

Die große Depression des arktischen Beckens, die Eismeertiefe, bildet eine langgestreckte Rinne, welche von den Gegenden nördlich von 80° Breite sich zwischen Grönland und Spitzbergen hinabschiebt, bei der Insel Jan Meyen sich in zwei Arme theilt, von denen der östliche, längere sich zu der engen Farö-Schetland-Rinne zusammenzieht.

## 2. Die Beschaffenheit des Meeresbodens.

Die genaue Kenntniß der Beschaffenheit des Meeresbodens hat nicht nur für die Aufgaben der Geologie eine wissenschaftliche Bedeutung, indem die neubildenden und verändernden geologischen Prozesse der Gegenwart sich auf dem Meeresgrund beständig fortsetzen, und weil wichtige geologische und biologische Vorgänge der älteren Vergangenheit durch sie ihre Erklärung finden, — sondern auch eine rein praktische für die Interessen der Schifffahrt, weil der Boden des Meeres als Ankergrund von sehr verschiedenem Werth ist, und weil den Schiffern bei der Annäherung an Küsten, bei dem Einlaufen in Häfen und in der Nähe gefahrvoller Stellen die Kenntniß der Bodenbeschaffenheit zu ihrer Orientirung öfters unentbehrlich ist. Deshalb sind auch auf den See- und Küstenkarten und den Hafenplänen neben den Tiefenangaben gewisse Merkmale über die Beschaffenheit des Meeresgrundes eingetragen.

Man hat sogar versucht, nach Art der geologischen Karten des Festlandes, auch solche für den Meeresboden zu entwerfen, welche durch verschiedene Farben die verschiedenartige mineralische Beschaffenheit der submarinen Felsgebilde und der Ablagerungen der geologischen Jetztzeit auf dem Meeresgrund bezeichnen. Dies ist aber bisher nur für die Binnenmeere und die Küsten der Continente ausgeführt worden, so u. A. von Delessé für die

Küsten Frankreichs — und von der „United States Coast Survey“ für die Ostküste von Nord-Amerika.

In den offenen Ozeanen aber haben erst die neueren Tiefseelothungen und die Gewinnungen und Untersuchungen von Bodenproben der unterseeischen Geologie oder der Lithologie des Bodens der Meere die Bahn gebrochen und zum Theil auch schon geebnet. Im Jahre 1854 brachte Brooke mit seinem Apparat aus mehr als 2000 m Tiefe eine Probe von Kalkschlamm herauf, die bei mikroskopischer Untersuchung zeigte, daß dieser Kalkschlamm fast ganz und gar aus den Kalkschalen von den zu den Foraminiferen gehörenden *Globigerina bulloides* und *Orbulina universa* bestand.

Dieser selbe Schlamm, den man Globigerinen-Schlamm nannte, wurde später an vielen anderen Stellen des Atlantischen Ozeans gefunden, so von Capitän Dayman von dem englischen Kriegsdampfer „Cyclop“, im Sommer 1857 in Tiefen von 3100 bis 4900 m auf der Lothungslinie zwischen Irland und Neufundland, die behufs der Kabellegung zwischen England und Nordamerika genommen war, — so von Dr. Wallich, i. J. 1860, auf der Lothungslinie des „Bulldog“ zwischen Island, Grönland und Neufundland in Tiefen von 1000—3660 m; — ferner von Nordenfjöld im J. 1868 in der Umgebung von Spizbergen bis in Tiefen von 3800 m, und so noch an vielen anderen Stellen des Atlantischen Ozeans.

Als die Tiefseelothungen sich auch über andere Ozeane erstreckten, fand man auf dem Meeresgrunde derselben zum Theil denselben Globigerinenschlamm wie im Atlantischen Ozean, — zum Theil aber auch in allen Ozeanen noch andere Bestandtheile des Meeresbodens in verschiedenen Tiefen. Namentlich war es die „Challenger-Expedition“, welche uns

reichen Aufschluß über die Beschaffenheit des Meeresbodens in den verschiedenen Océanen gab.

Die auf dem Meeresboden befindlichen Ablagerungen lassen sich nach John Murray, dem Geologen der Challenger-Expedition, in 5 Abtheilungen gruppiren, nämlich in 1) Küstenlagerungen, 2) Globigerinenschlamm, 3) Radiolarienschlamm, 4) Diatomeenschlamm und 5) rothe und grüne Thone.

