

Die Grundproben  
der „Deutschen Tiefsee-Expedition“.

Von

Sir John Murray und Prof. E. Philippi.

---

Mit Tafel XVI—XXII  
[Tafel I—VII]  
und 2 Karten.



Eingegangen den 22. Januar 1908.

C. Chun.

## Vorwort.

Die Grundproben, welche die „Deutsche Tiefsee-Expedition“ an Bord der „Valdivia“ sammelte, wurden bald nach Rückkehr der Expedition Sir JOHN MURRAY in Edinburgh zur weiteren Bearbeitung übergeben. Als im Juni 1900 Dr. EMIL PHILIPPI nach Edinburgh kam, um die Methoden der Grundprobenuntersuchung im Challenger Office zu studieren, bot ihm Sir JOHN MURRAY an, gemeinschaftlich mit ihm das Material der „Valdivia“ zu untersuchen und darüber zu berichten. Da sich auch der Leiter der Expedition, Herr Geheimrat Prof. Dr. C. CHUN, mit dieser Arbeitsteilung für einverstanden erklärte, so ging Dr. PHILIPPI mit größter Freude auf den Vorschlag ein. Er erfüllt an dieser Stelle die angenehme Pflicht, Sir JOHN MURRAY für die vielfache Belehrung und für das freundliche Entgegenkommen, das er bei ihm fand, seinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Beide Verfasser sind dem langjährigen Assistenten im Challenger Office, Herrn JAMES CHUMLEY, zu großem Danke verpflichtet; ebenso danken sie Herrn SHAND in Edinburgh für die chemische Bestimmung des Kalkgehaltes in einem Teile der Proben.

---

## Zahl und Tiefenverteilung der Grundproben.

Während der etwa  $\frac{3}{4}$ -jährigen Dauer der Expedition wurden 186 Lotungen und 118 Züge mit der Dredge, dem Trawl und dem Austernkratzer ausgeführt. Auf 155 Stationen insgesamt wurden Grundproben gewonnen; auf diesen brachten die Lote 119, die Schleppnetze 47 Proben in die Höhe, so daß im ganzen 166 Grundproben zur Untersuchung vorlagen. Einer genaueren Analyse wurden jedoch nur die Lotproben unterworfen, da die mit Schleppnetzen gewonnenen öfters ausgewaschen waren und nur noch die gröberen Bestandteile des Meeresbodens enthielten.

Entsprechend dem Charakter der „Valdivia“-Expedition gehören weitaus die meisten Lotproben der Tiefsee an, wie die folgende Tabelle zeigt:

|            |    |             |    |
|------------|----|-------------|----|
| 1— 200 m   | 5  | 1000—3000 m | 38 |
| 200— 500 „ | 8  | 3000—5000 „ | 31 |
| 500—1000 „ | 16 | über 5000 „ | 21 |

## Lotinstrumente.

Ueber die bei den Lotungen benutzten Instrumente berichtet SCHOTT<sup>1)</sup> bereits so ausführlich, daß wir uns hier mit einem kurzen Hinweise auf seine Darstellungen begnügen können.

An Bord befanden sich 2 Lotmaschinen. Die eine, nach LE BLANC gebaut, besitzt einen verhältnismäßig komplizierten Mechanismus und arbeitet ziemlich langsam; es machte zuweilen große Schwierigkeiten, bei schlechtem Wetter oder starker Strömung an dieser Maschine die Grundberührung zu erkennen, sie wurde wegen dieser Mängel nur 46mal benutzt. Es ist bezeichnend, daß trotz dieser schwachen Inanspruchnahme von den 6622 m Lotdraht, die im Verlaufe der Expedition verloren wurden, nicht weniger als 92 Proz. auf Rechnung der LE BLANC-schen Maschine zu setzen sind.

Sehr viel einfacher und sicherer gestaltete sich das Arbeiten mit der SIGSBEE'schen Lotmaschine, die daher für die große Mehrzahl der Lotungen zur Verwendung gelangte. Sie wurde im ganzen 134mal benutzt, dabei gingen nur 117 m Draht verloren, was als ein glänzendes Resultat angesehen werden muß.

Von Loten befanden sich an Bord: 4 SIGSBEE-Lote, 2 BROOKE'sche Lote und außerdem ein Schnapplot der „Telegraph Construction and Maintenance Company“. Es stellte sich heraus, daß die Auslösungsvorrichtung für das Sinkgewicht beim SIGSBEE-Lote allen Anforderungen entsprach, hingegen erwies sich der zur Schlammaufnahme bestimmte untere Teil als sehr verbesserungsfähig. Dieser ist nämlich am unteren Ende durch ein Ventil verschlossen, welches das Eindringen des Schlammes erschwert und ihn in allen Fällen durcheinander mengt, so daß ein Bodenprofil nicht zu erhalten ist. Dieselben Uebelstände zeigte das Schnapplot, bei dem außerdem noch eine Auswaschung der Grundproben zu befürchten war.

1) GERHARD SCHOTT, Oceanographie und maritime Meteorologie. Wissenschaftl. Ergeb. der Deutschen Tiefsee-Expedition, Bd. I, S. 4 ff.

Statt dieser komplizierten Vorrichtungen verwandte man daher nach kurzer Zeit zur Schlammaufnahme nur noch einfache eiserne Röhren, die von dem auf der Expedition verstorbenen Arzte Dr. BACHMANN zunächst für bakteriologische Zwecke konstruiert worden waren. Die „BACHMANN'schen Röhren“ sind 12—40 cm lange und 14—28 mm weite Eisenrohre, die an das Unterende der Lotspindel angeschraubt werden; sie sind unten schräg abgeschnitten und völlig offen, an ihrem oberen Ende jedoch durch ein Kugelventil verschlossen. Man erhält mit diesen Schlammröhren die Grundproben in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit; nur von den untersten, meist ziemlich festen Teile sind einige Millimeter beim Aufholen des Lotes abgospült, die oberen, weicheren Teile der Probe bleiben jedoch stets unverletzt.

Die Grundproben der „Valdivia“ hatten in getrocknetem Zustande durchschnittlich eine Länge von 70 und einen Durchmesser von 12 mm, waren also ziemlich klein. Es dürfte sich in Zukunft empfehlen, für die Schlammröhren etwas größere Dimensionen zu wählen; es kommt dabei nicht allein der Durchmesser der Schlammröhre, sondern auch ihre Länge in Betracht, da sich auf der „Deutschen Südpolar-Expedition“ gezeigt hat, daß auffallenderweise die Länge der Grundprobe von der der Schlammröhre bis zu einem gewissen Grade abhängig ist. Die Grundproben der „Valdivia“ wurden an Bord getrocknet und in Glasröhren verpackt; nur das mit Schleppnetzen heraufgebrachte Material wurde in Alkohol oder Formalin konserviert.

Die Sinkgewichte, die gebraucht wurden, hatten eiförmige Gestalt und wogen 15—28 kg. SCHOTT hebt nachdrücklich hervor, daß man bei Tiefen bis 6000 m gerade noch mit dem schwereren Typus auskam, daß es aber angezeigt ist, solche von mindestens 35 kg mitzuführen, falls man größere Tiefen erwartet.

Im allgemeinen kam Klaviersaitendraht von 0,9 mm Durchmesser aus der Fabrik Pöhlmann-Nürnberg in Anwendung, der sich in allen Fällen gut bewährte. Gedrehte Drahtlitze von 1,8 mm Durchmesser erwies sich als ungünstig für Lotungen, ist aber für hydrographische Arbeiten sehr zu empfehlen.

## Untersuchungsmethoden im Laboratorium nach Rückkehr der Expedition.

Die Untersuchung der Grundproben wurde nach der an dem „Challenger“-Material erprobten Methode im Challenger Office zu Edinburgh durchgeführt. Zuerst wurde die Probe gemessen und mit bloßem Auge auf ihre Festigkeit, Färbung, Korngröße etc. geprüft; in vielen Fällen ließ sich bereits bei dieser oberflächlichen Betrachtung die Art der Grundprobe mit Sicherheit feststellen. Wurde bei der makroskopischen Prüfung ein auffälliger Unterschied innerhalb der Probe bemerkt, so gelangten die verschieden aussehenden Teile getrennt zur Untersuchung.

Der zur weiteren Behandlung bestimmte Teil der Probe wurde nun in zwei ungleich große Teile zerlegt, die zunächst in Wasser aufgeweicht wurden. Den kleineren Teil prüfte man sodann mit verdünnter Salzsäure auf seinen Kalkgehalt; war die Kohlensäureentwicklung hier beendet, so trennte man durch Schlämmen die feineren von den gröberen Bestandteilen und untersuchte beide gesondert. In dem feineren Teile des in Salzsäure unlöslichen Rückstandes wurden die aus Kieselsäure bestehenden Organismenreste (Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln etc.) bei

stärkerer Mikroskopvergrößerung aufgesucht, im gröberen hingegen die mineralischen Gemengteile bei schwächerer Vergrößerung bestimmt.

In der gleichen Weise wurde der größere, nicht angesäuerte Teil der Probe durch Schlämmen zerlegt. Handelte es sich um kalkhaltiges Material, so prüfte man die feinsten Abschlämmprodukte auf Coccolithen, Coccosphären, Rhabdolithen und andere feinste kalkige Organismenreste. Die gröberen Teile wurden dann für sich vorgenommen und die kalkigen Organismenschalen auf ihre Herkunft, Häufigkeit, Erhaltungszustand etc. untersucht. Bei dem Globigerinenschlamm wurden in diesem Teile meist auch noch die Arten der pelagischen Foraminiferen bestimmt. Nur der Gehalt an kohlen-saurem Kalk wurde direkt durch chemische Analyse festgestellt, die übrigen Prozentzahlen, die in den Analysen der Grundproben angegeben sind, beruhen lediglich auf Schätzung. Auf den ersten Blick erscheint dieses Verfahren ziemlich roh, und es wäre wohl erwünscht, eine exaktere Bestimmung des Prozentgehaltes anzuführen. Es muß aber hervorgehoben werden, daß es ein Verfahren, die klastische Komponente scharf von der organogenen zu trennen, was das Wichtigste sein würde, noch nicht giebt und vermutlich nie geben wird. Für die meisten Zwecke, speziell für die geologischen, dürfte aber die hier gegebene, schätzungsweise Darstellung genügen.

Die in der Einzelbeschreibung der Grundproben aufgestellten Rubriken sind dieselben, die der „Report on Deep-Sea Deposits“ des „Challenger“-Werkes benutzt. Wir unterscheiden:

I.  $\text{CaCO}_3$ .

Unter dieser Rubrik werden sämtliche kalkigen Organismenreste zusammen, ohne Rücksicht auf ihre Herkunft, aufgeführt, dazu eventuell vorhandene Bröckchen von Kalkstein.

II. Rückstand. Alles in verdünnter HCl nicht Lösliche.

a) Mineralien. Hier sämtliche Mineralkörner, die etwa 0,01 mm überschreiten.

b) Kieselorganismen. Hier Schwammnadeln, Skelette von Radiolarien und Diatomeen, sowie die Gehäuse agglutinierender Foraminiferen. Obgleich, genau genommen, nicht hierhin gehörend, werden in diese Rubrik auch die glaukonitischen und verwandten Steinkernbildungen gestellt.

c) Schlamm. Deckt sich mit dem Begriff „fine washings“ der „Deep-Sea Deposits“. Hierher fein verteilte Tonsubstanz und die feinsten Bruchstücke von Mineralkörnern und Kieselorganismen, die mechanisch von jener nicht mehr zu trennen sind.

## Litteraturverzeichnis<sup>1)</sup>.

- 1839 EHRENBERG, C. G., Ueber noch jetzt lebende Tierarten der Kreidebildung. Abh. Akad. Wiss. Berlin.  
 1843 — Ueber den Gehalt an unsichtbar kleinen Lebensformen aus einigen von Herrn Prof. KOCH aus Konstantinopel eingesandten Proben der Meeresablagerungen im Marmora-Meer und im Bosphorus. Verh. Akad. Wiss. Berlin, 1843, S. 253.  
 1844 WILLIAMSON, W., On the light thrown on Geology by submarine researches. Edinb. New Phil. Journ. Vol. XXXVI.  
 1847 EHRENBERG, C. G., Preliminary notice of the minute forms of organic life in the ocean, the antarctic seas, and at great depths. App. V. Ross' Antarctic voyage, Vol. I, p. 339.  
 — HOOKER, J. D., On the diatomaceous vegetation of the Antarctic Ocean. Rep. Brit. Ass., 1847, p. 83.  
 — — Botany of the antarctic voyage of H. M. SS. „Erebus“ and „Terror“, I. Flora antarctica. London.

1) Hauptsächlich von Herrn JAMES CHUMLEY, Edinburgh, zusammengestellt.

- 1847 ROSS, J. C., A voyage of discovery and research in the southern and antarctic regions during the years 1839—1843, 2 vols. London.
- WILLIAMSON, W. C., On some of the microscopical objects found in the mud of the Levant and other deposits. Mem. Lit. and Phil. Soc. Manchester, Vol. VIII, p. 1.
- 1851 BAILEY, J. W., Microscopical examination of soundings made by the U. S. Coast Survey off the Atlantic coast of the United States. Smithsonian Contr. to Knowl., Vol. XI, Article 111.
- SCHEERER, T., Einige Beobachtungen über das Absetzen aufgeschlemmter pulverförmiger Körper in Flüssigkeiten. POGG. Ann. Phys. und Chem., Bd. LXXXII, S. 419.
- 1853 POURTALÈS, L. F. DE, Examination of specimens of bottom obtained in the exploration of the Gulf Stream. Rep. U. S. Coast Survey, 1853, App. No. 30, p. 82.
- 1854 EHRENBERG, C. G., Mikrogeologie. Leipzig.
- MAURY, M. F., Explanations and sailing directions to accompany the wind and current charts. Sixth ed., p. 298: „Ooze and bottom of the sea“, Philadelphia.
- EHRENBERG, C. G., Beitrag zur Kenntnis der Natur und Entstehung des Grünsandes als Zeuge eines reichen organischen Lebens selbst im unteren Uebergangsgebirge. Ber. Akad. Wiss. Berlin, 1854, S. 374, 384.
- 1855 BAILEY, J. W., Microscopical examination of deep soundings from the Atlantic Ocean. Quart. Journ. Micr. Sci., Vol. CXI, p. 89.
- — Letter relative to the characteristics deducible from specimens of bottom, brought up in sounding the Florida section of the Gulf Stream. Rep. U. S. Coast Survey for 1855, p. 360.
- EHRENBERG, C. G., Ueber den Grünsand und seine Erläuterung des organischen Lebens. Abh. Akad. Wiss. Berlin, 1855, Phys. Abh., S. 85.
- — Ueber die weitere Entwicklung der Kenntnis des Grünsandes. Ber. Akad. Wiss. Berlin, 1855, S. 172.
- 1856 BAILEY, J. W., On some specimens of deep sea bottom, from the sea of Kamtschatka, collected by Lieut. BROOKE, U. S. N. Amer. Journ. Sci., Ser. 2, Vol. XXI, p. 284.
- — On the origin of greensand, and its formation in the oceans of the present epoch. Amer. Journ. Sci., Ser. 2, Vol. XXII, p. 280; Proc. Boston Soc. Nat. Hist., Vol. V, p. 364.
- 1857 — Report upon the results of microscopic examinations of the soundings made by Lieut. BERRYMAN, of the U. S. Navy, on his recent voyages to and from Ireland in the „Arctic“. Amer. Journ. Sci., Ser. 2, Vol. XXIII, p. 153.
- EHRENBERG, C. G., Das mikroskopische Leben in den Meeresgrundproben auf der Telegraphenlinie zwischen Amerika und England, nebst Uebersicht des verglichenen Tiefgrundes aller bekannten Meere. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1857, S. 142.
- 1858 DAYMAN, JOSEPH, Deep-sea soundings in the North Atlantic Ocean between Ireland and Newfoundland, made in H. M. S. „Cyclops“, in June and July 1857. London, publ. by order of the Admiralty.
- HUXLEY, T. H., Letter to Hydrographer on examination of bottom-samples collected by H. M. S. „Cyclops“. Appendix A to DAYMAN's Report, p. 63.
- — Chalk, ancient and modern. Saturday Review, Vol. VI, p. 500.
- POURTALÈS, L. F., Progress made in the microscopical examination of specimens of bottom from deep-sea soundings. Rep. U. S. Coast Survey for 1858, App. 39, p. 248.
- 1859 DAYMAN, J., Deep-sea soundings in the North Atlantic Ocean between Newfoundland, the Azores, and England, made in H. M. S. „Gorgon“, in Sept. and Oct. 1858. London.
- 1860 EHRENBERG, C. G., Größere Zahl neuer Zeichnungen der vermeintlich aus 19 800 Fuß Meerestiefe gehobenen Lebensformen, sowie neue Erläuterungen dieser Grund- und Wasserproben. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1860, S. 588.
- — Ueber die organischen und unorganischen Mischungsverhältnisse des Meeresgrundes in 19 800 Fuß Tiefe nach Lieut. BROOKE's Messung. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1860, S. 765.
- 1860 EHRENBERG, Ueber den Tiefgrund des Stillen Oceans zwischen Californien und den Sandwich-Inseln aus bis 15 600 Fuß Tiefe nach Lieut. BROOKE. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1860, p. 819.
- REUSS, A. E., Die Foraminiferen der westfälischen Kreideformation: II. Einige Bemerkungen über den Grünsand. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, Bd. XL, Naturw. Kl., S. 167.
- 1861 EHRENBERG, C. G., Beitrag zur Uebersicht der Elemente des tiefen Meeresgrundes im mexikanischen Golfstrome bei Florida. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1861, S. 222.

- 1861 EHRENBURG, Ueber die Tiefgrundverhältnisse des Oceans am Eingange der Davisstraße und bei Island. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1861, S. 275.
- M. R. B., Swedish Expedition to Spitzbergen. Athenaeum, 1861, Pt. II, p. 766.
- SORBY, H. C., On the organic origin of the so-called „crystalloids“ of the chalk. Ann. and Mag. Nat. Hist., Ser. 3, Vol. VIII, p. 193.
- WALLICH, G. C., Remarks on some novel phases of organic life, and on the boring powers of minute Annelids at great depths in the sea. Ann. and Mag. Nat. Hist., Ser. 3, Vol. VIII, p. 52.
- 1862 — The North Atlantic sea-bed. London.
- 1863 EHRENBURG, C. G., Beitrag zur Kenntnis der unterseeischen Agulhas-Bank an der Südspitze Afrikas als eines sich kundgebenden grünsandigen Polythalamien-Kalkfelsens. Monatsber. Akad. Wiss. Berlin, 1863, S. 379.
- 1865 PARKER, W. K., and JONES, T. R., On some Foraminifera from the North Atlantic and Arctic Oceans, including Davis's Straits and Baffin's Bay. Phil. Trans. Roy. Soc., Vol. CLV, p. 325.
- TORELL, O., and CHYDENIUS, K., Svenska Expeditionen till Spetsbergen år 1861 under ledning af OTTO TORELL; ur deltagarnes anteckningar och andra handlingar skildrad af K. CHYDENIUS. Stockholm (Norstedt).
- 1866 SCHULZE, F., Die Sedimentärscheinungen und ihr Zusammenhang mit verwandten physikalischen Verhältnissen. POGG. Ann. Phys. u. Chem., Bd. CXXIX, S. 366.
- 1867—68 POURTALÈS, L. F., Contributions to the fauna of the Gulf Stream. Bull. Mus. Comp. Zool., Vol. I, p. 103, 121.
- 1868 HUXLEY, T. H., On a piece of chalk (Lecture delivered at Norwich in 1868, subsequently published in Macmillan's Magazine, and reprinted in a volume entitled Lay Sermons, Addresses, and Reviews, p. 192). London.
- — On some organisms living at great depths in the North Atlantic Ocean. Quart. Journ. Micr. Sci., N. S. Vol. VIII, p. 203.
- CARPENTER, W. B., Preliminary Report of dredging operations in the seas to the north of the British Islands, carried on in H. M. S. „Lightning“. Proc. Roy. Soc., Vol. XVII, p. 168.
- 1869 AGASSIZ, L., Report upon deep-sea dredgings in the Gulf Stream. Bull. Mus. Comp. Zool., Vol. I, p. 363.
- CARPENTER, W. B., JEFFREYS, J. G., and THOMSON, C. W., Preliminary Report of the scientific exploration of the deep-sea in H. M. Surveying-vessel „Porcupine“, during the summer of 1869. Proc. Roy. Soc., Vol. XVIII, p. 397.
- FORBES, DAVID, Notes on specimens of the bottom collected during the first cruise of the „Porcupine“ in 1869. Proc. Roy. Soc., Vol. XVIII, p. 490.
- POURTALÈS, L. F., Characteristics of the Atlantic sea-bottom off the coast of the United States. Rep. U. S. Coast Survey for 1869, App. 11, p. 220.
- THOMSON, C. W., The depths of the Sea: the substance of a Lecture delivered on the 10<sup>th</sup> of April, 1869, in the Theatre of the Royal Dublin Society. Journ. Roy. Dublin Soc., Vol. V, p. 316.
- 1870 CARPENTER, W. B., The geological bearings of recent deep-sea explorations. Nature, Vol. II, p. 513.
- CHIMMO, W., Bed of the Atlantic. (Published privately.)
- GÜMBEL, C. W., Vorläufige Mitteilungen über Tiefseeschlamm. Neues Jahrb. f. Min., 1870, S. 753; Nature, Vol. III, p. 16.
- HUXLEY, T. H., Presidential Address to Geological Society. Quart. Journ. Geol. Soc., Vol. XXVI, p. XLV.
- SCHMIDT, O., Ueber Coccolithen und Rhabdolithen. Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, Bd. LXII, Abt. I, S. 669.
- 1871 DELESSE, Lithologie des mers de France et des mers principales du Globe. Paris.
- GREEN, A. H., The geological bearings of recent deep-sea soundings. Geol. Mag., Vol. VIII, p. 1.
- 1872 CARPENTER, W. B., Report on scientific researches carried on during the months of August, September, and October 1871, in H. M. Surveying-ship „Shearwater“. Proc. Roy. Soc., Vol. XX, p. 535.
- SCHMIDT, O., On coccoliths and rhabdoliths. Ann. and Mag. Nat. Hist., Vol. X, p. 359.
- 1874 DURHAM, W., Suspension of clay in water. Chemical News, Vol. XXX, p. 57.
- HUNT, S., The deposition of clays. Proc. Boston Soc. Nat. Hist., Vol. XVI, p. 302.
- HUXLEY, T. H., The problems of the deep-sea. Contemporary Review, Vol. XXI, p. 825.
- LEBOUR, G. A., On the deposits now forming in British seas. Geol. Mag., Decade II, Vol. I, p. 476.
- — The depths of the Sea. London.
- THOMSON, C. W., Preliminary Notes on the nature of the sea-bottom procured by the soundings of H. M. S. „Challenger“ during her cruise in the Southern Sea in the early part of the year 1874. Proc. Roy. Soc., Vol. XXIII, p. 32.

- 1874 THOMSON, C. W., On dredgings and deep-sea soundings in the South Atlantic. Proc. Roy. Soc., Vol. XXII, p. 432.
- 1875 CARPENTER, W. B., Remarks on Professor WYVILLE THOMSON's preliminary notes on the nature of the sea-bottom procured by the soundings of H. M. S. „Challenger“. Proc. Roy. Soc., Vol. XXIII, p. 234.
- HUXLEY, T. H., On the recent work of the „Challenger“-Expedition and its bearing on geological problems. Proc. Roy. Inst., Vol. VII, p. 354.
- THOMSON, C. W., Report to the Hydrographer of the Admiralty on the cruise of H. M. S. „Challenger“ from July to November 1874. Proc. Roy. Soc., Vol. XXIII, p. 245.
- — Report to the Hydrographer of the Admiralty on the cruise of H. M. S. „Challenger“ from June to August 1875. Proc. Roy. Soc., Vol. XXIV, p. 33.
- 1876 MURRAY, JOHN, Preliminary Report on specimens of the sea-bottoms obtained in the soundings, dredgings, and trawlings of H. M. S. „Challenger“, in the years 1873—75, between England and Valparaiso. Proc. Roy. Soc., Vol. XXIV, p. 471.
- THOMSON, C. W., Preliminary Report to the Hydrographer of the Admiralty on some of the results of the cruise of H. M. S. „Challenger“ between Hawaii and Valparaiso. Proc. Roy. Soc., Vol. XXIV, p. 463.
- — Report to the Hydrographer of the Admiralty on the voyage of the „Challenger“ from the Falkland Islands to Monte Video, and a position in lat.  $32^{\circ} 24' S$ , long.  $13^{\circ} 5' W$ . Proc. Roy. Soc., Vol. XXIV, p. 623.
- CHURCH, A. H., Manganese in the sea. Min. Mag., Vol. I, p. 50.
- EVANS, JOHN, Presidential Address to the Geological Society of London, February 18, 1876. Proc. Geol. Soc., 1875—76, p. 91.
- JEFFREYS, J. G., Preliminary Report of the biological results of a cruise in H. M. S. „Valorous“ to Davis Strait in 1875. Proc. Roy. Soc., Vol. XXV, p. 177.
- RAMSAY, W., On the influence of various substances in accelerating the precipitation of the clay suspended in water. Phil. Mag., Ser. 5, Vol. I, p. 328.
- SIDELL, W. H., ABBOT and HUMPHREY's Report on the Mississippi, App. A, No. 2, p. 495.
- 1877 MURRAY, JOHN, On the distribution of volcanic debris over the floor of the ocean. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. IX, p. 247.
- THOMSON, C. W., The voyage of the „Challenger“: The Atlantic. [Appendix A. The general results of the chemical and microscopical examination of a series of twenty samples of the bottom, from the observing stations on the section between Teneriffe and Sombrero, Vol. II, p. 369.] London.
- WALLICH, Observations on the Cocospheres. Ann. and Mag. Nat. Hist., Vol. XIX, p. 342.
- 1878 BUCHANAN, J. Y., Manganese nodules in Loch Fyre. Nature, Vol. XVIII, p. 628.
- DURHAM, W., Suspension, solution and chemical combination. Chem. News, Vol. XXXVII, p. 47.
- GÜMBEL, C. W., Die am Grunde des Meeres vorkommenden Manganknollen. Sitzb. bayer. Akad. Wiss., Math.-phys. Kl., 1878, II, S. 189; Neues Jahrb. f. Min., 1878, S. 869.
- THOMSON, C. W., Presidential Address to Geographical Section of the British Association. Report Brit. Ass. Dublin, 1878, p. 613.
- 1879 HILGARD, E. W., On the flocculation of particles, and its physical and technical bearings. Amer. Journ. Sci., Ser. 3, Vol. XVII, p. 205.
- SENFT, F., Die Thonsubstanzen. Berlin.
- 1880 MOSELEY, Deep-sea dredging and life in the deep-sea. Nature, Vol. XXI, p. 563, 569, 591.
- SIGSBEE, C. D., Deep-sea sounding and dredging. U. S. Coast Survey, Washington.
- 1882 BARTLETT, J. R., Gulf Stream: Deep-sea soundings and temperatures. Rep. U. S. Coast Survey for 1882, p. 37.
- BOUSSINGAULT, J. B. J., Sur l'apparition du manganèse à la surface des roches. Ann. Chim. et Phys., Ser. 5, T. XXVII, p. 289; Comptes-rendus, T. XCV, p. 318 et 368.
- BUCHANAN, J. Y., On Manganese nodules, and their occurrence on the sea-bottom. Rep. Brit. Ass. for 1881, p. 583.
- MURRAY, JOHN, and TIZARD, T. H., Exploration of the Faroe Channel, during the summer of 1880, in H. M.'s hired ship „Knight Errant“. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XI, p. 638.
- PILLSBURY, J. E., Recent deep-sea soundings off the Atlantic coast of the United States. Rep. U. S. Coast Survey for 1882, App. 19, p. 459.
- SCHMELCK, L., On oceanic deposits. Norw. N. Atl. Exp., 1876—78, Pt. IX, No. 11. Christiania.

- 1883 BREWER, W. H., On the subsidence of particles in liquids. Mem. Nat. Acad. Sci. Washington, Vol. XI, p. 165.
- DIEULAFAIT, M., Le manganèse dans les eaux des mers actuelles et dans certains de leurs dépôts; conséquence relative à la craie blanche de la période secondaire. Comptes rendus, T. XCVI, p. 718.
- FUCHS, TH., Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten? Neues Jahrb. f. Min. Beil.-Bd. II, S. 487.
- ISSEL, A., ed AMEZAGA, G. DE, Esame sommario dei saggi di fondo raccolti dalla spedizione idrografica imbarcata a bordo del R. piroscafo „Washington“, sotto gli ordini del comandante G. B. MAGNAGHI nella campagna del 1881. (Pubbl. Ufficio Idrogr. R. Mar. Ital.) Genova.
- MURRAY, JOHN, and RENARD, A. F., On the microscopic characters of volcanic ashes and cosmic dust, and their distribution in deep-sea deposits. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XII, p. 474.
- 1884 — — On the nomenclature, origin, and distribution of deep-sea deposits. Proc. R. Soc. Edin., Vol. XII, p. 495.
- — Notice sur la classification, le mode de formation et la distribution géographique des sédiments de mer profonde. Bull. Mus. Roy. Hist. nat. Belgique, T. III, p. 1.
- — Article „North Sea“. Encycl. Brit., 9<sup>th</sup> ed., Vol. XVII, p. 563.
- — Article „Norwegian Sea“. Encycl. Brit., 9<sup>th</sup> ed., Vol. XVII, p. 592.
- PEARCEY, F. G., Method of consolidating and preparing thin sections of friable and decomposed rocks, sands, clays, oozes, and other granulated substances. Proc. Roy. Phys. Soc. Edin., Vol. VIII, p. 295.
- THOULET, J., Analyses de spicules d'éponges siliceuses recueillies dans les dragages du „Talisman“. Comptes-rendus, T. XCVIII, p. 100; Bull. Soc. minéral. France, T. VII, p. 147.
- 1885 ISSEL, A., Esame sommario di alcuni saggi di fondo raccolti nel Golfo di Genova. Boll. R. Comit. Geol., Anno 1885, Nos. 5 e 6.
- MURRAY, JOHN, Report on the specimens of bottom-deposits (collected by the U. S. Coast Survey-steamer „Blake“, 1877 to 1880). Bull. Mus. Comp. Zoöl., Vol. XII, p. 37.
- — The great ocean basins. (Brit. Ass. Lecture, Aberdeen.) Nature, Vol. XXXII, p. 581 and 611.
- — and others, Narrative of the cruise of H. M. S. „Challenger“, with a general account of the scientific results of the expedition. 2 vols., publ. by H. M. Government.
- — Article „Pacific Ocean“. Encycl. Brit., 9<sup>th</sup> ed., Vol. XVIII, p. 114.
- THOULET, J., Attraction s'exerçant entre les corps en dissolution et les corps solides immergés. Comptes-rendus, T. XCIX, p. 1072; T. C, p. 1002.
- WALTHER, J., Die gesteinsbildenden Kalkalpen des Golfes von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Ges., Bd. XXXVII, S. 329.
- 1886 BARUS, C., Subsidence of fine solid particles in liquids. Bull. U. S. Geol. Survey, No. 36.
- FOUQUÉ, M., et LÉVY, M., Sur les roches recueillies dans les sondages opérés par le „Talisman“. Comptes-rendus, T. CII, p. 793.
- GÜMBEL, C. W., Ueber die Natur und Bildungsweise des Glaukonits. Sitzb. Akad. München, Bd. XVI, Math.-phys. Kl., p. 417.
- — Geologisch-mineralogische Untersuchung der Meeresgrundproben aus der Nordsee (Die Ergebnisse der Untersuchungsfahrten S. M. Knbt. „Drache“ in der Nordsee in den Sommern 1881, 1882 und 1884), S. 23. Berlin, Hydrogr. Abt. Admiral.
- MURRAY, JOHN, Drainage areas of the continents and their relation to oceanic deposits. Scott. Geogr. Mag., Vol. II, p. 548.
- — The physical and biological conditions of the seas and estuaries about North Britain. Proc. Phil. Soc. Glasgow, Vol. XVII, p. 306.
- WALTHER, JOH., und SCHIRLITZ, P., Studien zur Geologie des Golfes von Neapel. Zeitschr. d. Deutsch. geolog. Ges., Bd. XXXVIII, S. 295.
- 1887 JONES, E. J., On some nodular stones obtained by trawling off Colombo in 675 fathoms of water. Journ. Asiatic Soc. Bengal, Vol. LVI, p. 209.
- MURRAY, JOHN, On some recent deep-sea observations in the Indian Ocean. Scott. Geogr. Mag., Vol. III, p. 553.
- 1888 AGASSIZ, ALEX., Three cruises of the U. S. steamer „Blake“. Bull. Mus. Comp. Zoöl., Vol. XIV and XV. Boston and New York.
- ISSEL, A., Note geologiche sugli alti fondi marini. Bull. Soc. belge de Géol., T. II, p. 19.
- 1889 MURRAY, JOHN, On marine deposits in the Indian, Southern, and Antarctic Oceans. Scott. Geogr. Mag., Vol. V, p. 405.

- 1889 MURRAY, JOHN, and IRVINE, ROBERT, On coral reefs and other carbonate of lime formations in modern seas. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XVII, p. 79.
- THOULET, J., De la solubilité de divers minéraux dans l'eau de mer. Comptes-rendus, T. CVIII, p. 753.
- 1890 HAECKEL, ERNST, Plankton-Studien. Jena.
- GÜMBEL, C. W., Die mineralogisch-geologische Beschaffenheit der auf der Forschungsreise S. M. S. „Gazelle“ gesammelten Meeresgrund-Ablagerungen. Forschungsreise S. M. S. „Gazelle“, Teil II, Phys. und Chem. Berlin.
- THOULET, J., De la solubilité de quelques substances dans l'eau de mer. Comptes-rendus, T. CX, p. 652.
- — Océanographie. Paris.
- — Expériences sur la sédimentation. Comptes-rendus, T. CXI, p. 619, 1890; Ann. des Mines, Ser. 8, T. XIX, p. 5, 1891.
- BUCHANAN, J. Y., On the occurrence of sulphur in marine muds and nodules, and its bearing on their mode of formation. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XVIII, p. 17.
- 1891 — On the composition of oceanic and littoral manganese nodules. Trans. Roy. Soc. Edin., Vol. XXXVI, p. 459.
- CAYEUX, L., La craie du Nord de la France et la oue à Globigérines. Ann. Soc. géol. du Nord, T. XIX, p. 95.
- GIBSON, J., Report on an analytical examination of manganese nodules, with special reference to the presence or absence of the rarer elements. Deep-sea Deposits Chall. Exp., App. II.
- IRVINE, R., and GIBSON, J., Manganese deposits in marine muds. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XVIII, p. 54.
- MURRAY, JOHN, and RENARD, A. F., Report on deep-sea deposits based on the specimens collected during the voyage of H. M. S. „Challenger“ in the years 1872 to 1876. Deep-Sea Deposits Chall. Exp., London.
- — and IRVINE, ROBERT, Silica and siliceous remains of organisms in modern seas. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XVIII, p. 229.
- THOULET, J., Le sol sous-marin et les eaux abyssales. Rev. gen. Sci. Paris, T. II, 1891, p. 326.
- WÄHNER, F., Aus der Urzeit unserer Kalkalpen. Zeitschr. Deutsch. und Oesterr. Alpenvereins, Bd. XXII, S. 87.
- 1892 AGASSIZ, A., General sketch of the expedition of the „Albatross“ from Febr. to May 1891: Character of the bottom deposits. Bull. Mus. Comp. Zoöl., Vol. XXIII, p. 11.
- NATTERER, K., Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer: II. Reise S. M. Schiffes „Pola“ im Jahre 1891. (Berichte der Kommission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres, No. IV.) Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Bd. LIX, S. 103.
- PELSENEER, P., L'exploration des mers profondes. Paris.
- THOULET, J., Les dépôts sous-marins. Rev. sci., T. L, p. 105.
- 1893 ANDRUSSOW, N., Ueber eine Methode zur Bestimmung der Geschwindigkeit der Sedimentablagerung auf dem Meeresboden. (Russisch.) Isw. I. R. Geogr. O., Bd. XXIX, S. 437.
- BRÜCKNER, E., Ueber Tiefseeablagerungen. Jahresb. Geogr. Ges. Bern, Bd. II, S. XXVIII.
- FISHER, O., On the thickness, expansion, and resulting elevation of marine deposits. Geol. Mag., Decade III, Vol. X, p. 254.
- MURRAY, JOHN, and RENARD, A. F., Notice explicative de la carte des sédiments de mer profonde. Bull. Soc. belge Géol., T. VII, Mémoires, p. 109.
- — and IRVINE, ROBERT, On the chemical changes which take place in the composition of the sea-water associated with blue muds on the floor of the ocean. Trans. Roy. Soc. Edin., Vol. XXXVII, p. 481.
- NATTERER, K., Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer: III. Reise S. M. Schiffes „Pola“ im Jahre 1892. (Berichte der Kommission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres, No. VII.) Denkschr. Akad. Wiss. Wien, Bd. LX, S. 49.
- SCHWIPPEL, K., Resultate der Tiefsee-Forschungen mit Rücksicht auf die Bodenplastik des Meeresgrundes. Gaea, Bd. XXIX, S. 77.
- 1893/94 WALTHER, JOH., Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft. Jena.
- 1894 DAUBRÉE, A., Deep-sea deposits. Ann. Rep. Smithsonian Inst., 1893, p. 545.
- HERDMAN, W. A., The marine zoology of the Irish Sea. (Second Report of Brit. Ass. Committee.) Report Brit. Ass., Oxford 1894, p. 318.
- MURRAY, JOHN, and RENARD, A. F., Carte des sédiments de mer profonde avec notice explicative. Soc. belge de Librairie Bruxelles, 1894.

