vorgelegt, das Eindringen des Meeres hinderte. Wenn dann ein Einbrechen des Meeres erfolgte, so konnte (ein Gedanke, den Th. Fuchs allgemein für die direkte Auflagerung einer Tiefenfazies auf Süßwasserbildungen anwendete) die marine Fauna einer Tiefe von zirka mehr als 20 m

*) Profile in: Die Mineralkohlen Oesterreichs. Wien 1903, S. 137.

unmittelbar den „Süßwasser“-schichten auflagern. Das Auftreten von Senkungsgebieten an Küsten mit schlammig-sandiger Ablagerung (Bohrungen) ist speziell in Betracht zu ziehen.

Dagegen werden in der Kohle selbst bituminöse Schieferlagen, ja selbst Erdöl, entstanden durch die an organischer Substanz reichen faulen Schlamm- und Sandmassen, oder Tümpel fauligen Salzwassers, entstanden sein.*)

Dieser faulige Schlamm ist zum Beispiel an den westafrikanischen Lagunen, meist landeinwärts, an den äußersten Enden der Buchten zu finden; er zeigt in feiner Schichtung in ruhigem Wasser abgesetzt, die kleinen Wetterzyklen an (Wechselagerungen von sandigem und bituminösem Sediment). Bei geeigneter rascher Ueberdeckung könnte etwas Erdöl entstehen, an anderen Stellen Brandschiefer, vorherrschend pflanzlicher Faulmasse.

Sandstürme werfen vom Lande massenhaft abgerissene Zweige, Früchte und Samen, mit Sand und Kalkstaub gemischt, in die ruhigen Becken der Lagunenwälder. Wie das Meer dann wieder vorrückt, so kommt auf die Produkte der Sümpfe und des Landes der faulig braun abfließende Schlamm der zurückweichenden Sümpfe zu liegen und schließlich erfolgt die große Senkung oder der Einbruch der Barre. Eine reiche Muschel- und Schneckentauna lebt nach diesem in einiger Tiefe. Der Grund fällt nochmals in die Akkumulationszone der Gezeitenströmungen und der Landerosion. Wie vom Lande äolische Abtragung und Fraktionierung des zutage kommenden mergeligen Landes älterer Zeit erfolgte, schleppen Meer- und Landwasser ihre Zerstörungsprodukte heran.

Die Vorstellung einer Chamsinzeit im ägyptischen Küstensommer, mit den die Luft weithin weißlich färbenden Staubteilchen, gibt hier den Vergleich (Passatstaub).

Wie in der Industrie bei der Erzaufbereitung, oder ähnlichen Schlämmprozessen, um eine bestimmte Korn- und Gewichtgröße zu erhalten, ein fraktioniertes Schlämmverfahren angewendet wird, auf nassem oder trockenem Wege (Windseparation), so führen diese natürlichen Aufbereitungsvorgänge schließlich zu dem bekannten homogenen Produkt der Perlmoser Portlandzementmergel. Die Romanzementmergel und die bituminösen Kalkmergel sind nur andere Fraktionen, die sich in den günstigeren Bedingungen einer Bucht (mit gleichmäßiger Materialzuführung und Aufarbeitung) bildeten, und zwar wieder aus älterem, am Orte entstandenen Materiale, das höchstens um einige Kilometer weiter abgelagert wird.

*) Vgl. die allgemeinen Grundsätze der Erdölbildung. Höfer-Engler, Das Erdöl, Bd. II. S. 145 u. Erdöl in Häring. — Zuber, Verh. der k. k. Geol. Reichsanstalt, Heft 4. (Hier allgemein als Paradigma benützt.) — Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres. S. 142. (Tigerhalbinsel.)

Musealexperiment: Ein selbstexperimentierender Schlämmapparat für marine Sande und fluviatile Produkte (Küste von Südfrankreich). Verweis auf das Versuchsaquarium mit Faulzone. (Hier für marine Sedimentation.) Nach näherer Ausarbeitung Gesteinsproben von Häring usw., mit kleinen Entstehungsbildern. Photographien von See- oder Meeressanden nach einem landseitigen Sturme (mit Pflanzen, Zweigen usw.), nach der Flut und so weiter. —

Das Oligozänbild zeigt noch bestehenden, höher gelegenen Wald (ohne Sumpfbildung), mit Zypressen, Sequoia, Eichen, Palmen, sandig bewachsener Boden; dann eine tiefere überflutete Terrasse mit flachen Neokombänken, in der Reste alter Austernbänke sichtbar sind, im Tiefenwasser Haie und andere Fische.*)

Im Hintergrunde ist flach hügeliges, bewachsenes Land und Galeriewälder mit vorgelagerten Dünen, vor denen sich brauner Schlamm absetzt; in der tiefen Bucht käme der Zementmergel zur Ablagerung.**)

Die ganze Bucht wurde schließlich ausgefüllt und von Schottermassen überdeckt.

*

Tertiäre Kalke.

Wir wandern wieder nach Osten — und in eine spätere Zeit. Die Alpen sind gefaltet, das alte Meer, dessen Geschiebe wir durch Jahrtausende verfolgt, ist nicht mehr. Das alte Meer war wohl verschwunden, aber noch bestanden am Nordrande der Alpen weite Senkungsgebiete, und junge Einbrüche***) ließen innerhalb der Grenzen der Alpen reiches junges Meeresleben von neuem entstehen. Mit der Betrachtung eines solchen lokalen Meeres wollen wir unsere Reihe von Demonstrationsanregungen bezüglich mariner Gebiete beschließen.

Seine Bildungen (und die ähnlichen der älteren ersten Mediterranstufe) sind bis zu ihrem letzten Ausklingen in Tonabsätzen von Süßwasserseen innig mit der baulichen Entwicklung Wiens verbunden.†)

Die Leithakalke und Cerithienkalksandsteine, aus dessen weiterer Umgebung (Eggenburg), waren bestimmend für die Steingothik der Zeiten Rudolf IV., mit ihren zierlichen Formen und phantastischem Beiwerk. Erst der modernen Kunststeintechnik gelang

*) Demonstriert wurden an Landwirbeltieren des älteren Tertiärs Modell von *Arsinoitherium* und dem primitiven Proboszidier *Moeritherium* aus Nordafrika (Eocän). Auch in Häring werden Wirbeltierreste gefunden.

**) Wo solche räumlich hier getrennte, zeitlich verschiedene Schichten verbunden werden. A. Wilson, *The theory of the formation of sedimentary deposits*, Mc. Hill University Montreal, 1904.