Die Küstenablagerungen finden sich nahe bei den Continenten und größeren Inseln und erhalten ihre hauptsächlichsten Merkmale durch die Gegenwart der Trümmer der anliegenden Länder und des durch die Flüsse in das Meer hinabgeführten Materiales. In einigen Fällen dehnen sich diese Ablagerungen, durch Strömungen begünstigt, bis 150 Seemeilen von der Küste entfernt aus. So werden z. B. die Schlicktheile des Amazonas und des Orinocco in Südamerika durch den Aequatorialstrom weit nach Nordwest hin fortgeführt; so wird der gelbe Schlamm des Hoang-ho so weit in das Meer hineingeführt, daß davon das „Gelbe Meer“ seinen Namen erhalten hat. Es sind in diesen Küstenablagerungen, je nach der geologischen Beschaffenheit der das Meer begrenzenden Länder und Inseln verschieden gefärbte und zusammengesetzte Schlammarten zu unterscheiden. Am weitesten verbreitet sind die grünen und blauen Schlamm Massen, welche sich größtentheils nahe den meisten Continenten und größeren Inseln vorfinden, deren Küste aus älteren und krystallinischen Gesteinen bestehen.

Dieser grüne und blaue Thon findet sich in allen durch unterseeische Erhebungen abgeschlossenen Meeresbecken, wie in der Sulu-, Banda-, Celebes- und China-See. Außerdem bedeckt dieser Schlamm den Meeresboden bei den Küsten von Portugal, von Guinea bis zur Capstadt in Afrika, von Halifax

bis New-York in Nord-Amerika, an der Ostküste des südlichen Süd-Amerika, ferner bei der antarktischen Eisbarriere, bei Australien, Neuseeland, Neuguinea, den Philippinen und bei Japan. Der blaue Schlamm erstreckt sich bis zu Tiefen von 5120 m, aber ausnahmsweise auch bei St. Thomas bis zu der größten im Atlantischen Ocean gelotheten Tiefe von 7086 m.

Die grauen Schlamm- und Sandmassen werden als Trümmer der vulkanischen Gesteine nahe bei den vulkanischen Inseln gefunden mit Stücken von Bimstein und Lava und zuweilen auch mit Schalen von oceanischen Organismen. Die Farbe des Schlammes ist gewöhnlich grau, der Sand ist aber schwarz oder schieferfarbig. Da, wo die Trümmer von augitischer Lava vorhanden sind, wie bei den Sandwich-Inseln (noch in 200 Seem. Abstand von ihnen), den Canarischen Inseln u. s. w. werden auch in diesem Schlamm Stücke von Braunstein (Mangansuperoxyd) vorgefunden. Die größte Tiefe, bis zu welcher dieser graue Schlamm angetroffen worden ist, beträgt 5258 m etwas südlich von den Sandwich-Inseln.

Längs der Ostküste von Südamerika zwischen dem Cap San Roque bis Bahia trifft man auf dem Meeresgrund einen rothen Schlamm an, welcher sich wesentlich von dem blauen Schlamm an den meisten anderen Küsten der Continente und großen Inseln unterscheidet und von den ockerhaltigen Massen herrührt, welche die großen südamerikanischen Ströme in den Atlantischen Ocean führen. Die größte Tiefe dieses rothen Schlammbodens ist 3749 m bei Pernambuco. Weiter südlich, südöstlich von Bahia geht dieser rothe Schlamm in einer Tiefe von 3932 m in rothen Thon über.

In der Nähe von Korallenriffen besteht der Meeresboden aus Korallenschlamm, welcher durch eine große Menge von

amorpher, kalkiger Masse, durch Trümmer von Korallenriffen und durch viele große, kalkschalige Foraminiferen-Formen etc. charakterisirt ist.