- 1894 MURRAY, JOHN, and IRVINE, ROBERT, On the manganese oxides and manganese nodules in marine deposits. *Trans. Roy. Soc. Edin.*, Vol. XXXVII, p. 721.
- NATTERER, K., Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeer: IV. Reise S. M. Schiffes „Pola“ im Jahre 1893. (Berichte der Kommission für Erforschung des östlichen Mittelmeeres, No. XI.) *Denkschr. Akad. Wiss. Wien*, Bd. LXI, S. 23.
- THOULET, J., Les vases marines et leur classification. *Comptes-rendus Acad. Sci.*, T. CXIX, p. 968.
- — Scientific results of the „Challenger“ Expedition: Geology—Marine deposits. *Nat. Sci.*, Vol. VII, p. 22.
- 1895 CHUMLEY, J., MURRAY'S mud-line. *Nat. Sci.*, Vol. VII, p. 395.
- HARRISON, J. B., and JUKES-BROWNE, A. J., Notes on the chemical composition of some oceanic deposits. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, Vol. LI, p. 313; *Geol. Mag.*, Decade IV, Vol. II, p. 186.
- HERDMAN, W. A., The marine Zoology, Botany, and Geology of the Irish Sea. (Third Report of Brit. Ass. Committee.) *Report Brit. Ass.*, Ipswich 1895, p. 455.
- — Presidential Address to Zoological Section of the British Association. *Report Brit. Ass.*, Ipswich 1895, p. 698.
- HUME, W. F., Oceanic deposits, ancient and modern. *Nat. Sci.*, Vol. VII, p. 270, 385.
- SCHWAGER, A., und GÜMBEL, C. W., Mitteilungen aus dem chemischem Laboratorium der geognostischen Abteilung des K. Oberbergamtes nach Analysen. *Geogn. Jahresh. München*, 1894, Bd. VII, S. 57.
- THOULET, J., Sur quelques applications de l'océanographie à la géologie. *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, T. CXX, p. 470.
- 1896 BUCHANAN, J.-Y., A retrospect of oceanography during the last twenty years. *Rep. VI. Int. Geogr. Congr.*, London 1895, p. 403.
- FIEBELKORN, M., Die Thone der Tiefsee. *Thonindustrie-Zeitung*, 1896, S. 344.
- HAMILTON, A., On the rise and progress of our knowledge of the oceanic areas. *Trans. New Zealand Inst.*, Vol. XXVIII, p. 163.
- KENDALL, P. F., On the cause of the bathymetric limit of Pteropod Ooze. *Rep. Brit. Ass. for 1896*, p. 789.
- MACKAY, A. H., A Foraminiferous deposit from the bottom of the North Atlantic. *Proc. and Trans. Nova Scotia Inst. Sci.*, Vol. IX, p. 64.
- SHALER, N. S., The share of volcanic dust and pumice in marine deposits. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, Vol. VII, p. 490.
- WETHERED, E. B., The depths of the sea in past epochs. *Rep. Brit. Ass.*, 1896, p. 793.
- THOULET, Sur le tassement des argiles au sein des eaux. *Comptes-rendus*, T. CXXIII.
- 1897 CAYEUX, LUCIEN, Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires. Lille.
- MANSSEL-PLEYDELL, J. C., Presidential Address to Dorset Natural History Field Club. *Proc. Dorset N. H. Field Club*, Vol. XVIII, p. LIX.
- MURRAY, JOHN, Balfour Shoal: a submarine elevation in the Coral sea. *Scott. Geogr. Mag.*, Vol. XIII, p. 120.
- — On the distribution of the pelagic Foraminifera at the surface and on the floor of the ocean. *Natural Sc.*, Vol. XI, p. 17.
- THOULET, J., Sur le tassement des argiles au sein des eaux. *Ann. des Mines*, Févr. 1897.
- — Analyse lithologique de fonds marins provenant du Golfe de Gascogne. *Comptes-rendus Paris*, T. CXXIV, p. 382.
- 1898 FRANKS, G. F., and HARRISON, J. B., The Globigerina-Marls of Barbados. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, Vol. LIV, p. 540.
- MURRAY, G., and BLACKMAN, V. H., On the nature of the Cocospheres and Rhabdospheres. *Phil. Trans. Royal Soc. London*, Vol. CXC, p. 427.
- MURRAY, JOHN, and PEAKE, R. E., On the survey by the S. S. „Britannia“ of the cable route between Bermuda, Turk's Islands and Jamaica, with descriptions of the marine deposits brought home. *Proc. Roy. Soc. Edin.*, Vol. XXII, p. 409.
- DURRAND, A., On anchor mud from the Malay Archipelago. *Journ. Roy. Micr. Soc.*, 1898, p. 255.
- NATTERER, K., Expedition S. M. S. „Pola“ in das Rote Meer, nördliche Hälfte (Okt. 1895 bis Mai 1896): (Berichte der Kommission für oceanographische Forschungen: Teil IX. Chemische Untersuchungen.) *Denkschr. Akad. Wiss. Wien*, Bd. LXV, S. 494.
- — Oceanographical results of the Austro-Hungarian deep-sea expeditions. *Scott. Geogr. Mag.*, Vol. XIV, p. 636.
- ZIMMERMANN, E., Zur Bildung von Tiefsee-Sedimenten. *Zeitschr. f. prakt. Geol.*, 1898, p. 150.

- 1899 CHREE, C., Denudation and deposition. *Phil. Mag.*, Ser. 5, Vol. XLVII, p. 494; Vol. XLVIII, S. 156.
- CHUN, SCHOTT, SACHSE, Deutsche Tiefsee-Expedition. Reiseberichte an das Reichsamt des Inneren und das Marineamt. Berlin.
- GIRARD, J., Conférence de M. J. THOULET à la Société de Géographie. Le fond de la mer et les cartes lithologiques sous-marines. *Rev. géogr.*, T. XLV, p. 469.
- HARRISON, J. B., and JUKES-BROWNE, A. J., The oceanic deposits of Trinidad (British West Indies). *Quart. Journ. Geol. Soc.*, Vol. LV, p. 177.
- MURRAY, JOHN, Presidential Address to the Geographical Section of the British Association. *Rep. Brit. Ass.*, 1899 (Dover), p. 789.
- NATTERER, K., Chemisch-geologische Tiefsee-Forschung: Expeditionen der Schiffe „Pola“ und „Taurus“ in das östliche Mittelmeer, Marmara-Meer und Rote Meer. *Geogr. Zeitschr.*, Jahrg. V, S. 190.
- STONEY, G. J., Denudation and deposition. *Phil. Mag.*, Ser. 5, Vol. XLVII, p. 372, 557.
- THOULET, J., Cartes lithologiques sous-marines. *Comptes-rendus Congr. Nat. S. Franç. Géogr.*, T. XIX, Marseille, p. 177.
- 1900 BOEGGILD, O. B., The deposits of the sea-bottom. Danish Ingolf-Expedition, Vol. 1, Pt. II. Copenhagen.
- CHUN, CARL, Aus den Tiefen des Weltmeeres. Schilderungen von der Deutschen Tiefsee-Expedition. Jena.
- JENSEN, A. S., One Levninger af Gruntvandsdyr paa store Havdyb mellem Jan Mayen og Island. *Vid. Medd. nat. Fören. Kjöbenhavn*, 1900, p. 229.
- MURRAY, JOHN, On the deposits of the Black Sea. *Scott. Geogr. Mag.*, Vol. XVI, p. 673.
- NATTERER, K., Expedition S. M. S. „Pola“ in das Rote Meer, südliche Hälfte (Sept. 1897 bis März 1898). (Berichte der Kommission für oceanographische Forschungen: Teil XX. Chemische Untersuchungen von Wasser- und Grundproben.) *Denkschr. Akad. Wiss. Wien*, Bd. LXIX, S. 302.
- THOULET, J., Analyse mécanique des sols sous-marins. *Ann. des Mines*, T. XVII, p. 401.
- — Analyse de fonds marins recueillis dans l'Iroise. *Comptes-rendus*, T. CXXX, p. 1420.
- WEBER, M., Die niederländische Siboga-Expedition. *PETERMANN'S Mitteil.*, Bd. XLVI, S. 182.
- 1901 ARÇTOWSKI, H., et RENARD, A. F., Les sédiments marins de l'expédition de la „Belgica“. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, T. XV, p. 420.
- BERWERTH, F., und WINDT, J. DE, Untersuchungen von Grundproben des östlichen Mittelmeers. *Anz. Akad. Wiss. Wien*, 1901, S. 238.
- COLE, G. A. J., and CROOK, T., On rock-specimens dredged from the floor of the Atlantic off the west coast of Ireland in 1901. *Rep. Sea and Inland Fisheries Ireland*, 1901, App. IX.
- FISCHER, P., Sedimentbildung am heutigen Meeresboden, dargestellt auf Grund der neueren Tiefseeforschungen. *Jahresber. Realgymnas. Leipzig*, Ostern 1901.
- MURRAY, JOHN, and PEAKE, R. E., On the results of a deep-sea sounding expedition in the North Atlantic during the summer of 1899, with notes on the temperature observations and depths, and a description of the deep-sea deposits in this area. *Roy. Geogr. Soc., Suppl. Papers*.
- — und PHILIPPI, EMIL, Die Grundproben der „Valdivia“-Expedition. *Centralbl. f. Mineral. etc.*, 1901, S. 525.
- 1901 NATTERER, K., Ueber chemisch-geologische Arbeiten der „Pola“-Expeditionen. *Verh. VII. Int. Geogr. Congr.*, Berlin 1899, Teil 2, S. 326.
- PHILIPPI, EMIL, Der Boden der Meere, nach zwei Vorträgen, gehalten im Museum für Meereskunde. *Armee und Marine*, Berlin, Bd. I, S. 859.
- RENARD, A. F., Méthode de détermination et de classification de sédiments meubles. *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, T. XIV, p. 320.
- THOULET, J., Étude de fonds marins provenant du voisinage des Açores et de la portion orientale de l'Atlantique nord. *Résultats Campagnes scientifiques Prince ALBERT DE MONACO*, Fasc. XIX.
- — Sur le mode de récolte des échantillons du sol sous-marin. *Rev. mar.*, T. CLI, p. 2207.
- — Sur la constitution du sol des grands fonds océaniques. *Comptes-rendus Acad. Sci. Paris*, T. CXXXII, p. 274.
- — Classification des fonds sous-marins et considérations relatives à la construction d'une carte lithologique des côtes de France. *Verh. VII. Int. Geogr. Congr. Berlin*, 1899, Teil 2, S. 354.
- WINDT, JAN DE, and BERWERTH, F., Untersuchungen von Grundproben des östlichen Mittelmeeres, gesammelt auf der 1., 3. und 4. Reise von S. M. S. „Pola“ in den Jahren 1890, 1892 und 1893. (Berichte der Kommission für oceanographische Forschungen, No. XXIV.) *Denkschr. Akad. Wiss. Wien*, Bd. LXXIV, S. 285.

- 1902 ARÇTOWSKI, H., et RENARD, A. F., Notice sur les sédiments marins recueillis par l'expédition de la „Belgica“. Mem. Acad. Roy. Belg., T. LXI, No. 2, p. 1.
- Bericht über die wissenschaftlichen Arbeiten der deutschen Südpolar-Expedition auf der Fahrt von Kiel nach Kapstadt. Veröff. d. Inst. f. Meereskunde, Heft 1. Von Kapstadt bis Kerguelen, ebenda Heft 2.
- LOHMANN, H., Die Coccolithophoriden, eine Monographie der Coccolithen bildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebes. Arch. f. Protistenkunde, Bd. I, S. 89. (Hier Verzeichnis der bis 1901 erschienenen Arbeiten über Coccolithen.)
- MURRAY, JOHN, Deep-sea deposits and their distribution in the Pacific Ocean, with notes on the samples collected by S. S. „Britannia“, 1901. Geogr. Journ., Vol. XIX, p. 691.
- — Remarks on the deep-sea deposits collected by the U. S. Fish Commission steamer „Albatross“ in the tropical Pacific, 1899—1900. Mem. Mus. Comp. Zoöl., Vol. XXVI, p. 109.
- SCHOTT, G., Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Tiefsee-Expedition. I. Oceanographie und maritime Meteorologie. Jena.
- THOULET, J., Échantillons d'eaux et de fonds provenant des campagnes de la „Princesse Alice“ (1901). Résultats Camp. Sci. Prince MONACO, Fasc. XXII.
- — Sur les fragments de pierre ponce des fonds océaniques. Comptes-rendus Acad. Sci. Paris, T. CXXXIV, p. 728.
- — Sur la constitution du sol subocéanique. Comptes-rendus Acad. Sci. Paris, T. CXXXIV, p. 496.
- — Carte lithologique des côtes de France. Paris.
- — Sur la constitution du sol sous-marin. Comptes-rendus Acad. Sci. Paris, T. CXXXV, p. 215.
- VOELTZKOW, A., Ueber Coccolithen und Rhabdolithen, nebst Bemerkungen über den Aufbau und die Entstehung der Aldabra-Insel. Abhandl. d. Senckenberg. naturf. Gesellsch., Bd. XXVI, S. 467.
- 1903 Bericht über die wissenschaftlichen Arbeiten der deutschen Südpolar-Expedition seit der Abfahrt von Kerguelen bis zur Rückkehr nach Kapstadt. Veröff. d. Inst. f. Meeresk., Heft 5.
- GARDENER, T., STANLEY, The fauna and geography of the Maldive and Laccadive Archipelagues. Cambridge 1903.
- LOHMANN, H., Untersuchungen über die Tier- und Pflanzenwelt, sowie über die Bodensedimente des Nordatlantischen Oceans zwischen 38 und 50° n. Br. Sitz.-Ber. K. Pr. Akad. Wiss. Berlin, Phys.-math. Kl., Bd. XXVI, S. 560.
- LOMAS, J., On deposits dredged by Prof. HERDMAN in the Indian Ocean. Rep. Brit. Ass. for 1902, p. 644.
- SKEATS, E., The chemical composition of limestones from upraised Coral Islands, with notes on their microscopical structures. Bull. Mus. Comp. Zoöl. Harvard, Vol. XLII, p. 51.
- WETHERED, E. B., Oceanic deposits and origin of limestones. (Presidential Address.) Proc. Cotteswold Nat. Field Club, Vol. XIV, p. 75.
- 1904 MURRAY, JOHN, and PEAKE, R. E., On recent contributions to our knowledge of the floor of the North Atlantic Ocean. Roy. Geogr. Soc. (Extra Publication.)
- NANSEN, F., The bottom deposits of the North Polar basin. The Norwegian North Polar Expedition 1893—96: Scientific Results, Vol. IV, No. XIII, p. 214.
- PHILIPPI, E., Ueber organische Ablagerungen am Grunde der Tiefsee. Naturw. Wochenschr., N. F. Bd. III (XIX), S. 381.
- The Atoll of Funafuti. Borings into a coral reef and the results being the Report of the Coral Reef Committee of the Royal Society. London.
- THOULET, J., L'océan: ses lois et ses problèmes. Paris.
- 1905 AGASSIZ, A., On the progress of the „Albatross“ Expedition to the Eastern Pacific. Amer. Journ. Sci., Vol. XIX, p. 143.
- COLLET, L. W., et LEE, G. W., Les concrétions phosphatées de l'Agulhas-Banc, avec une note sur la glauconie qu'elles contiennent. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XXV, p. 862.
- FLINT, G. M., A contribution to the oceanography of the Pacific. Bull. U. S. National Museum, No. 55. Washington.
- FUCHS, TH., Ueber Pteropoden- und Globigerinenschlamm in Lagunen von Koralleninseln. Verh. d. k. k. geolog. Reichsanstalt 1905, S. 169.
- MURRAY, JOHN, Deep-sea deposits. Rep. VIII. Int. Geogr. Congr., U. S. 1904, p. 407.
- PHILIPPI, E., Ueber Grundproben und geologisch-petrographische Arbeiten der deutschen Südpolar-Expedition. Verh. d. 15. deutschen Geographentages zu Danzig.

- 1905 PIRIE, J. H. H., Deep-sea deposits of the South Atlantic Ocean and Weddell Sea. *Scott. Geogr. Mag.*, Vol. XXI, p. 413.
- THOULET, G., Mémoires océanographiques (Première série): I. Expériences sur la pierre ponce. II. Étude préliminaire des gros fonds provenant des diverses campagnes océanographiques de S. A. S. le Prince DE MONACO. III. Analyse des fonds récoltés pendant la campagne de 1902. Résultats Camp. Sci. Prince MONACO, Fasc. XXIX.
- 1906 AGASSIZ, A., Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific, in charge of ALEXANDER AGASSIZ, by the U. S. Fish Commission steamer „Albatross“, from October 1904 to March 1905: V. General Report of the expedition. *Mem. Mus. Comp. Zoöl.*, Vol. XXXIII.
- BOGGILD, O. B., On the bottom deposits of the North Polar Sea. The Norwegian North Polar Expedition, 1893—1896. *Scientific Results*, Vol. V, No. XIV.
- MURRAY, JOHN, On the depth, temperature of the Ocean waters, and marine deposits of the South-West Pacific Ocean. *Queensland Geogr. Journ. (Brisbane)*, N. S. Vol. XXI, p. 71.
- NICHOLS, H. W., New forms of concretions. *Field Columb. Mus. Chicago, Geol.*, Ser. 3, Vol. III, p. 25.
- 1907 CLARKE, F. W., The composition of terrigenous deposits. *Proc. Roy. Soc. Edin.*, Vol. XXVII, p. 259.
- The composition of the Red Clay. *Proc. Roy. Soc. Edin.*, Vol. XXVII, p. 167.
- KRÜMMEL, O., Handbuch der Oceanographie, Bd I. 2. Aufl., Stuttgart.
- PHILIPPI, E., Ueber Dolomitbildung und chemische Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. *N. Jahrb. f. Min. etc.*, Festband 1907, S. 397.
- Betrachtungen über oceanische Inseln. *Naturw. Wochenschr.*, S. 385.
- RICHARD, J., L'Océanographie. Chapitre III. Le sol sous-marin. Paris.
- THOULET, J., Précis d'analyse des fonds sous-marins actuels et anciens. Paris (Chapelot).
- Étude de fonds marins récoltés entre Madagascar et la Réunion. *Annales hydrographiques*, Paris 1907, p. 5.

## Allgemeiner Ueberblick über die Grundproben.

### I. Von der Nordsee bis zu den Canarischen Inseln.

Die Deutsche Tiefsee-Expedition verließ auf der „Valdivia“ am 21. Juli 1898 den Hamburger Hafen und nahm zunächst Kurs nach dem schottischen Firth of Forth, um dann die Nordspitze Schottlands in weitem, bis an die Faröer ausgedehnten Bogen zu umfahren. Die erste Lotung westlich von den Shetlands-Inseln förderte nur sehr wenig Material zu Tage, zeigte aber doch, daß man sich noch im Gebiete des blauen Schlicks befand, der das herrschende Sediment in der Nordsee wie in allen von Landmassen eingeengten Meeren darstellt.

In der Faröer-Shetland-Rinne und auf dem breiten Island-Rücken in der Nachbarschaft der Faröer wurde nicht gelotet; dies bedeutet keinen Verlust, da durch frühere Expeditionen gerade hier Tiefen- und Untergrundverhältnisse genau bekannt geworden sind.

Die beiden nächsten Grundproben (Station 6 und 7) stammen nach dem Stationsverzeichnis aus Tiefen von 652 und 588 m nördlich vom Wyville Thomson-Rücken, der den Island-Rücken mit dem Kontinentalsockel der britischen Inseln verbindet. Die relativ geringe Meerestiefe läßt uns vermuten, daß diese beiden zeitlich nur 2 1/2 Stunden auseinanderliegenden Lotungen nicht den Grund nördlich vom Wyville Thomson-Rücken, sondern diesen selber trafen. Das Sediment der tieferen, nördlicheren Station 6 kann als Globigerinenschlamm mit reichlicher Beimengung von

Ton und Feinsand, das der flacheren, südlichen als toniger, kalkreicher Sand bezeichnet werden. Noch gröber ist das Sediment der nächsten Station (9); hier ist man bei 547 m sicher noch nicht südlich vom Wyville Thomson-Rücken, wie das Stationsverzeichnis besagt, sondern auf ihm selber. Den Boden bedeckt ein sehr tonarmer, kalkiger Sand, dessen mittlere Korngröße 0,25 mm beträgt, der aber Körner bis zu 8 mm Durchmesser, also verhältnismäßig sehr grobes Material enthält. Wenn man bedenkt, daß unter normalen Verhältnissen der Sand der Flachsee bei etwa 200 m in feinen Tiefseeschlick übergeht, so muß das Vorhandensein so grober, tonarmer Sande in der mehr als doppelten Tiefe verblüffen. Es ist nur zu erklären durch den mit großer Heftigkeit den Wyville Thomson-Rücken fegenden Ausläufer des Golfstromes, der im stande ist, noch relativ so grobes Material zu verfrachten, und der keine nennenswerte Anhäufung von Tonsubstanz auf den höchsten Teilen des Rückens duldet.

Ohne die schmale Zone glaukonitreicher Ablagerungen zu berühren, die sich nach MURRAY<sup>1)</sup> südlich an den Wyville Thomson-Rücken und westlich an das submarine Plateau der äußeren Hebriden anlegt, trat die „Valdivia“ nunmehr in das Gebiet des Globigerinenschlammes über, der von seinem central-atlantischen Verbreitungsgebiet aus einem Aste des Golfstromes entsprechend eine schmale Zunge gegen den Wyville Thomson-Rücken hin entsendet. Aus dem großen Verbreitungsgebiete des nördlich gemäßigten Globigerinenschlammes stammen nur zwei Grundproben, da die „Valdivia“ hier ihre Thätigkeit hauptsächlich auf die Untersuchung der submarinen Bänke konzentrierte, deren Oberfläche teils ein harter, an das Pourtalès-Plateau erinnernder, organogener Kalk, teils ein sehr mannigfaltig zusammengesetzter Kalksand bildet. Die genauere, oceanographische Erforschung der Josephinen-, Seine- und der benachbarten Bänke, die noch aussteht, stellt eine sehr verlockende Aufgabe dar.

## 2. Von den Canarischen Inseln bis zur Kongomündung.

Nach dem Verlassen der Canarischen Inseln wurde die afrikanische Küste in der Nähe von Cap Bojador angesteuert. Von hier stammt aus geringer Tiefe (146 m) die auf Taf. IV, Fig. 1 dargestellte Grünsandprobe, die nach Behandlung mit verdünnter Salzsäure die prächtigsten Steinkerne erkennen läßt. Uebrigens besteht nur ein kleiner Teil der Steinkerne aus Glaukonit, die meisten anderen setzen sich aus einer rostroten Substanz zusammen; diese eigentümliche Grundprobe gleicht durchaus der aus der Torresstraße, die J. MURRAY auf Taf. XXIV, Fig. 3, der „Deep-Sea Deposits“ abbildet. Ebenfalls noch vom Außenrande des afrikansichen Festlandsockels stammt die nächste Grundprobe (Station 31), ein Pteropodenschlamm aus 489 m Tiefe, der sehr reich an ziemlich groben, kontinentalen Mineralkörnern ist. Weiter meerwärts folgt ein Gebiet von Globigerinenschlamm, das die Capverdischen Inseln von der afrikanischen Küste trennt und zwei Grundproben lieferte. In der Nähe der Capverden traf man zunächst auf Pteropodenschlamm, während die flacheren Meerestiefen unter 200 m von einem groben organogenen Kalksand bedeckt werden.

Nach dem Verlassen der Capverden gelangte die „Valdivia“ bald wieder in die Gebiete des Globigerinenschlammes, der aber hier nicht seine typische, hellgraugelbe oder rosa Färbung besitzt, sondern durch seine braunen oder grauen Farbentöne und seine Festigkeit nach dem

<sup>1)</sup> Sir JOHN MURRAY, On the results of a deep-sea sounding expedition in the North Atlantic during th summer of 1899 by R. E. PEAKE (Karte).

Trocknen bereits einen bedeutenden Gehalt an fein verteilter Tonsubstanz erkennen läßt, die ihm sicher von den großen westafrikanischen Strömen, insbesondere dem Niger, mitgeteilt worden ist. Die starke Beimengung von Flußtrübe in diesen ziemlich küstenfernen, marinen Sedimenten muß auffallen, besonders wenn man bemerkt, daß der Ost setzende Guineastrom einer Verbreitung terrigenen Materials nach Westen, wie sie hier vorliegt, sehr hinderlich sein sollte. Es muß aber hervorgehoben werden, daß nach SCHOTT'S Darstellung auf Taf. XXXIII salzarmes Wasser, dem zweifellos viel Kongo- und Niger-Wasser beigemischt ist, an der Nordküste des Golfes von Guinea weit nach Westen vordringt. Die Verbreitung dieses salzärmeren Wassers und der feinsten Flußtrübe in den Sedimenten scheinen in Verbindung miteinander zu stehen; welche Rolle der Guineastrom dabei spielt, der eine entgegengesetzte Wirkung hervorrufen müßte, läßt sich nicht absehen.

Die Proben aus den inneren Teilen des Golfes von Guinea bis zu Kongomündung gehören dem Blauschlick der westafrikanischen Küstenregion an. Es sind außerordentlich feinkörnige, dunkelgraue Sedimente, augenscheinlich das feinste, im Flußwasser suspendierte Material, gefärbt durch reichlich beigemengte organische Substanz.

Eine besonders merkwürdige, auf Taf. V, Fig. 2 dargestellte Abart des Blauschlicks ist der Koproolithenschlick der Kongomündung, eine lockere, deutlich körnige Substanz, die fast ganz aus den harten, eirunden, zum Teil in Glaukonit übergeführten Exkrementen von Echinodermen besteht.

### 3. Von der Kongomündung bis nach Kapstadt.

Von der Kongomündung bis zur Großen Fisch-Bai traf man Blauschlick von gleichem Charakter, wie weiter im Norden. Nach dem Anlaufen der Großen Fisch-Bai entfernte sich der Kurs wieder von der westafrikanischen Küste. Von der submarinen Bank, auf die man unvermutet bei Station 83 stieß, brachte das Schleppnetz einen hellgelben Pteropodenschlamm herauf, ähnlich dem, der auch die flacheren Stellen des mittelatlantischen Rückens bedeckt. Sehr bald darauf befand man sich wieder über tieferem Wasser, das Sediment enthielt bei einer Tiefe von 5040 m reichliche Beimengungen von Mineralkörnern, die darauf schließen lassen, daß die benachbarte submarine Bank überwiegend aus jungvulkanischem Material bestehen dürfte. Aus Globigerinenschlamm der Station 87 stammt eine größere Anzahl sehr schöner Manganknollen. Während im Globigerinenschlamm der Station 87 der Gehalt an Mineralkörnern auf 5 Proz. sinkt, steigt er im roten Ton der Station 89 bis auf 40 Proz. Auffallenderweise überwiegen hier Mineralien kontinentalen Ursprunges, insbesondere Quarz weitaus; trotz der großen Tiefe (5283 m) macht das Sediment dieser Station vorwiegend den Eindruck einer küstennahen Flachwasserbildung, der noch durch das Vorkommen von Glaukonit verstärkt wird. Die Herkunft dieser kontinentalen Mineralkörner in so bedeutenden Mengen ist augenblicklich noch ein Rätsel; daß sie nicht von der 10 Längengrade entfernten afrikanischen Küste stammen können, scheint klar, besonders wenn man Strom- und Windverhältnisse ins Auge faßt. Auch enthält die folgende Station 90, die der Küste viel näher liegt, weit weniger derartige Mineralkörner; an einen Transport durch Eisberge läßt sich bei der nördlichen Lage der fraglichen Station ( $31^{\circ} 21,1' S. Br.$ ) ebenso wenig denken. Hoffentlich bringen die Grundproben der „Deutschen Südpolar-Expedition“, die im südatlantischen Ocean die gleichen, merkwürdigen Ablagerungen fand, weitere Aufklärung.

Nachdem die Tiefe der Station 89 mit ihrem rätselhaften Sediment überschritten war, zeigte sich gegen den afrikanischen Kontinent zu ein ziemlich rasches Ansteigen des Grundes. Globigerinenschlamm von normaler Beschaffenheit, ausgezeichnet durch die große Häufigkeit von *Globigerina inflata*, bedeckt hier den Boden zwischen 3000 und 2000 m.

#### 4. Agulhasbank.

Die Agulhasbank, die submarine Südverlängerung des afrikanischen Kontinentes, bildete nun 10 Tage lang, vom 26. Oktober bis 5. November 1898, das äußerst ergiebige Arbeitsfeld der Expedition. Auf 17 Stationen wurden hier Grundproben gesammelt, allerdings zum größten Teile mit dem Schleppnetz, und daher vielfach ausgewaschen. Die tieferen Teile der Bank und ihre Abhänge gegen die Tiefsee zu bedecken glaukonitreiche Sande und Schlicke, von den flacheren Stellen bringt das Schleppnetz meist ein Haufwerk von intakten und zerbrochenen Molluskenschalen, Korallen- und Bryozoenfragmenten etc., gemischt mit gröberem Mineralbrocken, in die Höhe. Auf einzelnen Stationen, wie auf Station 97 (vergl. Taf. III, Fig. 2), ist der Grünsand außerordentlich reich an Schwammnadeln, an anderen Punkten (Station 104 und 113) fanden sich große Massen von Phosphatknochen, in denen Molluskenreste etc. meist nur als Steinkerne erhalten waren (vergl. Taf. VII).

#### 5. Von Kapstadt nach der Eiskante und Kerguelen.

Nach dem Verlassen von Kapstadt schlug die „Valdivia“ SSO.-Kurs ein, um die fast sagenhaft gewordene Bouvet-Insel aufzusuchen. Nach Süden fällt die Agulhasbank rasch zu Tiefen von über 4000 m ab, deren Sediment ein noch reichlich mit Kontinentalmineralien versetzter Globigerinenschlamm darstellt. Bei Station 118 überschreitet man eine flachere Stelle, auf der 2593 m gelotet wurden, trifft aber auf der nächsten Station 119 bereits wieder eine Tiefe von 5230 m an. Hier macht sich zum ersten Male in 41° S. Br. der Einfluß von antarktischen Eisbergen durch Beimengung von gröberem Gesteinsbrocken bemerkbar; auffallend ist, daß der Globigerinenschlamm dieser Station einen ziemlich kalkarmen ( $\text{CaCO}_3 = 10$  Proz.) roten Ton überlagert.

Daß man sich der Antarktis nähert, zeigt auch der allerdings noch recht kalkreiche Diatomeenschlamm der Station 121, der sich zwischen subantarktische Globigerinenschlamme einschleibt. Ein äußerst merkwürdiges Sediment ist das der Station 123, das auf Taf. III, Fig. 1 zur Darstellung gelangt ist. Es erinnert makroskopisch durchaus an Globigerinenschlamm, die vermeintlichen Foraminiferen enthüllen sich aber unter der Lupe als außergewöhnlich große, öfters stark zersetzte Radiolarienskelette, die zusammen mit vulkanischem Gesteinsmaterial im wesentlichen diese Grundprobe zusammensetzen. Noch mehr vulkanische Mineralien enthält die nächste Probe der Station 125, die trotz ihrer verhältnismäßig geringen Tiefe (2268 m) auffallenderweise ganz kalkfrei ist. Daß diese an vulkanischem Material reichen Ablagerungen mit denen in der Nähe der Bouvet-Insel zusammenhängen, muß bezweifelt werden da sich zwischen beide Gruppen noch einmal der Diatomeenschlamm der Station 126 einschleibt. Außerdem ist das Sediment in der Nachbarschaft der Bouvet-Insel (Station 127, 567 m) ein schmutzig-grauer, toniger, feinkörniger Sand, während das vulkanische Material der Stationen 123

und 125 sehr viel größer ist und auch ein anderes Aussehen besitzt. Es läßt sich also vermuten, daß dieses nicht von der Bouvet-Insel stammt, sondern einem submarinen Ausbruch sein Dasein verdankt.

Die Bouvet-Insel liegt bereits, wie eine Lotung in ca. 50 Seemeilen östlich von ihr (Station 126) und zwei andere etwa im gleichen Abstände nordnordöstlich erkennen lassen (Station 129 und 130), im Gebiete des antarktischen Diatomeenschlammes. Auffallenderweise sind diese Sedimente hier bereits völlig kalkfrei, obgleich es sich keineswegs um übermäßig große Tiefen handelt (3458, 1849 und 2321 m).

Von der Bouvet-Insel wurde zunächst in Südost-Richtung die nahe Eiskante angesteuert und diese nun im allgemeinen in der Richtung nach Ost verfolgt, wobei südsüdöstlich von Kerguelen die bedeutende südliche Breite von  $64^{\circ}$  überschritten wurde. Nach der bisherigen Annahme sollte der Boden des subantarktischen Meeres ziemlich flach sein und allmählich zum antarktischen Festlande ansteigen; zu allgemeiner Ueberraschung fand jedoch die Deutsche Tiefsee-Expedition längs der gesamten antarktischen Eiskante Tiefen zwischen 4000 und 6000 m.

Man sollte erwarten, daß das Sediment längs der Eiskante, wo Treibeis und Eisberge ungeheure Massen von Glacialschutt verfrachten, ein Geschiebelehm mit einem bescheidenen Gehalt an Diatomeen-Panzern und Radiolarien-Skeletten, sowie an anderen planktonischen Hartgebilden sein müsse. Diese Vorstellung trifft jedoch nur für die beiden südlichsten Lotungen (Station 150 und 152) zu, in weitaus den meisten Fällen war die Grundprobe ein weißlicher Diatomeenschlamm, der ganz auffallend wenig klastisches Material enthielt und sich durchschnittlich zu  $\frac{5}{6}$  seiner Masse aus Diatomeenpanzern aufbaute. Mit Ausnahme der am weitesten nach Norden gelegenen Stationen (Station 121 nördlich von der Bouvet-Insel, 158 und 150 in der Nachbarschaft des Kerguelen-Heard-Plateaus) sind sämtliche subantarktischen Diatomeenschlamm- und Blauschlicke, welche die „Valdivia“ lotete, ganz kalkfrei. Um so mehr muß es auffallen, daß man zwischen dem Blauschlick der beiden südlichsten Stationen und dem Diatomeenschlamm südlich von Kerguelen unvermutet auf einen Globigerinenschlamm von 65 Proz. Kalkgehalt stieß, der hier zwischen diesen kalkfreien Sedimenten ein schmales Band oder eine Insel bildet. Sehr merkwürdig ist es auch, daß dieser subantarktische Globigerinenschlamm im Gegensatz zu dem benachbarten Diatomeenschlamm reich an größerem klastischen Material ist, während er so gut wie gar keinen feinverteilten Schlamm enthält.