***) E. Sueß, *Boden der Stadt Wien 1863*, *Antlitz der Erde*, II, S. 373.

†) F. Karrer, *Führer durch die Baumaterialiensammlung des k. k. Hofmuseums*; Petkovšek, *Die Baugesteine Wiens*, Pichler, 1897.

es teilweise, die Abhängigkeit von der Natur so weit zu brechen, daß (im deutschen Museum exponiert) eine ganze Reihe vorzüglicher Imitationen ganz bestimmter Sandsteine gegossen werden, und daß das Gußverfahren den alten Steinkünstlern der Bauhütten-tradition nahekommt. Die Faktoren des Zementrohmaterials sind in unserem Meere nicht mehr so umgelagert, daß das Gestein ohne künstliche Aufbereitung zur Verwendung kommen kann.

In einem enger begrenzten Meeresteile gelangen die Produkte organogenen Aufbaues und die Zerstörung älterer Gesteine nebeneinander nahe und bis heute ohne besondere Veränderung in der relativen Lage, zur Ablagerung, daß die Industrie leicht die Tone der Tiefe und die Kalke der randlichen Riffe zum Brennen vereinigen kann.

Das Meer bietet uns zuerst fast geschlossen Parallelen zu den Verhältnissen einzelner Teile des Mittelmeeres, bzw. des nördlichen roten Meeres. Die Erforschung der Bildung dieser Produkte der Meere Mitteleuropas ist an die Namen E. Sueß, Fuchs, Karrer, Hoernes, Schaffer u. a. geknüpft. Der Glanz der Wiener Geologenschule ist nicht zum geringsten durch die Erforschung der Schicksale dieses engumgrenzten Beckens begründet.

Modelle, Zeichnungen und Diagramme, Lebendvergleiche aus der Geschichte dieses Meeres sind für ein österreichisches Institut der Kernpunkt der Darstellung der Geschichte von Kalk und Ton. Von solchen Lehrmitteln erwähne ich vorläufig, denn dieses ist eine spezielle Arbeit, die Bilder im k. k. naturhistorischen Hofmuseum. Prof. Toulas Panoramablick (etwa von Semmeringhöhe) auf das miozäne Meer. Hier wäre auch Material aus Ausstellungsdemonstrationen der ersten Hochquellenleitung und den Archiven des Stadtbauamtes heranzuziehen. Die Geschichte der Erforschung in Schnitten usw.

Wie es nahe liegt, hängen mit der Erforschung dieses Meeresteiles auch eine Reihe älterer bionomischer Vergleichsversuche zusammen, die älter sind als die zahlreichen neueren Studien dieser Richtung, die vom Auslande ausgehend, erst die Bionomie des Meeres als eigentliche Wissenschaft begründet haben. Man kann sagen, daß durch Th. Fuchs*) bereits eine erste ältere Schule dieser Wissenschaft begründet wurde. Die Resultate der österreichischen Novaraexpedition und der Kommission zur Erforschung des östlichen Mittelmeeres und des roten Meeres, ergänzen diese Kenntnis.**)

*) Th. Fuchs, Welche Ablagerungen etc. Verh. der k. k. Geol. Reichsanstalt 1872: Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten 1883. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Beilg.-Bd. II. — Verschiedene Aufsätze. Jhrb. der Reichsanstalt 1882.

***) K. Natterer u. a. Denkschriften der kaiserl. Akademie der Wissenschaften. Math.-nat. Kl. Bd. LIX ff.

Aus dem Materiale der österreichischen marinen Forschungstätigkeit sind einige Vergleichsproben mit Verhältnissen der tertiären, mediterranen Meere aufzustellen. Speziell die geologisch-chemischen (Grundproben) Ergebnisse.

Betrachten wir nun den Charakter der Bildungen dieses jungen Meeres, das sich in einem Einbruch¹ gebildet hatte, der noch im Untermiozän von einem See bedeckt war, in den ein mächtiger, von Steiermark kommender Strom (der Norische Strom *) mündete. Die allgemeine Charakteristik Schaffers über tertiäre Meere gilt besonders für diesen Bezirk:**) Die großen Verhältnisse der mesozoischen Meere sind durch eine enge Abhängigkeit von den terrigenen Sedimenten der jungen Gebirge abgelöst.

Das Tierleben hängt eng mit dem Sedimente zusammen, die nektonische Fauna und die flottierenden Ammonitenreste treten vor den an Ort und Stelle begrabenen Resten der „ortsansässigen“ Tierwelt zurück. Die kleinen Aenderungen im Salzgehalt, im Wetterklima des Festlandes, wie im Sedimentationsklima der See, spiegeln sich in den Produkten wieder. Was hier aber für die Stratigraphie verwirrend ist, läßt um so leichter die jungtertiären Meere in einen Vergleich mit rezenten warmen oder mittelwarmen geschlossenen Becken setzen.

Wieder tritt uns zunächst in der zweiten Mediterranstufe (ebenso wie in den Ablagerungen des außeralpinen Beckens) eine neue kalkbildende Zeit entgegen. Aber — die Riffkorallen fehlen als wesentlicher Bestandteil der jungen Kalkmassen; Korallen in beträchtlichen Mengen sind allerdings häufig, aber die Korallenfauna bewohnt einzeln und in kleinen Siedlungen die Kalkplatten, Sande und Schlamme der größeren Ufertiefen — wie im Mittelmeer.

An die Stelle der Korallenriffbildung treten Riffwinden von Kalkalgen, Lithothamnien, die wir bereits als wichtige Ursache der Korallenriffbildung kennen lernen. Sie sind dort die Verfertiger der äußeren Riffzone, der Wellenbrecher (Darwin), deren Mangel an einzelnen Stellen des Indik es auf vielen sonst geeigneten Stellen, wie der Seychellenbank, nicht zur Riffbildung kommen läßt.

Auch heute spielen sie bei der Riffbildung eine große Rolle, auf dem Funafutiatoll wurden sie nach Sollas bis in die größten Tiefen erbohrt. Andererseits aber besetzen sie selbstständig in warmen Meeren jedes geeignete Stückchen felsigen

*) F. X. Schaffer, Der norische Strom. Mittlg. d. Geol. Ges. Wien 1909, S. 23. — Sind Ablagerungen größerer Wassertiefe in der Gliederung tertiärer Schichtreihen zu verwenden. Mittlg. d. Geol. Ges. Wien 1908, S. 86.

**) Voeltzkow, Peterm. Mittlg. 1907, S. 267. Zur Benützung bei einer event. Aufstellung von lebenden Kalkalgen: Mme. A. Weber, Etudes sur les algues de l'Archipel Malaisien. Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg. 2. sér.. Vol II.