Auch die „Tuscarora“ hat bei ihren Erhebungen zwischen den Sandwich- und Bonin-Inseln, im März und April 1874, sowohl bei diesen Inselgruppen, als auch bei den oben (s. S. 24) angegebenen 7 Erhebungen zwischen beiden, in Tiefen von 2011—4023 m Korallenschlamm, sowie Stücke von Korallenkalk und Lava gefunden. Diese letztere Thatsache, in Verbindung gebracht mit der von Darwin aufgestellten und von Dana bestätigten Theorie des Wachstums der Korallen, setzt es außer Zweifel, daß das weite Gebiet des nördlichen Stillen Oceans zwischen den Sandwich-Inseln und Japan ein Gebiet einer großen und schnellen Senkung innerhalb einer sehr neuen geologischen Epoche ist. Denn, wie wollte man sonst die Gleichförmigkeit erklären, mit welcher sich bei jeder Erhebung des Bodenprofils zwischen den Sandwich-Inseln und Japan Anzeichen von Korallen zeigen, wenn man nicht annehmen wollte, daß jede dieser unterseeischen Erhebungen — wenn sie nicht gar über die Meeresfläche emporragten — doch derselben hinreichend nahe war, um den riffbauenden Korallen die Existenz zu gestatten, deren Tiefengrenzen bekanntlich 36 m beträgt. Während aber in der Bermuda-Gruppe, wie in vielen anderen Fällen, das Sinken des Bodens so allmählich stattgefunden hat, daß das Wachstum der Korallen nach oben dazu gedient hat, die Erzeugnisse ihres Lebensprocesses bis zur Oberfläche zu bringen, — muß das Aufhören ihres Wachstums auf den 7 Boden-erhebungen im Stillen Ocean ein Anzeichen für ein so rasches Sinken dieses Gebietes sein, daß das Wachstum der Korallen nach oben mit dem Sinken des Bodens nach unten nicht hat

gleichen Schritt halten können und die Korallen alsbald abstarben, als sie tiefer und tiefer sanken.

Die Sandwich-Inseln bilden bekanntlich einen vulkanischen Herd, ebenso sind die Bonin-Inseln vulkanisch; es ist also wahrscheinlich, daß jene 7 Erhebungen, auf denen Lavastücke gelothet wurden, ehemals eine Kette von submarinen Vulkanen bildeten.

Dieser Schnelligkeit des Sinkens des Bodens des nördlichen Stillen Oceans, in Folge vulkanischer Actionen, ist es auch vielleicht beizumessen, daß in ihm die zahlreichen kleinen Koralleninseln fehlen, welche für die tropischen und südlichen Theile des Stillen Oceans so charakteristisch sind. So können also die Tieflothungen nicht unwichtige Schlaglichter auf die geologische Vergangenheit und auf die Bedingungen der jetzigen Gestaltung der Erdoberfläche werfen.

Der oben erwähnte Globigerinen-Schlamm besteht seiner Hauptmasse nach aus den sogen. Globigerinen, kalkschaligen Wurzelsüßern (Rhizopoden), zu der Gruppe der Polythalamien oder Foraminiferen gehörend. Diese Globigerinen, oder wenigstens ihre Schalen trifft man fast über dem ganzen Boden aller Oeane an, nur in der Arasura-See am westlichen Eingang der Torres-Straße scheinen sie ganz zu fehlen. Aber nur da, wo sie die Hauptmasse aller Bodenablagerungen bilden, geben sie denselben den Namen Globigerinen-Schlamm. Er ist in allen Oeanen zwischen Tiefen von 250—2900 Faden oder 457—5303 m vertreten, doch nicht in den unterseeisch-abgeschlossenen Meeresbecken, und auch nicht in dem südlichen Indischen Ocean, südlich von 50° Süd-Breite und im nördlichen Stillen Ocean nördlich von 10° Nord-Breite. In einigen Fällen lagert der Globigerinen-Schlamm unmittelbar auf dem rothen Thon, in anderen Fällen aber sogar unter demselben;

dies letztere scheint auf eine spätere Senkung hinzudeuten, nachdem die Globigerinen-Schalen schon abgelagert waren.

Die genaueren Untersuchungen dieses Globigerinenschlammes, in Bezug auf seine etwaigen lebenden organischen Bestandtheile, namentlich durch den Chemiker der Challenger-Expedition, J. S. Buchanan, haben die Nichtexistenz jedes andern lebenden Organismus — mag er auf einer noch so niedrigen Stufe der thierischen Organisation stehen — klar erwiesen. Der Bathybius-Schlamm (von *βαθύς* = tief und *βίος* = Leben), oder der lebendige Schlamm der Meeresstiefen, der Urschleim oder das Protoplasma Oken's, der von Huxley 1857 zuerst genau untersucht und Bathybius Haeckelii genannt worden war, und dessen Existenz von Wallich, Carpenter, Sir Wyville Thomson und von unserem deutschen Landsmann Haeckel bestätigt war, existirt in Wirklichkeit nicht, weder als organisches Wesen, noch als Bestandtheil des Meeresgrundes. Der sogen. „Bathybius“ findet sich in der That niemals in den frischen Meeresgrund-Proben, welche stets Seewasser enthalten, vor, sondern nur in solchen, welche in Alkohol conservirt waren. Wird nämlich Seewasser mit Alkohol vermischt, so scheidet sich der im Seewasser gelöste Gyps (schwefelsaurer Kalk) als feinflockige, weiße Masse aus, welche langsam niedersinkt und unter dem Mikroskop todtem Protoplasma sehr ähnlich sieht. Gießt man Weingeist in ein mit Meerwasser gefülltes Gefäß, so entsteht eine amorphe, flockige Masse. Löst man diese wieder in Seewasser auf und läßt das Wasser alsdann verdampfen, so entstehen Krystalle von der wohlbekanntem Form der Gypskrystalle, und die amorphe Masse bleibt verschwunden. Der Bathybius ist also hiernach nichts weiter, als ein Plasma-ähnlicher Niederschlag; sein Name ist von den Chemikern zur Bezeichnung eines