## 6. Zwischen Kerguelen und Sumatra.

Nördlich von Kerguelen tritt die „Valdivia“ wiederum in das Gebiet des Globigerinenschlammes ein, in dem sie nun nahezu auf einer Strecke von 20 Breitengraden verbleibt; wie in den Globigerinenschlamm des südatlantischen Oceans, von denen sich diese Sedimente kaum unterscheiden, ist auch hier die häufigste Art *Globigerina inflata*. Unterbrochen wird dieses eiförmige Gebiet nur durch die merkwürdige Ablagerung der Station 165, 4 Seemeilen östlich von St. Paul, von der der Trawl einen tiefschwarzen, nach Schwefelwasserstoff riechenden vulkanischen Schlamm heraufbrachte, der in großer Menge Diatomeenpanzer und Schwammnadeln enthielt.

Auf Station 175 unter  $26^{\circ}$  S. Br. und  $93^{\circ}$  O. L. betrat man das ausgedehnte Gebiet des roten Tones, das für den mittleren Indischen Ocean charakteristisch ist; die Meerestiefen liegen

hier zwischen 4700 und 6000 m. Das Sediment ist ein sehr zäher, plastischer, schokoladenbrauner Ton, der sich in den meisten Fällen als völlig kalkfrei erwies. Gewissermaßen als Kern dieses roten Tongebietes tritt ein Bezirk von Radiolarienschlamm auf, der aber nicht so große Ausdehnung zu besitzen scheint, wie die Karten angeben, da nur eine Station der „Valdivia“ (183) ihm angehört. In der Nähe der Cocos-Insel, die diese abyssischen Meerestiefen unterbricht, wurde in flacherem Wasser Globigerinenschlamm gelotet.

### 7. Zwischen Sumatra und Ceylon.

Die Grundproben, die auf den Stationen 185—207 längs der sumatranischen Südwestküste gesammelt wurden, sind einander sehr ähnlich, und es erscheint beinahe gekünstelt, sie in verschiedene Rubriken unterzubringen. Es sind fast sämtlich kalkhaltige, sandige Schlamme, die getrocknet eine graugrüne Färbung besitzen. Diejenigen Sedimente, die unter 30 Proz.  $\text{CaCO}_3$  aufweisen, wurden als Blauschlick oder, falls die Mineralkörner überwiegend vulkanischen Ursprunges waren, als vulkanischer Schlick bezeichnet. Die Ablagerungen mit höherem Kalkgehalt wurden je nach der Beschaffenheit ihrer kalkig-organogenen Komponente als Globigerinen-, Pteropoden- oder Korallenschlamm rubriziert. Einen von diesen Sedimenten abweichenden Habitus besitzt nur die Grundprobe der Station 200 aus dem Mentawai-Graben (5214 m), die einen äußerst feinen, kalkfreien Schlamm von rein grauer Farbe, mit nur sehr wenig Resten von Kieselorganismen und feinsten Mineralkörnern, darstellt.

Auch in der Nachbarschaft der Nikobaren trifft man den graugrünen kalkhaltigen Schlamm der sumatranischen Südwestküste, nur bei der Insel Kachal war dieser zu einer festen, von Wurmröhren durchzogenen Masse cementiert, die die Netze zerriß.

Aus den südlichen Teilen des Meerbusens von Bengalen brachte das Lot einen Blauschlick von blaugrüner Farbe in die Höhe, der auffallend reich an Mineralkörnern meist kontinentalen Ursprunges war. Zweifellos ist es Flußtrübe der in den Busen von Bengalen mündenden Ströme; überraschen muß nur, daß diese so weit in das offene Meer hineingetrieben wird und dabei so viele relativ grobe Mineralkörner enthält. Wahrscheinlich ist es Irrawaddy-Schlamm, der von einem scharfen Nordäquatorialstrom über eine so große Strecke verschleppt wird. Erst in großer Entfernung von der Küste, westlich vom 90. Längengrad traf man wieder auf Globigerinenschlamm.

### 8. Von Ceylon bis zur ostafrikanischen Küste.

Von Ceylon bis zur ostafrikanischen Küste, also auf einer Strecke von annähernd 40 Längengraden, bildet Globigerinenschlamm das normale Sediment des Meeresbodens, dessen Relief ziemlich unregelmäßig ist, wie die Lotungen der „Valdivia“ gezeigt haben. Die Foraminiferen-Fauna dieser Ablagerungen ist wie die aller tropischen Globigerinenschlamme verhältnismäßig üppig, trotzdem ist aber der Kalkgehalt nicht sehr hoch und übersteigt nicht 69 Proz.; es liegt dies wahrscheinlich an der starken Beimengung von kieseligen Organismenresten, besonders Radiolarien, die in gleicher Weise von den tropischen Globigerinenschlamm des Atlantischen Oceans nicht bekannt ist.

## 9. An der ostafrikanischen Küste.

Die Grundproben, welche die zahlreichen Lotungen an der ostafrikanischen Küste aus Tiefen zwischen 500 und 1500 m emporbrachten, ähneln denen von der Südwestküste Sumatras im hohen Grade. Auch hier mengt sich klastisches, terrigenes Material in sehr verschiedenen Verhältnissen mit den Hartgebilden von pelagischen Foraminiferen, benthonischen Mollusken und anderen Tiergruppen. Je nach dem Kalkgehalt und dem Vorwiegen einer bestimmten Tierklasse wurde das Sediment als Blauschlick, Globigerinen- und Pteropodenschlamm bezeichnet. Auch das Material, das 300 km östlich vom Vorgebirge Ras Hafun an der Somaliküste aus 5064 m Tiefe gelotet wurde, ist ein Globigerinenschlamm, der durch seinen relativ hohen Gehalt an graugrünem Kontinentalschlick dem Blauschlick noch nahesteht, andererseits aber bereits durch seinen Reichtum an Radiolarien einen stark pelagischen Charakter angenommen hat.

Im allgemeinen stimmen die Resultate der „Deutschen Tiefsee-Expedition“, soweit sie die geographische Verbreitung der einzelnen Grundprobentypen betreffen, gut mit denen überein, welche die Karte in den „Deep-Sea Deposits“ des „Challenger“-Werkes zum Ausdruck bringt. Daß sich im einzelnen Abweichungen zeigen, besonders in den weniger gut bekannten Meeresgebieten der Südhemisphäre, ist nicht verwunderlich.

So erfährt die Area roten Tones, die man für die langgestreckte Mulde am Westrande Südafrikas (Kap-Mulde) und deren nördliche Verlängerung annimmt, dadurch eine Einschränkung, daß auf den Stationen 85 und 87 in Tiefen von über 5000 m noch Globigerinenschlamm nachgewiesen werden konnte und daß in diesem Gebiete auf Station 83 ein submariner Kegel entdeckt wurde, dessen Gipfel Pteropodenschlamm bedeckt.

Besonders groß sind die Abweichungen von der Darstellung des „Challenger“-Werkes in den subantarktischen Meeren. Nach der bisherigen Darstellung umgürtet den antarktischen Kontinent überall ein Band von glacialeml Blauschlick, den nach außen ein geschlossener Ring von Diatomeenschlamm umgiebt; äquatorwärts folgt darauf überall Globigerinenschlamm. Durch die Forschungen der „Valdivia“ wie der neueren Südpolar-Expeditionen kompliziert sich aber dieses einfache Bild ganz erheblich. Die Lotungen der „Valdivia“ zwischen Kapstadt und der Bouvet-Insel zeigen zunächst, daß die Grenze zwischen Globigerinen- und Diatomeenschlamm keineswegs so scharf und geradlinig verläuft, wie man bisher annahm. Bereits auf Station 121, weit nördlich von der vom „Challenger“ gezogenen Grenze, war Diatomeenschlamm festzustellen, weiter nach Süden folgte aber wiederum Globigerinenschlamm und ein sehr eigenartiger Radiolarienschlamm. Erst in der Nachbarschaft der Bouvet-Insel, dort, wo auch die Karte der „Deep-Sea Deposits“ die Grenze zieht, traf man wiederum auf Diatomeenschlamm, der aber lokal von vulkanischen Sedimenten ersetzt wird.

Die Grenze von Diatomeenschlamm und glacialeml Blauschlick wurde auf der Höhe von Enderbyland etwa da gefunden, wo sie die „Challenger“-Karte annimmt; auf Station 154 schaltet sich aber zwischen beide Sedimente ein artenarmer Globigerinenschlamm ein, ein Typus, der so nahe der antarktischen Eiskante bisher gänzlich unbekannt war.

Diese Resultate der „Deutschen Tiefsee-Expedition“, sowie andere der neueren Südpolar-Forschungen lassen erkennen, daß die Sedimente in den subantarktischen Meeren viel mannigfaltiger zusammengesetzt und viel unregelmäßiger verteilt sind, als man bisher annehmen durfte.

In den centralen und nördlichen Teilen des Indischen Oceans decken sich die Ergebnisse der „Valdivia“ im allgemeinen mit den früheren Darstellungen, nur scheint das Gebiet des Radiolarienschlammes, das inmitten einer roten Ton-Area südlich von den großen Sunda-Inseln verzeichnet wird, nicht die bisher angenommene Ausdehnung zu besitzen.

Die Grundproben der „Valdivia“ zeichnen sich durch ihre außerordentliche Mannigfaltigkeit aus, die sich aus dem Reiseweg genugsam erklärt. Alle bisher unterschiedenen Typen von Sedimenten mit Ausnahme des terrigenen roten Schlicks sind vertreten.

Außerdem konnten mehrere sehr interessante Abarten der schon früher bekannten Haupttypen ausgeschieden werden, so der an kontinentalen Mineralkörnern reiche, küstenferne rote Ton der Station 89, der eigentümliche, subantarktische Radiolarienschlamm der Station 123 und der gleichfalls subantarktische Globigerinenschlamm der Station 154.

Wir hoffen, daß die Ergebnisse der Untersuchung die Mühe und Sorgfalt rechtfertigen, die auf die Gewinnung und Konservierung der Grundproben an Bord der „Valdivia“ verwandt wurden.

## Specielle Beschreibung der Grundproben.

**Station 4.** 6. Aug. 1898.  $60^{\circ} 42'$  N. Br.,  $3^{\circ} 10,8'$  W. L. Tiefe 486 m. Le Bl. S. 28<sup>1)</sup>. Sehr wenig Material, das aber als kalkhaltiger blauer Schlick zu erkennen ist.

**Station 6.** 7. Aug. 1898.  $60^{\circ} 40'$  N. Br.,  $5^{\circ} 35,5'$  W. L. Tiefe 652 m. (Nördlich vom Wyville-Thomson-Rücken bezw. auf ihm.) Trawl.

Globigerinen-Schlamm, bestehend aus *Globigerina*, *Pulvinulina* etc. und deren Bruchstücken, Boden-Foraminiferen, Coccolithen, Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen. Quarz, Feldspat, Hornblende, Glimmer und reichliche Tonsubstanz.

**Station 7.** 7. Aug. 1898.  $60^{\circ} 37'$  N. Br.,  $5^{\circ} 42,1'$  W. L. Tiefe 588 m. (Nördlich vom Wyville-Thomson-Rücken bezw. auf ihm.) Trawl.

Der Trawl brachte herauf tonigen Sand, mit kleinen pelagischen und Boden-Foraminiferen, vielen Schwammnadeln, großen Coccolithen. Quarz, vulkanische Gläser und Gesteinsbrocken, Glaukonit.

**Station 9.** 8. Aug. 1898.  $59^{\circ} 51,9'$  N. Br.,  $8^{\circ} 9,3'$  W. L. Tiefe 547. Le Bl. Br. 15. Grober Sand, hellbraun, locker.

1) An dieser Stelle werden hier und bei den folgenden Grundproben Lotmaschine, Lotröhre und Sinkgewicht (in Kilogramm) angegeben. Genauere Angaben über die Lotungen bei SCHOTT, Bd. I dieses Werkes, S. 80 ff.

Le Bl. = Lotmaschine von LE BLANC. S. an erster Stelle = Lotmaschine von SIGSBEE. S. an zweiter Stelle = SIGSBEE-Lot. Br. = BROOKE-Lot. Schnappl. = Schnapplot.

CaCO<sub>3</sub> 23,5 Proz., pelagische und Boden-Foraminiferen, Bruchstücke von Kalkstein, Echinidenstacheln, Ostracoden, Bruchstücke von Molluskenschalen, Foraminiferenschalen, zum Teil korrodiert, Coccolithen und Coccosphären.

Rückstand 76,5 Proz., bräunlich.

*Mineralien* 70 Proz. (außer Kalkstein). Mittlerer Durchmesser 0,25 mm, mehr oder minder gerundet. Quarz, Glimmer, Glaukonit. Größere Gesteinsbrocken (Konglomerat, Quarzit) bis über 8 mm.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Radiolarien, agglut. Foraminiferen, glaukonitische Steinkerne von Foraminiferen, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 3,5 Proz. Winzige Mineraltrümmer, sehr wenig tonige Substanz.

Bemerkungen. Diese Probe ist nach dem Stationsverzeichnis südlich vom Wyville-Thomson-Rücken gewonnen worden. Sir JOHN MURRAY ist jedoch der Ansicht, daß sie vom Wyville-Thomson-Rücken selber stammt. Dafür spricht sowohl die Tiefe (547 m), welche der mittleren Tiefe des Rückens entspricht, wie die grobsandige Beschaffenheit der Probe, welche für eine derartige Tiefe ganz außergewöhnlich ist, durch die überaus starken Strömungen auf dem Wyville-Thomson-Rücken aber zu erklären wäre. Ein großer Teil der Foraminiferenschalen (meist *Globigerina*) ist zerbrochen und korrodiert; aller Wahrscheinlichkeit nach kommt neben der mechanischen Wirkung der starken Strömung auch eine verstärkte chemische Einwirkung des Meeresswassers auf die Kalkschalen in Betracht.

**Station 10 a.** 8. Aug. 1898. 59° 37,3' N. L., 8° 49,8' W. Br. Tiefe 1326 m. (Südlich vom Wyville-Thomson-Rücken.)

Globigerinen-Schlamm, sehr wenig Material, das mit dem Trawl heraufkam. Viel kleine Coccosphären und Coccolithen, aber keine Rhabdolithen.

**Station 11.** 9. Aug. 1898. 58° 36,6' N. L., 11° 33' W. Br. Tiefe 1750 m. Le Bl. S. 15. Globigerinen-Schlamm, hellbraun, fest.

CaCO<sub>3</sub> 47 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen und Coccosphären.

Rückstand 53 Proz., schmutzig-braun.

*Mineralien* 8 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Glaukonit, eckige Splitter von vulkanischem Glas.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Diatomeen, Radiolarien.

*Schlamm* 43 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 25?** 18. Aug. 1898. 33° 43,8' N. Br., 14° 20,0' W. L. Tiefe nicht bestimmt.

Zwei Gefäße, etikettiert mit 6 a und 6 b, 18. Aug. 1898, und augenscheinlich von dem Trawlzug auf der Seinebank, Station 25, stammend.

Korallensand, bestehend aus Bruchstücken von Bryozoen, Korallen und Hydroiden, Pteropoden- und anderen Mollusken-Schalen, Echinidenstacheln und Schalenfragmenten, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Otolithen, Crustaceenfragmenten, Alcyonarien- und Schwammnadeln, Fetzen von Bimsstein, Feldspatkörnern etc.

**Station 28.** 26° 17,0' N. Br., 14° 43,3' W. L. Tiefe 146 m. (Größte Nähe der afrikanischen Küste bei Cap Bojador.) Sehr wenig Material kam mit dem Lot herauf, doch konnte die Trawl-Probe bestimmt werden als

Grünsand mit hohem Kalkgehalt.

Besteht aus Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden- und anderen Mollusken-Schalen und deren Bruchstücken, Bruchstücken von Echiniden, Bryozoen, Serpula, Wirbeln und Otolithen von Fischen, Coccolithen und ?Rhabdolithen.

Nach Behandlung mit verdünnter Salzsäure zeigten sich viele schöne, braune und grüne, zum Teil glaukonitische Steinkerne von kalkigen Organismenresten, daneben Glaukonitkörner, Quarz, Feldspat, Gesteinsbrocken, agglut. Foraminiferen und Diatomeen. Abgebildet auf Taf. IV, Fig. 1.

**Station 31.** 24. Aug. 1898. 26° 5,5' N. Br., 15° 18,0' W. L. Tiefe 489 m. (Am Außenrande des afrikanischen Festlandssockels.) Le Bl. S. 28.

Pteropoden-Schlamm, rotbraun, locker. Die feineren Bestandteile sind wahrscheinlich beim Heraufkommen des Lotes ausgewaschen worden.

CaCO<sub>3</sub> 50 Proz. Pteropodenschalen und Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Otolithen, Coccolithen, Rhabdolithen und Coccosphären.

Rückstand 50 Proz., rotbraun.

*Mineralien* 20 Proz., mittlerer Durchmesser 0,15 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Bimsstein, Glaukonit; einige Mineralbestandteile besitzen nahezu 1 mm Durchmesser.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Glaukonitische und tonige Steinkerne, Schwammnadeln, Radiolarien.

*Schlamm* 25 Proz., amorphe, tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Das Material vom Trawl stimmt mit obigem überein; es besteht aus Pteropoden-, Heteropoden- und anderen Mollusken-Schalen und deren Fragmenten, ferner aus Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenfragmenten, Tunicatenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen und Coccosphären. Ebenso sind die Mineralbestandteile und Kieselorganismen die gleichen wie oben.

**Station 32.** 25. Aug. 1898. 24° 43,4' N. Br., 17° 1,3' W. L. Tiefe 2480 m. Le Bl. S. 28.

Globigerinen-Schlamm, rötlich-weiß, ziemlich mürbe.

CaCO<sub>3</sub> 46,5 Proz. Oberflächen-Foraminiferen (*Globigerina bulloides*, *rubra*, *inflata*, *Pulvinulina Menardii*, *Micheliniana*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata* etc.), Boden-Foraminiferen (besonders *Truncatulina*), Fischotolithen, Coccolithen und Rhabdolithen.

Rückstand 53,5 Proz., rötlich-braun.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, vorwiegend gerundet. Quarz, Glimmer, Hornblende, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 47,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Mineralbruchstücken.

**Station 35.** 26. Aug. 1898.  $22^{\circ} 23,0'$  N. Br.,  $15^{\circ} 58,0'$  W. L. Tiefe 3500 m.

Globigerinen-Schlamm, wenig Substanz, mit dem Trawl gewonnen. Besteht aus Oberflächen und Boden-Foraminiferen, Coccolithen, Coccosphären, Rhabdolithen mit Glimmerblättchen und anderen Mineralteilchen, Radiolarien und Diatomeen.

Bei einzelnen Globigerinen sind die Poren durch eine schwarzbraune Substanz, wohl Mangan, verstopft.

**Station 37.** 29. Aug. 1898.  $16^{\circ} 14,1'$  N. Br.,  $22^{\circ} 38,3'$  W. L. Tiefe 1694 m. (Im Nordosten von Boavista [Cap Verden]) Le Bl. S. 28.

Probe über 70 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, grau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 60,5 Proz. Pteropodenfragmente, Oberflächenforaminiferen (*Globigerina bulloides*, *inflata*, *aequilateralis*, *sacculifera*, *rubra*, *dubia*, *Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen, kleine Gastropoden, Echinidenstacheln, Tunicatennadeln, Coccolithen, Coccosphären, Rhabdolithen.

Rückstand 39,5 Proz., dunkelbraun.

Mineralien 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, meist gerundet. Quarz, Glimmer, Hornblende, vulkanisches Glas.

Kieselorganismen 5 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

Schlamm 29,5 Proz. Amorphe tonige Substanz, mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 38.** 29. Aug. 1898.  $16^{\circ} 17,0'$  N. Br.,  $22^{\circ} 59,0'$  W. L. Tiefe 77 m. Trawl.

Grober Kalksand, bestehend aus Bruchstücken von Kalkalgen, Bryozoen, Korallen, Mollusken, Echiniden, Crustaceen, ferner aus Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Tunicatennadeln, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären, agglut. Foraminiferen, Schwammnadeln, Diatomeen.

**Station 41.** 2. Sept. 1898.  $8^{\circ} 58'$  N. Br.,  $16^{\circ} 27,9'$  W. L. Tiefe 1763 m. S. S. 15.

Globigerinen-Schlamm, graublau mit weißen Flecken, fest.

CaCO<sub>3</sub> 37 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina dubia*, *rubra*, *sacculifera*, *conglobata*, *Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Pullenia obliquiloculata*), Bodenforaminiferen (besonders *Uvigerina*, auch eine sehr große *Nodosaria*), Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen und Coccosphären.

Rückstand 63 Proz., schmutzig-graubraun.

Mineralien 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm. Gerundet und eckig. Quarz, Feldspat, Glimmer, Glaukonit, vulkanisches Glas.

Kieselorganismen 1 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Radiolarien, Diatomeen, Glaukonitsteinkerne (besonders schön von *Uvigerina*).

Schlamm 52 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 45.** 5. Sept. 1898.  $2^{\circ} 56,4'$  N. Br.,  $11^{\circ} 40,5'$  W. L. Tiefe 4990 m. Le Bl. S. 28.

Globigerinen-Schlamm, hellbraun, körnig, ziemlich mürbe.

CaCO<sub>3</sub> 50,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina conglobata*, *sacculifera*, *dubia*, *Pulvinulina Menardii* [vorherrschend], *tumida*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 49,5 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,3 mm, meist eckig. Bimsstein, vulkanisches Glas. Einzelne Bimssteinstücke über 1 mm Durchmesser.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 38,5 Proz. Amorphe tonige Substanz, mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Während vulkanische Gesteinsstücke reichlich vorhanden sind, fehlen kontinentale Mineralien gänzlich. Abgebildet auf Taf. I, Fig. 2.

**Station 47.** 7. Sept. 1898. 0° 9,5' S. Br., 8° 32' W. L. Tiefe 5695 m. Tiefste Lotung unter dem Aequator im Atlantischen Ocean. S. S. 28.

Globigerinen-Schlamm, hellgrau, körnig, ziemlich mürbe.

CaCO<sub>3</sub> 67 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii* [vorherrschend], *tumida*, *Micheliniana*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Pullenia obliquiloculata*, *Globigerina rubra*, *conglobata*, *sacculifera*, *aequilateralis*, *dubia*), Bodenforaminiferen, Fischzähne, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 33 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm. Nur 2 oder 3 Quarzkörnchen.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Radiolarien, agglut. Foraminiferen, Schwammnadeln, Diatomeen.

*Schlamm* 28 Proz. Amorphe tonige Substanz, mit winzigen Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 55.** 12. Sept. 1898. 2° 36,5' N. Br., 3° 27,5' O. L. Tiefe 3513 m. S. Br. 28. Probe 70 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, grau, körnig, fest.

CaCO<sub>3</sub> 58 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *dubia*, *rubra*, *sacculifera*, *Pullenia obliquiloculata*, *Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen.

Rückstand 42 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 4 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, meist gerundet. Quarz, Hornblende, Glimmer, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 37 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 56.** 13. Sept. 1898. 3° 10' N. Br., 5° 28,5' O. L. Tiefe 2278 m. Le Bl. Br. 28. (Auf der Höhe der Nigermündungen.)

Blauer Schlick, dunkel-blaugrau mit weißen Flecken, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 8,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen und deren Bruchstücke. Echinidenstacheln.

Rückstand 91,5 Proz., von derselben Farbe.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, gerundet und eckig. Quarz, Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas, Glimmer, Schwefelkieskügelchen.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien.

*Schlamm* 88,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 58.** 14. Sept. 1898. 3° 31' N. Br., 7° 25,6' O. L. Tiefe 710 m. (Im Südosten von den Nigermündungen.)

Blauer Schlick, dunkel-blaugrau mit weißen Flecken, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen und deren Fragmente. Echinidenstacheln.

Rückstand 95 Proz., dunkelgrau.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig und gerundet. Quarz, Glimmer, Glaukonit, Bimsstein, Schwefelkieskügelchen.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen.

*Schlamm* 92 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 67.** 30. Sept. 1898. 5° 6,2' S. Br., 9° 58,6' O. L. Tiefe 3035 m. Le Bl. Br. 28. Blauer Schlick, dunkelgrau, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 1,5 Proz. Bruchstücke von Foraminiferengehäusen.

Rückstand 98,5 Proz., dunkelgrau.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,06 mm, meist gerundet. Quarz<sup>1)</sup>.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 94,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 68.** 1. Okt. 1898. 5° 47,4' S. Br., 11° 30,8' O. L. Tiefe 214 m. (Vor der Kongomündung.) Le Bl. Br. 28.

Blauer (Koprolithen-)Schlick. Dunkel-braun-grau mit weißen Flecken, körnig, locker.

CaCO<sub>3</sub> 4,5 Proz. Bruchstücke von Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Mollusken, Fischwirbeln und Otolithen.

Rückstand 95,5 Proz., bräunlichgrau.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig. Quarz, Feldspat.

*Kieselorganismen* 50,5 Proz. Viele ovale, gerundete Körper, wahrscheinlich die Exkreme von Echinodermen. Bei einigen von ihnen läßt sich deutlich Glaukonitisierung beobachten. Sie variieren in der Länge von 0,4—0,8 mm, in der Breite von 0,2—0,6 mm.

*Schlamm* 44 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

Den wichtigsten und interessantesten Teil dieser Probe bilden die ovalen Körperchen, welche von Sir JOHN MURRAY für Exkreme von Echinodermen gehalten werden. Sie wechseln in der Färbung von grau zu braun und dunkelgrün. Sie wurden bereits von der „Challenger“-Expedition erwähnt und sind seitdem besonders durch BUCHANAN aus dem Golf von Guinea und von der Kongomündung bekannt geworden. BUCHANAN konstatierte, daß mancherorts in einer

<sup>1)</sup> Es fanden sich in dieser und in der Grundprobe No. 55 rundliche Stücke eines weißen Minerals, das für Gips angesprochen wurde. Jedoch konnte nicht entschieden werden, ob diese Stücke bereits in der frischen Probe vorhanden waren oder sich erst beim Eintrocknen bildeten.

Tiefe von 50 Faden die ganze Ablagerung aus diesen Exkrementen besteht, und gebrauchte dafür die Bezeichnung „coprolithic mud“. Diese Exkremente fanden sich bisher nur in tonigen Ablagerungen in der Nähe des Landes, besonders an der Mündung großer Ströme. Abgebildet auf Taf. V, Fig. 2.

**Station 71.** 5. Okt. 1898.  $6^{\circ} 18,7'$  S. Br.,  $12^{\circ} 2,1'$  O. L. Tiefe 44 m. (Kongomündung.)

Die Probe aus dem Trawl besteht hauptsächlich aus Individuen einer agglutinierenden, verzweigten Foraminifere (Astrorhizide?), daneben aus Serpularöhren, Echinidenbruchstücken, Mollusken und deren Fragmenten, Echinodermenfäces, Quarzsand etc.

Station unsicher, zwischen 68 und 75, aber sehr wahrscheinlich **Station 72.** 6. Okt. 1898.  $7^{\circ} 46,8'$  S. Br.,  $11^{\circ} 8,1'$  O. L. Tiefe 2338 m. Le Bl. Br. 28.

Blauer Schlick, blaugrau (stark oxydiert), fest.

CaCO<sub>3</sub> 10 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln. (Keine Coccolithen und Rhabdolithen zu bemerken.)

Rückstand 90 Proz., blaugrau.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,07 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, Schwefelkieskugeln.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, agglutinierende Foraminiferen.

*Schlamm* 88 Proz. Amorphe tonige Substanz.

**Station 75.** 10. Okt. 1898.  $16^{\circ} 24,9'$  S. Br.,  $11^{\circ} 8,9'$  O. L. Tiefe 2225 m. Le Bl. Br. 28. Probe 65 mm lang.

Blauer Schlick, graugrün mit rostigen Streifen, fest.

CaCO<sub>3</sub> 12 Proz. Echinidenstacheln, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen.

Rückstand 88 Proz., schmutzig-grünlichbraun.

*Mineralien* 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, gerundet und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Schwefelkies, Glaukonit, Turmalin, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 56 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 83.** 17. Okt. 1898.  $25^{\circ} 25,3'$  S. Br.,  $6^{\circ} 12,4'$  O. L. Tiefe 981 m. Von einer Untiefe mitten im südatlantischen Ocean. Trawl.

Pteropoden-Schlamm, leider augenscheinlich beim Heraufziehen ausgewaschen. Die Probe besteht hauptsächlich aus Pteropoden- und Heteropoden-Fragmenten, Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Micheliniana*, *canariensis*, *Orbulina universa*, *Globigerina inflata*, *bulloides*, *sacculifera*, *aequilateralis*, *dubia*, *rubra*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Pullenia obliquiloculata*), Bodenforaminiferen, kleinen Gastropoden, Ostracoden, Echinidenstacheln, Coccolithen.

**Station 85.** 18. Okt. 1898.  $26^{\circ} 49,2'$  S. Br.,  $5^{\circ} 54'$  O. L. Tiefe 5040 m. S. S. 28. Probe 60 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, tonig, fest.

CaCO<sub>3</sub> 42,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen; meist zerbrochen, Echinidenstacheln, Bruchstücke von Kalkstein, Coccolithen.

Rückstand 57,5 Proz., rotbraun.

*Mineralien* 25 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, gerundet und eckig. Vulkanische Gesteinsbrocken, zum Teil zersetzt, einige bis 4 mm im Durchmesser, Kalkstein, Feldspat, vulkanisches Glas, Palagonit, Quarz, Glaukonit. Rhomboeder von Calcit, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 31,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Auffallend ist in dieser Grundprobe der Reichtum an vulkanischem Material, daneben aber das Vorkommen von Quarz, Kalkstein und Calcitkristallen. Wahrscheinlich stammen die Mineralien zum größten Teil von einer submarinen Eruption, die aber, nach der starken Verwitterung zu urteilen, nicht ganz modern gewesen sein kann.

**Station 87.** 20. Okt. 1898. 30° 34,9' S. Br., 6° 10,2' O. L. Tiefe 5108 m. S. S. 28.

Probe 55 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, grau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 37 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen und deren Bruchstücke, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 63 Proz., rötlichbraun.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, meist gerundet. Quarz, Glimmer, Hornblende, vulkanisches Glas, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien.

*Schlamm* 57 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Auf dieser Station wurden zahlreiche Manganknollen von erheblicher Größe gedredgt, die weiter unten eine eingehende Beschreibung gefunden haben.

**Station 89.** 22. Okt. 1898. 31° 21,1' S. Br., 9° 45,9' O. L. Tiefe 5283 m. S. S. 28.

Probe 70 mm lang.

Roter Ton, rot und grün gefleckt, fest.

CaCO<sub>3</sub> 4 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen und Fragmente, Fischzähne, Coccolithen.

Rückstand 96 Proz., rotbraun.

*Mineralien* 40 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Bruchstücke von vulkanischem Glas, Palagonit, Hornblende, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln.

*Schlamm* 55 Proz. Amorphe tonige Substanz mit Bruchstücken von Mineralien.

**Station 90.** 25. Okt. 1898. 33° 20,3' S. Br., 15° 58,2' O. L. Tiefe 3202 m. S. S. 28.

Globigerinen-Schlamm, gelblichweiß, fest.

CaCO<sub>3</sub> 69 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata* [vorherrschend], *bulloides*, *dubia*, *Pulvinulina canariensis*, *Micheliniana*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccusphären.

Rückstand 31 Proz., braun.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Glimmer, Glaukonit, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 27 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 91.** 25. Okt. 1898. 33° 23,4' S. Br., 16° 19,4' O. L. Tiefe 2670 m. S. Br. 15. Globigerinen-Schlamm, hellgrau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 56 Proz. Oberflächen-Foraminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *dubia*, *Pulvinulina canariensis*, *Micheliniana*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen, Coccosphären, Rhabdolithen.

Rückstand 44 Proz., graugrün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,9 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Glaukonit, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 38 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 92.** 26. Okt. 1898. 33° 41,2' S. Br., 18° 0,3' O. L. Tiefe 178 m. (Vor Kapstadt.) Le Bl. S. 28.

Grünsand, schmutzig-grün, locker.

CaCO<sub>3</sub> 19 Proz. Boden- und Oberflächen-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Bruchstücke von Molluskenschalen, Coccolithen.

Rückstand 81 Proz., schmutzig-dunkelgrün.

*Mineralien* 50 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, meist gerundet. Einige Quarzkörner bis 2 mm Durchmesser. Quarz, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, glaukonitische Steinkerne, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 28 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Bemerkungen. Beim Einweichen der Probe zeigten sich grünliche, an der Oberfläche schwimmende Massen, die wahrscheinlich organischen Ursprunges sind. Eine Probe, die der Trawl von derselben Station heraufbrachte, besitzt dieselbe Zusammensetzung, nur enthält sie etwas weniger Schlamm; in ihr fanden sich einige wohlerhaltene *Limopsis*-Schalen.

**Station 95.** 27. Okt. 1898. 34° 51' S. Br., 19° 37,8' O. L. Tiefe 80 m. Cap Agulhas. Das Material, welches ein Dredgezug lieferte, besteht aus Molluskenschalen, Bryozoen, Korallen, Echinidenbruchstücken, Bodenforaminiferen, größeren und kleineren Geröllen etc.

**Station 97.** 27. Okt. 1898. 35° 29' S. Br., 20° 7,0' O. L. Tiefe 105 m. Le Bl. Br. 28. Grüner Schlick, graugrün, mürbe.

CaCO<sub>3</sub> 51 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Ostracoden, Mollusken- und Echinodermen-Trümmer, Coccolithen, Coccosphären.

Rückstand 49 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, meist eckig. Quarz, Feldspat, Glimmer, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 25 Proz. Schwammnadeln, Diatomeen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 19 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Kieselorganismen und Mineralien. Abgebildet auf Taf. III, Fig. 2.

**Station 99.** 28. Okt. 1898.  $34^{\circ} 7,3'$  S. Br.,  $23^{\circ} 27,8'$  O. L. Tiefe nicht bestimmt. (Plettenberg-Bucht.) Trawl.

Die Probe aus dem Trawl enthält meist abgerollte Bruchstücke von Mollusken, Echinodermen, Bryozoen, Hydrozoen und Korallen; Schwammnadeln, Quarz und Glaukonitkörner.

**Station 100.** 29. Okt. 1898.  $34^{\circ} 8,9'$  S. Br.,  $24^{\circ} 59,3'$  O. L. Tiefe nicht konstatiert. Dredge. (In der Francis-Bucht.)

Grundprobe besteht aus Mollusken, Bryozoen, Korallen, Serpula, Hydroiden, Ophiuren, Schwämmen, Tunicaten etc. Die feineren Teile enthalten Glaukonit-Steinkerne und -Körner, Quarz und andere Mineralien.

Besonders häufig sind Bryozoen, in erster Linie napfförmige Kolonien mit Borsten, in zweiter zweigförmige Kolonien.

**Station 101.** 31. Okt. 1898.  $33^{\circ} 50,5'$  S. Br.,  $25^{\circ} 48,8'$  O. L. Tiefe 40 m. Dredge oder Trawl. (Algoa-Bucht.)

Bruchstücke von Mollusken, Bryozoen, Echiniden, Korallen, Schwämmen und Hydroiden, Bodenforaminiferen; Quarz, Glaukonit und andere Mineralien.