Grundes oder erhärtenden Schlammes, mitten in den weiten Schlammwüsten der Kilometerbreiten der Gezeitenzone, wo etwas tieferes Wasser ihre Existenz an den Kaps der vorbauenden Küste ermöglicht. (Zuber: Verh. der Geol. Reichsanstalt 1911.) Auch in unserem Miozänmeer gibt es solche isolierte Stellen.*)

Wie sich eine solche isolierte Lithothamnienbank in einiger Tiefe (als eigentliche Hochriffbildner können die Lithothamnien nicht gelten) an einem Kap ansiedelt, zeigt beifolgende, nach einer Zeichnung Tschets umgezeichnete Skizze, aus dem für populäre Darstellung des Adriastrandes mustergültigen Werkchen A. Steuers.**)

Diese submarinen Rasen leiten im Anfange eine Periode regster Kalkabscheidung ein. Bei Hochstand des Meeres erfolgte an der Inselkette des Leithagebirges, die uns zunächst wegen ihrer Industrie interessiert, nur organogene Sedimentation.***) Die in dieser Zeit des Hochstandes gebildeten Kalkalgenplateaus geben dann, in das Niveau der Brandungserosion, beim Sinken des Niveaus gelangt, Sekundärprodukte, die wieder mehrfach bei verschiedener Meeresbeschaffenheit umgelagert, und, wenn wir an ein früheres Wort erinnern, fraktioniert abgelagert werden. In verschiedenen Graden ist dadurch die Gesteinsqualität bedingt.

Zunächst also der primäre Aufbau. Ich versuchte in einem Bilde das farbige Leben der Riffe in den Zeiten des Wasserhochstandes anzudeuten (ohne Details). In diesen submarinen Rasen und Bänken waren die Riffkorallen nicht fest wie die Korallen verwachsen, sondern lose †) und eine Wohnung zahlreicher anderer Tiere, Bryozoen, Korallen, Foraminiferen, Schnecken, Muscheln usw.

Unger, Gümbel, Beneke und andere haben die Rolle der Kalkalgen (zunächst der Siphoneen, der mesozoischen großen Riffplateaus) zuerst erkannt, für die strukturlosen Kalke hat Walther dies genauer durch Vergleich mit dem Leben bewiesen. Die Lithothamnien gehen nicht unter ca. 100 m Tiefe, ††) lebend sind

*) Schaffer, Der Leithakalk von Maustrenk. Mittlg. d. Geol. Ges. Wien 1910, Heft III, S. 48.

**) A. Steuer, Biolog. Skizzenbuch für die Adria. Teubner 1910, S. 62. Fig. 68. Reizend poetische und doch exakte Darstellung. Viele Anregungen für die museale Verwertung.

***) Schaffer, Geologischer Führer für Exkursionen im inneralpinen Wienerbecken. H. Gebr. Bornträger, Berlin 1908, S. 90. Eine für den Unterricht berechnete knappe Zusammenstellung versuchte ich in meinem (extraalpinen) Teil des von mir gemeinsam mit H. Vette's neubearbeiteten geographisch-geologischen Textes der Landeskunde von Niederösterreich von G. Rusch (W. Müller, Wien 1908).

†) J. Walther, Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfs von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke. Zeitschr. d. Deutschen Geol. Ges. 1885. XXXVII, S. 329 ff.

††) Auf der Amirantenbank nicht unter 120 m. Ihr Optimum liegt dort 50 - 90 m — (auf Riffen dort fehlend). Voeltzkow a. o. O.

sie meist rosa gefärbt, doch bleichen sie aus, wenn sie (etwa bei Faustgröße der Knollen) absterben. Auf den alten Individuen häufen sich die jungen an, jedoch verwachsen sie nicht, sondern bleiben lose. Die Verkittung erfolgt erst durch Bryozoen (im Leithagebirge durch Cellepora) und andere Tiere. Die zahlreichen Reste der Tiergesellschaft, die die Riffe bewohnen, werden von den Kalkalgen umwachsen, zum Beispiel Korallen, Mollusken und die niederfallenden Reste von Foraminiferen und Radiolarien.

Dabei tritt, wie wir in verschiedensten Stadien auch in unserem Leithagebirgsriffe beobachten (vgl. Schaffer) auch terrigener Detritus hinzu, an dessen Verhältnis zu den Algenmassen die Wachstumsschnelligkeit der Algen oder aber auch die Mächtigkeit der Sedimentation gemessen werden kann. (Solche Linsen bei Eingreifen stärkerer Erosion durch Fluten, oder am Festlande durch Regenperioden, sind natürlich im Betrieb nicht angenehm.)

Durch endogene Kohlensäureentwicklung erfolgt dann eine Auflösung und Umkristallisation bis zur Strukturlosigkeit (Diagenese), die hier im Mannersdorfer Stein auftritt (am gewaltigsten aber in den Riffkalken der oberen Trias, in deren Massen hauptsächlich Kalkalgen — Siphoneen — aber auch in höherem Grade als hier Korallen sich befinden). Die primär gewachsenen Leithakalke werden dann in späterer Zeit wieder zerrieben, von der Brandung abgerissene Kalkbrocken stürzen hinein usw., es bildet sich der von Th. Fuchs sogenannte detritäre Leithakalk. Echte Uebergangsschichten (wie wir sie an den Riffen der Tethys der Jurazeit sahen) bilden sich.

Eine größere Dolomitisierung erfolgt auf diesen jungen Kalkalgenbänken nicht (obwohl heute noch primär magnesiumkarbonathaltige Nulliporenmassen entstehen!) und bilden deshalb die reinen Kalkmassen in Kombination mit den lokal nahe abgesetzten Tonen ein wertvolles Material.

Neben den Leithakalken der submarinen Uferbänke des Festlandes und des Inselkranzes finden wir mit allen möglichen Uebergängen Strandkonglomerate, Sande und in den tiefsten Lagen Tone (Badener Tegel). Die letzteren zeigen nach Th. Fuchs Aehnlichkeit mit den Pleurotomarientonen der tieferen, aber auch durchwärmten, Regionen des Roten Meeres.