solchen Niederschlagess allenfalls zu übernehmen, — der Zoologie und der Tiefseeforschung ist er für immer entrückt.

Die dritte große Abtheilung der Ablagerungen des Meeresbodens wird von dem Radiolarien-Schlamm gebildet. Die Radiolarien bilden die höher entwickelte zweite Ordnung der Klasse der Rhizopoden. Sie sind mit einer Kieselschale gepanzert und dürften nach Haeckel als die formenreichsten unter allen Organismen anzusehen sein, insofern innerhalb derselben alle die verschiedenen geometrischen Grundformen vorkommen, welche überhaupt von den Organismen gebildet werden. Die meisten dieser Radiolarien kommen eben so häufig in dem Oberflächenwasser der Meere vor, als in den tiefsten Meeresgründen: doch sind sie in dem Stillen Ocean noch häufiger, als in dem Atlantischen, namentlich in den äquatorialen Meerestheilen. Die Kieselpanzer dieser Organismen werden auf dem Boden fast aller Meere gefunden; selbst da, wo sie bei der ersten Prüfung der Bodenbestandtheile zu fehlen scheinen, läßt sie eine spätere sorgfältigere Untersuchung erblicken. Aber dennoch kommen sie nur in einigen begrenzten Gebieten in so großer Menge vor, daß die Bodenablagerung durch sie charakterisirt wird und man sie nach ihr benennen kann, so in dem westlichen und mittleren Theil des Stillen Oceans, und zwar in Tiefen zwischen 2350 bis 4575 Faden oder 4298—8366 m. Letztere Tiefe ist die größte vom „Challenger“ gelothete Tiefe überhaupt und ist in  $11^{\circ} 43'$  Nord-Breite und  $143^{\circ} 16'$  Ost-Länge, zwischen Neu-Guinea und Japan gelothet worden. Zwischen den Sandwich- und Gesellschafts-Inseln wechseln Gebiete des Radiolarien-Schlammes mit solchen des Globigerinenschlammes ab. In dem südlichen Stillen Ocean und im Atlantischen Ocean ist der Radiolarien-Schlamm wenig oder gar nicht vorhanden und in



dem südlichen Indischen Ocean wird er durch den Diatomeen-Schlamm ersetzt.

Dieser Diatomeenschlamm, aus kieselpanzerigen, einzelligen, mikroskopischen Organismen (Algen) bestehend, wurde vom „Challenger“ zwischen den Mac-Donald-Inseln und der Giskante (zwischen  $53^{\circ}$ — $63^{\circ}$  Süd-Br.) im südlichen Indischen Ocean in Tiefen von 2304—3612 m oder 1260—1975 Faden gefunden. Lebende Diatomeen wurden südlich von den Crozet-Inseln in großer Anzahl angetroffen und mehr oder weniger zahlreich in allen anderen Meeren.

Der Tieffeethon oder die rothen und grauen Thone sind die am weitesten verbreiteten und in Tiefen von über 3660 m vorgefundenen oceanischen Ablagerungen: im Atlantischen Ocean von 4298—5760 m und im Südindischen und Stillen Ocean von 3660—7132 m. Sie sind von grauer, meist aber rother oder dunkelchokoladenbrauner Farbe, in Folge ihres Gehaltes von Eisenoryd oder Manganoryd. Die meisten dieser Ablagerungen enthalten, wenn auch wenig, aber doch immer etwas kohlensauren Kalk in der Form von Globigerinenschalen; dagegen sind die Reste von kieseligen Organismen in manchen Theilen der Oceane, wie z. B. im nordwestlichen Stillen Ocean, so zahlreich, daß diese Ablagerungen, wie oben erwähnt, Radiolarienschlamm genannt worden sind. Alle Tieffeethone enthalten überdies mikroskopisch kleine, weiße und gefärbte Mineralpartikelchen, wie z. B. Quarz, Glimmer, Bimsstein, Lava, Braunstein. Dieser letztere (Mangan-superoxyd) ist in allen Tieffeethonen vorhanden, in Gestalt von Körnern, zuweilen einzeln zerstreut, zuweilen aber auch die Hälfte der ganzen Thon-Ablagerung bildend. In solchen großen Mengen kommen diese manganhaltigen Substanzen vor bei den Canarischen Inseln,