Im Gegensatz zur vorigen Probe herrschen im größeren Teile des Materials Mollusken-, besonders Muschelschalen vor.

**Station 102.** 1. Nov. 1898.  $34^{\circ} 31,2'$  S. Br.,  $26^{\circ} 0,2'$  O. L. Tiefe 1930 m. Le Bl. S. 28.

Grünsand, schmutzig-graugrün, sandig, lose.

$\text{CaCO}_3$  26,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Molluskenschalen, Ostracoden, Echinidenschalen, Coccolithen.

Rückstand 73,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 40 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, eckig und gerundet. Quarz, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 7 Proz. Schwammnadeln, glaukonitische Steinkerne, agglut. Foraminiferen, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 26,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 104.** 2. Nov. 1898.  $35^{\circ} 16'$  S. Br.,  $22^{\circ} 26,7'$  O. L. Tiefe 155 m. Trawl. (Im Agulhas-Strom.)

Mollusken, Korallen, Bryozoen, Schwammnadeln, Wurmröhren, Bodenforaminiferen, phosphatische Konkretionen, Glaukonitkörner etc.

Das Schleppnetz brachte von dieser Station mehrere Kilogramm braun gefärbter Phosphoritknollen bis zur Größe einer Mannesfaust herauf, deren Beschreibung weiter unten erfolgt.

**Station 105.** 3. Nov. 1898.  $35^{\circ} 29,0'$  S. Br.,  $21^{\circ} 2,5'$  O. L. Tiefe 102 m. Dredge.  
(Auf der Agulhas-Bank.)

Bruchstücke von Mollusken, Bryozoen, Korallen; Früchte etc.

**Station 106.** 3. Nov. 1898.  $35^{\circ} 26,8'$  S. Br.,  $20^{\circ} 56,2'$  O. L. Tiefe nicht festgestellt.  
Trawl. (Auf der Agulhas-Bank.)

Hauptsächlich Mollusken und deren Bruchstücke, Bryozoen, Echinodermen etc. Vegetabilische Reste.

Die feineren Teile stellen einen groben Kalksand mit durchweg abgerundeten Körnern dar.

**Station 107.** 3. Nov. 1898.  $35^{\circ} 21,0'$  S. Br.,  $20^{\circ} 22,4'$  O. L. Tiefe 117 m. Austernkratzer. Auf der Agulhas-Bank.

Grüner Schlick; Boden- und pelagische Foraminiferen, Coccolithen, Schwammnadeln, Quarzkörner, Glaukonit; tonige Bestandteile weitaus überwiegend.

**Station 109.** 3. Nov. 1898.  $35^{\circ} 19,0'$  S. Br.,  $20^{\circ} 12,0'$  O. L. Tiefe 126 m. Trawl.  
(Auf der Agulhas-Bank.)

Besteht hauptsächlich aus Wurmrohren oder Foraminiferen, die sich aus Quarzsand und Glaukonit aufbauen und von anderen Foraminiferen etc. überwachsen sind. Viele agglutinierende und andere Bodenforaminiferen, einige Molluskenschalen, Reste von Echinodermen, Crustaceen, Brachiopoden; Schwammnadeln, Coccolithen etc.

**Station 110.** 4. Nov. 1898.  $35^{\circ} 9,0'$  S. Br.,  $8^{\circ} 32,8'$  O. L. Tiefe 564 m. Le Bl. Br. 28.  
Grüner Schlick, gelblichgrün mit dunklen Flecken, körnig, lose.

$\text{CaCO}_3$  36 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen.

Rückstand 64 Proz., bräunlichgrau.

*Mineralien* 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, gerundet und eckig. Glaukonitkörner, Quarz, Feldspat, Glimmer. (Die stets gerundeten Glaukonitkörner von 0,2—0,4 mm Durchmesser, die eckigen Quarz- und Feldspatstückchen von 0,08—0,2 mm.)

*Kieselorganismen* 7 Proz. Glaukonit-Steinkerne, Schwammnadeln, Radiolarien, Fragmente von Diatomeen.

*Schlamm* 27 Proz. Grünliche, amorphe Tonmassen mit winzigen Mineralbrocken.

**Station 111.** 4. Nov. 1898.  $35^{\circ} 16,2'$  S. Br.,  $18^{\circ} 26,7'$  O. L. Tiefe 1516 m. Le Bl. Schnappl. 28.

Grüner Schlick oder Globigerinen-Schlamm.

Sehr zahlreiche pelagische Foraminiferen, daneben Quarzkörner, Glaukonit, Coccolithen und Schwammnadeln. Sehr viel tonige Substanz.

**Station 112.** 4. Nov. 1898.  $35^{\circ} 32,8'$  S. Br.,  $18^{\circ} 20,1'$  O. L. Tiefe 2750 m. Le Bl. Br. 28.

Probe 75 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, grau, fest.

$\text{CaCO}_3$  53,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen, Coccosphären, Rhabdolithen.

Rückstand 46,5 Proz., schmutzig-graugrün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,09 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, glaukonitische Steinkerne.

*Schlamm* 38,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 113.** 5. Nov. 1898. 34° 33,3' S. Br., 18° 21,2' O. L. Tiefe 318 m. (Kap der guten Hoffnung.) Trawl und Austerndredge.

Grünsand. Pelagische und Boden-Foraminiferen, Bruchstücke von Echinodermen, Bryozoen, Korallen, Hydrozoen; Coccolithen, Schwammnadeln. Quarzkörner, zum Teil von erheblicher Größe, Glaukonit. Wenig tonige Substanz. Abgebildet auf Taf. IV, Fig. 2.

**Station 114.** 5. Nov. 1898. 44° 20' S. Br., 18° 36,0' O. L. Tiefe 70 m. (Simons-Bucht.) Austerndredge und Trawl.

Grünsand, augenscheinlich stark ausgewaschen. Besteht aus stark abgerollten Bruchstücken von Bryozoen, Mollusken, Echinodermen, Foraminiferen und Hydrozoen; Schwammnadeln; Sandkörner, Glaukonit. Keine tonige Substanz.

**Station 115.** 14. Nov. 1898. 36° 23,4' S. Br., 17° 38,1' O. L. Tiefe 4170 m. Le Bl. Br. 28.

Globigerinen-Schlamm, gelblich-braun, fest.

CaCO<sub>3</sub> 39,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, vorherrschend, *bulloides*, *dubia*, *Pulvinulina Menardii* [klein], *Micheliniana* [klein]), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, große Coccolithen, Fischzähne.

Rückstand 60,5 Proz., rotbraun.

*Mineralien* 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Quarz, vulkanisches Glas, Feldspat, Glaukonit, Hornblende. Gesteinsbrocken, welche einen Durchmesser von 3 mm erreichen. Mangankonkretionen bis 7 mm Durchmesser.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, agglutinierende Foraminiferen, Diatomeen.

*Schlamm* 29,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien.

**Station 117.** 15. Nov. 1898. 37° 31,2' S. Br., 17° 1,6' O. L. Tiefe 4953 m. S. Br. 28. Globigerinen-Schlamm, rötlich-grau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 44 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *dubia*, *Pulvinulina Micheliniana* [klein], *Menardii* [klein], *tumida*, *canariensis*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 56 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 7 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,18 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Gesteinsbrocken (Sandstein etc., einige bis 1 mm Durchmesser), Glaukonit, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen, sandige Foraminiferen.

*Schlamm* 45 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 119.** 17. Nov. 1898.  $41^{\circ} 5,0'$  S. Br.,  $14^{\circ} 51,6'$  O. L. Tiefe 5230 m. S. S. 28.  
Der obere Teil der Probe ist auffallend von dem unteren verschieden, weswegen beide getrennt untersucht wurden.

Oberer Teil:

Globigerinen-Schlamm, gelblich, fest.

$\text{CaCO}_3$  42,5 Proz. Oberflächen-Foraminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *dubia*, *Pulvinulina canariensis*), Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 57,5 Proz., rötlich-braun.

Mineralien 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,25 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, vulkanisches Glas, Mangankörner, Gesteinsfragmente bis 4 mm Durchmesser.

Kieselorganismen 1 Proz. Schwammnadeln, Diatomeen.

Schlamm 26,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Die Mineralien weisen hier zum ersten Male deutlich auf Transport durch Eisberge hin.

Unterer Teil:

Roter Ton, grau mit einem Stich ins Grünliche, sehr fest.

$\text{CaCO}_3$  10 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 90 Proz., graugrün.

Mineralien 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, vulkanisches Glas, eisenhaltige Konkretionen.

Kieselorganismen 5 Proz. Schwammnadeln, glaukonitische Steinkerne, Diatomeen, Radiolarien.

Schlamm 75 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Bemerkungen. Der obere Teil der Probe ist ein Globigerinen-Schlamm, der reich an groben Gesteinsfragmenten und Mineralien ist. Der untere ist ein feiner Ton mit geringem Kalk- und Mineralgehalt. Hingegen enthält der untere Teil erheblich mehr Kieselorganismen, besonders Diatomeen.

**Station 120.** 18. Nov. 1898.  $42^{\circ} 17,7'$  S. Br.,  $14^{\circ} 1'$  O. L. Tiefe 4594 m. S. S. 28.  
Probe 75 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, rötlich-grau, fest.

$\text{CaCO}_3$  64,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *dubia*, *Pulvinulina Micheliniana* [klein], *canariensis*), Bodenforaminiferen, Echinodermenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 35,5 Proz., rotbraun.

Mineralien 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, vulkanisches Glas, Glaukonit.

Kieselorganismen 12 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

Schlamm 21,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 121.** 19. Nov. 1898.  $43^{\circ} 51,7'$  S. Br.,  $13^{\circ} 6,4'$  O. L. Tiefe 5417 m. S. S. 28.  
Probe 80 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, schmutzig-grau, fest, an der Grenze zum Globigerinen-Schlamm.

CaCO<sub>3</sub> 24 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *Pulvinulina canariensis*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 76 Proz., rötlich-braun.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,07 mm, eckig. Quarz, Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 40 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 34 Proz. Amorphe tonige Substanz mit sehr viel Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 122.** 20. Nov. 1898. 46° 2,1' S. Br., 11° 34,7' O. L. Tiefe 4788 m. S. S. 28.

Probe 55 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, gelblich-grau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 58,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *Pulvinulina canariensis*, *Micheliniana*) Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 41,5 Proz., hellbraun.

*Mineralien* 3 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,18 mm, meist eckig. Quarz, einige Körner bis 0,4 mm, Feldspat, vulkanisches Glas, Gesteinsfragmente bis 4 mm Durchmesser.

*Kieselorganismen* 15 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 23,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 123.** 22. Nov. 1898. 49° 7,5' S. Br., 8° 40,7' O. L. Tiefe 4418 m. S. S. 28.

Radiolarien-Schlamm (Uebergang zu Diatomeenschlamm und vulkanischem Schlamm) hellgrau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 2,75 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, beide klein), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln.

Rückstand 97,25 Proz., hellgrau.

*Mineralien* 50 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,2 mm, meist eckig. Vulkanisches Glas und Gesteinsfragmente, einige bis 9 mm, Feldspat, Quarz, Hornblende, Glimmer.

*Kieselorganismen* 40 Proz. Radiolarien, Diatomeen, sandige Foraminiferen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 7,25 Proz., besteht hauptsächlich aus feinsten Gesteinssplintern und Bruchstücken von Kieselorganismen.

Bemerkung. Diese Grundprobe könnte mit dem gleichen Rechte ein vulkanischer Schlamm oder Diatomeen-Schlamm genannt werden. Die auffallendste Erscheinung ist jedoch die große Häufigkeit vorwiegend kugeliger, auffallend großer Radiolarien, nach denen die Probe ihren Namen erhielt. Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Prof. HAECKER in Stuttgart handelt es sich hauptsächlich um die Spumellarien-Gattungen *Cenosphaera*, *Heliosphaera*, *Heliodiscus* und *Actinomma*. Daneben kommen die Spumellarien-Gattungen *Caryosphaera*, *Amphisphaera*, *Heliomma* und die Nassellarien-Gattungen *Pentaspuris*, *Dictyocephalus*, *Cornutella* und *Dictyophinus* vor. (Abgebildet auf Taf. III, Fig. 1.)

**Station 125.** 27. Nov. 1898. 53° 30,8' S. Br., 6° 14,0' O. L. Tiefe 2268 m. S. Br. 28.

Probe 60 mm lang.

Vulkanischer Schlick, mit viel Diatomeen und Radiolarien, grau, körnig, fest. Der obere Teil der Probe erscheint dunkler und körniger, der untere heller und flockiger.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 60 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,3 mm, eckig. Bruchstücke von Bimsstein und anderen vulkanischen Gesteinen, einige von ihnen von 3—4 mm Durchmesser, Quarz, Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende, Augit etc.

*Kieselorganismen* 20 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 20 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 126.** 25. Nov. 1898.  $54^{\circ} 22,3'$  S. Br.,  $4^{\circ} 37,2'$  O. L. Tiefe 3458 m. S. Br. 28. Probe 60 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, hellgrau, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 40 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,4 mm, meist eckig. Bimsstein, vulkanisches Glas und Gesteinsfragmente, einige bis 2,5 mm Durchmesser, Quarz, Feldspat, Augit, Hornblende.

*Kieselorganismen* 50 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Ton-Steinkerne von pelagischen Foraminiferen.

*Schlamm* 10 Proz. Meist Bruchstücke von Diatomeen.

**Station 127.** 25. Nov. 1898.  $54^{\circ} 29,3'$  S. Br.,  $3^{\circ} 43,0'$  O. L. Tiefe 567 m. S. Br. 28. Vulkanischer Sand, schmutzig-grau, lose.

$\text{CaCO}_3$  1 Proz., wenig Oberflächen- und Boden-Foraminiferen.

Rückstand 99 Proz., dunkelgrau.

*Mineralien* 70 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,2 mm, meist eckig. Bruchstücke von vulkanischen Gläsern und Gesteinen, die größten über 1 mm im Durchmesser; Quarz, Feldspat, Hornblende.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 25 Proz. Meist winzige Bruchstücke von Mineralien, sehr wenig tonige Substanz.

**Station 129.** 27. Nov. 1898.  $53^{\circ} 49,3'$  S. Br.,  $3^{\circ} 57'$  O. L. Tiefe 1849 m. S. Br. 28. Diatomeen-Schlamm, hellgrau, lose.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,3 mm, meist eckig. Bruchstücke von vulkanischen Gläsern und Gesteinen, bis 2 mm Durchmesser. Quarz, Hornblende, Feldspat.

*Kieselorganismen* 60 Proz. Diatomeen, Radiolarien.

*Schlamm* 10 Proz. Meist Bruchstücke von Diatomeen.

**Station 130.** 27. Nov. 1898.  $53^{\circ} 51,5'$  S. Br.,  $4^{\circ} 6,0'$  O. L. Tiefe 2321 m. S. Br. 28. Diatomeen-Schlamm, weißlich, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, meist eckig. Feldspat, Quarz, Bruchstücke von vulkanischen Gläsern und Gesteinen.

*Kieselorganismen* 80 Proz. Diatomeen, Radiolarien.

*Schlamm* 18 Proz. Meist Diatomeen-Bruchstücke.  
Außerordentlich reiner Diatomeenschlamm.

**Station 131.** 28. Nov. 1898.  $54^{\circ} 28,7'$  S. Br.,  $3^{\circ} 30'$  O. L. Tiefe 457 m. Dicht unter der Ostseite der Bouvet-Insel. Trawl.

Vulkanischer Sand, bestehend aus Bruchstücken eines schwarzen, vulkanischen Gesteins, meist 1—3 mm im Durchmesser, einigen Bruchstücken von Molluskenschalen, Wurmröhren und Bodenforaminiferen. Die feineren Bestandteile enthalten viele Diatomeen und Schwammnadeln, Körner von Feldspat, Quarz, vulkanisches Glas etc.

**Station 132.** 29. Nov. 1898.  $55^{\circ} 20,5'$  S. Br.,  $5^{\circ} 15,8'$  O. L. Tiefe 3080 m. S. S. 28. Probe 50 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, hellgrau, flockig.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 3 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, meist eckig. Quarz, Feldspat, Bruchstücke von vulkanischen Gläsern und Gesteinen, das größte etwa 0,7 mm, Hornblende.

*Kieselorganismen* 80 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 17 Proz. Meist Bruchstücke von Diatomeen, sehr wenig tonige Substanz.

**Station 133.** 30. Nov. 1898.  $56^{\circ} 29,8'$  S. Br.,  $7^{\circ} 25,4'$  O. L. Tiefe 5044 m. S. S. 28. Probe 65 mm lang.

Vulkanischer Schlamm, hellgrau, fest.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 40 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,18 mm, meist eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser und Gesteinsfragmente, einige bis 3 mm Durchmesser, Feldspat, Quarz, Hornblende, Augit.

*Kieselorganismen* 15 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 45 Proz. Meistenteils winzige Bruchstücke von Mineralien, und amorphe tonige Substanz.

Das Vorkommen von vulkanischem Schlamm in derartiger Tiefe und mitten im Gebiet des Diatomeen-Schlammes ist sehr auffallend. Es muß auf einen untermeerischen Ausbruch oder auf die Nachbarschaft einer bisher unbekanntes vulkanischen Insel zurückgeführt werden.

**Station 134.** 1. Dez. 1898.  $56^{\circ} 15,9'$  S. Br.,  $10^{\circ} 53,4'$  O. L. Tiefe 5519 m. S. S. 28. Probe 75 mm lang.

Diatomeen-Schlamm.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 3 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig. Vulkanisches Glas und Gesteinsbruchstücke, Quarz, Feldspat etc.

*Kieselorganismen* 80 Proz. Diatomeen, Radiolarien, agglut. Foraminiferen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 17 Proz. Meist Bruchstücke von Diatomeen.

**Station 135.** 2. Dez. 1898.  $56^{\circ} 30,1'$  S. Br.,  $14^{\circ} 29,2'$  O. L. Tiefe 5093 m. S. S. 28. Probe 120 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, hellgrau, fest.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, meist eckig. Bimsstein und andere vulkanische Glas- und Gesteinsbruchstücke, einige über 1 mm im Durchmesser, Quarz, Feldspat, Hornblende.

*Kieselorganismen* 80 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 15 Proz. Meist Diatomeenbruchstücke.

**Station 138.** 4. Dez. 1898. 55° 26,2' S. Br., 18° 1,8' O. L. Tiefe 4090 m. Le Bl. Br. 28.

Diatomeen-Schlamm, gelblich, lose.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm. Quarz (Körner bis zu 0,5 mm) Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 85 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 14 Proz. Meist Diatomeenfragmente,

**Station 140.** 5. Dez. 1898. 54° 54,2' S. Br., 22° 13,2' O. L. Tiefe 4036 m. Le Bl. Br. 28.

Probe 60 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, gelblich, mürbe.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 20 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,2 mm. Bruchstücke von Bimsstein und anderen vulkanischen und klastischen Gesteinen, einige bis 5 mm Durchmesser, Quarz, Feldspat, Hornblende etc.

*Kieselorganismen* 70 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 10 Proz. Hauptsächlich Bruchstücke von Diatomeen. Abgebildet auf Taf. VI, Fig. 2.

**Station 141.** 6. Dez. 1898. 54° 46,0' S. Br., 26° 39,9' O. L. Tiefe 4605 m. S. Br. 28. Vulkanischer Schlamm, hellgrau, körnig, fest. Probe getrennt in einen oberen Teil von 80 und einen unteren Teil von 100 mm Länge. Die Untersuchung ergab keinen Unterschied zwischen beiden, außer daß der Gehalt an Mangankörnern in der oberen Probe größer war als in der unteren.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 50 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,8 mm, meist eckig. Bimsstein, Bruchstücke von vulkanischem Glas und vulkanischen Gesteinen, einige bis 5 mm im Durchmesser, Quarz, Feldspat, Hornblende, Augit, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 25 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 25 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Diese und die nächste Probe lassen auf einen submarinen Ausbruch schließen.

**Station 142.** 7. Dez. 1898. 55° 27,1' S. Br., 28° 58,8' O. L. Tiefe 5532 m. S. S. 28. Vulkanischer Schlamm, grau, fest. Das Material war in einen oberen Teil von 50 mm und einen unteren Teil von 80 mm geteilt. Beide Proben waren ident, nur enthielt die obere etwas reichlicher Mangankörner.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 60 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,4 mm, meist eckig. Bruchstücke von Bimsstein und anderen vulkanischen Gesteinen, die größten bis 4 mm im Durchmesser, Quarz, Feldspat, Glimmer, Magneteisen, Hornblende, Mangankörner bis 10 mm Durchmesser.

*Kieselorganismen* 30 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 10 Proz. Hauptsächlich Bruchstücke von Mineralien und Diatomeen, sehr wenig tonige Substanz.

**Station 144.** 9. Dez. 1898. 58° 5,4' S. Br., 35° 53,7' O. L. Tiefe 5733 mm. S. S. 28. Probe 75 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, gelblich, mürbe.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, meist eckig. Quarz (ein Korn 3 mm Durchmesser), Feldspat, vulkanisches Glas und Gesteinsbruchstücke, Hornblende.

*Kieselorganismen* 85 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 10 Proz. Meist Bruchstücke von Diatomeen.

**Station 146.** 11. Dez. 1898. 58° 52,6' S. Br., 43° 0,7' O. L. Tiefe 5422 m. S. S. 28. Probe 70 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, hellgrau, mürbe.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, meist eckig. Quarz (ein Korn 1 mm im Durchmesser), Feldspat, Bruchstücke von vulkanischem Glas.

*Kieselorganismen* 90 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 9 Proz. Meist Bruchstücke von Kieselorganismen, sehr wenig tonige Substanz.

**Station 147.** 12. Dez. 1898. 59° 1,2' S. Br., 47° 38,3' O. L. Tiefe 5508 m. S. Br. 28. Probe 60 mm lang.

Diatomeen-Schlamm, hellgrau, mit dem vorigen genau übereinstimmend.

**Station 149.** 15. Dez. 1898. 62° 26,6' S. Br., 53° 21,6' O. L. Tiefe 5175 m. S. S. 28. Probe 70 mm lang.

Der obere Teil der Probe gelblich und mürbe, der untere dunkler, tonig und fest.

Oberer Teil: Diatomeen-Schlamm.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 1 Proz., eckig und rund. Quarz, Feldspat, Hornblende, vulkanische Fragmente, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 70 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 29 Proz., meist Bruchstücke von Diatomeen.

Unterer Teil: Blauer Schlick.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 2 Proz., mittlerer Durchmesser 0,12 mm, eckig und rund, Quarz (Körner bis 1 mm Durchmesser), Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 30 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 68 Proz., meist amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Kieselorganismen und Mineralien.

**Station 150.** 16. Dez. 1898.  $64^{\circ} 9,1'$  S. Br.,  $53^{\circ} 11,7'$  O. L. Tiefe 4647 m. (Südlichster Punkt, welchen die „Valdivia“ erreichte, 104 Seemeilen von der Position von Enderbyland.) S. S. 28.

Probe 150 mm lang.

Blauer Schlick, bräunlich-grau, fest.

Der untere Teil der Probe etwas kompakter und auch dunkler gefärbt.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 60 Proz., Durchmesser 0,07 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, vulkanisches Glas, Gesteinsfragmente bis zu 3 mm Durchmesser.

*Kieselorganismen* 10 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 30 Proz., amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 152.** 17. Dez. 1898.  $63^{\circ} 16,5'$  S. Br.,  $57^{\circ} 51'$  O. L. Tiefe 4636 m. S. S. 28.

Probe 100 mm lang.

Blauer Schlick, grau mit helleren und dunkleren Flecken, fest.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 5 Proz., mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig und rund. Quarz, die größten Körner 0,6 mm Durchmesser, Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende.

*Kieselorganismen* 20 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen (*Cyclammmina* und *Reophax*).

*Schlamm* 75 Proz., meist amorphe tonige Substanz.

Auf dieser Station brachte der Trawl eine Anzahl von Gesteinsstücken herauf, welche als Granite, Gneise, Tonschiefer von altsedimentärem Charakter und rote Sandsteine erkannt wurden. Vergl. die Beschreibung von ZIRKEL und REINISCH.

**Station 154.** 19. Dez. 1898.  $61^{\circ} 45,2'$  S. Br.,  $61^{\circ} 15,9'$  O. L. Tiefe 3548 m. S. S. 28.

Das Material war getrennt in einen oberen und unteren Teil, die in Aussehen und Zusammensetzung voneinander abweichen.

Oberer Teil: Globigerinen-Schlamm, rosa mit dunkleren Flecken, lose.

$\text{CaCO}_3$  65 Proz. Oberflächen-Foraminiferen (*Globigerina Dutertrei*, *pachyderma*), Bodenforaminiferen (*Biloculina*, *Cassidulina*, *Rotalia*, *Truncatulina*), Echinidenstacheln.

Rückstand 35 Proz., hellbraun.

*Mineralien* 25 Proz., mittlerer Durchmesser 1 mm, meist eckig. Quarz, meist mit einer mehr oder weniger dicken Mangankruste, Feldspat, oft in Zersetzung, Hornblende, Glimmer, vulkanisches Glas. Die größten Körner (Quarz) bis 5 mm im Durchmesser.

*Kieselorganismen* 9 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 1 Proz., sehr wenig tonige Substanz. Abgebildet auf Taf. II, Fig. 2.

Unterer Teil: Globigerinen-Schlamm, dunkler als der obere, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  47,5 Proz. Dieselbe Zusammensetzung wie oben.

Rückstand 52,5 Proz., braun.

*Mineralien* 30 Proz., mittlerer Durchmesser 0,7 mm. Dieselbe Zusammensetzung wie oben. Die größten Körner bis 3 mm.

*Kieselorganismen* 9 Proz., wie oben.

*Schlamm* 18,5 Proz., meist amorphe tonige Substanz.

Das isolierte Auftreten eines kalkreichen Globigerinen-Schlammes mitten zwischen kalkfreien blauen Schlickern und Diatomeenschlammern ist äußerst merkwürdig.

**Station 155.** 21. Dez. 1898. 58° 55,1' S. Br., 64° 49,1' O. L. Tiefe 4622 mm. S. S. 28. Zwei Proben, die obere 50 mm, die andere 85 mm lang.

Oberer Teil: Diatomeen-Schlamm mit zahlreichen Radiolarien, gelblich-weiß, fest.  $\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 20 Proz., mittlerer Durchmesser 0,2 mm, meist eckiger Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, vulkanisches Glas etc. Einige Gesteinsbruchstücke haben einen Durchmesser von 2 mm.

*Kieselorganismen* 60 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 20 Proz., amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Unterer Teil: Diatomeen-Schlamm.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 12 Proz., mittlerer Durchmesser 0,12 mm, sonst wie oben.

*Kieselorganismen* 60 Proz., wie oben.

*Schlamm* 28 Proz., wie oben.

Oberer und unterer Teil der Probe unterscheiden sich nur dadurch, daß im oberen größere Mineralbestandteile enthalten sind, als im unteren.

**Station 158.** 24. Dez. 1898. 52° 47,5' S. Br., 69° 13' O. L. Tiefe 3923 m. S. S. 28. Diatomeen-Schlamm, weiß, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  9,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina pachyderma*), Bodenforaminiferen (*Pullenia sphaeroides*).

Rückstand 90,5 Proz., bräunlich-grau.

*Mineralien* 3 Proz., mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig. Bimsstein, Feldspat, Augit.

*Kieselorganismen* 70 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 17,5 Proz., meist Bruchstücke von Diatomeen.

**Station 159.** 24. Dez. 1898. 51° 49,7' S. Br., 69° 48,1' O. L. Tiefe 2015 m. (Nahe an dem Flachlandsrücken zwischen Kerguelen und Heard Island.) S. S. 28.

Diatomeen-Schlamm, weiß, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  9 Proz., Oberflächen- und Boden-Foraminiferen und deren Bruchstücke.

Rückstand 91 Proz., schmutzig-weiß.

*Mineralien* 2 Proz., mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig, Bimsstein und andere vulkanische Produkte.

*Kieselorganismen* 80 Proz., Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 9 Proz., hauptsächlich Bruchstücke von Kieselorganismen.

**Station 160.** 25.—28. Dez. 1898. „Gazelle“-Bassin, Kerguelen. Tiefe nicht gemessen. Vulkanischer Sand, zusammengesetzt aus Bruchstücken von Bimsstein (1—3 mm im Durchmesser, das größte 16 mm) und anderen vulkanischen Gesteinen, Molluskenschalen, Wurmröhren, Schwämmen, Echiniden- und Holothurien-Fragmenten, *Serolis* und anderen Krebsen, Zweigen und Blättern mit vielen Diatomeen und Schwammnadeln.

**Station 161.** 29. Dez. 1898.  $48^{\circ} 57,8'$  S. Br.,  $70^{\circ} 0,6'$  O. L. Tiefe 88 m. Auf der Bank im Osten von Kerguelen. Trawl.

Vulkanischer Schlick, zusammengesetzt aus Bimsstein und anderen vulkanischen Gesteinen, Feldspat, Diatomeen und Schwammnadeln, Echinidenfragmenten etc.

**Station 162.** 1. Jan. 1899.  $43^{\circ} 44,4'$  S. Br.,  $75^{\circ} 33,7'$  O. L. Tiefe 3434 m. S. S. 28. Globigerinen-Schlamm, zwei Proben, etikettiert oben und unten, aber augenscheinlich homogen, zusammen 160 mm lang, grau, körnig, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  70 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *dubia*, *Dutertrei*, *Pulvinulina Micheliniana*, *canariensis*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 30 Proz., schmutzig-braun.

*Mineralien* 4 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm. Bruchstücke von Bimsstein und anderen vulkanischen Gläsern, Feldspat, Quarz, Hornblende.

*Kieselorganismen* 6 Proz. Diatomeen, Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 20 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen. Abgebildet auf Taf. II, Fig. 1.

**Station 163.** 2. Jan. 1899.  $41^{\circ} 5,8'$  S. Br.,  $76^{\circ} 23,5'$  O. L. Tiefe 3295 m. S. S. 28. Probe 70 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, weiß, körnig, mürbe.

$\text{CaCO}_3$  81,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina bulloides*, *inflata*, *dubia*, *Pulvinulina Micheliniana*, *canariensis*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Ostracoden, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 18,5 Proz., rotbraun.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig. Vulkanisches Glas, Feldspat, Quarz, Augit. Die größten Bruchstücke von vulkanischem Glas bis 0,4 mm Länge.

*Kieselorganismen* 7 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 10,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 165.** 4. Jan. 1899.  $38^{\circ} 40,0'$  S. Br.,  $77^{\circ} 38,6'$  O. L. Tiefe 672 m. Trawl. (4,3 Sm. im Osten von St. Paul.)

Vulkanischer Schlamm, äußerst feinkörniger, schwarzer Schlamm, erfüllt von Diatomeen und Schwammnadeln. Starker Geruch nach Schwefelwasserstoff.

**Station 168.** 5. Jan. 1899.  $36^{\circ} 14,3'$  S. Br.,  $78^{\circ} 45,5'$  O. L. Tiefe 2414 m. S. Br. 15. Probe 130 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, grau, körnig, fest.

CaCO<sub>3</sub> 76,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina canariensis*, *Micheliniana*, *Globigerina inflata*, *bulloides*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 23,5 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Feldspat, Quarz, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 17,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 170.** 7. Jan. 1899. 32° 53,9' S. Br., 83° 1,6' O. L. Tiefe 3548. S. S. 28. Kleine Menge von Globigerinen-Schlamm, die mit dem Trawl heraufkam. Identisch mit der Probe von Station 172.

**Station 172.** 9. Jan. 1899. 30° 6,7' S. Br., 87° 50,4' O. L. - Tiefe 2068 m. S. S. 28. Probe 50 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, hellgrau, körnig, mürbe.

CaCO<sub>3</sub> 81,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina canariensis*, *Micheliniana*, *Globigerina bulloides*, *conglobata*, *inflata*, *aequilateralis*, *rubra*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Orbulina universa*, *Candeina nitida*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 18,5 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,06 mm, eckig und rund. Vulkanisches Glas, Feldspat, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 14,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 173.** 10. Jan. 1899. 29° 6,2' S. Br., 89° 39' O. L. Tiefe 3765 m. S. Schnapplot 28.

Globigerinen-Schlamm, sehr wenig Substanz, etikettiert „Station 173 8/IV“, übereinstimmend mit Probe von Station 172.

**Station 175.** 12. Jan. 1899. 26° 3,6' S. Br., 93° 43,7' O. L. Tiefe 4709 m. S. S. 28. Probe 45 mm lang.

Roter Ton, schokoladenbraun, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 3 Proz. Fischzähne, Bruchstücke von Bodenforaminiferen.

Rückstand 97 Proz., schokoladenbraun.

*Mineralien* 8 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Vulkanisches Glas, Mangankörner, Feldspat, Hornblende.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln.

*Schlamm* 88 Proz. Meist amorphe tonige Substanz mit winzigen Mangankörnern.

**Station 176.** 13. Jan. 1899. 24° 0,3' S. Br., 95° 7,7' O. L. Tiefe 5364 m. S. S. 28. Probe 50 mm lang.

Roter Ton, schokoladenbraun, sehr hart.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 4 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Feldspat, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln.

*Schlamm* 95 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen kleinen Mangankörnern und winzigen Mineralbrocken.

**Station 177.** 14. Jan. 1899. 21° 14,2' S. Br., 96° 9,6' O. L. Tiefe 5033 m. S. S. 28.

Roter Ton, schokoladenbraun, sehr hart.

CaCO<sub>3</sub> 2 Proz. Bruchstücke von Fischzähnen.

Rückstand 98 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,13 mm, eckig und rund. Mangankörner, Feldspat, vulkanisches Glas, Phillipsit, Quarz, Glimmer.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien.

*Schlamm* 92 Proz. Zumeist amorphe tonige Substanz.

**Station 178.** 15. Jan. 1899. 18° 17,6' S. Br., 96° 19,8' O. L. Tiefe 5911 m. S. S. 28.

Roter Ton, hellbraun, körnig.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, eckig. Vulkanisches Glas, Bimsstein, Feldspat, Mangankörner, Hornblende, Glimmer, Quarz.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen.

*Schlamm* 85 Proz. Amorphe tonige Substanz mit zahlreichen Splittern von vulkanischem Glas und Mangankörnern.

**Station 179.** 16. Jan. 1899. 15° 8,1' S. Br., 96° 20,3' O. L. Tiefe 5834 m. S. S. 28.

Probe 65 mm lang.

Roter Ton, der obere Teil der Probe hellbraun und locker, der untere dunkelbraun und fester.

CaCO<sub>3</sub> —.

Oberer Teil:

*Mineralien* 15 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Feldspat, Mangankörner, Phillipsit, Quarz, Glimmer.

*Kieselorganismen* 10 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen.

*Schlamm* 75 Proz. Amorphe tonige Substanz mit Splittern von vulkanischem Glas.

Unterer Teil:

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Mangankörner, Augit, Quarz.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Diatomeen.

*Schlamm* 94 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 181.** 17. Jan. 1899. 12° 6,8' S. Br., 96° 44,4' O. L. Tiefe 2154 m. (3,8 Sm Abstand von den Cocos-Inseln.) S. S. 28.

Probe 120 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, weiß, körnig, mürbe.

CaCO<sub>3</sub> 75 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *canariensis*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Pullenia obliquiloculata*, *Globigerina bulloides*, *conglobata*, *sacculifera*, *aequilateralis*, *digitata*, *rubra*, *Orbulina universa*, *Candeina nitida*), Bodenforaminiferen, Pteropoden, Echinidenstacheln und Schalenfragmente, Molluskenfragmente, Fischotolithen, Bruchstücke von Korallen, Tunicatennadeln, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 25 Proz., dunkelbraun, flockig.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,06 mm. Nur einige Bruchstücke von vulkanischem Glas.

*Kieselorganismen* 8 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 16 Proz. Amorphe tonige Substanz.