Die Vorstellung, die den Bildern zugrunde liegt, wurde durch die überraschend modellgleichen Erscheinungen des Leithagebirges unterstützt, in denen wir vielleicht mehr Einblick in ein fast abgeschlossenes Meeresbecken gewinnen können, als es uns Dredschzüge in einem rezenten Meere geben können. Schaffers detaillierte Beobachtungen, die durch H. Vettters Aufnahmsarbeiten für die geologische Karte (der

*) Th. Fuchs, Sitzungsbericht d. math.-nat. Kl. d. kaiserl. Akad. der Wissenschaften 1901.

k. k. Geol. Reichsanstalt) noch ergänzt werden, gestatten einen weitgehenden Vergleich, da auch die Sedimente lange nicht so in tiefere Regionen versenkt, wie die mesozoischen, keine so starke diagenetische Prozesse durchmachen müßten, vielmehr das Bild der alten Ablagerungen ziemlich unverändert erhielten. Die Gliederung der Ablagerungen des ganzen Wiener Beckens allgemeiner hier zu erörtern, würde zu weit führen.

Von älteren bathymetrischen Gliederungen erwähne ich die von R. Hoernes,*) die vielleicht ergänzt, Vorbild zu einem Demonstrationsschema sein kann, ebenso wie der schematische Querschnitt, den ich nach den Wiener Autoren in der Landeskunde von Niederösterreich versuchte. (Schnitte durch das Wiener Becken.)

Die organogenen Produkte dieser Kalkzeit, die sich jetzt über einzelne Teile der mediterranen Meeresarme ausbreitet, sind in ihrer Massenhaftigkeit, durch das warme Klima unterstützt, wenn auch das Vorkommen der Kalkalgen nicht warme Meere erfordert, sie kommen von Novaja Semlja an vor und sind ebenso stark an den Küsten der Bretagne wie im Eismeer entwickelt.

Das Vorkommen kalksammelnder Pflanzen könnte museal in einem lebenden Aquarium mit Chara und der Kalkalge Rivularia**) (Süßwasser) demonstriert werden.

Die zunehmende Eintragung vom Lande stammender Quarzsande, die eigenen Zerstörungsprodukte der Algenriffe vom Block bis zu feinsten „lait du corail“ ähnlichen Schlammbildungen, erzeugen in der wechselnden Geschichte der Inseln eine Reihe der verschiedensten Bildungen, die vom Steinbrecher sorgfältig unterschieden werden, und von denen auch nur die reineren Produkte für die Kalk- und Zementindustrie wertvoll sind, terrigene Einschwemmungen aber ein für den Baumeister geeignetes Material geben.

Die genaue zeitliche Folge ist hier für den Zweck nebensächlich.

Wichtiger ist die relative Lage. Als tiefstes Glied haben wir die blauen Tegel des älteren Meeres, die Badener Tegel und deren Aequivalente, die den Grund bedecken.***) Die Sande treten in allen Perioden dieses Meeres auf und in sehr verschiedenen Tiefen, teils als terrigene quarzige, oder als organogene kalkige, in den verschiedensten Mischungsverhältnissen, auch

*) R. Hoernes, Zur Leithakalkfrage (Fuchs und Karrer, Geol. Studien in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens, XIX). Jhrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 1875, S. 7.

**) v. Linden, Bericht d. Oberrhein. Geol. Vereinigung 1890 (Rivularia im Bodensee).

***) Th. Fuchs und F. Karrer, Ueber das Verhältnis des marinen Tegels zum Leithakalk. Jhrb. d. k. k. Geol. Reichsanstalt 1871. — Th. Fuchs, Ueber den Charakter der Tiefenfauna des Roten Meeres. Sitzungsbericht der k. Akad. der Wissenschaften, Wien 1901.

abhängig vom Material der Küste. Die Sande kommen heute zum Beispiel an französischen Küsten *) meist meerwärts der Gerölle und Kiese zu liegen. Die Strömung und die Brandungswirkung lagern die zuerst noch schlammigen Sande in Fraktionen um, so daß an der offenen Küste der Sand rein abgelagert wird, resp. an Vorsprüngen als Zungen in der geraden Strömungsrichtung sich absetzt, in den Buchten dagegen reicht der Schlamm bis ans Land.

Ein Kranz derartig verschiedener Ablagerung von Sanden, Tonen des Seichtwassers, Konglomeraten, umgibt die miozänen Meere; für die Steinindustrie aber bleibt der Algenriffkalk das wichtigste,**) unter seinen zahlreichen Varietäten wieder der reine gewachsene Riffkalk und sein reiner Detritus.

In unserem Gebiete entstanden als drittes Produkt und Zerstörungsfazies der Algenrasen eine Reihe sehr verschieden wertender Gesteine.

Der Mannersdorfer Stein ist typisch gewachsener Algenkalk, mit gelegentlichen, für den reinen Algenkalk charakteristischen strukturlosen Partien. Dazwischen treten, wie im Roten Meere ***) oolithische Sande, dann (Kaiserstein) detritäre spätere Kalkbänke auf. Wie bei Messina (Fuchs), treten einzelne isolierte Kalkplatten, dann wieder Kalke mit zahlreichen kleinen Gastropoden auf, die wir uns wohl als Reste von Algen, „wäldern“ mit ihrer Minutienfauna denken können.

Wieder an anderen Stellen kommt die Kalkablagerung irgend-einmal in eine pyritische Schwefeltasche des Ufers (Sommerlein). Die Strömungen schwemmen grobe und feinere Quarzsande in die entstehenden Kalksandbänke und es entstehen Kalksandsteine, oder terrigenes Material im allgemeinen nimmt starken Einfluß. Kalkalgenknollen wurden lose im Sande eingebettet (vgl. Walther in seiner Nulliporenarbeit über die Syrakusaner Steinbrüche). An anderen Stellen sammeln sich (wie im Roten Meere und Fidschi) Foraminiferen in großen Mengen. Prozesse der fraktionierten Schlämzung liefern einen weichen, an der Luft erhärtenden Kalkschlamm, den Bildhauerstein. Wenn mit sinkendem Wasserstande die korallinen Bänke und Riffe in die Brandungszone geraten, so reißt sie Blöcke ab, es entsteht ein Blockstrand. Gerade in den Zwischenräumen dieser Blöcke entfaltet sich das reichste organische Leben. Sie sind als Lebensraum ein Äquivalent der Hohlräume der Korallenriffe.

*) Vgl. Thoulets Arbeiten und Girard, *Modèle des sables littoraux*. Paris 1905.

***) Einiges über die steirischen, der Zementbereitung dienenden miozänen Kalke (mit Berücksichtigung der alten Landschaft, Wirbeltiere). A. Heiser. Das Ehrenhausener Portlandzementwerk. Tonindustrie-Zeitung 1910.