zwischen diesen und St. Thomas mitten im Ocean, ferner südwestlich von Australien, nördlich und südlich von den Sandwich-Inseln, nördlich von Tahiti und zwischen dieser Insel und Valparaiso.

Bimsstein und Lava scheinen allgemein über die tiefsten Stellen des Meeresbodens verbreitet zu sein, und in manchen Stellen sogar so häufig, daß die Thonmasse fast ganz aus den Trümmern von Bimsstein besteht, so z. B. südlich von den Freundschafts-Inseln in 25° Süd-Breite und 173° Ost-Länge in einer Tiefe von 2900 m. Murray will aus der Thatsache, daß Bimsstein oder blasige Lava in allen Arten von Ablagerungen, vorzugsweise aber in der Nähe von vulkanischen Inseln und in den Tiefseeethonen, angetroffen sind, schließen, daß die Trümmer derselben bis in die feinsten Partikelchen die Hauptquellen für die thonigen Ablagerungen sind. Diese müssen ferner, nach seiner Ansicht, sehr langsam sich niedergeschlagen haben, wie aus den mit Braunstein mehr oder weniger dicht inkrustirten Zähnen und Knochen von Haifischen und Cetaceen, die sich am Boden dieser rothen Thone häufig vorfinden, hervorzugehen scheint. Nach dieser Anschauung und Auffassung würden also die rothen Thone des Meeresbodens unorganischen Ursprunges sein. Nach einer anderen Ansicht, welche Sir Wyville Thomson früher aufgestellt hat und auch jetzt noch zum Theil vertheidigt, sollen diese rothen Thonmassen des Meeresgrundes, ebenso wie der Globigerinenschlamm, organischen Ursprunges sein. Der Chemiker der Challenger-Expedition, J. S. Buchanan, hatte nämlich versuchsweise Globigerinenschlamm mit schwachen Säuren behandelt und dabei gefunden, daß dadurch der Kalkgehalt allmählich abnahm und schließlich eine kleine Menge von rother Substanz übrig blieb, die mit dem rothen Thon des Meeresbodens übereinstimmte.

(857)

Ebenso fand er, daß am Meeresgrund das Wasser mehr Kohlensäure enthält, als an der Oberfläche. Dieser große Gehalt an Kohlensäure könne nun in ähnlicher Weise die Auflösung dieser Schalen vollziehen und sie in rothen Thon umwandeln.

Fragt man schließlich nach dem Ursprunge der Bimssteinmassen und ihre Zersetzungsprouducte, so ist es wohl als sicher anzunehmen, daß die meisten derselben der sub-aërischen vulkanischen Thätigkeit, also auch den Festländern und Inseln ihren Ursprung verdanken, indem sie durch Regen und Flußläufe von ihren, dem Meere stets nahe gelegenen Heimathstellen in die See überführt werden und dort zum Boden nieder sinken, nachdem sie durch Oberflächenströmungen auf größere oder kürzere Entfernungen hin fortgeführt worden sind. Ein Theil dieser vulkanischen Trümmergesteine, die den Meeresboden bedecken, stammt aber sicherlich von den zahlreichen unterseeischen vulkanischen Ausbrüchen her, die namentlich im südlichen Stillen und Atlantischen Ocean sehr häufig vorkommen, oft weite Flächen des Meeres mit Feldern von Bimsstein und vulkanischer Asche anfüllen und der Schifffahrt zuweilen sehr hinderlich und gefährlich werden können.

### 3. Die Temperaturvertheilung in den Oceanen der Erde und die allgemeine oceanische Circulation.

Das Wasser des Meeres ist, wie alles Wasser, ein schlechter Wärmeleiter; eine Wärmemittheilung, sei es vertikal von oben nach unten, oder von unten nach oben, sei es horizontal, also seitlich, findet daher auf dem Wege der Leitung in keinem merklichen Maße statt. Die Temperatur des Wassers am Meeresboden wird deshalb in höherem Grade durch die ganze über ihm befindliche Wassermasse bestimmt, als durch die Temperatur des