**Station 183.** 19. Jan. 1899. 8° 14' S. Br., 98° 21,6' O. L. Tiefe 5248 m. S. S. 28.

Probe 80 mm lang.

Radiolarien-Schlamm, gelblich-weiß, locker.

CaCO<sub>3</sub> 6 Proz. Bruchstücke von Oberflächenforaminiferen, Coccolithen.

Rückstand 94 Proz., hellbraun.

*Mineralien* 50 Proz. Durchmesser 0,15 mm, eckig. Bimsstein, Augit, Feldspat, Glimmer.

*Kieselorganismen* 15 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 29 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Bimsstein und Kieselorganismen.

Die Probe war äußerst reich an Bimssteinfetzen, die wohl von dem Ausbruch des Krakatoa herrühren.

**Station 184.** 20. Jan. 1899. 6° 54,1' S. Br., 99° 27,5' O. L. Tiefe 4883 m. S. Br. 15 + 15.

Probe 50 mm lang.

Roter Ton, schmutzig-hellbraun, körnig, fest.

CaCO<sub>3</sub> —.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, eckig und rund. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Mangankörner, Feldspat.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 88 Proz. Meist tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von vulkanischem Glas.

**Station 185.** 21. Jan. 1899. 3° 41,3' S. Br., 100° 59,5' O. L. Tiefe 614 m. S. Br. 15 + 15.

Probe 55 mm lang.

Blauer Schlick, graugrün, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 14 Proz., Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Pullenia obliquiloculata*, *Globigerina bulloides*, *aequilateralis*, *conglobata*, *dubia*, *rubra*, *inflata*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, einige Pteropodenbruchstücke.

Rückstand 86 Proz., schmutzig-grün

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende, Magneteisen, (Glaukonit?).

*Kieselorganismen* 2 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln.

*Schlamm* 74 Proz. Meist tonige Substanz mit winzigen Mineralbrocken.

**Station 186.** 21. Jan. 1899.  $3^{\circ} 22,1'$  S. Br.,  $101^{\circ} 11,5'$  O. L. Tiefe 903 mm. S. S. 28. Korallenschlick.

$\text{CaCO}_3$  60 Proz. Pteropoden und deren Bruchstücke, Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *Globigerina conglobata*, *bulloides*, *inflata*, *sacculifera*, *aequilateralis*, *Orbulina universa*, *Hastigerina*, *Sphaeroidina dehiscens*), viele Arten von Bodenforaminiferen (*Biloculina*, *Rotalia*, *Lagena*, *Chilostomella*, *Rupertia*, *Truncatulina*), Echiniden-Stacheln und -Gehäusefragmente, Ostracoden, Alcyonarienstacheln, Molluskentrümmer, Korallen, Bryozoen, Otolithen, Tunnicatenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 40 Proz., dunkel schmutzig-grün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Magneteisen, Glimmer.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen, agglut. Foraminiferen, Glaukonit-Steinkerne.

*Schlamm* 30 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 187.** 22. Jan. 1899.  $2^{\circ} 11,8'$  S. Br.,  $100^{\circ} 27,1'$  O. L. Tiefe 1671 m. (Im Binnenmeer von Westsumatra.) S. S. 28.

Probe 75 mm lang.

Vulkanischer Schlick, grau-grün, fest.

$\text{CaCO}_3$  14,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina bulloides*, *aequilateralis*, *conglobata*, *sacculifera*, *rubra*, *dubia*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Pteropodenbruchstücke, Coccolithen.

Rückstand 85,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 45 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,2 mm, meist eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Feldspat, Quarz, Hornblende.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 35,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 189.** 30. Jan. 1899.  $0^{\circ} 57,5'$  S. Br.,  $99^{\circ} 51,1'$  O. L. Tiefe 708 m. (Im Binnenmeer von Westsumatra.) S. S. 28.

Probe 50 mm lang.

Blauer Schlick, graugrün, fest.

$\text{CaCO}_3$  20,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Globigerina aequilateralis*, *bulloides*, *conglobata*, *dubia*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen, Coccolithen.

Rückstand 79,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, eckig und rund. Feldspat, Quarz, Augit, Hornblende, vulkanisches Glas, Magneteisen, Schwefelkieskugeln (Glaukonit und Kalkspatkristalle?).

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, agglut. Foraminiferen, Diatomeen.  
*Schlamm* 72,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 190.** 30. Jan. 1899.  $0^{\circ} 58,2'$  S. Br.,  $99^{\circ} 43,2'$  O. L. Tiefe 1280 m. (Im Binnenmeer von Westsumatra.) S. Br. 15.

Probe 100 mm lang.

Vulkanischer Schlick, graugrün, fest.

CaCO<sub>3</sub> 19,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Micheliniana*, *Globigerina bulloides*, *conglobata*, *inflata*, *aequilateralis*, *dubia*, *sacculifera*, *Pullenia obliquiloculata*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Fischotolithen, zertrümmerte Molluskenschalen, Pteropoden, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 80,5 Proz., graugrün.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, meist eckig. Feldspat, Augit, Glimmer, vulkanisches Glas, Magneteisen, Schwefelkies. Augit sehr häufig in intakten Kristallen.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien.

*Schlamm* 69,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien.

**Station 191.** 31. Jan. 1899.  $0^{\circ} 39,2'$  S. Br.,  $98^{\circ} 52,3'$  O. L. Tiefe 750 m. S. Br. 15.  
 Korallen-Schlick (oder Pteropodenschlamm), graugrün, fest.

Probe 60 mm lang.

CaCO<sub>3</sub> 47,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Globigerina bulloides*, *aequilateralis*, *inflata*, *rubra*, *conglobata*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Pteropoden, zertrümmerte Molluskenschalen, Stacheln von Alcyonarien, Holothurien und Tunicaten, Korallenfragmente, Echinidenstacheln, Bruchstücke von *Serpula* und Bryozoen, Coccolithen.

Rückstand 52,5 Proz., schmutzig-grau.

*Mineralien* 3 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Magneteisen, vulkanisches Glas, Hornblende, Glimmer.

*Kieselorganismen* 6 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 43,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz, öfters verbacken = Echinodermen-Faeces.

**Station 192.** 31. Jan. 1899.  $0^{\circ} 43,2'$  S. Br.,  $98^{\circ} 33,8'$  O. L. Tiefe 371 m. Trawl. Siberut-Straße.

Korallen-Schlick, Bruchstücke von Pteropoden und anderen Mollusken, Bryozoen, Echinodermen, Korallen, *Serpula*; pelagische und Bodenforaminiferen. Wenig Trümmer von vulkanischen Gesteinen und Mineralien, durch eine grüne (wahrscheinlich organische) Substanz verfärbte tonige Massen.

**Station 193.** 1. Febr. 1899.  $0^{\circ} 30,2'$  N. Br.,  $97^{\circ} 59,7'$  O. L. Tiefe 132 m. (9 Sm. im Süden von P. Nias.) S. Br. 15.

Vulkanischer Sand, graugrün, lose.

CaCO<sub>3</sub> 13,5 Proz. Molluskenschalen und Trümmer, Bodenforaminiferen, Pteropoden, Echiniden-Stacheln und -Gehäusefragmente, Ostracoden, Oberflächenforaminiferen, Kalksteinstücke bis 4 mm im Durchmesser.

Rückstand 86,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 70 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, meist rund. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Glaukonit, Feldspat, Quarz, Augit, Glimmer, Schwefelkies.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, glaukonitische Steinkerne.

*Schlamm* 14,5 Proz. Meist Bruchstücke von Mineralien, sehr wenig Ton.

**Station 194.** 1. Febr. 1899.  $0^{\circ} 15,2'$  N. Br.,  $98^{\circ} 8,8'$  O. L. Tiefe 614 m. (26 Sm. im Süden von P. Nias.) S. Br. 15.

Probe 55 mm lang.

Blauer Schlick oder vulkanischer Schlick, graugrün, sehr fest.

$\text{CaCO}_3$  22,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Globigerina bulloides*, *conglobata*, *dubia*, *aequilateralis*, *inflata*, *rubra*, *sacculifera*, *Orbulina universa*), Pteropoden, Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Bryozoen, Korallenfragmente, Serpula, Molluskenschalen, Fischotolithen, Alcyonarien und Tunicatenstacheln.

Rückstand 77,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,09 mm, rund und eckig. Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Quarz, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, Glimmer, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Radiolarien.

*Schlamm* 65,5 Proz. Zumeist amorphe tonige Substanz.

**Station 195.** 1. Febr. 1899.  $0^{\circ} 30,5'$  N. Br.,  $98^{\circ} 14,2'$  O. L. Tiefe 594 m. (20 Sm. im Süden von P. Nias.) S. Br. 15.

Probe 50 mm lang.

Blauer Schlick, graugrün, fest.

$\text{CaCO}_3$  28,0 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *Globigerina bulloides*, *dubia*, *inflata*, *conglobata*, *aequilateralis*, *rubra*, *Pullenia obliquiloculata*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Molluskenschalen und deren Fragmente, Pteropoden, Fischotolithen, Tunicatenstacheln.

Rückstand 72,0 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, rund und eckig. Feldspat, vulkanisches Glas, Quarz, Augit, Hornblende, Magneteisen, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 69 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 196.** 1. Febr. 1899.  $0^{\circ} 27,3'$  N. Br.,  $98^{\circ} 7,4'$  O. L. Tiefe 646 m. Trawl. (Im Nias-Südkanal, 14 Sm. im Südosten von P. Nias.)

Blauer Schlick, besteht überwiegend aus feinsten, toniger Substanz, mit Schwamm- und Tunicaten-Nadeln, pelagischen Foraminiferen, Pteropoden, Bryozoen, Korallen.

**Station 199.** 2. Febr. 1899.  $0^{\circ} 15,5'$  N. Br.,  $98^{\circ} 4,0'$  O. L. Tiefe 470 m. (Im Nias-Südkanal.) S. Br. 15.

Probe 70 mm lang.

Blauer Schlick, graugrün, fest.

$\text{CaCO}_3$  27,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *rubra*, *aequilateralis*, *conglobata*, *Pulvinulina Menardii*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*), Pteropoden,

Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Molluskentrümmer, Bryozoen, Korallen, Alcyonarien- und Tunicaten-Stacheln, Ostracoden, Coccolithen.

Rückstand 72,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, vulkanisches Glas, Glimmer, Glaukonit, Magneteisen, Schwefelkieskugeln.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 60,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen winzigen Mineraltrümmern.

**Station 200.** 3. Febr. 1899.  $0^{\circ} 46,2'$  N. Br.,  $96^{\circ} 23,2'$  O. L. Tiefe 5214 m. (52 Sm westlich von P. Nias.) S. S. 28.

Probe 75 mm lang.

Blauer Schlick, grau, fest.

$\text{CaCO}_3$  —.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,06 mm, meist eckig. Feldspat, vulkanisches Glas, Augit, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen.

*Schlamm* 97 Proz. Meist amorphe tonige Substanz.

**Station 201.** 3. Febr. 1899.  $1^{\circ} 13,7'$  N. Br.,  $96^{\circ} 43,8'$  O. L. Tiefe 3127 m. (21 Sm westlich von P. Nias.) S. S. 28.

Probe 75 mm lang.

Blauer Schlick, grau, körnig, fest.

$\text{CaCO}_3$  12,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Globigerina bulloides*, *rubra*, *dubia*, *inflata*, *aequilateralis*, *Orbulina universa*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Pullenia obliquiloculata*), Echinidenstacheln, Bodenforaminiferen, Coccolithen.

Rückstand 87,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 15 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien.

*Schlamm* 71,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Mineralteilchen.

**Station 202.** 4. Febr. 1898.  $1^{\circ} 48,1'$  N. Br.,  $97^{\circ} 6,0'$  O. L. Tiefe 141 m. Trawl. (12 Sm. S. von Bangkam, im Nias-Nordkanal.)

Pteropoden-Schlamm, Pteropoden und andere Mollusken, pelagische und Boden-Foraminiferen, Echinodermen, Hydrozoen. Wenig Bruchstücke von vulkanischen Gesteinen und Mineralien, durch grüne (wahrscheinlich organische) Substanz verfärbter Ton.

**Station 203.** 4. Febr. 1899.  $1^{\circ} 47,1'$  N. Br.,  $96^{\circ} 58,7'$  O. L. Tiefe 660 m. (15 Sm. südlich von Bangkam.) S. Br. 15.

Probe 65 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graugrün, fest.

$\text{CaCO}_3$  31,5 Proz. Pteropoden und deren Bruchstücke, Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides*, *dubia*, *aequilateralis*, *rubra*, *sacculifera*, *inflata*, *conglobata*, *Pullenia obliquiloculata*, *Candeina nitida*), Bodenforaminiferen, Molluskenbruchstücke, Fisch-Otolithen und -Zähne, Echiniden- und Tunicaten-Stacheln, Coccolithen (wenig).

Rückstand 68,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,08 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Hornblende, Glaukonit, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 60,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 205.** 4. Febr. 1899.  $1^{\circ} 48,9'$  N. Br.,  $96^{\circ} 53,0'$  O. L. Tiefe 1143 m. (16 Sm. südlich von Bangkam.) S. Br. 15.

Probe 75 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graugrün, fest.

$\text{CaCO}_3$  30,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina bulloides*, *inflata*, *conglobata*, *aequilateralis*, *dubia*, *rubra*, *sacculifera*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*, *Pulvinulina Menardii*, *Hastigerina*), Bodenforaminiferen, Pteropodenbruchstücke, Echinidenstacheln, Tunicatenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 69,5 Proz., schmutzig-grün.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Bimsstein und andere vulkanische Gläser, Glimmer, Hornblende, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 56,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Mineralteilchen.

**Station 206.** 5. Febr. 1899.  $2^{\circ} 12,3'$  N. Br.,  $95^{\circ} 41,3'$  O. L. Tiefe 1494 m. (26 Sm. im Westen von Babi [Siwalu].) S. S. 28.

Probe 105 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, blaugrau, körnig, fest.

$\text{CaCO}_3$  36,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *canariensis*, *Globigerina bulloides*, *dubia*, *sacculifera*, *conglobata*, *aequilateralis*, *inflata*, *rubra*, *digitata*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*), Pteropoden und deren Bruchstücke, Bodenforaminiferen, Ostracoden, Echinidenstacheln, Fischotolithen, einige Coccolithen und Rhabdolithen.

Rückstand 63,5 Proz., dunkelgrün.

*Mineralien* 20 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,13 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Bimsstein und andere vulkanische Gläser.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Agglut. Foraminiferen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 41,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Splittern von Mineralien.

**Station 207.** 6. Febr. 1899.  $5^{\circ} 23,2'$  N. Br.,  $94^{\circ} 48,1'$  O. L. Tiefe 1024 m. (20 Sm. im SW. der Surat-Passage.) S. S. 28.

Vulkanischer Schlick, graubraun, körnig, locker.

$\text{CaCO}_3$  24,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina bulloides*, *inflata*, *sacculifera*, *conglobata*, *aequilateralis*, *rubra*, *dubia*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*, *Pulvinulina canariensis*, *Menardii*, *tumida*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Candeina nitida*), Bodenforaminiferen.

Rückstand 75,5 Proz., braun.

*Mineralien* 40 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, meist eckig. Vulkanisches Glas, Glimmer, Feldspat, Magneteisen (Glaukonit).

*Kieselorganismen* 3 Proz. Glaukonitische Steinkerne, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 32,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen, viele Echinodermenexkremente.

**Station 208.** 7. Febr. 1899.  $6^{\circ} 54,0'$  N. Br.,  $93^{\circ} 28,8'$  O. L. Tiefe 296 m. (Im SW. von Groß-Nicobar.) S. Br. 15.

Probe 55 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, grün, körnig, locker.

$\text{CaCO}_3$  38 Proz. Pteropoden und deren Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Tunicatenstacheln, einige Coccolithen und Rhabdolithen.

Rückstand 62 Proz., grün.

*Mineralien* 20 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Glaukonit, Hornblende, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 10 Proz. Glaukonitische Steinkerne, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 32 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen, viele Echinodermenexkremente.

**Station 209.** 7. Febr. 1899.  $6^{\circ} 56,3'$  N. Br.,  $93^{\circ} 32,7'$  O. L. Tiefe 362 m. (Im SW. von Groß-Nicobar.) S. Br. 15.

Probe 50 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, grün, körnig, locker.

$\text{CaCO}_3$  36 Proz. Pteropoden und deren Fragmente, Heteropoden, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Lamellibranchier, Echinidenstacheln, Fischotolithen, Ostracoden, Alcyonarien und Tunicatenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 64 Proz., dunkelgrün.

*Mineralien* 25 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Schwammnadeln, Glaukonit, Steinkerne, Radiolarien.

*Schlamm* 34 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen Mineralbruchstücken, Echinodermenexkrementen.

**Station 210.** 7. Febr. 1899.  $6^{\circ} 53,1'$  N. Br.,  $93^{\circ} 33,5'$  O. L. Tiefe 752 m. Trawl. (Im SW. von Groß-Nicobar.)

Vulkanischer Schlick. Pelagische und Boden-Foraminiferen, Pteropoden- und andere Mollusken-Trümmer, Echinodermenreste. In der Hauptsache fein verteiltes vulkanisches Glas, andere vulkanische Gesteine und vulkanische Mineralien.

**Station 211.** 8. Febr. 1898.  $7^{\circ} 48,8'$  N. Br.,  $93^{\circ} 7,6'$  O. L. Tiefe 805 m. (Westeingang des Sombbrero-Kanals.)

Der Trawl brachte einen groben Sand herauf, der aus wenig abgerollten Quarzkörnern und vulkanischen Produkten besteht; daneben Molluskentrümmer, pelagische Foraminiferen, Hydrozoen und Korallen.

**Station 212.** 8. Febr. 1899.  $7^{\circ} 49,1'$  S. Br.,  $93^{\circ} 10,5'$  O. L. Tiefe 302 m. Trawl. (Im SW. von Kachál.)

Der Trawl brachte einen groben Sand herauf, der aus Quarz und anderen Mineralbrocken und größeren Gesteinsfragmenten besteht und Mollusken- und Brachiopoden-Schalen, pelagische und Boden-Foraminiferen, Echinodermenreste, Korallen etc. enthält.

**Station 213.** 9. Febr. 1899.  $7^{\circ} 57,9'$  N. Br.,  $91^{\circ} 47,2'$  O. L. Tiefe 3974 m. (Südlicher Teil der Bai von Bengalen.) S. S. 28.

Probe 90 mm lang.

Blauer Schlick, blaugrau, fest.

$\text{CaCO}_3$  10 Proz. Bruchstücke von Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, einige Coccolithen.

Rückstand 90 Proz., dunkelgrün.

*Mineralien* 50 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,09 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Hornblende, Glimmer, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 10 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 30 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 214.** 10. Febr. 1899.  $7^{\circ} 43,2'$  N. Br.,  $88^{\circ} 44,9'$  O. L. Tiefe 3692 m. S. S. 28.

Globigerinen-Schlamm, hellgrau, körnig, fest.

$\text{CaCO}_3$  47,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Globigerina bulloides*, *conglobata*, *inflata*, *dubia*, *sacculifera*, *aequilateralis*, *rubra*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 52,5 Proz., braun.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,07 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, vulkanisches Glas, Mangankörner.

*Kieselorganismen* 15 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 36,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 216.** 16. Febr. 1899.  $6^{\circ} 59,1'$  N. Br.,  $79^{\circ} 31,7'$  O. L. Tiefe 1287 m. S. Br. 15.

Probe 80 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, grün, körnig, locker.

$\text{CaCO}_3$  47 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *canariensis*, *Globigerina bulloides*, *dubia*, *sacculifera*, *aequilateralis*, *conglobata*, *rubra*, *Pullenia obliquiloculata*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Pteropoden und andere Mollusken, Echinidenstacheln, Fischotolithen, Tunicatenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 53 Proz., dunkelgrün.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Glaukonit, vulkanisches Glas, Hornblende, Schwefelkieskugeln.

*Kieselorganismen* 10 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, glaukonitische Steinkerne, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 38 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 218.** 18. Febr. 1899.  $2^{\circ} 29,9'$  N. Br.,  $76^{\circ} 47,0'$  O. L. Tiefe 4133 m. S. S. 28.  
Probe 90 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, hellgrau, körnig, fest.

CaCO<sub>3</sub> 52 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *canariensis*, *Globigerina conglobata*, *bulloides*, *sacculifera*, *dubia*, *rubra*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*, *Orbulina universa*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen.

Rückstand 48 Proz., schokoladenbraun.

*Mineralien* 3 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,07 mm, rund und eckig. Mangankörner, Quarz, Feldspat, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 12 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Diatomeen.

*Schlamm* 33 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 219.** 20. Febr. 1899.  $0^{\circ} 2,3'$  S. Br.,  $73^{\circ} 24,0'$  O. L. Tiefe 2253 m. S. S. 28.  
Probe 150 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, hellgrau, körnig, locker.

CaCO<sub>3</sub> 58,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Globigerina bulloides*, *dubia*, *sacculifera*, *rubra*, *aequilateralis*, *conglobata*, *inflata*, *digitata*, *Pulvinulina Menardii*, *tumida*, *canariensis*, *Candeina nitida*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 41,5 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 2 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,06 mm, eckig und rund. Wenige Feldspatkörner, Mangankörner und vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 20 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 19,5 Proz. Meist Bruchstücke von Kieselorganismen, sehr wenig tonige Substanz.

**Station 220.** 21. Febr. 1899.  $1^{\circ} 57'$  S. Br.,  $73^{\circ} 19,1'$  O. L. Tiefe 2919 m. S. S. 28.  
Probe 130 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, gelblich, körnig, locker.

CaCO<sub>3</sub> 69 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *Pullenia obliquiloculata*, *Orbulina universa*, *Globigerina bulloides*, *conglobata*, *digitata*, *rubra*, *sacculifera*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen (*Lagena*, *Miliolina*), Echinidenstacheln, Ostracoden, Coccolithen und wenige Rhabdolithen.

Rückstand 31 Proz., hellbraun.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlere Größe 0,06 mm, eckig, Bimsstein und andere vulkanische Gläser.

*Kieselorganismen* 15 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen.

*Schlamm* 15 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 222.** 22. Febr. 1899.  $4^{\circ} 31,0'$  S. Br.,  $73^{\circ} 19,7'$  O. L. Tiefe 2524 m. S. S. 28.  
Globigerinen-Schlamm, von derselben Zusammensetzung wie der von Station 219.

**Station 226.** 27. Febr. 1899.  $4^{\circ} 5,8'$  S. Br.,  $70^{\circ} 1,9'$  O. L. Tiefe 4129 m. S. Br. 28.  
Globigerinen-Schlamm, von derselben Zusammensetzung wie der vorige, enthält aber etwas weniger Radiolarien und mehr tonige Substanz.

**Station 227.** 28. Febr. 1898.  $2^{\circ} 56,6'$  S. Br.,  $67^{\circ} 59,0'$  O. L. Tiefe 2743 m. Trawl. Globigerinen-Schlamm, bestehend aus pelagischen Foraminiferen, Coccolithen, Rhabdolithen, Fischotolithen, Radiolarien etc.

**Station 228.** 1. März 1899.  $2^{\circ} 38,7'$  S. Br.,  $65^{\circ} 59,2'$  O. L. Tiefe 3460 m. S. Br. 28. Globigerinen-Schlamm, von der gleichen Zusammensetzung wie der von Station 219.

Glasröhre zerbrochen und Etikette verloren, war aber wahrscheinlich die Probe von

**Station 229**, die einzige, welche fehlte. 2. März 1899.  $2^{\circ} 38,9'$  S. Br.,  $63^{\circ} 37,9'$  O. L. Tiefe 4599 m. S. Br. 28.

Globigerinen-Schlamm, identisch mit der Probe von Station 219, enthielt aber einige Quarzkörner.

**Station 237.** 11. März 1899.  $4^{\circ} 45,0'$  S. Br.,  $48^{\circ} 58,6'$  O. L. Tiefe 5071 m. S. Br. 15 + 15.

Globigerinen-Schlamm, rosa (der obere Teil dunkler und toniger), fest.

$\text{CaCO}_3$  43,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen und deren Bruchstücke, Coccolithen.

Rückstand 56,5 Proz., braun.

*Mineralien* 1 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,07 mm, eckig und rund. Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende.

*Kieselorganismen* 25 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 30,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 240.** 14. März 1899.  $6^{\circ} 12,9'$  S. Br.,  $41^{\circ} 17,3'$  O. L. Tiefe 2959 m. S. Br. 28. Probe 150 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, rosa, körnig, locker.

$\text{CaCO}_3$  50,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *canariensis*, *Michelina*, *tumida*, *Globigerina conglobata*, *bulloides*, *aequilateralis*, *sacculifera*, *rubra*, *dubia*, *inflata*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 49,5 Proz., braun.

*Mineralien* 4 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,09 mm, rund und eckig. Feldspat, Quarz, Glimmer, Glaukonit, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Radiolarien, Schwammnadeln, Diatomeen, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 40,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Das Material vom Trawl bestand größtenteils aus Oberflächenforaminiferen mit einigen Pteropodenfragmenten, Bodenforaminiferen, Schwammnadeln etc.

**Station 242.** 20. März 1899.  $6^{\circ} 34,8'$  S. Br.,  $39^{\circ} 35,5'$  O. L. Tiefe 404 m. (Außerhalb Dar-es-Salâm.) S. S. 28.

Probe 35 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, grau, fest.

CaCO<sub>3</sub> 36 Proz. Pteropoden und deren Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Ostracoden, Echiniden-Stacheln und -Gehäusestücke, Bruchstücke von Lamellibranchiern und Gastropoden, Stacheln von Alcyonarien und Tunicaten, Coccolithen, sehr wenig Rhabdolithen.

Rückstand 64 Proz., graubraun.

*Mineralien* 25 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, meist rund. Quarz, Glimmer, Feldspat, Glaukonit, Hornblende, vulkanisches Glas, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Diatomeen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 35 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen winzigen Mineralteilchen.

Das Material vom Trawl besteht hauptsächlich aus einer verästelten agglutinierenden Foraminifere (Astrorhizide), Pteropoden und anderen Mollusken, Bodenforaminiferen, Echinidenstacheln, Bimssteinstücken und Wurmröhren etc.

**Station 243.** 20. März 1899. 6° 39,1' S. Br., 39° 30,8' O. L. Tiefe 400 m. Trawl. (Außerhalb Dar-es-Salâm.)

Hauptsächlich Wurmröhren, die aus Oberflächen- und Boden-Foraminiferen oder toniger Substanz aufgebaut sind, Pteropoden und andere Mollusken, Korallen, agglutinierende verästelte Foraminiferen (Astrorhiziden) und andere Bodenforaminiferen, Fischotolithen, Tunicatenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen, Schwammnadeln, Mineralteilchen. Ueberwiegend tonige Substanz.

**Station 244.** 22. März 1899. 5° 55,8' S. Br., 39° 1,2' O. L. Tiefe 50 m. Austern-dredge und Trawl.

Material von der Austerndredge besteht hauptsächlich aus mehreren großen Arten von Bodenforaminiferen (*Amphistegina* und *Nummulites*) mit Pteropoden und anderen Mollusken, das vom Trawl aus viel größeren Molluskenschalen, Wurmröhren, Echinidenfragmenten, Schwämmen und Bodenforaminiferen. Glaukonitische Steinkerne. Feldspat, Glimmer, Quarz, Hornblende und vulkanische Mineralien.

**Station 245.** 22. März 1899. 5° 27,9' S. Br., 39° 18,8' O. L. Tiefe 463 m. (Im Sansibar-Kanal.) S. Br. 15.

Blauer Schlick, grau, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 41,5 Proz. Meistens Bruchstücke von Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden und anderen Mollusken, Echinidenstacheln, Ostracoden, Alcyonarien- und Tunicatenstacheln, Coccolithen und ?Rhabdolithen.

Rückstand 58,5 Proz., schmutzig-braun.

*Mineralien* 15 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,09 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 40,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Das Material vom Trawl besteht hauptsächlich aus einer verästelten agglutinierenden Foraminifere (Astrorhizide), anderen Bodenforaminiferen, Pteropoden und anderen Mollusken, Wurmröhren, Korallen, Echinidenfragmenten, Otolithen, Bryozoen, Hydroiden, Zweigen und Blättern.

**Station 246.** 22. März 1899.  $5^{\circ} 24,0'$  S. Br.,  $39^{\circ} 19,8'$  O. L. Tiefe 818 m. (Im Pemba-Kanal.) S. Br. 15.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, grau, sehr fest.

$\text{CaCO}_3$  40 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden und andere Mollusken, Echinidenstacheln, Ostracoden, Fischotolithen und -zähne, Tunicatennadeln, Coccolithen, ? Rhabdolithen.

Rückstand 60 Proz., graubraun.

*Mineralien* 18 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, vulkanisches Glas, Kügelchen von Schwefelkies.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 40 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen winzigen Mineralteilchen.

**Station 247.** 23. März 1899.  $3^{\circ} 38,8'$  S. Br.,  $40^{\circ} 16'$  O. L. Tiefe 863 m. S. Br. 28. Probe 50 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, grau, sehr fest.

$\text{CaCO}_3$  49 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden und andere Mollusken, Ostracoden, Echinidenstacheln, Fischotolithen, Tunicatenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen(?).

Rückstand 51 Proz., graubraun.

*Mineralien* 15 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Glaukonit, vulkanisches Glas, Schwefelkieskügelchen.

*Kieselorganismen* 6 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 30 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 249.** 23. März 1899.  $3^{\circ} 7,0'$  S. Br.,  $40^{\circ} 45,8'$  O. L. Tiefe 748 m. Trawl. Globigerinen-Schlamm. Pelagische und Boden-Foraminiferen, Bruchstücke von Pteropoden und anderen Mollusken, Echinodermen, Glaukonitkörner und glaukonitische Steinkerne; Sandkörner.

**Station 250.** 24. März 1899.  $1^{\circ} 47,8'$  S. Br.,  $41^{\circ} 58,8'$  O. L. Tiefe 1668 m. S. Br. 28. Probe 90 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an blauen Schlick grenzend, grau, fest.

$\text{CaCO}_3$  49 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *canariensis*, *Globigerina conglobata*, *bulloides*, *inflata*, *sacculifera*, *digitata*, *rubra*, *aequilateralis*, *dubia*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*, *Sphaeroidina dehiscens*), Bodenforaminiferen, Pteropodenbruchstücke, Echinidenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 51 Proz., graubraun.

*Mineralien* 16 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,11 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, vulkanisches Glas.

*Kieselorganismen* 5 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne, Diatomeen.

*Schlamm* 30 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 251.** 24. März 1899.  $1^{\circ} 40,6'$  S. L.,  $41^{\circ} 47,1'$  O. Br. Tiefe 693 m. S. Br. 15. Probe 50 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, grau, körnig, locker.

$\text{CaCO}_3$  43,5 Proz. Pteropoden und andere Mollusken und deren Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echiniden-Stacheln und -Schalenbruchstücke, Ostracoden, Alcyonarien- und Tunicatenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären.

Rückstand 56,5 Proz., graubraun.

*Mineralien* 18 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,13 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas, Glaukonit, Schwefelkieskugeln.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, Diatomeen, glaukonitische und tonige Steinkerne.

*Schlamm* 34,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien.

Bemerkung. Das Material vom Trawl besteht aus agglutinierenden und anderen Bodenforaminiferen (Astrorhizidae, Nummulitidae), Oberflächenforaminiferen, Pteropoden und anderen Mollusken, Fischotolithen, Echinidenfragmenten, Bryozoen, Schwämmen, Wurmröhren, Zweigen etc.

**Station 252.** 25. März 1899.  $0^{\circ} 24,5'$  S. Br.,  $42^{\circ} 49,4'$  O. L. Tiefe 1019 m. S. Br. 28. Probe 100 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, grau, körnig, ziemlich fest.

$\text{CaCO}_3$  52 Proz. Pteropoden und andere Mollusken und deren Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Otolithen, Cephalopodenschnäbel, Tunicatenstacheln, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären.

Rückstand, 48 Proz., graubraun.

*Mineralien* 20 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,13 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, vulkanisches Glas, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, glaukonitische und andere Steinkerne.

*Schlamm* 26 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

**Station 253.** 25. März 1899.  $0^{\circ} 27,4'$  S. Br.,  $42^{\circ} 47,3'$  O. L. Tiefe 638 m. S. Br. 15 + 15. Probe 75 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, grünlich-grau, fest.

$\text{CaCO}_3$  54 Proz. Pteropoden und andere Mollusken und deren Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Ostracoden, Fischotolithen, Alcyonarien- und Tunicatenstacheln, Coccolithen. Einige von den Foraminiferenschalen mit Schwefeleisen erfüllt.

Rückstand 46 Proz., schmutzig-graugrün.

*Mineralien* 25 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, Schwefelkieskugeln.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Schwammnadeln, agglut. Foraminiferen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 20 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen winzigen Mineraltrümmern. Echinodermenexkrementen.

**Station 254.** 25. März 1899.  $0^{\circ} 29,3'$  S. Br.,  $42^{\circ} 47,6'$  O. L. Tiefe 977 m. S. Br. 15 + 15. Probe 130 mm lang.

Blauer Schlick, dunkelbraun, fest.

$\text{CaCO}_3$  29 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden, kleine Gastropoden und Lamellibranchiaten, Ostracodenschalen, Tunicaten- und Echinodermen-Stacheln, Fischotolithen. Sehr wenig Coccolithen und Rhabdolithen.

Rückstand 71 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 50 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, eckig und rund. Quarz, Feldspat, Glimmer, Hornblende, Schwefelkiesknöllchen.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Schwammnadeln.

*Schlamm* 19 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen winzigen Mineralbrocken.

**Station 256.** 27. März 1899.  $1^{\circ} 49'$  N. Br.,  $45^{\circ} 42,5'$  O. L. Tiefe 1134 m. S. Br. 15 + 15. Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graugrün, körnig, ziemlich fest.

$\text{CaCO}_3$  44,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropodenfragmente, Echinidenbruchstücke, Ostracoden, Tunicatennadeln, Coccolithen.

Rückstand 55,5 Proz., braun.

*Mineralien* 23 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Glaukonit, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 2 Proz. Glaukonitische und tonige Steinkerne, Schwammnadeln, Diatomeen.

*Schlamm* 30,5 Proz. Amorphe tonige Substanz, mit vielen winzigen Mineralbruchstücken.

Bemerkung. Das Material vom Trawl besteht aus Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden und anderen Mollusken, Echinidenfragmenten, Hydroiden, Schwammnadeln.

**Station 257.** 27. März 1899.  $1^{\circ} 48,2'$  N. Br.,  $45^{\circ} 42,5'$  O. L. Tiefe 1644 m. S. Br. 15 + 15.

Probe 100 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graubraun, fest.

$\text{CaCO}_3$  47 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropodenfragmente, Echinidenstacheln, Tunicatennadeln, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären.

Rückstand 53 Proz., braun.

*Mineralien* 10 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas, Magneteisen.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, glaukonitische und tonige Steinkerne.

*Schlamm* 40 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Bruchstücken von Mineralien und Kieselorganismen.

Bemerkung. Das Material vom Trawl besteht hauptsächlich aus Oberflächenforaminiferen, mit Pteropoden, Bodenforaminiferen, Ostracoden etc.

**Station 258.** 28. März 1899.  $2^{\circ} 58,5'$  N. Br.,  $46^{\circ} 50,8'$  O. L. Tiefe 1362 m. S. Br. 15 + 15.

Probe 60 mm lang.

Pteropoden-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graubraun, fest.

CaCO<sub>3</sub> 42,5 Proz. Pteropoden und andere Mollusken und deren Bruchstücke, Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln und Gehäusefragmente, Ostracoden, Alcyonarien- und Tunicaten-Stacheln, Coccolithen, Rhabdolithen.

Rückstand 57,5 Proz., braun.

*Mineralien* 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, eckig und rund. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, vulkanisches Glas, Glaukonit, Magneteisen, Schwefelkieskugeln.

*Kieselorganismen* 3 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 24,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen winzigen Mineralbrocken.