****) Ueber Oolithbildung. Walther.

Mit der zunehmenden Abschließung und Aussüßung war die primäre Kalkbildung bald zu Ende; schon in vielen der genannten Varietäten sehen wir nicht nur die Produkte der Zerstörung, als Austönen der Kalkphase, sondern auch das Eingreifen der Erscheinungen der kleineren Zyklen, die in der Uferzone besonders stark sich ausprägen. Kleine Oszillationen können die Erosionsfähigkeit fühlbar beeinflussen; in Becken (Kolken) mit Kalksandablagerung bricht die See die Barre durch und lagert jetzt Tegel auf. Die Tiefenfazies folgt nicht so sehr der Tiefe an sich als ihren sonstigen Bedingungen (Walther) und ihre Fauna reicht plötzlich in fast seichtes Wasser. Strömungsänderungen, Sandrücken, Abbrechen lokaler Vorsprünge (Helgoland), vorübergehende Schwefeltonbildungen; alle diese Ereignisse des täglichen bis säkulären Lebensbildes der Küste spielen jetzt herein.*)

In dem schematischen Profil, das ich zeigte, sahen sie die Art, wie ungefähr diese Bildungen der Küste ineinander greifen.

Das Profil ist einem Buche**) v. Arlts entnommen, der in sehr dankenswerter Weise zum ersten Male meines Wissens in einem Buche dieser Richtung den Versuch machte, auch die primitivsten Vorstellungen des Baues und der Lagerung eines Kalklagers darzustellen.

Für museale Zwecke: schematisches Profil dieser Art, jedoch mit natürlichem Material. Entstehung der einzelnen Varietäten mit erklärender Zeichnung zu jeder (zum Beispiel Blockstrand). Mit Hilfe der Spezialisten rekonstruktive Reliefs der einzelnen Stadien der Ausfüllung des Beckens. Die weitgehende Kenntnis der Terrassen (Schaffer, Grund, Hassinger) gestattet vielleicht schon ein Modell, die verschiedenen Lagen des Wasserspiegels darzustellen; oder die geologische Karte mit natürlichem Gestein (nach Art der von Krantz in Bonn verlegten) wird hier zum geologisch-historischen Atlas eines Gebietes zu erweitern sein.

Mit Wasser betriebene Demonstrationsapparate der Sandablagerung, des Brandungsspiegels, der Schichtung. (Viele derartige Anregungen in Walthers Vorschule der Geologie.)

Die demonstrierten Rohskizzen von Farbtafeln zeigen die Inselkette an einer Stelle der höchsten Kalkbildung fast ganz von einem organogenen Kalkmantel umhüllt.

*) O. Abel, Bau und Geschichte der Erde, Wien 1910. Tempsky, S. 151 ff. — Für die demonstrativen Zwecke besonders geeignet: Karte, Tabelle und Text (S. 1—19) in H. Vettors: Die geologischen Verhältnisse der weiteren Umgebung Wiens, Wien 1910.

**) F. v. Arlt, Laboratoriumsbuch für die Zementindustrie, Halle a. d. S. 1910. (W. Knapp) Kap.: Probenahme im Rohstofflager, S. 9 ff.

Der Abfall ist ziemlich steil, bis zu den flachen, roten Rasen der tieferen Lithothamnien. In diesen farbig düsteren Gründen, beschattet vom nahen Ufer, leben Haie, Rochen, Zahnwale; große Schildkröten mögen an Stellen feiner Sandablagerungen gelaicht haben (zum Beispiel ähnlich bei Mainz.)*)

In der dunklen Tiefe aber wird nach einer Zone von jetzt noch wenig Detritus der Muscheln und Schnecken scharf der Tegel der Tiefe an den Nulliporenrasen heranreichen. Die Kalkalge kann im Schlamme nicht gut aushalten, sie erfordert felsigen Untergrund oder Sand. Die Wälder der Inseln beherbergten eine Fauna von der Art der Typen, wie in Südostasien.***) Als Charaktertier dieser feuchtwarmen insularen Ufer können wir den eigenartigen Proboscidier *Dinotherium* ansehen, dessen Stamm sich an den Ufern der mediterranen Meere von kleineren Formen (*Dinotherium bavaricum*) bis zur Riesenform des *Dinotherium gigantissimum* im Pliozän Rumäniens entwickelt. Eine gleiche oder ähnliche herrscht am Lande weiter zur Zeit des zweiten Bildes, das den geschlossenen Kalkstrand bereits in der Phase der Zerstörung und sekundären Ablagerung zeigt.

Die Riffe sind zumeist, oder wenigstens lange nicht so in intensivem Wachstum, wie zur Zeit des ersten Bildes. Zwischen den Blöcken, die die Brandung abriß, ist reiches Leben. Verschiedene Sande und Tone erfüllen die Tiefen. Ein Kadaver eines *Dinotheriums* zeugt von der Anwesenheit einer gleichen Landfauna auf diesem vielbegangenen Wechsel. Die Landfaunen erscheinen hier stetiger, als die rascher wechselnden Faunen der See.

*

Die Sande liegen zumeist verfestigt als Kalksandsteine vor, aber auch lose aus älterer Zeit als echte marine Sande, wieder als Anschwemmungen der Flüsse, die noch von der Flut und den Küstenströmungen fraktioniert werden — die tonigen Bestandteile des Landdetritus füllen die Tiefen des Beckens — schließlich reicht die Kraft der Flüsse hin, das ganze Becken über die Tegel mit Schottermassen und Flußsanden zu überschütten.

Am Leithagebirge herrschte, da ja Inseln weniger lokalen Detritus geben, bis fast zum Sterben der großen Seen die Kalk- und Kalksandsteinsedimentation.

*

*) Das Optimum der Kalkalgen liegt im Mittelmeer bei 70—100. Da sie lichtscheu sind, an steilen und überhangenden Stellen hoch, bis in Brandungshöhe.

**) Faunen: E. Sueß, Ueber die Verschiedenheit und die Aufeinanderfolge der tertiären Landfaunen. Sitzungsbericht der k. Akad. d. Wissenschaften, 1863, XLVII. — Populär verwendbar: O. Abel, Bau und Geschichte der Erde, — Demonstriert wurde: F. König, Modell von *Dinotherium bavaricum* H. v. M. nach Kittl, Stefanescu, Bieber, Roger etc.

Durch das ganze jüngere Tertiär sahen wir das marine oder zum Schluß lakustre Sedimentationsklima mit seinen Ereignissen einer iterativen Kalkumlagerung, jetzt beginnt das spezifisch terrestrische (wahre) Klima die Ablagerungen zu beherrschen, die noch als Sande, Schotter und junge Tone industriell in Betracht kommen.

— Modelle, Versuchsschemata für junge terrestrische Bildungen, zugleich als Einleitung in die allgemeine Geologie in reichem Maße enthält Walthers Vorschule der Geologie (Lehrmittel dazu bei Krantz in Bonn, Dr. A. Müller-Berlin), Resultate der Fluß(regulierungs-)forschung, Seekunde (Pohlig, Eiszeit usw., S. 66 ff.). Mit Wasser betriebene Modelle der Fluß- und Seesedimentation (zum Beispiel Sande in ein ruhiges Becken einströmen lassen usw.). Instruktiver Wasserlauf im Garten. —

Hatten im ruhigen Inselmeere kleinere Ereignisse den Angriff auf das ältere Sediment und die relative Lage und „Klima“ des Gesteinsbildungsortes geregelt, so treten eigentlich schon zu Zeiten, als der große See noch bestand, weittragende Transporte auf, das Ende der Tertiärzeit zeigt die Sedimentation des festen Landes.

Ein anderer Zyklus erster Ordnung, die große Eiszeit, gibt dem festen gefalteten Lande unserer Gegend das Relief, den Ebenen das deckende Kleid.

Bevor wir die Tertiärzeit abschließen, dürfen wir nicht ein anderes großes Ereignis dieser bewegten Zeit der Faltung der großen Einbrüche vergessen, das an anderen Stellen wichtige Ausgangsprodukte der Zementindustrie lieferte, die Periode lebhafter vulkanischer Tätigkeit in Mitteleuropa und Italien, die auch bis tief in die Eiszeit (Eifel, Albanerberge) reichte.*) Diese Eruptionsperiode lieferte Tuffe, Traß durch direkte submarine Eruptionen oder Umschwemmung vulkanischer Aschen. Auf derartige natürliche Produkte, auf die Kombination der frühen Besiedelung fruchtbarer vulkanischer Gegenden durch das baukundige Römervolk, beruhen die Zementverwendungen der Römer (fördernd spezielle Lage! Vorbild die Natur.).

In einem der Höhepunkte der Vereisung, etwa in die Tundra-steppenzeit der vorletzten Eiszeit am Nordrande der Ostalpen, führte das letzte demonstrierte Bild der glazialen Sedimentbildung.

Das Vorland nächst den Bergen, zur vollkommenen Ebene eingedeckt, ist von rasch wechselnden Schmelzwasserströmen durchzogen. Ab und zu kommt vielleicht zur Vegetationszeit eine Mammutherde von der Steppe herauf, Lemminge graben

*) Für die knappe Erörterung der glazialen Gebilde wurde benützt: Obermaier. Der Mensch zur Eiszeit 1911. J. Pohlig, Eiszeit und Urgeschichte des Menschen. Quelle und Mayer 1907; Eckhardt. Das Klimaproblem 1906.

sich ihre Baue oder hausen auch besonders elegant im Schädel *) eines der verendeten Zottelelefanten, wie wir den *Elephas primigenius* nennen könnten. Die Flüsse lagern in ihren breiten Becken enorme Schottermassen, in den flachen und Ueberschwemmungsgebieten feinen Sand und Schlamm ab. Die Schwankungen von der fast polaren bis zur warmen Zeit, trockene und feuchte Zeiten, bedingten eine intensive und in ihren Produkten wechselnde Abtragung, insbesondere die Quarzsande und Tonmassen Mitteleuropas entstanden jetzt,**) die die Grundlage der Kunststein- und Ziegelfabrikation (letztere, wo nichtmarine Tegel genügend vorhanden) bilden. Für diese Schottermassen bildet der Nordrand der Alpen im Gebiete der bayrischen Hochebene eine Sammelmulde,***) die marinen Ablagerungsmächtigkeiten nichts nachgibt.

Seit den Zeiten der perm-karbonischen Sandwüste erfolgen zum ersten Male in dieser Gegend im großen Maßstab derartige Bildungen (ab Spättertiär), da bei der tropischen Vegetationsdecke die geringe Erosionskraft der langen feuchtwarmen Zeit nicht hinreichte, die noch dazu von Kalkkappen geschützten Gebirgs- und Massenkerne stärker anzugreifen.

Bei der Aufbereitung der Produkte der glazialen Ströme tritt neben der Tätigkeit des fließenden Wassers die Windseparation (Löß) stark hervor.

Nun beginnt aber auch das Wesen in Erscheinung zu treten, auf dessen heutige Bedürfnisse wir hier die Erdgeschichte in einigen Phasen ihrer Entwicklung bezogen, der Mensch, seine Beziehungen zum Gestein, von allem Anfang, vom Feuerstein bis zum Eisenbeton, in ihrer unendlich komplizierten Entwicklung, anzudeuten, ist hier nicht meine Sache, mit dem bearbeiteten Steine beginnt die Menschengeschichte und mit den steinernen Zeugen der Tätigkeit unseres Geschlechtes endet sie vorläufig in der Gegenwart.

Wenn eine günstigere Zyklusphase in den Mittelmeerländern die höchste alte Kultur entstehen läßt, mit ihren Wunderwerken der technischen Baukunst der Römer zum Ende, so finden wir schon dort das charakteristische Material der modernsten Baukultur, den Beton, durch günstige Materialverhältnisse bekannt (Traßbeton) — die Kulturfazies wandert und im Norden erfindet dann der Mensch im Zeitalter der unbegrenzten Entwicklungsmöglichkeit nochmals die Kunst, „Steine zu machen“ und gibt

*) Vgl. den Nußdorfer Fund. (Allerdings nicht aus dem Postglazial.) — A. Nehring, Fossilreste kleiner Säugetiere aus dem Diluvium von Nußdorf bei Wien. Jhrb. d. k. k. Geolog. Reichsanstalt 1879, S. 475. Vgl. meine Wandbilder (Mammut und *Rhinoceros antiquitatis*) im Niederöstr. Landesmuseum, wie meine Modelle von Mammut (n. Pohlig, Obermaier u. a.) und *Rhinoceros antiquitatis* (n. Zittel Pohlig, Obermaier).

**) Vgl. Leo Wehrli, Die Entstehung unserer Tonlager. Zürich 1906.

***) Walther, Geologie von Deutschland, S. 311, 315.

der neuen Zeit das neue Material, durch das neue Material den neuen Stil.