Bemerkung. Das Material vom Trawl besteht aus Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropoden und anderen Mollusken, Echinidenstacheln etc. und Echinodermenexkrementen.

**Station 259.** 28. März 1899. 2° 58,8' N. Br., 47° 6,1' O. L. Tiefe 1289 m. S. Br. 28. Probe 55 mm lang.

Blauer Schlick, blaugrau, sehr fest.

CaCO<sub>3</sub> 28,5 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Pteropodenfragmente, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären und andere winzige Kalkkörperchen in Menge.

Rückstand 71,5 Proz., blaugrau.

*Mineralien* 5 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Feldspat, Bimsstein (1 Bruchstück bis fast 1 mm im Durchmesser) und andere vulkanische Gläser, Hornblende, Magneteisen, Schwefelkieskügelchen.

*Kieselorganismen* 1 Proz. Bruchstücke von agglut. Foraminiferen.

*Schlamm* 65,5 Proz. Meist amorphe tonige Substanz mit winzigen Mineralbruchstücken.

Bemerkung. Auffallend ist die Häufigkeit von Coccolithen und Rhabdolithen und die Seltenheit von Kieselorganismen.

**Station 262.** 29. März 1899. 4° 40,8' N. Br., 48° 39,6' O. L. Tiefe 1242 m. S. Br. 28. Probe 100 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graugrün, körnig, locker.

CaCO<sub>3</sub> 57,5 Proz. Oberflächenforaminiferen (*Pulvinulina Menardii*, *canariensis*, *tumida*, *Globigerina conglobata*, *bulloides*, *aequilateralis*, *inflata*, *sacculifera*, *dubia*, *rubra*, *Orbulina universa*, *Pullenia obliquiloculata*), Bodenforaminiferen, Pteropodenfragmente, Echinidenstacheln, Fischotolithen, Ostracoden, Tunicatennadeln, Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären und andere winzige Kalkkörper.

Rückstand 42,5 Proz., dunkelbraun.

*Mineralien* 15 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,15 mm, eckig und rund. Quarz, Glimmer, Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende etc.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen, glaukonitische und tonige Steinkerne.

*Schlamm* 23,5 Proz. Amorphe tonige Substanz mit winzigen Mineralbrocken.

**Station 263.** 29. März 1899. 4° 41,9' N. Br., 48° 38,9' O. L. Tiefe 823 m. Trawl. (Nahe unter der Küste von Ostafrika.)

Globigerinen-Schlamm. Pelagische und Boden-Foraminiferen, Pteropoden- und andere Mollusken-Reste, Echinodermen, Coccolithen, Schwamm- und Tunicaten-Nadeln. Glaukonitische Steinkerne, Quarzsand.

**Station 264.** 30. März 1899.  $6^{\circ} 18,8'$  N. Br.,  $49^{\circ} 32,5'$  O. L. Tiefe 1079 m. Trawl. Globigerinen-Schlamm. Pelagische und Boden-Foraminiferen, Pteropoden- und andere Mollusken-Reste, Fischotolithen, Schwammnadeln, Echinodermenexkremete, Coccolithen, Rhabdolithen und Diatomeen. Grün gefärbte tonige Substanz, wenig Mineralteilchen.

**Station 266.** 30. März 1899.  $6^{\circ} 44,2'$  N. Br.,  $49^{\circ} 43,8'$  O. L. Tiefe 741 m. Trawl. Globigerinen-Schlamm, augenscheinlich beim Herausholen des Trawls stark ausgeschlämmt.

**Station 268.** 1. April 1899.  $9^{\circ} 6,1'$  N. Br.,  $53^{\circ} 41,2'$  O. L. Tiefe 5064 m. S. Br. 28. Probe 100 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu Radiolarienschlamm, hellgrau, fest.  $\text{CaCO}_3$  45 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen (meist zerbrochen), Echinidenstacheln, Coccolithen, Coccosphären und andere winzige Kalkkörper.

Rückstand 55 Proz., dunkelgrün.

*Mineralien* 3 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, eckig und rund. Feldspat, Quarz, Glimmer, Bimsstein und anderes vulkanisches Glas, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 20 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 32 Proz. Amorphe tonige Substanz mit vielen Bruchstücken von Kieselorganismen.

**Station 270.** 4. April 1899.  $13^{\circ} 1'$  N. Br.,  $47^{\circ} 10,9'$  O. L. Tiefe 1840 m. S. Br. 28. Probe 90 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, grau, körnig, fest.  $\text{CaCO}_3$  45 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Echinidenstacheln, Fischwirbel Coccolithen, Rhabdolithen, Coccosphären.

Rückstand 55 Proz., graubraun.

*Mineralien* 22 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,12 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, vulkanisches Glas, Hornblende, Magneteisen, Glaukonit.

*Kieselorganismen* 8 Proz. Radiolarien, Diatomeen, Schwammnadeln.

*Schlamm* 25 Proz. Amorphe tonige Substanz mit sehr vielen winzigen Mineralbrocken.

**Station 271.** 4. April 1899.  $13^{\circ} 2,8'$  N. Br.,  $46^{\circ} 41,6'$  O. L. Tiefe 1469 m. S. Br. 28. Probe 50 mm lang.

Globigerinen-Schlamm, an der Grenze zu blauem Schlick, graugrün, fest.  $\text{CaCO}_3$  41 Proz. Oberflächen- und Boden-Foraminiferen, Fischzähne, Cephalopodenschnäbel, Coccolithen und einige Rhabdolithen.

Rückstand 59 Proz., graubraun.

*Mineralien* 30 Proz. Mittlerer Durchmesser 0,1 mm, rund und eckig. Quarz, Glimmer, Feldspat, Hornblende, Magneteisen, vulkanisches Glas, Glaukonit?, Schwefelkieskügelchen.

*Kieselorganismen* 4 Proz. Schwammnadeln, Radiolarien, Diatomeen, tonige Steinkerne.

*Schlamm* 25 Proz. Amorphe tonige Substanz mit sehr vielen winzigen Mineralbrocken. Bemerkung. Dasselbe Material lieferte der Trawl.

# Zusammenfassende Beschreibung der Grundproben.

## I. Roter Ton.

**Einleitung.** Von allen küstenfernen, abyssischen Ablagerungen ist der rote Tiefseeton die am weitesten verbreitete und wohl auch die bezeichnendste. Nichts charakterisiert den Stand unserer oceanographischen Kenntnisse noch vor wenigen Jahrzehnten besser, als die Tatsache, daß dieses Sediment bis zum Jahre 1873 völlig unbekannt geblieben war und damals von der „Challenger“-Expedition zum ersten Male zwischen Teneriffa und Westindien gefunden wurde. Zuerst sah man in dem roten Tiefseeton feinste kontinentale Zersetzungsprodukte, die lange im Seewasser suspendiert blieben und von Strömungen bis in die mittleren Teile der Weltmeere transportiert wurden. WYVILLE THOMSON glaubte an einen organogenen Ursprung des roten Tones und vermutete in ihm den unlöslichen Rückstand, gewissermaßen die Asche, die die kalkigen Hartgebilde des Globigerinenschlammes bei ihrer Auflösung durch das Seewasser hinterlassen. Nach der Ansicht von JOHN MURRAY, die jetzt die herrschende geworden ist, hat man den roten Ton jedoch als Zersetzungsprodukt von tonerdehaltigen Silikaten und Gesteinen anzusehen, die durch subaerische und submarine Vulkanausbrüche über den Boden der Tiefsee ausgebreitet wurden. Die Zersetzung erfolgte auf dem Meeresboden in situ, der rote Ton stellt also gewissermaßen submarines Eluvium dar und ist daher mit dem subaerischen „residual clay“ der nordamerikanischen Geologen zu vergleichen.

**Verbreitung.** Von den Grundproben der „Valdivia“ gehören 7 dem roten Tiefseeton an; von diesen fanden sich eine im südatlantischen, die übrigen 6 in den mittleren Teilen des südindischen Oceans.

**Tiefe.** Die mittlere Tiefe beträgt bei den „Valdivia“-Proben 5288 m, das Maximum 5911 m, das Minimum 4709 m. Bei den 70 vom „Challenger“ untersuchten roten Tonen liegen naturgemäß Maximum 7224 m und Minimum 4069 m weiter auseinander, während die Durchschnittstiefe (4993 m) sich der hier gefundenen stark nähert.

**Aussehen.** In ihrer äußeren Beschaffenheit zeigen die roten Tone der „Valdivia“ ihrer Mehrzahl nach keine auffallenden Abweichungen von den Typen des „Challenger“. In feuchtem Zustande sind sie zäh und sehr plastisch; getrocknet werden sie sehr hart und lassen sich durch Druck mit dem Finger nicht zerteilen, selbst dem Messer leisten sie Widerstand. Beim Anhauchen geben sie den charakteristischen Tongeruch von sich und glänzen nach Reiben mit dem Fingernagel. Die Farbe ist überwiegend schokoladenbraun, seltener hellbraun, nur der auch in seiner Mineralkomponente stark abweichende rote Ton des südatlantischen Oceans (Station 89) war rot und grau gefleckt.

**CaCO<sub>3</sub>.** Der mittlere Kalkgehalt betrug nur 1,3 Proz. und erreichte mit 4 Proz. (Station 89) sein Maximum. 4 von den untersuchten 7 Proben erwiesen sich überhaupt als kalkfrei. Im Vergleich zu den Zahlen des „Challenger“ (mittlerer Kalkgehalt 6,7 Proz.) erscheinen die unsrigen sehr niedrig, es rührt dies davon her, daß die meisten „Valdivia“-Proben aus dem Indischen Ocean

stammen, dessen rote Tone oft schon in relativ geringer Tiefe kalkfrei sind. Wir kommen auf dieses noch nicht ganz erklärte Phänomen noch zurück.

Der Kalkgehalt ist hauptsächlich auf pelagische und benthonische Foraminiferen zurückzuführen, deren Schalen oft zerbrochen sind; ziemlich weit verbreitet scheinen winzige Fischzähne zu sein, Coccolithen fanden sich nur einmal.

Kieselorganismen. Die Beimengung von kieselig-organogener Substanz war unbedeutend und überstieg in keinem Falle 5 Proz. Fast immer waren Schwammnadeln zugegen, seltener Radiolarien, und noch spärlicher Diatomeen. Reste agglutinierender Foraminiferen und Steinkernbildungen fanden sich nicht.

Mineralkörner. Auffallend groß ist der Gehalt an Mineralkörnern in manchen roten Tonen der „Valdivia“; er beträgt im Durchschnitt 13 Proz., steigert sich aber bei dem merkwürdigen Sediment der Station 89 auf 40 Proz., so daß man versucht sein könnte, hier von einem tonigen Sande zu reden.

Da es sich bei dem roten Tone der „Valdivia“ ausnahmslos um küstenferne Sedimente handelt, sollte man von vornherein annehmen, daß die Mineralien lediglich vulkanischen Ursprunges sein könnten. Dies trifft auch für die roten Tone des mittleren Indischen Ozeans zu, in denen kontinentale Mineralien, insbesondere Quarz, entweder ganz fehlen oder nur eine verschwindend geringe Rolle spielen. Die meist ziemlich erhebliche Mineralkomponente setzt sich hier fast ausschließlich aus jungvulkanischen Produkten zusammen, unter denen in erster Reihe wasserhelle vulkanische Gläser stehen, die wohl dem Krakatoa entstammen. Auch Mangankörner, die konstanten Zersetzungsprodukte jungvulkanischer Gesteine, waren überall vertreten, Phillipsitkristalle fanden sich in 2 Fällen.

Ein ganz anderes Aussehen hatte die Mineralkomponente der südatlantischen Station 89. Den größten Teil der Mineralkörner bildet hier Quarz, der in gerundeten oder eckigen Bruchstücken von 0,15 mm mittlerem Durchmesser auftritt, daneben sind Feldspäte, Glimmer und andere Mineralien reichlich vorhanden, die vorwiegend auf kontinentalen Ursprung hindeuten; jungvulkanisches Material ist hingegen ziemlich spärlich vertreten. Von Interesse ist das Auftreten von Palagonit, die relative Häufigkeit von Mangankörnern und besonders von Glaukonit, der in so großer Tiefe (5283 m) eine sehr auffallende Erscheinung ist. Durch das Ueberwiegen von Quarzsand und die Beimengung von Glaukonit erhält dieses küstenferne Tiefseesediment einen ausgesprochen litoralen Habitus. Er gehört zu den tonigen Sanden oder sandigen Tonen, die seither von der „Deutschen Südpolar-Expedition“ mehrfach im küstenfernen südatlantischen Ocean nachgewiesen worden sind. Der Ursprung dieser merkwürdigen Ablagerungen ist zur Zeit noch unbekannt, an glaciäre Einwirkungen kann man nicht denken, da sich eine derartige Grundprobe des „Gauß“ sogar direkt unter dem Aequator gefunden hat, und ebenso erscheint ein Transport der Mineralkörner vom Kontinent her, sei es durch Wind oder Strömungen, ausgeschlossen.

Mineralische Gemengteile kosmischen Ursprunges konnten in den roten Tonen der „Valdivia“ nicht nachgewiesen werden.

## 2. Radiolarienschlamm.

Einleitung. Der typische Radiolarienschlamm ist nur eine an Radiolarianskeletten reiche Abart des roten Tones; die Grundsubstanz bildet bei beiden Sedimenten der gleiche,

durch Eisenoxyd und viele andere Substanzen verunreinigte Ton. Mit dem roten Tiefseeton teilt er auch das Vorkommen in großen, landfernen Tiefen und den geringen, oft gänzlich fehlenden Gehalt an kohlensaurem Kalk.

Radiolarienschlamm wurde zuerst vom „Challenger“ im nordwestlichen Pacifischen Ocean angetroffen, später auch in dessen mittlerem Teile und im Indischen Ocean nachgewiesen; dem Atlantischen Ocean schien er aber bisher zu fehlen.

Nur zwei von den Grundproben der „Valdivia“ können als Radiolarienschlamm bezeichnet werden, und auch diese sind in Habitus und Zusammensetzung von einander so verschieden, daß man sie nur mit Widerstreben in eine Rubrik bringt.

Sediment der Station 183. Diese Grundprobe stellt einen Radiolarienschlamm der gewöhnlichen Art dar, nur ist hier die Grundsubstanz außerordentlich reich an wasserhellem vulkanischen Glas. Daher rührt auch die gelblich-weiße Färbung und die lockere Beschaffenheit der getrockneten Probe her; nur dem quantitativen Moment folgend, hatte man diese Probe als vulkanischen Schlamm zu bezeichnen gehabt. Der Kalkgehalt, der auf Bruchstücke pelagischer Foraminiferen und Coccolithen zurückzuführen ist, beträgt 6 Proz.; dies muß auffallen, da die roten Tone des centralindischen Oceans schon bei geringeren Tiefen meist kalkfrei sind, besonders im Hinblick auf das Sediment der nachfolgenden Station, die, wiewohl nahezu 600 m flacher, einen ganz kalkfreien roten Ton geliefert hat. Neben den Radiolarien treten auf Station 183 noch Diatomeen und Kieselnadeln auf, insgesamt wurde der Gehalt an Kieselorganismen auf nicht mehr als 15 Proz. der Substanz geschätzt.

Sehr reich an Radiolarien ist auch die Grundprobe der Station 237 (Taf. VI, Fig. 1), zwischen den Seychellen und der ostafrikanischen Küste. Da jedoch der Kalkgehalt über 30 Proz. beträgt, so muß sie dem Globigerinenschlamm zugerechnet werden, stellt aber zweifellos einen Uebergang zum Radiolarienschlamm dar.

Sediment der Station 123 (Taf. III, Fig. 1). Die bisher bekannten Typen des Radiolarienschlammes waren streng auf die tropischen Gewässer beschränkt; eine bisher noch unbekannte Abart repräsentiert das subantarktische Sediment der Station 123, nordnordöstlich von der Bouvet-Insel.

Außerlich gleicht diese Grundprobe durchaus einem Globigerinenschlamm, der eratisches Material enthält, unter der Lupe erkennt man jedoch, daß die gelblichen Körner, die einen großen Teil des Sedimentes aufbauen, keine Foraminiferen, sondern kugelige, seltener scheibenförmige Radiolarien von auffallend großen Dimensionen sind, die vorwiegend der Unterordnung der Spumellarien angehören. Die meisten Radiolarienskelette haben eine eigentümliche Zersetzung erfahren, bei der ihre wasserhelle Kieselsubstanz in eine hellbraungelbe, kompakte Masse übergeführt worden ist.

Der Kalkgehalt, der hauptsächlich auf Foraminiferenschalen zurückzuführen ist, ist auch hier gering (2,75 Proz.), hingegen ist die Probe reich an vulkanischem Material, das wohl einer submarinen Eruption entstammt.

### 3. Diatomeenschlamm.

Einleitung. Die Bezeichnung Diatomeenschlamm wurde von den Gelehrten des „Challenger“ für küstenferne Tiefseeablagerungen eingeführt, die sich als besonders reich an

Diatomeenpanzern erwiesen. Schon HOOKER, der Botaniker der Ross'schen Südpolar-Expedition, hatte auf den großen Reichtum an Diatomeen sowohl in den oberen Wasserschichten, wie in den Sedimenten der antarktischen Meere hingewiesen. Ob allerdings der Diatomeenschlamm einen geschlossenen Gürtel um die Antarktis bildet, wie MURRAY annahm, ist durch die Ergebnisse der neuesten Südpolar-Forschungen wieder in Frage gestellt worden. Außer in den antarktischen Gewässern ist Diatomeenschlamm schon früher im Nordpazifik südlich von den Kurilen nachgewiesen worden, ganz neuerdings wird er auch aus den tropischen Teilen des Pacific erwähnt<sup>1)</sup>.

**Verbreitung.** Diatomeenschlamm haben der „Valdivia“ im ganzen 16 Stationen des subantarktischen Atlantischen und Indischen Oceans geliefert. Zum ersten Male wurde er auf Station 121 unter 43° 51,7' südlicher Breite gelotet, dann bildet er gewissermaßen das normale Sediment längs der Eiskante und begleitet den Kurs der „Valdivia“ bis Station 159, 51° 49,7' S. Br., südlich von Kerguelen.

**Tiefe.** Die Tiefen, aus denen die Diatomeenschlamme der „Valdivia“ stammen, sind sehr verschieden und liegen zwischen 1849 und 5733 m; der größere Teil wurde aber in sehr tiefem Wasser gelotet, wie die nachstehende Tabelle erkennen läßt:

| Tiefe       | Zahl der Grundproben |
|-------------|----------------------|
| 5000—6000 m | 7                    |
| 4000—5000 m | 3                    |
| 3000—4000 m | 3                    |
| 1500—3000 m | 3                    |

Die durchschnittliche Tiefe beträgt bei den „Valdivia“-Proben 4203 m, bei denen des „Challenger“ hingegen 2700 m.

**Aussehen.** Das Aussehen der Diatomeenschlamme ist abhängig von dem Verhältnis von kieseligen Organismenresten zu den anorganischen, klastischen Substanzen. Wo Diatomeenpanzer weitaus überwiegen, wie dies in den meisten Proben längs der Eiskante und bei der Bouvet-Insel der Fall war, waren die Schlamme nach dem Trocknen sehr hell gefärbt, locker und von mehlig-filziger Beschaffenheit. In den wenigen Fällen, in denen klastisches Material vorherrschte, waren die Proben dunkler gefärbt, fester und näherten sich in ihrem Habitus dem Blauschlick.

**CaCO<sub>3</sub>.** Es ist für die Bildungsweise des Diatomeenschlammes sehr bemerkenswert, daß fast alle seine Eigenschaften viel weniger von der Tiefe, als von seiner geographischen Lage und Strömungen abhängen. Dies läßt z. B. schon der Kalkgehalt erkennen, der nur auf den 3 nördlichsten Stationen (121, 158, 159) nachzuweisen war, trotzdem die Tiefen hier teilweise beträchtlich sind (5417, 3923, 2015 m). Alle übrigen Diatomeenschlamme, auch die aus geringeren Tiefen, waren kalkfrei.

In den 3 kalkhaltigen Proben betrug der durchschnittliche Kalkgehalt 14 Proz.; auf alle Diatomeenschlamme der „Valdivia“ verteilt, ergibt sich ein Durchschnitt von 2,6 Proz. Sehr viel höher ist der Kalkgehalt in den Proben des „Challenger“ (im Durchschnitt 22,96 Proz.). Es kommt das daher, daß die „Valdivia“ sehr viel reinere Typen von Diatomeenschlamm lotete, überhaupt wohl die reinsten, die je gefunden worden sind.

Die kalkige Komponente der drei Diatomeenschlamme besteht, wie dies in küstenfernen Sedimenten die Regel ist, überwiegend aus Schalen pelagischer Foraminiferen, weist aber auf verschiedenen Ursprung hin. In Station 121, etwa halbwegs zwischen der Bouvet-Insel und Kapstadt,

<sup>1)</sup> Nach MURRAY nur Radiolarienschlamm, der reich an Diatomeen ist; vergl. S. 163, Anm.

trifft man die gewöhnlichen Formen der südlich gemäßigten Meere (*Globigerina inflata*, *bulloides*, *Pulvinulina canariensis*), außerdem Coccolithen. In den Schlammen der Stationen 158 und 159 unweit der Heard-Insel kommen nur antarktische Foraminiferen, besonders *Globigerina pachyderma* vor, und Coccolithen fehlen hier vollständig.

Kieselorganismen (Taf. VI, Fig. 2). In erster Reihe stehen natürlich überall die Panzer von Diatomeen; große, kugelige und scheibenförmige Radiolarien, wie sie den Radiarienschlamm der subantarktischen Station 123 zusammensetzen, sind in allen Proben vertreten und zum Teil recht häufig. Auch Schwammnadeln fehlen fast nie, sind aber quantitativ ohne Bedeutung, agglutinierende Foraminiferen konnten in 7 von 16 Sedimenten nachgewiesen werden.

Die Diatomeen können, da sie als Pflanzen auf das Sonnenlicht angewiesen sind, nur in den obersten Meeresschichten leben; „das Gesamtergebnis der quantitativen Tiefenverbreitung des antarktischen Phytoplanktons läßt sich dahin zusammenfassen, daß die obere Schicht von 200 m fast allein die Hauptmasse der lebenden Pflanzen enthält, und zwar nimmt bis zu 40 m Tiefe die Masse dauernd zu, sie bleibt von 40—80 m Tiefe auf der maximalen Höhe stehen und fällt dann rasch ab“<sup>1)</sup>.

Wir dürfen nun fragen, ob die Ablagerungen der Tiefsee gewissermaßen die Summe aller abgestorbenen Diatomeen, abzüglich der organischen Substanz, enthalten, oder ob auch von den kieseligen Hartgebilden ein Teil auf dem Wege nach der Tiefe verloren geht. Auch auf diese Frage gibt KARSTEN<sup>2)</sup> bereits Antwort: „Der Vergleich der untersuchten Grundproben, die auf der Strecke von der Bouvet-Insel bis zu den Kerguelen ziemlich gleichmäßig verteilt sind, ergibt nun stets das Vorhandensein von *Fragilaria*-Schalen als vorherrschenden Bestandteil, daneben finden sich *Thalassiothrix*, *Synedra*, *Eucampia*, *Coscinodiscus* in sehr zahlreichen und verschiedenen Formen, *Actinocyclus*, *Asteromphalus*, *Euodia* in wechselnden Mengen; *Chaetoceras radiculum*-Hornstücke, *Rhizosolenia*-Spitzen sind, wenn auch selten, zu finden, endlich *Dictyocha*-Skelette. Damit sind die nachweisbaren Reste der Oberflächenvegetation erschöpft. Die Proben stammten aus 4605 bis 5733 m Tiefe.“

Und er fragt weiter:

„Wo sind aber alle die unzähligen Schalen von *Chaetoceras*, *Rhizosolenia*, *Corethron*, *Dactyliosolen* geblieben, wenn von den kleineren und unscheinbareren Formen einmal ganz abgesehen werden mag? Sie haben die Wanderung in die Tiefe zwar ebenso angetreten, wie jene, sind aber nicht an das gleiche Ziel gelangt.“

Es ist klar, daß die zarten Skelette des Oberflächenplanktons aufgelöst werden, bevor sie den Meeresboden erreichen. Einmal scheint das Meereswasser direkt auf die so äußerst fein verteilte Kieselsubstanz als Lösungsmittel zu wirken, dann aber wird die organische Grundsubstanz der Diatomeenpanzer von Tieren (Radiolarien), möglicherweise auch von Bakterien angegriffen, und damit geht wahrscheinlich auch eine Zerstörung der Kieselsubstanz Hand in Hand. Wie aber auch immer der Zerstörungsprozeß im einzelnen vor sich gehen mag, unbestreitbar ist das Resultat: „daß nur Schalen auf den Boden des 4000—6000 m tiefen antarktischen Wassers gelangen können, die so dickwandig sind, daß sie den Ab-

1) KARSTEN, Das Phytoplankton des antarktischen Meeres. Wissenschaftl. Ergebn. d. Deutschen Tiefsee-Expedition, Bd. II, 2, S. 10.

2) Ebenda S. 11.

nutzungen und der partiellen Auflösung während des äußerst langsamen Sinkprozesses völlig gewachsen sind, alle anderen werden früher oder später vor Erreichung des Grundes zu vollständiger Auflösung gebracht.“

Bereits KARSTEN war die Erscheinung aufgefallen, daß die *Coscinodiscus*-Formen am Grunde vielfach andere sind, als wie sie im Phytoplankton des Oberflächenwassers nachgewiesen werden konnten. Er glaubte diese merkwürdige Thatsache damit erklären zu sollen, „daß die Bodenproben die gesamten im Laufe der Jahre bis zu ihnen gelangenden Schalen aufbewahren, während die Planktonproben nur den gerade zur Zeit der Tiefsee-Expedition in Wucherungsperiode befindlichen Teil reichlicher enthalten können“.

Beobachtungen während der Deutschen Südpolar-Expedition, die PHILIPPI innerhalb der Packeiszone machte, legen es nahe, auch noch eine andere Möglichkeit ins Auge zu fassen. Es hat sich dort nämlich gezeigt, daß die Grundproben innerhalb des Packeisgebietes sowohl in größeren, wie geringeren Tiefen außerordentlich arm an Diatomeenpanzern sind, trotzdem das Meer sehr reichlich Phytoplankton enthält und im Sommer die Unterseite der Eisschollen durch Diatomeen bräunlich verfärbt wird.

Ganz das Gleiche hat auch die Schottische Südpolar-Expedition unter BRUCE im Weddell-See gefunden<sup>1)</sup>.

„The relative amount of Diatoms in the surface waters and in the deposits form a marked contrast. Over the whole of the Blue Mud area of the Weddell Sea Diatoms are extremely abundant in the surface waters; in the deposits, on the other hand, they are either entirely absent or present only in very small quantity. Their maximum occurrence on the bottom is in about 51° or 52° S., where, in the surface waters, they are comparatively infrequent.“

PHILIPPI<sup>2)</sup> schloß aus diesem Verhalten schon in seinem Vorberichte von der Deutschen Südpolar-Expedition darauf, daß Strömungen, die in der Packeiszone nach Norden setzen, die Diatomeenpanzer nicht zur Ablagerung gelangen lassen, sondern ihnen erst nördlich von der Eiskante gestatten, zu Boden zu sinken.

Die außerordentlich reinen Diatomeenablagerungen an der Packeiskante sind also nach dieser Anschauung die zusammengefügte Diatomeenfauna des gesamten Packeisgürtels, und das Maximum in dem Sediment entspricht nicht einem maximalen Reichtum an Diatomeen in den Oberflächenschichten, wie bereits PIRIE hervorhebt.

Auch auf manchen Stationen der „Valdivia“ kann man merkwürdige quantitative Unterschiede zwischen den Oberflächenschichten und der Grundprobe erkennen; auf die qualitativen wurde bereits hingewiesen. Der nördlichste Diatomeenschlamm, der auf Station 121, 43° 51,7', angetroffen wurde, enthielt noch 40 Proz. kieselige Organismenreste, weit überwiegend Diatomeenpanzer, während an der Oberfläche das Phytoplankton dieser Station als „verschwindend gering“ angegeben wird. Auf der folgenden Station fehlt in der Oberflächenschicht das Phytoplankton sogar gänzlich, während die Kieselorganismen, größtenteils Diatomeen, in der Grundprobe auf 15 Proz. geschätzt werden. Umgekehrt scheint die lebende Diatomeenflora der Station 127 reich zu sein, während die Grundprobe ein vulkanischer Schlick mit nur 4 Proz. kieseligen Organismenresten ist. Die Oberflächenschichten der beiden südlichsten „Valdivia“-Stationen 150 und 152

1) HARVEY PIRIE, Deep Sea deposits of the South Atlantic Ocean and Weddell Sea. Scott. Geogr. Mag., 1905. Separatabzug p. 2.

2) PHILIPPI, Geologischer und chemischer Bericht. Veröffentl. d. Inst. für Meereskunde, Heft 5, 1903, S. 139.

scheinen durchaus nicht ärmer an Phytoplankton zu sein, als die der übrigen Stationen längs der Eiskante, an denen sehr reine Diatomeensedimente wahrgenommen wurden. Trotzdem bildet auf diesen beiden südlichsten Stationen blauer Schlick mit nur 10 bzw. 20 Proz. Kieselorganismen den Meeresboden. Die geringe Abhängigkeit von Untergrund und Phytoplankton einer Station wird besonders bei Station 150 noch dadurch deutlich, daß die Schalen der Oberflächenformen in der Grundprobe durchaus fehlen, wie KARSTEN ausdrücklich hervorhebt.

Man wird allerdings die weiten Verschleppungen der Diatomeenpanzer, wie wir sie hier annehmen, nicht, oder nur zum kleineren Teile auf die Rechnung von Oberflächenströmungen zu setzen haben. Diese sind nach SCHOTT an der Eiskante sehr gering; auch die Bewegungen des Packeises sind im allgemeinen von den herrschenden Winden abhängig, die näher dem antarktischen Kontinent überwiegend östliche, weiter nach außen westliche Richtung haben, also einen äquatorwärts gerichteten Transport des Phytoplanktons nicht begünstigen können. Man wird vielmehr für diesen von den Windrichtungen unabhängige, nach Norden gerichtete Unterströme annehmen müssen; daß solche vorhanden sind, zeigen die Eisberge, deren Bahn zum mindesten eine starke südnördliche Komponente besitzt und von der Winddrift ziemlich unabhängig ist, wie man oft im antarktischen Packeis beobachten kann. Auch scheint zwischen der Verbreitung der Eisberge und der des Diatomeenschlammes ein gewisser Parallelismus zu bestehen. Bei der Bouvet-Insel traf man nach SCHOTT den nördlichsten Eisberg bei  $54^{\circ}$  S., Diatomeenschlamm aber bereits bei  $43^{\circ}$  auf Station 121, im Kerguelengebiet beobachtete man Eisberge nordwärts nur bis zum  $61^{\circ}$  S. und Diatomeenschlamm bis  $51^{\circ}$ . Die äquatorialen Grenzen von Eisbergverbreitung und Diatomeenschlamm verschieben sich also in diesen beiden Fällen parallel miteinander.

**Anorganische Komponente.** Die Beimengung von klastischem Gesteinsmaterial erscheint in vielen Diatomeenschlammern der „Valdivia“ auffallend gering, besonders wenn man in Betracht zieht, daß die Meeresteile, aus denen sie stammen, vielfach von Eisbergen wimmeln. Für das quantitative Verhältnis von Kieselorganismen zu detritogener Mineralsubstanz dürfte in erster Linie die Entfernung von der Packeiskante maßgebend sein. Die Diatomeenschlamm, die nördlich vom  $60^{\circ}$  S. gelotet werden, waren, soweit sich nicht lokal vulkanisches Material beigemischt hatte, ganz auffallend arm an detritogenen Substanzen. Besonders merkwürdig ist die fast völlige Abwesenheit von Ton in manchen dieser Sedimente, die daher auch in getrocknetem Zustande sehr locker waren und ausnahmslos ganz helle Farben besaßen. Von Interesse ist es, daß auf Station 149,  $62^{\circ} 26,6'$  S., zwar der obere Teil der 7 cm langen Probe ein Diatomeenschlamm von reinem Typus, der untere aber ein Blauschlick mit nur 30 Proz. Kieselorganismen war, nach unserer Auffassung bedeutet dieses Verhalten ein Zurückweichen der Eiskante in relativ junger Zeit.

#### 4. Globigerinenschlamm.

**Einleitung.** Der Globigerinenschlamm ist das am längsten bekannte Sediment der küstenfernen Tiefsee. Schon im Jahre 1856 lotete Leutnant BERRYMAN von der amerikanischen Kriegsmarine bei einer Durchquerung des nordatlantischen Oceans Proben dieser kalkreichen Tiefseeablagerung, die EHRENBERG und BAILEY vorgelegt wurden. Besonders aber machten die transatlantischen Kabellegungen der 50er und 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts auf die große Verbreitung der Foraminiferenschlamm am Grunde des Nord-Atlantic aufmerksam. Die un-

leugbare Aehnlichkeit mit Schreibkreide veranlaßte damals manchen Forscher, beide Ablagerungen miteinander zu identifizieren, und ließ WYVILLE THOMSON ausrufen: „Wir leben noch in der Kreidezeit.“ Schon in den 60er Jahren erregte die Gleichstellung von Schreibkreide und Globigerinenschlamm Widerspruch, seither sind die Unterschiede beider Sedimente, die bei aller Aehnlichkeit vorhanden sind, nachdrücklich hervorgehoben worden, am ausführlichsten von CAYEUX <sup>1)</sup>.

Wir stellen, wie die „Deep-Sea Deposits“, diejenigen Ablagerungen zum Globigerinenschlamm, welche mehr als 30 Proz. kohlsauren Kalk enthalten, der sich im wesentlichen auf die Schalen pelagischer Foraminiferen zurückführen läßt.

Verbreitung. Von den Grundproben der „Valdivia“ sind im ganzen 53 dem Globigerinenschlamm zuzusprechen; davon gehören 4 dem gemäßigten, 5 dem tropischen Nord-Atlantic und 10 dem gemäßigten Süd-Atlantic an. 7 stammen aus dem gemäßigten Teile (davon 1 aus der Nähe der Eiskante), 27 dagegen aus dem Tropengebiet des Indischen Oceans.

Tiefe. Die durchschnittliche Tiefe der von der „Valdivia“ geloteten Globigerinenschlamme beträgt 2890 m; diese Ziffer bleibt erheblich hinter der Durchschnittstiefe von 2000 Faden = 3658 m zurück, die der Challenger Report für seine Globigerinenschlamme angiebt. Dabei muß man aber in Betracht ziehen, daß sich unter den in diese Rubrik gestellten Grundproben der „Valdivia“ eine große Anzahl von küstennahen Sedimenten befindet, die alle Uebergänge zum blauen Schlick zeigen und keineswegs als typische Globigerinenschlamme gelten dürfen. Wenn man diese 13 Uebergangstypen von der Küste von Sumatra (Station 205, 206), von der ostafrikanischen Küste (Station 246, 249, 250, 256, 257, 262, 263, 264, 266) und aus dem Golfe von Aden (Station 270, 271), die nur eine Durchschnittstiefe von 1219 m aufweisen, von der Gesamtzahl abzieht, so ergibt sich für die übrig bleibenden 40 Proben eine Durchschnittstiefe von 3633 m, also eine Zahl, die sich fast genau mit der des Challenger Report deckt.

Die größte Tiefe, bei der die „Valdivia“ noch Globigerinenschlamm antraf, beträgt 5695 m und liegt im Atlantischen Ocean fast unmittelbar unter dem Aequator (Station 47, 0° 9,5' S. Br., 8° 32' W. L.). Da dieser tiefste Globigerinenschlamm 67 Proz. kohlsauren Kalk enthält, so kann die Auflösung des Kalkes an dieser Stelle noch keine besonders energische sein.