Wiederholen wir, was ich, nicht erschöpfend, mit den Hilfen der musealen Darstellung ausgedrückt haben möchte:

1. Die Stellung der für die Zementindustrie wichtigsten Elemente bis zum Auftreten organischen Lebens.

2. Die Aufnahme und Abscheidung derselben durch Lebensprozesse im Wasser.

3. Die Abhängigkeit der Intensität dieser Abscheidung von mehrfach wiederkehrenden, über große Erdbezirke sich verbreitenden Optimalzeiten (Kalkhauptphasen).

4. Die Aufarbeitung der Kalkprodukte in wiederholter fraktionierender Ablagerung (Kalkfolgephasen).

5. Der verschiedene Einfluß von Ereignissen höherer und niederer Zyklen auf diese fraktionierte Sedimentation.

6. Die speziellen Bedingungen der wahrscheinlichsten Entstehung einzelner technisch wichtiger Materialien dieser Gruppe.

7. Die Beziehungen des lithogenetischen Klimas und der lokalen Faktoren auf die ökonomische Wertung.

Jedes kalk- oder kieselsäurehaltige Sediment ist das Produkt bestimmter, jedoch oft auf verschiedene Art (polyphyletisch) und unter ganz verschiedenen Vorbedingungen erreichter chemischer oder physikalischer Gleichgewichtszustände, die je nach der Lage zu dem Maximum der Variabilität verschieden oft und wiederholt erreicht werden.

Die Wege dieser Entwicklung können im Sinne Johannes Walthers durch den Vergleich mit den Komplexen und voneinander abhängigen Erscheinungen der Meere und Gewässer der Jetztzeit und ihren sichtbaren Veränderungen dargestellt werden.

Hiebei ist eine einheitliche Darstellung aller heranzuziehenden Gebiete nötig, so daß in einer derartigen musealen Darstellung naturwissenschaftliche und technische Demonstrationen nicht getrennt und nicht nebeneinander, sondern ineinander in ihren Beziehungen zu allgemeinen Erscheinungen gezeigt werden sollen.

*

Die Steine sahen wir wachsen, vergehen, sich mengen und sondern bis zum feinst nüancierten Teilprodukt.

Die natürlichen Vorgänge gaben die Reagentien und das Meer war das große Laboratorium.

Was wir im Museum darstellen wollen, können wir immer nur auf die Verhältnisse, unter denen wir leben, beziehen, und aus ihnen heraus unsere Erklärungen geben.

Aus dem winzigen Teilbildchen der Gegenwart müssen wir mit den retuschierten Fragmenten der Vorstellungsbilder der Vergangenheit, den unendlichen Film der Erdgeschichte, bezogen

auf menschliche Interessen, im Lehrgebäude rekonstruieren. Jede noch so spezialisierte Anwendung der genetischen Betrachtung führt zu neuen Ausblicken, das ist trotz aller Lückenhaftigkeit der methodische Wert des neuen Musealprinzipes. Es wird der kommenden Generation zugute kommen.

Tafel 7.

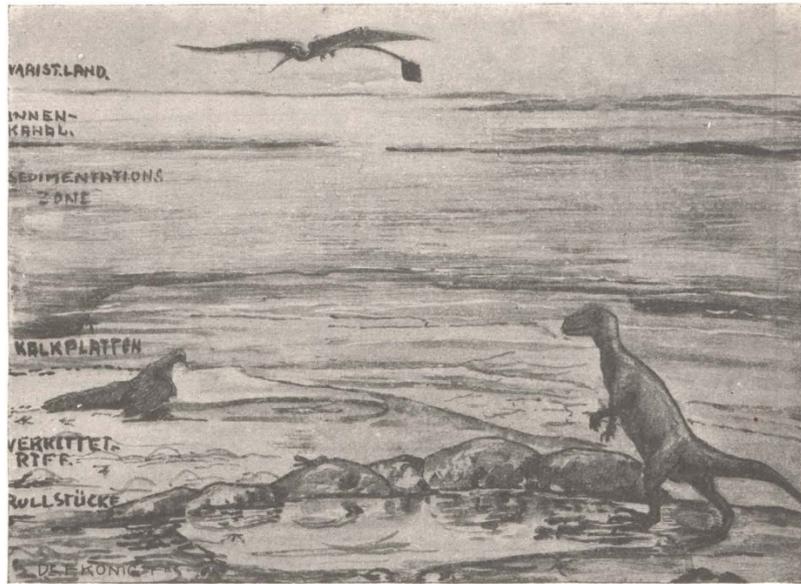


Fig. 2 zu Seite 121.

Innenseite einer Korallenbarre Süddeutschlands in der **oberen Jurazeit**. Hauptkalkbildungsphase. Tiere: Archäopteryx, Rhamphorhynchus, Compsognathus.

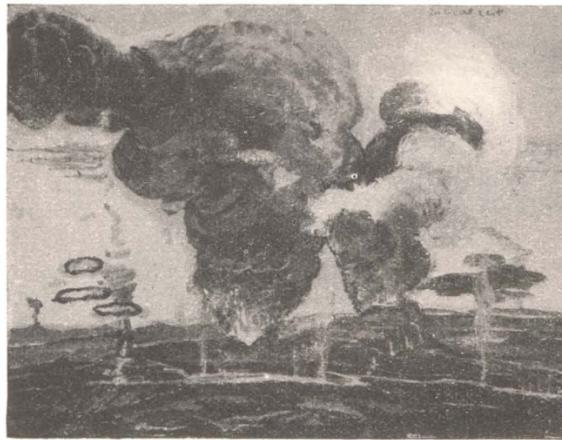


Fig. 1 zu Seite 101.

Die **Urzeit der Erdoberfläche**. Aehnlich der Abkühlungsfläche des erstarrten Eisens in der Coquille angenommen.

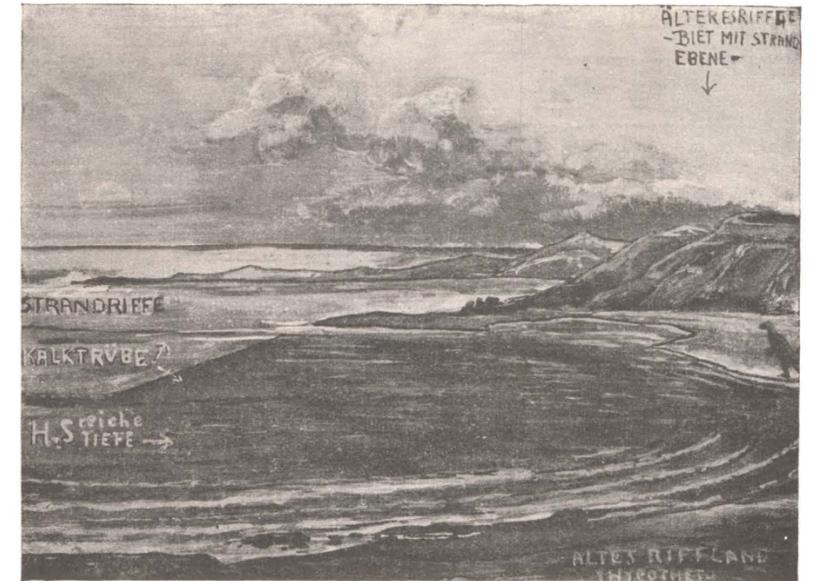


Fig. 3 zu Seite 125.

Unterste Kreidezeit. Neokom der Nordalpen. Hier Kalkaufarbeitungsphase, Ablagerung feiner Kalkmergel.

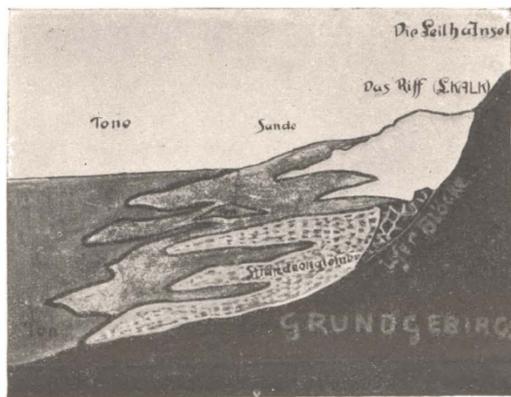


Fig. 6 zu Seite 141.

Schema der Ablagerungen des **tertiären Leithastrandes** nach v. Arlt.



Fig. 8 zu Seite 143.

Schotter-, Sand- und schlammbedeckte Ebene am Nordrande der Alpen **zur Eiszeit**. Tiere: Mammut und Lemming.

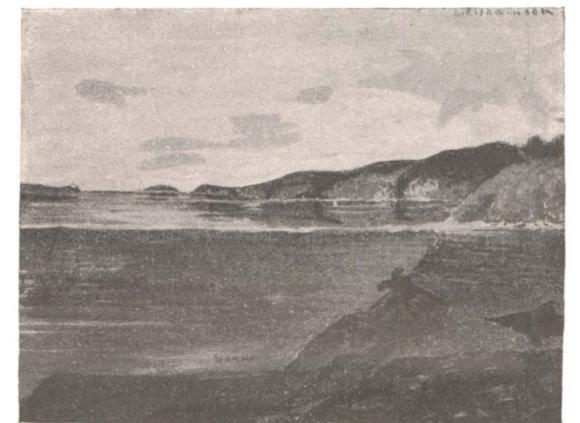


Fig. 7 zu Seite 142.

Leithainseln des Meeres der **II. Mediterranstufe** bei Wien. Algenkalkphase.

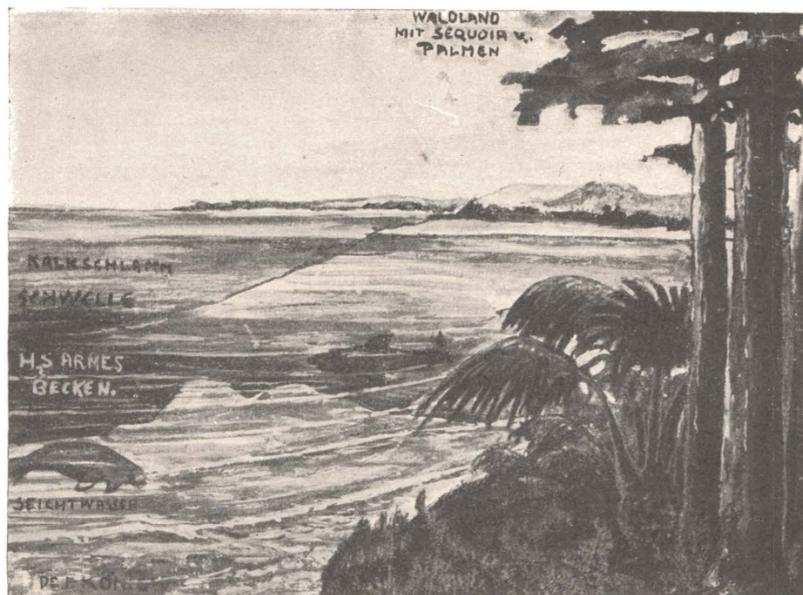


Fig. 4 zu Seite 134.

Strand des nordalpinen **Oligozänmeeres**. Waldige Ufer, Kohlensämpfe. Bildung von Kalkmergeln usw.



Fig. 9 zu Seite 108.

Diagramm der **Flächen-**(nicht Masse-!)**verteilung der Sedimente** des Stillen Ozeans.

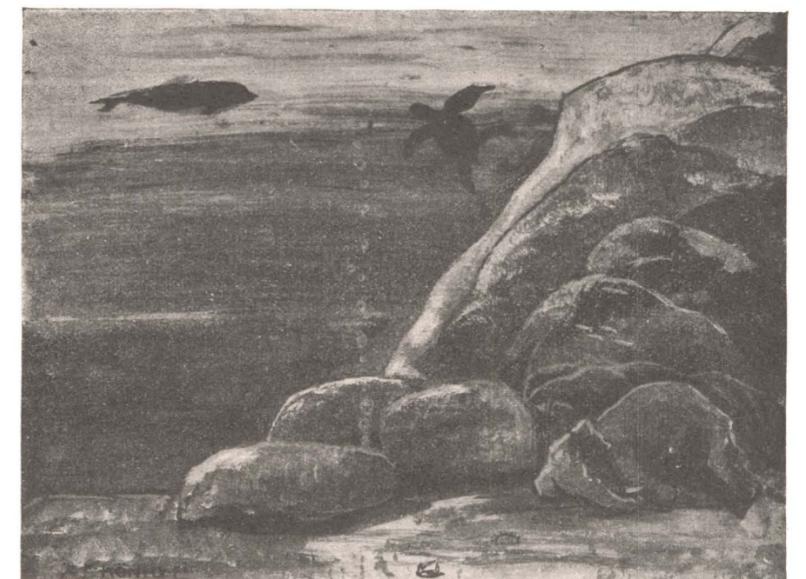


Fig. 5 zu Seite 142.

Der überflutete Blockstrand der Leithainseln im Meere der **sarmatischen Zeit** des österr. Tertiärs.