Weiter südlich im südatlantischen Ocean liegt die Tiefengrenze zwischen Globigerinenschlamm und rotem Ton schon bei 5200 m; der tiefste Globigerinenschlamm (Station 119, 41° 5' S. Br., 93° 43,7' O. L., 5230 m) enthält hier nur noch 42,5 Proz. kohlsauren Kalk und geht im unteren Teile der Probe in roten Ton über.

Noch höher hinauf rückt die Grenze zwischen Globigerinenschlamm und rotem Ton im südindischen Ocean; hier erscheint nämlich der letztere bereits in einer Tiefe von 4700 m (Station 175, 26° 3,6' S. Br., 93° 43,7' O. L., 4709 m).

Man wird also im allgemeinen ein Ansteigen der unteren Tiefengrenze des Globigerinenschlammes vom Aequator nach dem Südpol hin annehmen müssen; außerdem scheint es, daß im Atlantischen Ocean dieses Sediment in größere Tiefen hinabreicht, als im Indischen und Pacifischen Ocean.

Aussehen. Der Habitus der getrockneten Proben ging Hand in Hand mit dem Kalk- und Tongehalt. Die küstennahen Uebergangssedimente waren äußerlich von Blauschlick nicht

<sup>1)</sup> Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires, Lille 1897.

zu unterscheiden. Die relativ kalkarmen Schlamme des Atlantischen Oceans waren meist ziemlich fest und zeigten dunklere, graue bis braune Farbentöne; man könnte derartige Sedimente nur mit fossilen Kalkmergeln, nie mit Schreibkreide vergleichen. Die kalkreicheren küstenfernen Ablagerungen des Indischen Oceans waren hingegen hell gefärbt, locker und körnig und erinnerten an Schreibkreide, wenn sie auch deren helles Weiß und feines Korn nicht besaßen.

$\text{CaCO}_3$ . In den 39 Proben von Globigerinenschlamm, die auf ihren Gehalt an kohlen-saurem Kalk geprüft wurden, betrug der Durchschnitt 53 Proz.

Die Verteilung des Kalkes auf die einzelnen Tiefenstufen ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich:

| Tiefe in m | Zahl der Proben | $\text{CaCO}_3$ in Proz. |
|------------|-----------------|--------------------------|
| über 5000  | 6               | 46,2                     |
| 4000—5000  | 6               | 51,5                     |
| 3000—4000  | 6               | 65,0                     |
| 2000—3000  | 9               | 63,0                     |
| 1000—2000  | 11              | 44,0                     |
| unter 1000 | 1               | 40,0                     |

Der durchschnittliche Kalkgehalt bleibt mit 53 Proz. nicht unerheblich hinter dem des „Challenger“ von 64,47 Proz. zurück. Es rührt dies zum Teil davon her, daß unter den „Valdivia“-Proben viele aus geringer Tiefe reichlich kalkfreies terrigenes Material enthalten, während gerade diese Tiefenstufen beim „Challenger“ sehr kalkreich sind, da sie teilweise aus der Nachbarschaft von Korallenriffen stammen. Es sind aber auch die Schlamme der größeren Tiefen beim „Challenger“ etwas kalkreicher, als wie bei der „Valdivia“, wie die nachfolgende „Challenger“-Tabelle zeigt:

| Tiefe in Faden | Zahl der Proben | $\text{CaCO}_3$ in Proz. |
|----------------|-----------------|--------------------------|
| über 2500      | 16              | 49,58                    |
| 2000—2500      | 49              | 61,74                    |
| 1500—2000      | 35              | 72,66                    |
| 1000—1500      | 13              | 63,69                    |
| 500—1000       | 2               | 68,47                    |
| unter 500      | 3               | 87,07                    |

Nur in der Stufe von 2000—3000 m, die der von 1000—1500 Faden entspricht, herrscht Uebereinstimmung, sonst liegt der Kalkgehalt beim „Challenger“ andauernd höher, als bei der „Valdivia“. Insofern entsprechen sich übrigens die Resultate, als das Maximum des Kalkgehaltes (von den sehr kalkreichen küstennahen Schlammen des „Challenger“ abgesehen) in beiden Fällen zwischen 3000 und 4000 m, bzw. 1500 und 2000 Faden liegt.

Auch bei den Proben der größeren Tiefen läßt sich der geringere Kalkgehalt unschwer aus dem Reisewege der „Valdivia“ erklären. Im ganzen Atlantischen Ocean verraten die Globigerinenschlamme der „Valdivia“ noch deutlich den Einfluß der Kontinente Europa und Afrika. Nur in einer dieser atlantischen Proben fehlen Quarzkörner, dafür ist sie um so reicher an vulkanischem Glas. Es steigt daher der Kalkgehalt im Atlantischen Ocean nur bis auf 69 Proz. (Station 90), fast ebenso hoch ist er auf der tiefsten Station (47), während er in allen übrigen Fällen erheblich zurückbleibt.

Den höchsten Wert erreicht der Kalkgehalt in den landfernen Sedimenten des südindischen Oceans zwischen Kerguelen und der Cocos-Insel (Station 163 und 172 je 81,5 Proz., Station 168 76,5 Proz.). Zwischen den Nikobaren und Ceylon scheint der Reiseweg zu nahe an dem ausgedehnten Blauschlickgebiete des Meerbusens von Bengalen vorbeizugehen, das den Kalkgehalt

ungünstig beeinflußt, und aus dem Gebiete zwischen den Chagos-Inseln und den Seychellen, in dem der Kalkgehalt wahrscheinlich recht hoch ist, fehlen leider Analysen.

**Kalkige Organismenreste.** Der Name Globigerinenschlamm ist insofern zutreffend, als pelagische Foraminiferen und besonders Arten der Gattung *Globigerina* an seiner Zusammensetzung hervorragenden Anteil nehmen. Jedoch muß man im Auge behalten, daß der Globigerinenschlamm niemals ausschließlich, häufig nicht einmal überwiegend organogenen Ursprunges ist. Unter den organogenen Kalkbildungen können aber die Hartgebilde der Coccolithophoriden über die Foraminiferenschalen überwiegen, wie dies bei manchen Kalkschlammern der gemäßigten Zone der Fall ist. Man wird in solchen Fällen vielleicht mit mehr Recht von Coccolithen- als von Globigerinenschlammern sprechen dürfen. Da aber alle diese Sedimente, in denen *Globigerina* nicht die Hauptrolle spielt, aufs engste mit jenen verbunden sind, in denen sie vorherrscht, so empfiehlt es sich kaum, die Gruppe der Globigerinenschlammern auseinander zu reißen.

**Foraminiferen.** Die Gattungen pelagischer Foraminiferen, die zur Bildung des Globigerinenschlammes beigetragen haben, sind an Zahl gering. Es kommen im wesentlichen nur in Betracht die Genera *Globigerina*, *Pulvinulina*, *Orbulina*, *Pullenia* und *Sphaeroidina*, von geringer Bedeutung sind *Hastigerina* und *Candeina*. Diese Gattungen sind im ganzen nur in 18 Arten vertreten, und auch diese sind niemals in einer Grundprobe vereinigt. Beschränkt auf kalte Gewässer sind 2 Arten von *Globigerina*, *Gl. pachyderma* und *Dutertrei* (vergl. Taf. II, Fig. 2), von denen die erste bipolar zu sein scheint, während sich die zweite bisher nur in den südlichen Gewässern gefunden hat. Auch die bekannte *Globigerina bulloides* scheint bis zu einem gewissen Grade bipolar zu sein; diese Art ist in den Grundproben der gemäßigten Zone stellenweise recht häufig, scheint aber in ihrer typischen Form in einem breiten Gürtel zu beiden Seiten des Äquators zu fehlen. Sie ist hier augenscheinlich durch eine größere Form mit hohen, seitlich abgeplatteten Kammern vertreten, die, wenn nicht eine besondere Art, so doch eine konstante Varietät von *Globigerina bulloides* darstellt und in den Analysen mit dem Zusatz var. bezeichnet wird. Auf das Fehlen der *Globigerina bulloides*, die nach BRADY kosmopolitisch sein soll, in einem tropischen Globigerinenschlamm des Atlantischen Ozeans weist übrigens bereits der Challenger Report (Deep Sea Deposits, p. 155) hin.

Zahlreicher noch als *Globigerina bulloides* ist an mancher Station des gemäßigten südatlantischen und südindischen Ozeans *Gl. inflata* vertreten, in den wärmeren Teilen des Indischen Ozeans ist besonders *Gl. sacculifera* und *conglobata* eine sehr häufige Erscheinung. Etwas seltener und hauptsächlich auf die Tropen beschränkt sind *Globigerina rubra*, *dubia*, *aequilateralis* und *digitata*.

Quantitativ noch wichtiger als die Gattung *Globigerina* ist in einzelnen tropischen Sedimenten *Pulvinulina* (vergl. Taf. I, Fig. 2), besonders die großen flachen Schalen von *P. Menardii* fallen am meisten ins Auge (Station 47, im Atlantischen Ozean, direkt unter dem Äquator). Daneben ist die kegelförmige Schale von *P. Micheliniana* eine häufige Erscheinung in tropischen und subtropischen Schlammern, seltener dagegen sind *P. canariensis* und *tumida*. Weit verbreitet und stellenweise sehr häufig ist die kugelförmige *Orbulina universa*. Die porzellanartige Schale von *Pullenia obliquiloculata* ist in den meisten tropischen Schlammern nicht selten, wurde aber in den kühlen Gewässern der Südhemisphäre von der „Valdivia“ nicht gefunden. Ebenfalls nur in tropischen Gewässern einigermaßen häufig scheint *Sphaeroidina dehiscens* zu sein, deren stark glänzende Schälchen auffallend einer aufgeplatzten Frucht gleichen.

In derselben Weise, wie die Zahl der im Globigerinenschlamme enthaltenen pelagischen Foraminiferenarten abnimmt, verringert sich auch die Größe der einzelnen Individuen vom Aequator gegen die Pole hin. Man kann sich leicht davon überzeugen, wenn man die tropischen Formen auf Taf. I mit denen der gemäßigten Meere auf Taf. II die in dem gleichen Maßstabe vergrößert sind, miteinander vergleicht.

Kalkschalen von benthonischen Foraminiferen sind wohl in den meisten Globigerinenschlammten vertreten, aber nur in wenigen einigermaßen häufig und charakteristisch.

Andere Tiergruppen. Unter den kalkigen Organismenresten spielen sodann Seeigelstacheln eine gewisse Rolle, während ihre Schalenreste zu den Seltenheiten gehören. Nicht sehr häufig sind Ostracodenschalen und Fischotolithen, noch seltener Zähne oder Skelettreste von Fischen.

Neben den kalkschaligen Resten pelagischer Tiere sind dem landnahen Globigerinenschlamm noch in wechselnder Menge Schalen oder Schalenbruchstücke von Muscheln und Schnecken, Tunicatenstacheln, zuweilen Bryozoenfragmente und in den Tropen auch Korallenbruchstücke beigemischt.

Pteropodenschalen fehlen dem Globigerinenschlamm größerer Tiefen völlig, stellen sich aber, wenigstens in den Tropen, sofort ein, sobald eine gewisse, übrigens in den einzelnen Meeresteilen stark wechselnde Tiefenstufe nach oben überschritten wird.

Die Coccolithophoriden. Die Hartgebilde der Coccolithophoriden sind bereits seit etwa 70 Jahren aus fossilen und seit 50 Jahren aus recenten Ablagerungen bekannt und haben seither eine sehr umfangreiche Litteratur hervorgerufen. Während sie ihrem Entdecker EHRENBURG als anorganische Gebilde galten, sind sie von der Mehrzahl der Forscher später als Organismenreste, und in neuerer Zeit wohl, WALLICH folgend, hauptsächlich als Hartgebilde pelagischer einzelliger Pflanzen angesehen worden. Aber erst botanischen Arbeiten der neuesten Zeit, welche mit frischem Material operierten, war es vorbehalten geblieben, für die pflanzliche Natur der Coccolithophoriden den endgiltigen Beweis zu erbringen.

Zugleich haben diese neuesten Arbeiten<sup>1)</sup>, unter welchen in erster Linie die von LOHMANN steht, einen weiteren Ausbau der Systematik herbeigeführt. LOHMANN sieht die als Coccolithen und Rhabdolithen bekannten scheiben- und hammerförmigen Kalkkörperchen als Hartteile von einzelligen Pflanzen an, für die er die Familie der Coccolithophoriden aufstellt. Diese umfaßt zwei Unterfamilien: 1) die Syracosphaerinae, mit undurchbrochenen, scheiben- oder becherförmigen Coccolithen, und 2) die Coccolithophorinae, mit durchbohrten, distal oft zu einem Hammer, oder trompetenähnlichen Fortsatze verlängerten Coccolithen. Zu den Syracosphaerinae stellt LOHMANN seine neuen Gattungen *Pontosphaera*, *Scyphosphaera*, *Syracosphaera* und *Calyptosphaera*, zu den Coccolithophorinae die altbekannten Gattungen *Coccolithophora-Coccosphaera* aut. non PERTY 1852, *Rhabdosphaera* HAECK., ferner *Discosphaera* HAECK. und *Umbilicosphaera* LOHM. LOHMANN führt den Nachweis, daß die Coccolithophoriden während des aktiven Stadiums eine oder zwei vollständige Geißeln tragen und Chromatophoren besitzen, daß sie also zu den pflanzlichen Mastigophoren BÜTSCHLI'S und unter diesen zu den Flagellaten gehören. Unter den Flagellaten schließen sie sich wiederum den Chrysomonadinen, und zwar der Gruppe der Loricata, an.

<sup>1)</sup> LOHMANN, Die Coccolithophoridae. Archiv für Protistenkunde, Bd. I, 1902, p. 89. Hier auch ein sehr guter historischer Ueberblick über die früheren Arbeiten. — DIXON, On the structure of Coccusphaeres and the origin of Coccoliths. Proceed. Royal. Soc. London, Vol. LVI, 1900, p. 305. — G. MURRAY and BLACKMAN, On the nature of the Coccusphaeres and Rhabdosphaeres. Philos. Trans. Royal Soc. London, Ser. B, 190, 1898, p. 427.

Leider hat die vorliegende Bearbeitung LOHMANN'S Untersuchungen, welche für die Coccolithophoriden eine ganz neue und gesicherte Grundlage geschaffen haben, bei ihren mikroskopischen Analysen nicht mehr benutzen können. Sie hat sich daher begnügen müssen, in den Grundproben die Anwesenheit von Coccosphären, Coccolithen und Rhabdolithen zu notieren, ohne weitere systematische Unterscheidungen vornehmen zu können.

Es konnte festgestellt werden, daß mit einer Ausnahme sämtliche Globigerinenschlamme, die zur Untersuchung kamen, Coccolithen enthielten, nur in dem merkwürdigen Sediment der Station 154, dicht an der antarktischen Eiskante, scheinen sie zu fehlen. Im Gegensatz zu dieser fast universellen Verbreitung der Coccolithen im Globigerinenschlamme sind Coccosphären ziemlich spärlich vertreten; nur in 11 von 53 Proben konnten sie nachgewiesen werden. Die Coccosphären, d. h. die Hartgebilde der Coccolithophoriden, bei denen sich die Coccolithen noch in situ befinden, scheinen sich hauptsächlich dort erhalten zu können, wo die Sedimentzuführung eine rasche ist. Sie sind infolgedessen in den relativ küstennahen Ablagerungen am häufigsten und finden sich dort hauptsächlich in Tiefen von 1200—3500 m, nur in einem Falle (Station 268), waren sie noch in 5064 m Tiefe nachweisbar. Dem landfernen Globigerinenschlamm, z. B. aus den mittleren Teilen des Indischen Oceans, scheinen Coccosphären jedoch zu fehlen.

Viel empfindlicher gegen kühlere Wassertemperatur, als die Coccosphären, scheinen die Rhabdosphären zu sein. Ihre isolierten Hartteile, die Rhabdolithen, traten im Atlantischen Ocean erst bei Station 32 ( $24^{\circ} 43' N.$ ) auf und verschwanden bereits bei Station 115 ( $36^{\circ} 23,4' S.$ ), um im südindischen Ocean erst wieder bei Station 162 ( $43^{\circ} 44,4' S.$ ) aufzutauchen. Auch in küstennahen Sedimenten, ebenso wie in sehr großen Tiefen fehlen zuweilen die Rhabdolithen, während sie in den küstenfernen Schlammen von mittlerer Tiefe ganz allgemein verbreitet sind.

Kieselorganismen. Auch in dem Rückstande, der nach Behandlung des Globigerinenschlammes mit verdünnter Salzsäure übrig bleibt, ist immer ein gewisser Prozentsatz organogener Entstehung. Die mikroskopische Analyse dieser Rückstände hat nun gezeigt, daß sich in allen Globigerinenschlammen, welche in dieser Weise untersucht wurden, Schwammnadeln fanden. Nach dem, was uns die Dredgezüge gelehrt haben, ist jedoch die Verbreitung der lebenden Kieselschwämme keineswegs so universell; sie scheinen sich vielmehr an gewissen Stellen des Meeresbodens in großer Menge anzusiedeln, an anderen aber ganz zu fehlen. Man sollte also in den Sedimenten ihre Nadeln an einzelnen Punkten angehäuft finden, an anderen jedoch ganz vermissen. Daß dies nicht der Fall ist, beweist, daß sie nach dem Absterben der Schwämme meist einen längeren oder kürzeren Transport erfahren haben. Strömungen, welche diese ziemlich kompakten Hartgebilde verfrachten können, sind wohl am Grunde der Tiefsee ausgeschlossen. Man wird also zu der Annahme gedrängt, daß Tiere die Schwammreste verschleppt haben, und hat dabei wohl in erster Linie an Tiefseefische und Krebse zu denken. Dadurch würde es sich auch erklären, daß die meisten Schwammnadeln des Globigerinenschlammes zerbrochen sind; wären sie einfach aus dem verwesenden Schwammkörper zu Boden gefallen, so hätten sie zweifellos unversehrt bleiben müssen.

Man sollte vermuten, daß, ebenso wie die Schwammnadeln, die Hartgebilde der Radiolarien und Diatomeen sich in jedem Globigerinenschlamme vorfinden müßten, da ja diese Organismen nirgends in den oberflächlichen Schichten des Meeres fehlen. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Von den 40 Globigerinenschlammen, welche daraufhin untersucht wurden, enthalten 12 keine

Diatomeen-, 6 keine Radiolarienreste. Man wird von vornherein vermuten, daß ähnlich wie bei den kalkschaligen Organismenresten auch bei diesen feinen Kieselschalen eine Auflösung durch das Meereswasser stattfindet, worauf bereits MURRAY und neuerdings auch CHUN hingewiesen haben. Es müssen aber noch andere Faktoren dabei in Frage kommen; denn Diatomeenpanzer haben sich vielfach in den ganz großen Tiefen noch erhalten können, während sie mittleren Tiefen (2000—3500 m) z. B. in 6 von 12 Fällen fehlen.

Das Fehlen von agglutinierenden Foraminiferen in einer Anzahl von Globigerinenschlamm ist leichter zu erklären, da diese Organismen wahrscheinlich bestimmte Standpunkte bevorzugen und nicht so leicht verschleppt werden, wie die Schwammnadeln.

Durchschnittlich am reichsten an Kieselskeletten sind naturgemäß die Globigerinenschlamme der subantarktischen Gewässer, da sie in der Nachbarschaft der reinen Diatomeensedimente abgelagert sind. Auffallend ist es, daß der Globigerinenschlamm des Indischen Oceans sehr viel mehr Kieselskelette enthielt, als der des Atlantischen. Während bei 14 atlantischen Grundproben der Prozentgehalt durchschnittlich nur 1,7 Proz. betrug, erreichte er bei 22 Schlammproben des Indischen Oceans einen Durchschnitt von 7,1 Proz. Was die Ursache dieser ungleichmäßigen Verteilung ist, läßt sich nicht ohne weiteres angeben, jedenfalls steht sie wohl im Zusammenhange mit der Thatsache, daß von den großen Weltmeeren nur im Atlantischen Ocean Radiolarienschlamm fehlt (wenn man absieht von dem abnormen Radiolarienschlamm der „Valdivia“-Station 123 im südatlantischen Ocean NNO. von der Bouvet-Insel, der einen Typus für sich darstellt).

Glaukonitische Steinkerne wurden in 5 Fällen im Globigerinenschlamm entdeckt, 4 Fundorte liegen zwischen 1000 und 2000, einer zwischen 2000 und 3000 m Tiefe. Wo sie sich fanden, war der in HCl-unlösliche Rückstand stets bräunlich oder graugrün und enthielt ziemlich viel Mineralkörner (nicht unter 5 Proz.), entsprach also in seiner Zusammensetzung dem Blauschlick. Von den Fundorten liegen einer westlich von Sierra Leone, der zweite unfern der Agulhas-Bank, der dritte bei Ceylon und zwei an der ostafrikanischen Küste. Auch hier ist wieder das Zusammenvorkommen von Glaukonit mit Trümmern von Urgebirgsgesteinen, speciell Orthoklas führenden, von Bedeutung, auf das die „Deep Sea Deposits“ bereits hinweisen; es hat durchaus den Anschein, als ob das Kali, das Kalifeldspäte bei ihrer Zersetzung abgeben, ein sehr wesentlicher Faktor bei der Glaukonitbildung wäre<sup>1)</sup>.

Anorganische Komponente. Je nach der Lage der einzelnen Lotstationen zum Festlande, zu Inseln und zu submarinen Vulkanausbrüchen ist die anorganische Komponente sehr verschiedener Natur, es findet natürlich überall ein allmählicher Uebergang zu den Sedimenten statt, deren Gebiet an das des Globigerinenschlammes grenzt.

Uebergangsbildungen zwischen Globigerinenschlamm und Blauschlick lotete die „Valdivia“ südwestlich von Sumatra und besonders an der ostafrikanischen Küste; sie gleichen makroskopisch durchaus dem Blauschlick, enthalten aber mehr als 30 Proz. organogenen Kalk, der wesentlich auf die Schalen pelagischer Foraminiferen zurückzuführen ist.

Während diejenigen Uebergangssedimente, die reichlich gröbere Mineralkörner enthalten, auf die Nachbarschaft des Landes und meist auch auf geringere Tiefen beschränkt zu sein scheinen, finden sich andere, sehr viel feinkörnigere Sedimente, die ein Gemenge von Blauschlick und organogener Kalksubstanz darstellen, noch in größerer Entfernung vom Lande und oft in

1) Vergl. COLLET et LEE, Recherches sur la glauconie, p. 265.

sehr beträchtlichen Tiefen dort, wo gewaltige Ströme ins Meer einmünden. Solche Schlammte unterscheidet sich schon durch graue und bräunliche Farbentöne und größere Festigkeit nach dem Trocknen von dem typischen lockeren, gelblich oder rosa gefärbten Globigerinenschlamm. Derartige Sedimente traf die „Valdivia“ an der westafrikanischen Küste südlich von Cap Palmas (Station 45, 47); es sind Schlammte, die auffallend wenig kontinentale Mineralkörner enthalten (Station 45 ist reich an vulkanischem Glas), dafür aber einen ziemlich reichen Prozentsatz von dunkelbrauner, toniger Substanz, die wohl die feinste Flußtrübe der großen westafrikanischen Ströme darstellt. Weiter gegen die Nigermündung hin (Station 55) wächst auch der Gehalt an Mineralkörnern stark. Einen ganz analogen Fall stellt Station 214 zwischen den Nikobaren und Ceylon dar, auch hier sind wenig größere Mineralkörner enthalten, desto bedeutender ist der Gehalt an feinsten toniger Substanz; der Zusammenhang mit den großen indischen Strömen, die den Busen von Bengalen mit Blauschlick erfüllen, ist klar.

Neben diesen Sedimenten, bei denen bereits makroskopisch eine Beteiligung von terrigenem klastischen Material deutlich erkennbar ist, finden sich zahlreiche andere, bei denen erst das Mikroskop einen gewissen Prozentsatz von kontinentalen Mineralkörnern nachweist. In diese Gruppe gehören die meisten Globigerinenschlammte, welche die „Valdivia“ im Atlantic lotete. Wahrscheinlich kommt als Transportmittel für die Mineralkörner in erster Linie der Wind in Betracht; das gilt besonders für die Schlammte der Stationen 32 und 35 zwischen Cap Bojador und Cap Blanco, die relativ reich an gerundeten Mineralkörnern, vorwiegend Quarz, sind. Der Einfluß der Saharawinde, der sich in diesen Meeresteilen auch in Gestalt von Staubfällen äußert, ist hier unverkennbar.

Das merkwürdige Vorkommen von Quarzkörnern in den Globigerinenschlammten des südindischen Ozeans nördlich und südlich von St. Paul und Neu-Amsterdam läßt sich hingegen kaum durch Windtransport erklären. Gegen eine Ableitung der Quarzkörnchen von den Inseln spricht deren geologischer Bau. Vielleicht stammen sie von Eisbergen, deren feinstes Gesteinsmaterial durch Strömungen so weit nach Norden verfrachtet wurde. Dies ist um so wahrscheinlicher, als größeres Eisbergmaterial mit Sicherheit aus gleichen Breiten südlich vom Kap der guten Hoffnung nachweisbar ist. Daß allerdings die Gesteinsbrocken der dem Festlande nahe gelegenen Stationen 115 und 117 ( $36^{\circ} 23'$  und  $37^{\circ} 21'$  S. Br.) nicht noch afrikanischen Ursprunges sind, ist angesichts der sehr heftigen Strömungen und der starken Küstenbrandung nicht ausgeschlossen. Sicher antarktisches Material führt jedoch die Station 119 ( $41^{\circ} 5'$  S. Br.). Auch noch in anderer Hinsicht ist diese Grundprobe interessant: während ihr oberer Teil ein Globigerinenschlamm von 42,5 Proz. Kalkgehalt ist, der Gesteinsbruchstücke bis 4 mm Durchmesser enthält, ist der untere Teil ein ziemlich kalkarmer grauer Ton mit nur sehr kleinen Gesteinssplintern. Derartige Tone hat die „Deutsche Tiefsee-Expedition“ in großer Verbreitung innerhalb der Packeiszone, südlich von dem Areal des Globigerinen- und Diatomeen-Schlammes nachgewiesen, es ist also sehr wahrscheinlich, daß auch der untere Teil der Grundprobe von Station 119 unter Packeis zur Ablagerung gelangte und daher wohl schon dem Diluvium angehört. Das Gleiche gilt für die Grundprobe der Station 154 ( $61^{\circ} 15,9'$  S. Br.), deren unterer Teil ebenfalls erheblich kalkärmer ist als der obere.

So zahlreich auch die Fälle sein mögen, in denen Globigerinenschlamm sich mit terrigenem Material mengt, so stellen sie doch nicht die Regel dar. Die klastische Komponente des normalen

Globigerinenschlammes ist der rote Ton. Dies erkennt man bereits äußerlich an den gelblichen und hellrötlichen Farbentönen; behandelt man aber eines dieser normalen Sedimente mit Salzsäure, so bleibt ein Rückstand zurück, der sich in keiner Weise vom roten Ton unterscheiden läßt. Zu diesen typischen Globigerinenschlammern gehören einzelne aus den mittleren Teilen und die aus dem Nordwesten des Indischen Ozeans. Wenn unter den Grundproben der „Valdivia“ die normalen Globigerinenschlammern nicht vorherrschen, so erklärt sich dies ausschließlich aus dem Reisewege, tatsächlich ist das Gebiet, das sie bedecken, außerordentlich viel größer, als das der Schlammern mit kontinentaler klastischer Komponente.

### 5. Pteropodenschlamm.

**Einleitung.** Als Pteropodenschlamm bezeichnete J. MURRAY pelagische Tiefsee-Ab lagerungen, die durch den Reichtum an Pteropoden- und Heteropoden-Schalen ausgezeichnet sind; es muß jedoch hervorgehoben werden, daß die Reste pelagischer Mollusken zwar einen sehr auffälligen und charakteristischen, aber nie den vorherrschenden Gemengteil bilden; quantitativ überwiegen die Schalen pelagischer Foraminiferen. Der Pteropodenschlamm stellt also gewissermaßen nur eine Abart des Globigerinenschlammes dar, und zwar dessen Seichtwasserfacies, da er wesentlich auf Tiefen unter 3000 m beschränkt ist.

**Verbreitung.** Dem Pteropodenschlamm wurden 12 Sedimente der „Valdivia“ zuge rechnet; davon gehören 2 dem nord-, 1 dem südatlantischen Ocean, 3 dem nordwestlichen Indischen Ocean bei Sumatra und Groß-Nikobar und die letzten 6 der ostafrikanischen Küste an. Mit Ausnahme der Station 31 ( $26^{\circ} 5,5' N.$ ), die auch noch nahe dem Wendekreis liegt, stammen alle Pteropodenschlammern der „Valdivia“ aus tropischen Gewässern.

Nur Station 83 lag in größerer Entfernung von der Küste, in allen anderen Fällen handelt es sich um küstennahe Sedimente.

**Tiefe.** Die Tiefen, aus denen die Pteropodenschlammern der „Valdivia“ stammen, liegen zwischen 296 und 1694 m; der Durchschnitt beträgt 788 m, bleibt also erheblich hinter dem „Challenger“-Durchschnitt von 1909 m Tiefe zurück.

**Aussehen.** Nur die auf einer küstenfernen Bank gelotete Probe der Station 83 erinnerte in Farbe und Beschaffenheit an Globigerinenschlamm; die übrigen küstennahen Sedimente standen in ihrer äußeren Beschaffenheit dem Blauschlick sehr nahe, waren aber wegen ihres Reichtumes an größeren Schalenresten häufig lockerer als dieser (vergl. Taf. V, Fig. 1).

**CaCO<sub>3</sub>.** Der Kalkgehalt wurde in 10 von 12 Proben bestimmt und betrug im Mittel 45,3 Proz.; sein Maximum von 60,5 Proz. erreichte er auf Station 37 unfern der Cap Verden-Insel Boavista, das Minimum von 31,5 Proz. im Nias-Nordkanal an der Südwestküste von Sumatra.

Sehr viel kalkreicher ist der Pteropodenschlamm des „Challenger“, bei dem das Minimum 52,32 Proz., das Maximum 98,47 Proz., der Durchschnitt 79,25 Proz. beträgt.

Der große Unterschied im Kalkgehalt zwischen den „Valdivia“- und „Challenger“-Proben rührt davon her, daß die letzteren meist von küstenfernen Flachwasserstrichen, insbesondere vom mittelatlantischen Rücken, ferner aus der Nachbarschaft von Koralleninseln stammen, während die ersteren meist in verhältnismäßig geringer Entfernung vom Festlande oder kontinentalen Inseln gelotet wurden.

Unter den kalkschaligen Organismenresten herrschen die Schalen pelagischer Foraminiferen meist vor, daneben finden sich fast immer die übrigen Gemengteile des Globigerinenschlammes, wie die Hartgebilde der Coccolithophoriden, benthonische Foraminiferen, Seeigelstacheln, Ostracodenschalen, Fischotolithen etc. Die Schalen von Pteropoden und Heteropoden bilden einen zwar sehr auffallenden, aber nicht den quantitativ überwiegenden Bestandteil. In den meisten Sedimenten der „Valdivia“, die dem Blauschlick nahestehen, finden sich auch in größeren oder geringeren Mengen die Reste von Küstenbewohnern, wie die Schalen von Lamellibranchiaten und Gastropoden, *Serpula*-Röhren, Fragmente von Bryozoen, Hartgebilde von Tunicaten und Alcyonarien, als Seltenheit auch die Schnäbel von Cephalopoden.

Das Fehlen des Pteropodenschlammes in kälteren Meeren erklärt sich hauptsächlich aus der geographischen Verbreitung seiner Charaktertiere, deren große Mehrzahl auf wärmere Gewässer<sup>1)</sup> beschränkt ist. Wenn sich aber die Pteropoden- und Heteropoden-Schalen nur in den flacheren Teilen, nicht in den größeren Tiefen der tropischen Meere anhäufen, so giebt es dafür nur die eine Erklärung: daß die zarten Kalkschälchen beim Niedersinken durch mächtige Wassersäulen aufgelöst werden. Die Tiefe, bis zu der Pteropodenschalen gefunden wurden, ist übrigens sehr verschieden. Während das Sediment der Station 37, nahe der Capverden-Insel Boavista (16° 14,1' N., 1694 m Tiefe) als Pteropodenschlamm zu bezeichnen ist, enthält die nahe gelegene Station 41 (8° 58' N., 1763 m Tiefe), trotzdem die Tiefe nur wenig größer ist, auch nicht mehr Spuren von Pteropodenschalen. Im Indischen Ocean finden sich Pteropodenreste in der Nähe der Cocos-Insel dagegen noch in 2154 m Tiefe. Es scheint, daß sich Pteropodenreste auch in größeren Tiefen dort erhalten können, wo reichlich Sedimentzufuhr vom Lande her stattfindet, und dies erlaubt wiederum den Rückschluß, daß die Auflösung der feinen Kalkschälchen teilweise erst auf dem Meeresboden stattfindet.

Kieselorganismen. Kieselige Organismenreste spielen in den Pteropodenschlammern der „Valdivia“ keine bedeutende Rolle. Allgemeine Verbreitung besitzen wie im Globigerinenschlamm die Schwammnadeln, agglutinierende Foraminiferen sind wie in vielen küstennahen Sedimenten ziemlich verbreitet, hingegen treten Radiolarien- und noch mehr Diatomeen-Skelette zurück.

## 6. Blauer Schlick.

Einleitung. Die Bezeichnung „blauer Schlick“ (blue mud) wurde von JOHN MURRAY für die feinkörnig-schlammigen, terrigenen Sedimente von überwiegend dunkel-graublauer Farbe gewählt, die sich unterhalb der 100-Fadenlinie an den Rändern der Kontinente und auf dem Boden der Binnenmeere absetzen. Man hat sich daran gewöhnt, auch Ablagerungen mit bräunlichen und grünlichen Farbentönen (falls letztere nicht auf Glaukonit zurückzuführen sind) hierher zu stellen, soweit sie in ihrer sonstigen Zusammensetzung keine wesentlichen Unterschiede vom Blauschlick zeigen. Wir übersetzen das englische „mud“ mit „Schlick“, da der „blue mud“ in seiner Zusammensetzung dem typischen Schlick, d. h. den feinsten Absätzen des Wattenmeeres am nächsten steht, wenn er auch in seinem Gehalt an organischer Substanz häufig hinter diesem zurückbleiben mag.

1) MEISENHEIMER, Pteropoda. Wissenschaftl. Ergebn. d. Deutschen Tiefsee-Expedition, Bd. IX, S. 76.

Verbreitung. Blauschlick wurde von der „Valdivia“ auf 20 Stationen gelotet; davon liegen 1 im nordwestlichen Teile der Nordsee bei den Shetland-Inseln, 2 im Golfe von Guinea, 3 bei der Kongomündung, 1 nahe der Großen Fischbai, 2 in der Nähe der antarktischen Eiskante, 7 an der Südwestküste Sumatras, 1 im Busen von Bengalen und 3 an der ostafrikanischen Küste.

Tiefe. Die Tiefen, aus denen Blauschlick gelotet wurde, liegen zwischen 214 und 5214 m, die Durchschnittstiefe beträgt 1934 m. Die Proben des „Challenger“ bewegen sich ungefähr zwischen den gleichen Tiefengrenzen, die Durchschnittstiefe steigt aber hier bis auf 2580 m.

Aussehen. Der typische Blauschlick zwischen der Nigermündung und dem Kongo stellt nach SCHOTT<sup>1)</sup> eine „weiche, grünblauschwarze, eklige Masse von äußerst schmieriger Beschaffenheit dar, in die Lote leicht und tief einsinken“. Getrocknet, sind diese Sedimente außerordentlich fest und besitzen eine dunkel-schiefergraue Färbung. Eine Ausnahme macht nur die Grundprobe der Station 68, unmittelbar vor der Kongomündung, die auffallend locker und körnig war und bräunliche Farbentöne zeigte; es ist dies der auf Taf. V, Fig. 2 dargestellte Coprolithenschlick, der eine eigentümliche, durch die Verdauungsthätigkeit vorwiegend von Echinodermen hervorgerufene Abart des Blauschlicks darstellt.

Der Schlamm der Station 75 unweit der Großen Fischbai besitzt bereits graugrüne Farbentöne, es macht sich hier schon ein Uebergang zu den Grün-Sanden und -Schlammern bemerkbar, die für die Küstenstrecken des Kaplandes charakteristisch sind. Von der Agulhas-Bank und deren Abhängen stammen nur derartige glaukonitreiche Kontinentalsedimente, kein Blauschlick. Die äußeren Teile der antarktischen Packeiszone haben 2 Grundproben geliefert, die völlig kalkfrei sind; der Gehalt an gröberen Mineralkörnern ist bei der weiter nach Süden gelegenen groß (60 Proz.), bei der nördlicheren gering (5 Proz.). Die „Deutsche Südpolar-Expedition“ hat die große Verbreitung solcher kalkfreien terrigenen Sedimente in der Treibeiszone nachgewiesen, und man wird sie als deren typische Ablagerung anzusehen haben.

Die Blauschlicke der sumatranischen Südwestküste sind einander sämtlich sehr ähnlich; sie sind getrocknet fest, graugrün, haben einen ziemlich hohen Kalkgehalt und gehen unmerklich in Pteropoden- und Globigerinen-Schlamm über. Nur die Grundprobe der Station 200, westlich von Nias aus dem Mentawai-Graben, bildet eine Ausnahme; sie ist rein grau gefärbt, kalkfrei und enthält nur sehr wenig und sehr kleine Mineralkörner. Der Schlick der Station 214 aus dem Busen von Bengalen ähnelt sehr denen von der afrikanischen Westküste, ist aber etwas grobkörniger. Die Typen von der ostafrikanischen Küste nähern sich gleich den sumatranischen durch ihre kalkig-organogene Komponente pelagischen Sedimenten; wenn wir den Blauschlick der Station 245 trotz seines hohen Kalkgehaltes (41,5 Proz.) hierher und nicht zum Pteropodenschlamm stellen, so geschieht dies deswegen, weil die kalkig-organogenen Bestandteile hauptsächlich aus benthonischen Molluskenschalen, weniger aus den Hartgebilden pelagischer Tierformen bestehen.

CaCO<sub>3</sub>. Den Kalkgehalt und seine Verteilung auf die verschiedenen Tiefen giebt die nachstehende Tabelle wieder:

1) l. c. S. 106.

| Tiefe in m | Zahl | CaCO <sub>3</sub> in Proz. |
|------------|------|----------------------------|
| 1—500      | 3    | 24,5                       |
| 500—1000   | 6    | 19,8                       |
| 1000—2000  | 1    | 28,5                       |
| 2000—3000  | 3    | 10,2                       |
| 3000—4000  | 3    | 8,0                        |
| über 4000  | 3    | 0,0                        |

Von der einen abnormen Grundprobe von 1000—2000 m abgesehen, die dem Globigerinenschlamm schon sehr nahesteht, sinkt also der Kalkgehalt mit wachsender Tiefe, so daß schließlich die tiefsten Blauschlicke ganz kalkfrei werden. Es herrscht also hier im allgemeinen das gleiche Gesetz wie bei den pelagischen Ablagerungen größerer Tiefen; im einzelnen ist allerdings der Kalkgehalt des Blauschlicks großen lokalen Schwankungen unterworfen, wie dies bei küstennahen Sedimenten leicht verständlich ist.

Unter den kalkigen Organismenresten überwiegen im allgemeinen die Schalen pelagischer Foraminiferen; man findet dieselben Typen wie im Globigerinenschlamm, doch ist häufig der Erhaltungszustand ein besserer. Es scheint im Globigerinenschlamm öfters ein Umkristallisierungsprozeß vor sich zu gehen, der im Blauschlick nicht eintritt. In einigen anderen Fällen, wie auf Station 56 vor der Nigermündung, 199 an der Südküste von Nias, 213 im südlichen Teile des Busens von Bengalen, 245 und 254 an der ostafrikanischen Küste, sind die meisten Foraminiferengehäuse und die bisweilen mit ihnen vergesellschafteten Molluskenschalen zu einem feinkörnigen Grus zermahlen; diese Zertrümmerung ist wohl darauf zurückzuführen, daß der Tiefenschlamm ein- oder mehrmals den Darm schlickfressender Tiere, wohl in erster Linie von Echinodermen passiert hat. Noch drastischer zeigt diese Erscheinung der Coprolithenschlick der Station 68 vor der Kongomündung; auffallend ist, daß ihm pelagische Foraminiferen fast ganz fehlen und daß sein allerdings geringer Kalkgehalt auf Bruchstücke von Molluskenschalen und Skeletteile von Fischen zurückgeführt werden muß.

Da die pelagische Foraminiferenfauna des Blauschlicks der des Globigerinenschlammes durchaus entspricht, so sollte man vermuten, daß auch die Hartgebilde der Coccolithophoriden in jenem, wie in diesem Sedimenttypus eine ganz allgemeine Verbreitung haben müßten. Dies ist jedoch durchaus nicht der Fall. Merkwürdigerweise fehlen sie nämlich in sämtlichen Proben von der westafrikanischen Küste und teilweise auch in denen der sumatranischen Südwestküste. Dagegen enthält der Blauschlick der ostafrikanischen Küste konstant Coccolithophoriden. Worauf dieser sonderbare Gegensatz besonders zwischen den küstennahen Sedimenten der afrikanischen Ost- und Westküste zurückzuführen ist, bedarf noch weiterer Untersuchungen. Vielleicht ist der Umstand von Bedeutung, daß den Küstengewässern Westafrikas durch die Riesenströme viel Süßwasser beigemischt wird, während an der Ostküste nördlich von Daressalam nur wenig bedeutende Flüsse einmünden. Möglicherweise spielt auch die herrschende Wind- und Stromrichtung, die Westafrika zur Luvküste, Ostafrika zur Leeküste macht, eine bedeutungsvolle Rolle, in ersterem Falle wird pelagisches Plankton von der Küste abgedrängt, in letzterem ihr zugetrieben. Auf jeden Fall erscheint es bemerkenswert, daß an den tropischen Küsten Afrikas das Vorkommen von Coccolithophoriden in den küstennahen Ablagerungen mit der Verbreitung der Korallenriffe parallel zu gehen scheint.

Im küstenfernen Blauschlick treten meist, wie im analogen Globigerinenschlamm, noch Echinodermenstacheln auf, in den küstennahen Typen, besonders bei Sumatra und Ostafrika findet

sich außerdem meist ein buntes Gemenge von Pteropoden- und anderen Mollusken-Schalen, Ostracodenschalen, *Serpula*-Röhren, Korallen- und Bryozoen-Fragmenten, Fischotolithen, Tunicaten- und Alcyonarien-Stacheln; alle diese Hartgebilde spielen aber wie in den entsprechenden Globigerinen- und Pteropoden-Schlammen mehr die Rolle von accessorischen Gemengteilen. Nur in dem außergewöhnlich kalkreichen Schlick der Station 245 (41,5 Proz.!) ist wohl der größere Teil des Kalkgehaltes auf Bruchstücke von Molluskenschalen zurückzuführen.

**Kieselige Organismenreste.** Die kieselsaure organogene Komponente spielt in den meisten Fällen nur eine geringe Rolle; am höchsten war ihre Beteiligung in den beiden antarktischen Sedimenten, wo sie auf 10 bzw. 20 Proz. geschätzt werden konnte. Davon entfällt der größte Teil auf Diatomeenpanzer, ein kleinerer auf Radiolarien. Außerdem enthält nur noch der Blauschlick der Station 213 aus dem Meerbusen von Bengalen 10 Proz. kieselige Organismenreste, vorherrschend Radiolarien, in allen übrigen Fällen konnte ihr Prozentgehalt nur auf 1 bis 3 Proz. geschätzt werden. Die Verteilung war ähnlich wie im Globigerinenschlamm. Allgemein verbreitet sind Schwammnadeln, die nur in einer der ostafrikanischen Grundproben fehlen, eine etwas geringere Verbreitung besitzen Radiolarien, die in 5 Fällen, und Diatomeen, die in 9 von 20 fehlen. Lokal sind agglutinierende Foraminiferen, besonders in manchen küstennahen und einem antarktischen Blauschlick, nicht selten.

**Anorganische Komponente.** Die anorganische Komponente des Blauschlicks setzt sich aus fein verteilter Tonsubstanz und feinsten Mineralsplittern, den „fine washings“ des „Challenger“-Werkes, und aus gröberen Mineralkörnern und Gesteinsbrocken zusammen. Es braucht kaum betont zu werden, daß das Verhältnis der gröberen und feineren Gemengteile zu einander je nach Lage der Station ein sehr verschiedenes ist.

Mineralkörner, deren Durchmesser 1 mm übersteigt, sind auf den antarktischen Blauschlick beschränkt, der unter dem Einflusse von Eisbergen gebildet worden ist. In allen übrigen Grundproben von Blauschlick, auch in den verhältnismäßig küstennahen, ist die mittlere Größe der Mineralkörner im allgemeinen eine auffallend geringe. Sie beträgt im Maximum 0,15 mm auf Station 189, sinkt aber bis auf 0,06 mm auf den Stationen 67 und 200. Bei 9 von 20 Blauschlicks bleibt sie unter 0,1 mm.

Im Blauschlick der sumatranischen und ostafrikanischen Küstenregion überwiegt im allgemeinen die Masse des Schlammes die der Mineralkörner um das 5 bis 30fache. Eine Ausnahme macht nur Station 254 an der ostafrikanischen Küste, fast unter dem Äquator, bei der 50 Proz. Mineralkörnern nur 19 Proz. Schlamm gegenüberstehen; auch in der Nähe der Großen Fischbai an der westafrikanischen Küste (Station 75) ist der Prozentsatz (30 Proz.) der Mineralkörner recht groß. Da bei beiden Stationen die Entfernung vom Lande wie die Tiefe zu bedeutend waren, um an einen direkten Transport des gröberen Materials durch die Brandungswellen zu denken, so ist wohl der hohe Gehalt an Mineralkörnern auf die starken Küstenströme zurückzuführen, die in beiden Fällen nachweisbar war.

Im Gegensatz dazu besteht zwischen der Niger- und Kongomündung die anorganische Komponente zum größten Teile aus äußerst fein verteilter Flußtrübe. Während auf Station 56 dieser sehr feine Schlamm 88,5 Proz. der Substanz gegenüber 2 Proz. Mineralkörnern ausmacht, steigert sich dieses Verhältnis bei Station 58 auf 92 Proz. zu 1 Proz. und bei Station 67 nörd-

lich von der Kongomündung sogar auf 94,5 Proz. zu 1 Proz. Dabei sinkt der mittlere Durchmesser der Mineralkörner von 0,1 mm auf Station 56 bis auf 0,06 mm auf Station 67.

Diesem wesentlich aus feinsten Flußtrübe zusammengesetzten Blauschlick entspricht durchaus das Sediment des Mentawai-Grabens westlich von Nias auf Station 200, wo 97 Proz. feinsten Schlamm gegenüber nur 2 Proz. Mineralkörnern vom mittleren Durchmesser von 0,06 mm beobachtet werden konnten.

Im Gegensatz dazu zeigt das Sediment der Station 213 aus den südlichen Teilen des Golfes von Bengalen, das doch ebenfalls unter dem Einflusse riesiger Ströme steht und deswegen den Ablagerungen des Golfes von Guinea vergleichbar sein sollte, nur 30 Proz. feinsten Schlamm gegenüber 50 Proz. Mineralkörnern von 0,09 mm mittlerem Durchmesser, unter denen besonders Glimmerblätter auffallen.

Unter den Mineralkörnern überwiegen immer die sog. „kontinentalen“, d. h. die Zertrümmerungsprodukte von Tiefengesteinen und kristallinen Schiefen. In erster Reihe steht stets der Quarz, einige Proben enthalten daneben viel Glimmer, besonders Biotit, zurück treten Feldspäte, Hornblenden und Magnetisen, noch seltener trifft man Augite, Turmalin, Zirkon, Granat etc.

Nahezu in allen Blauschlicks fanden sich auch Splitter von vulkanischem Glas; dies ist bei der universellen Verbreitung von schwimmendem Bimsstein nicht verwunderlich. Glaukonitkörner wurden ungefähr in der Hälfte der untersuchten Blauschlicks nachgewiesen, etwa ebenso häufig waren kleine Schwefelkiesknöllchen, die ebenfalls als Neubildung aufzufassen sind. Auf fein verteilten Schwefelkies und auf organische Substanzen ist die dunkel-graublaue Färbung des typischen Blauschlicks zurückzuführen, die bei längerer Berührung mit der Luft durch Oxydation in bräunliche Farbentöne übergeht. Manganknollen fehlen im echten Blauschlick; es ist selbstverständlich, daß die höheren Oxydationsstufen des Mangans und Eisens, wie sie in diesen vorliegen, sich bei Gegenwart von organischer Substanz nicht bilden können.

## 7. Glaukonitische Sedimente.

**Einleitung.** Die unter dieser Rubrik zusammengefaßten Grün-Sande und -Schlicks stellen eine Abart der terrigenen Ablagerungen dar, die sich durch einen besonderen Reichtum an neugebildeten Glaukonitkörnern und glaukonitischen Steinkernen auszeichnet. Sie gehören zu den am längsten bekannten Tiefsee-Sedimenten, denn schon BAILEY und POURTALÈS konnten um die Mitte des vorigen Jahrhunderts die Bildung recenter Grünsande an der atlantischen Küste der südlichen Vereinigten Staaten nachweisen. Seither sind glaukonitische Sedimente an vielen Kontinentalküsten gefunden worden, besonders dort, wo steile, aus Urgebirgsgesteinen bestehende Berge ans Meer treten und wo keine bedeutenden Flüsse einmünden.

**Verbreitung.** Glaukonitische Sedimente sammelte die „Valdivia“ in 5 Fällen, 1mal an der westafrikanischen Küste bei Cap Bojador und 4mal auf der Agulhasbank oder an deren Rande.

**Tiefe.** Die Tiefen liegen zwischen 105 und 1930 m; 3 Sedimente wurden aus Tiefen unter 200 m, 1 zwischen 500 und 1000 m und eine nahe an 2000 m gelotet. Die Durchschnittstiefe betrug 583 m.

**Aussehen.** Die Farbe der 4 typischen Glaukonitsedimente von der Agulhasbank war ein schmutziges Graugrün, oft mit einem Stich ins Gelbliche. Getrocknet waren die Proben locker, teilweise sandig.

Von diesen Typen weicht der Grünsand von Cap Bojador erheblich ab; er könnte mit gleichem Rechte als organogener Kalksand bezeichnet werden. Leider konnte der sicherlich recht hohe Kalkgehalt hier nicht bestimmt werden, da das Lot nur sehr wenig Material heraufbrachte und die Probe aus dem Trawl ausgewaschen war. Auch in der Beschaffenheit der glaukonitischen Neubildungen weist diese Probe recht erhebliche Unterschiede gegenüber denen der Agulhasbank auf.

$\text{CaCO}_3$ . Der Kalkgehalt der 4 Proben der Agulhasbank liegt zwischen 19 und 51 Proz. und beträgt im Durchschnitt 33 Proz.

In den küstenferneren Grünschlickern aus größerer Tiefe ist der Kalkgehalt hauptsächlich auf die Schälchen pelagischer Foraminiferen und auf die Hartgebilde der Coccolithophoriden zurückzuführen. In den küstennahen Grünsanden überwiegen hingegen die sehr mannigfaltigen Reste benthonischer Typen. Auffallend ist das Fehlen der Pteropodenschalen in den Grünsanden der Agulhasbank. Da sie sicher im warmen Agulhasstrom in großen Mengen enthalten sind und auch die Tiefe nicht bedeutend genug ist, um eine völlige Auflösung veranlassen zu können, so läßt sich dies wohl nur damit erklären, daß der reißende Agulhasstrom sie nicht auf der Bank zum Absatze gelangen läßt.

Kieselige Organismenreste. Der Anteil, den kieselige Organismenreste am Aufbau der glaukonitischen Sedimente nehmen, ist sehr verschieden. Ihr Prozentgehalt liegt zwischen 3 und 25 Proz. Immer sind Schwammnadeln vertreten, oft in sehr bedeutenden Massen, wie die auf Taf. III, Fig. 2 dargestellte Grundprobe zeigt. Radiolarien und Diatomeen sind meist vorhanden, aber nie wichtig, agglutinierende Foraminiferen waren nur in einer Probe nachweisbar.

Anorganische Komponente. Der Gehalt an Mineralkörnern ist besonders in den größeren glaukonitischen Sedimenten, die als Grünsande bezeichnet werden, sehr hoch. Er wurde auf Station 102 auf 40 Proz., auf Station 92 sogar auf 50 Proz. geschätzt. Merkwürdigerweise konnten wir in den Sanden nur Quarz- und Glaukonit-Körner wahrnehmen. Von den Silikaten, besonders den Feldspäten, die man an einer Kontinentalküste unbedingt erwarten müßte, ließ sich in den Grünsanden nichts, in den Schlickern nur sehr wenig erkennen. Dies scheint den Gedanken nahezu legen, daß diese Silikate bei der Bildung des Glaukonits verbraucht sein mögen.

Der Glaukonit erscheint meist in Körnern von schwärzlich-grüner Farbe; von diesen sind die wenigsten glatt und einheitlich, die meisten sind traubig oder beerenförmig und zeigen deutlich an, daß sie aus der Verwachsung mehrerer kleinerer Körner entstanden sind. Glaukonitische Steinkerne von Foraminiferen sind selten und zeichnen sich durch hellgrüne Farbentöne aus.

Manganknollen fehlen, und es läßt sich vermuten, daß ihre Bildung die der Glaukonitkörner ausschließt; hingegen geht die Bildung phosphoritischer Knollen, über die später eingehend berichtet wird, mit der des Glaukonits Hand in Hand.

## 8. Vulkanische Sedimente.

Einleitung. Als vulkanische Schlicke und Sande bezeichnet das „Challenger“-Werk die Ablagerungen, in denen mechanische Zertrümmerungsprodukte von jungvulkanischen Gesteinen eine ausschlaggebende Rolle spielen. Sie bilden sich dort, wo die Kontinentalküste reich an jungvulkanischen Bildungen ist, besonders aber in der Nachbarschaft von vulkanischen Inseln.

Unter den Sedimenten der „Valdivia“ befinden sich auch einige, die auf submarine Vulkan- ausbrüche zurückzuführen sind.

Verbreitung. In 13 Fällen konnte das Sediment als vulkanischer Sand oder Schlick bezeichnet werden; die hierher zu rechnenden Proben verteilen sich auf die südlichen Teile des Südatlantik, sowie auf den Süden und Nordosten des Indischen Oceans. 4 Grundproben stammen aus der Nachbarschaft der Bouvet-Insel, 2 aus großen Tiefen in der Nähe der antarktischen Eiskante zwischen dem 26. und 29. Grad östl. Länge, 2 von Kerguelen, 1 von St. Paul, 3 von der Südwestküste Sumatras und 1 aus der Nähe von Groß-Nikobar.

Tiefe. Die Tiefen, aus denen vulkanische Sedimente gelotet wurden, liegen zwischen 70 und 5532 m, die Durchschnittstiefe beträgt 1776 m. 2 Proben stammen aus Seichtwasser zwischen 50 und 150 m, 3 aus Tiefen zwischen 200 und 1000 m, zwischen 1000 und 2000 m wurden 3, zwischen 2000 und 3000 m 1, zwischen 3000 und 4000 m 1, zwischen 5000 und 6000 m 2 vulkanische Sedimente gelotet. Wohl keine andere Grundprobenart der „Valdivia“ stammt aus so verschiedenen Tiefen; auch die Entfernung vom Lande ist außerordentlich ungleich.

Aussehen. Das prozentuale Verhältnis von gröberem Mineralkörnern und fein verteiltem Schlamm, ebenso wie die Größe der Mineralkörner oder Gesteinsbrocken wechselt von Probe zu Probe innerhalb weitester Grenzen. Dementsprechend ist die untersuchte Probe bald locker, bald kohärent und muß in dem einen Falle als Sand, in dem anderen als Schlick bezeichnet werden.

Die Farbe der subantarktischen vulkanischen Sedimente ist ein helleres oder dunkleres Grau; die Schlicke der sumatranischen Küste sind, wahrscheinlich durch organische Substanz, graugrün gefärbt, das Sediment von Groß-Nikobar besitzt graubraune Farbentöne.

CaCO<sub>3</sub>. Der Kalkgehalt wurde nur in den mit dem Lote heraufgeholtten Grundproben bestimmt, da die Sedimente, die das Schleppnetz emporbrachte, nicht mehr als primär angesehen werden konnten.

Die subantarktischen Sedimente sind kalkfrei, bis auf den vulkanischen Sand der Station 127 in der Nachbarschaft der Bouvet-Insel, in dem sich ein minimaler Kalkgehalt nachweisen ließ. Die Kalkarmut der subantarktischen Ablagerungen muß auffallen, um so mehr, als nach APSTEIN diese Meeresteile durchaus nicht arm an Globigerinen sind und auch die Tiefen nur teilweise sehr beträchtlich genannt werden können. Ob hier Strömungen eine besondere Rolle spielen, oder ob gerade das antarktische Wasser für kohlen-sauren Kalk eine besonders große Lösungs-fähigkeit besitzt, muß dahingestellt bleiben.

In den Schlickten des nordöstlichen Indischen Oceans liegt der Kalkgehalt zwischen 13,5 und 24,5 Proz. und beträgt im Durchschnitt 18 Proz.

Die Zusammensetzung der organogenen kalkigen Komponente ist hier im wesentlichen die gleiche, wie bei den benachbarten Blauschlickten und pelagischen Sedimenten. In den küsten-ferneren Ablagerungen größerer Tiefen überwiegen pelagische Foraminiferen, weiter nach dem Lande zu mischen sich in immer steigender Menge die Bruchstücke von Molluskenschalen, Boden-foraminiferen und anderes benthonisches Material bei. Erwähnenswert ist, daß in dem Flachsee-Sediment der Station 193 (132 m) südlich von Nias sich Kalksteinbrocken bis zu 4 mm Durch-messer fanden.

**Kieselige Organismenreste.** Kieselige Organismenreste spielen in den subantarktischen Ablagerungen meistens eine beträchtliche Rolle; ihr Anteil am Aufbau der Grundproben steigt bis auf 30 Proz. bei Station 142 an der Eiskante. Meist überwiegen Diatomeen, auch die großen subantarktischen Radiolariantypen sind vielfach stark vertreten, während Schwammnadeln nur in geringen Mengen nachzuweisen waren und agglutinierende Foraminiferen ganz fehlten.

In den Sedimenten bei Sumatra und Groß-Nikobar ist dagegen der Gehalt an kieseligen Organismenresten gering und steigt nur bis auf 5 Proz. bei Station 187 im Binnenmeer von Westsumatra. In allen Fällen fanden sich Schwammnadeln, in 2 Grundproben Radiolarien, in 2 anderen glaukonitische Steinkerne; Diatomeen und agglutinierende Foraminiferen wurden nur auf je einer Station nachgewiesen.

**Anorganische Komponente.** Das Verhältnis von gröberem zu feinerem klastischen Material ist in den einzelnen Sedimenten dem mannigfaltigsten Wechsel unterworfen.

Die gröberen Teile sind überwiegend vulkanischen Ursprunges. Während im Blauschlick meist die kontinentalen Mineralkörner gegenüber den Gesteinsbrocken vorherrschen, ist es hier gerade umgekehrt; Gesteinstrümmer spielen hier die Hauptrolle, neben mannigfachen Gläsern, die im allgemeinen vorherrschen, trifft man häufig die Bruchstücke dunkler, basaltischer Gesteine, seltener helle Trachyte etc.

Hinsichtlich des Ursprunges und der Transportmittel dieses Gesteinsmaterials herrscht große Verschiedenheit. Die Bimssteinetzten der sumatranischen Stationen 190 und 193 und die der Station 207 sind wahrscheinlich als Flugaschen zu deuten. Sehr eigenartig ist das Sediment, das der Trawl auf Station 160 im Gazelle-Hafen, Kerguelen, heraufbrachte; es besteht nämlich hauptsächlich aus kleinen Bimssteinbröckchen, während die Ufer des Gazelle-Hafens ausschließlich aus basaltischen Gesteinen aufbauen. Diese Bimssteinbröckchen sind vom Winde in den Gazelle-Hafen gefegt worden; der Bimssteinrand ist ein äolisches Sediment, das auf Kerguelen eine ziemlich weite Verbreitung besitzt.

Während die Gemengteile der Flugaschen in einer Probe ungefähr die gleiche Größe besitzen, was leicht zu verstehen ist, sind die Gesteinsbrocken, die submarinen Ausbrüchen ihr Dasein verdanken, auffallend ungleichkörnig, teilweise sogar sehr grob und zeigen meistens keine Spuren von Abrollung. Derartige Sedimente traf die „Valdivia“ nordöstlich und südöstlich von der Bouvet-Insel auf Station 125 und 133, außerdem an der Eiskante auf Station 141 und 142, meist in sehr bedeutenden Tiefen (zwischen 2268 und 5532 m).

Als Küstensediment, das seine Entstehung hauptsächlich der Brandungswelle verdankt, ist das der Station 127 bei der Bouvet-Insel, der feinkörnige schwarze Schlamm (Station 165) unweit von St. Paul, möglicherweise auch die Grundprobe von Station 187 aus dem sumatranischen Binnenmeere aufzufassen. In dieselbe Gruppe gehören natürlich auch die groben basaltischen Sedimente, die in der Nachbarschaft von Kerguelen gedredgt wurden.

Unter den Mineralkörnern herrschen im allgemeinen diejenigen, die auf jungvulkanische Gesteine zurückzuführen sind, d. h. Augite, Plagioklase, Biotit etc., vor. Da die vulkanischen Sedimente der „Valdivia“ aber teils aus subantarktischen Meeren stammen, wo eine Verunreinigung durch Eisbergmaterial stattgefunden hat, teils vom Rande von Küsten kontinentalen Typus, wie Sumatra, so finden sich auch fast immer Mineralien kontinentalen Ursprunges beigemischt, unter denen Quarz vorherrscht.

Durch diese Beimengung kontinentaler Mineralsubstanzen erklärt sich auch das gelegentliche Auftreten von Glaukonit (Station 193 und 207), der sonst vulkanischen Sedimenten zu fehlen pflegt.

Auffallend selten finden sich Mangankörner, die nur an den beiden subantarktischen Stationen 141 und 142 beobachtet wurden; es ist dies besonders deswegen beachtenswert, weil diese Konkretionen wohl mit Recht als Zersetzungsprodukte vulkanischer Gesteine aufgefaßt werden. Ihr Fehlen in den meisten vulkanischen Sedimenten der „Valdivia“ erklärt sich in einzelnen Fällen wohl daraus, daß das vulkanische Material noch sehr frisch ist. In den küstennahen Schlammen der sumatranischen Küste und von Groß-Nikobar ist aber augenscheinlich so viel organische Substanz vorhanden, daß es nicht zur Bildung von höheren Oxydationsstufen kommen konnte; wohl aber bildete sich dafür in einzelnen Fällen Schwefelkies (Station 190 und 193), wie in vielen Blauschlickern.

### 9. Detritogene Kalkablagerungen.

**Einleitung.** Das „Challenger“-Werk bezeichnete als „Coral muds and sands“ die kalkigen Detritusbildungen, die sich in der Nachbarschaft von Koralleninseln in tieferem oder flacherem Wasser ablageren. Charakteristisch für diese Sedimente ist die Tatsache, daß sie sich nicht, wie die pelagischen Kalkschlammte, aus den Hartgebilden von Planktonformen, sondern überwiegend aus den Trümmern von benthonischen Seichtwasser-Organismenresten aufbauen. Auch in der Nachbarschaft tropischer Korallenriffe sind die Bruchstücke von Korallen meist nicht der vorwiegende Gemengteil, sondern sie sind überwuchert von Fragmenten von Kalkalgen, Mollusken, Bryozoen, Echinodermen, Anneliden und benthonischen Foraminiferen. Schließlich mengt sich immer ein mehr oder minder bedeutender Prozentsatz von pelagischen Organismenresten bei.

So charakterisierte Sedimente sind aber nicht auf das Verbreitungsgebiet riffbauender Korallen beschränkt, sondern kommen auch außerhalb desselben vor. Wir schlagen deswegen vor, den Begriff „Korallensedimente“ etwas zu erweitern und statt dessen detritogene Kalkablagerungen zu setzen.

**Verbreitung.** Unter den Grundproben der „Valdivia“ gehören in diese Abteilung 3. Eine stammt von der Seine-Bank östlich von Madeira, die beiden anderen aus dem Binnenmeere von Westsumatra.

**Tiefe.** Die Tiefe wurde bei der nordatlantischen Grundprobe nicht konstatiert, bei den beiden anderen betrug sie 705 und 203 m.

**Aussehen.** Das Sediment von der Seine-Bank stellt ein lockeres Haufwerk dar, in dem möglicherweise die feinsten Bestandteile beim Aufholen des Trawls ausgewaschen waren. Die beiden anderen Sedimente waren, getrocknet, graugrün und fest und unterschieden sich im Äußeren nicht wesentlich von den übrigen Ablagerungen des westsumatranischen Küstenmeeres.

**CaCO<sub>3</sub>.** Der Kalkgehalt wurde bei der Probe der Seine-Bank nicht bestimmt, da sie augenscheinlich nicht mehr unverändert war, bei den beiden anderen betrug er 60 und 47,5 Proz.

Das Sediment der Seine-Bank besteht hauptsächlich aus benthonischen Tieren, Pteropoden und pelagische Foraminiferen treten zurück, Coccolithophoriden fehlen sogar gänzlich. Jedoch

ist es nicht ausgeschlossen, daß sie in den feineren Schlammteilen enthalten waren, die möglicherweise ausgewaschen worden sind.

Anders ist die Verbreitung der kalkigen Organismenreste in den beiden Schlickten der westsumatranischen Küste. Die benthonischen Organismenreste (Korallen, Bryozoen, Echiniden, und Holothurien, Alcyonarien, Zweischaler und Schnecken, Röhrenwürmer, benthonische Foraminiferen und Ostracoden) halten etwa den pelagischen (pelagische Foraminiferen, Pteropoden, Coccolithophoriden) die Wage.

Bei Station 191 ist alles sehr stark zertrümmert. Dies und die zahlreichen Coccolithen deuten darauf hin, daß der Schlamm zum größten Teile die Verdauungsorgane benthonischer Tiere (wahrscheinlich hauptsächlich von Echinodermen) ein- oder mehrmals passiert hat.

Kieselige Organismenreste. Kieselige Organismenreste sind in den beiden sumatranischen Küstensedimenten von ziemlich geringer Bedeutung (5 und 6 Proz.). Es fanden sich in beiden Proben Schwammnadeln, Radiolarien und Diatomeen, in der einen auch noch agglutinierende Foraminiferen.

Anorganische Komponente. Auf der Seine-Bank kommen neben Bimsstein auch Mineralkörner kontinentalen Ursprunges vor. Wie diese auf die küstenferne Untiefe gelangten, zeigt deutlich ein großes Stück von nordischem Gneis, das ebenfalls dort gedredgt wurde. Trotz ihrer südlichen Lage (ca. 33° 45' N.) lag die Seine-Bank noch im Bereiche der diluvialen Eisberge.

Die anorganische Komponente der beiden sumatranischen Sedimente unterscheidet sich nicht wesentlich von der des benachbarten Blauschlicks. Tonige Substanz überwiegt weitaus die Mineralkörner, unter denen neben vorherrschenden Kontinentalmineralien auch vulkanisches Glas, und in einem Falle Glaukonit festgestellt wurde.

## 10. Größere Sedimente von litoralem Habitus.

Einleitung. In diese Rubrik stellen wir 12 Grundproben, in denen gröberes Material das feinere weit überwiegt. Dabei ist aber zu beachten, daß nur eine Probe, die der Station 9 vom Wyville-Thomson-Rücken, mit dem Lote erbeutet wurde und daher sicher die ursprüngliche Beschaffenheit zeigt. Alle anderen kamen mit dem Schleppnetze in die Höhe, und dabei hat sich wohl vielfach das gröbere Material angereichert, während das feinere ganz oder teilweise ausgewaschen worden ist. Es erscheint daher nicht unmöglich, in einzelnen Fällen sogar sicher, daß man die vorliegenden Sedimente anders klassifizieren würde, falls sie in ihrem ursprünglichen Zustande zur Untersuchung gelangt wären.

Verbreitung. Von den hier aufgeführten Grundproben stammen 1 vom Wyville-Thomson-Rücken zwischen den Faröern und dem Kontinentalplateau der britischen Inseln, 1 von der Küste der Capverden-Insel Boavista, 1 von der Kongomündung, 7 von der Agulhas-Bank und 2 von der ostafrikanischen Küste unfern Daressalam.

Tiefe. In 3 Fällen konnte die Tiefe nicht ermittelt werden, in 6 Fällen betrug sie zwischen 50 und 155 m, während 3 Proben aus überraschend großen Tiefen zwischen 400 und 547 m stammen.

Aussehen. Die tiefste Probe ist die des Wyville-Thomson-Rückens mit 547 m; hier wurde ein grober, an Foraminiferen reicher Sand von 23,5 Proz. Kalkgehalt gelotet. Der mittlere Durchmesser der Sandkörner beträgt 0,25 mm, man findet aber selbst Gesteinsbrocken bis zu 8 mm Durchmesser; daß sich in so bedeutender Tiefe und großer Entfernung vom Lande ein so grobkörniges Sediment absetzt, darf als abnorm gelten. Schuld daran ist augenscheinlich der Ast des Golfstromes, der mit großer Geschwindigkeit über den Wyville-Thomson-Rücken streicht und den Absatz von feinerem Material auf ihm verhindert.

Während bei dem Sediment des Wyville-Thomson-Rückens die klastische Komponente die Hauptrolle spielt, tritt sie in den übrigen Sedimenten dieser Rubrik gegenüber der organogenen stark in den Hintergrund. Für gewöhnlich herrscht eine Tierklasse, Familie oder Art stark vor und verleiht dem Sediment einen bestimmten Lokalcharakter. Man darf sagen, daß in diesen küstennahen Ablagerungen ein starker und, wie es scheint, auch ziemlich unvermittelter Facieswechsel zu beobachten ist, wie er in den Sedimenten größerer Tiefen in gleicher Weise nicht vorkommt.

So bestehen die Ablagerungen der Stationen 101, 104, 106 aus dem westlichen Teile der Agulhas-Bank überwiegend aus zertrümmerten Molluskenschalen, während in dem Material der Station 100 aus der Francis-Bay weitaus Bryozoen, in dem von Station 109 Wurmröhren und agglutinierende Foraminiferen vorherrschen. Agglutinierende Foraminiferen charakterisieren ebenfalls das Sediment der Station 71 von der Kongomündung, während auf der Station 38 bei Boavista Kalkalgen die Hauptrolle spielen. Die gröberen Teile der Station 244 unfern Daressalam bestehen hauptsächlich aus zerbrochenen Muschelschalen, während im feineren Material Nummuliniden (*Amphistegina* und *Nummulina*) vorherrschen.

Auffallend ist die große Masse von zertrümmerten Molluskenschalen, denen gegenüber die intakten fast verschwinden, in vielen von diesen küstennahen Sedimenten. Wenn auch Organismen bei diesem Zerstörungsprozeß sicher eine nicht unwichtige Rolle spielen mögen, so dürfte er doch der Hauptsache nach als Werk der Wellenbewegung anzusehen sein. Dafür spricht auch die Beobachtung, daß die Schalenrümpfer häufig abgerollt sind; auch die starke Zersetzung, die manche Schalen, besonders auf der Agulhas-Bank, zeigen, ist wohl hauptsächlich auf ein durch starke Strömungen rasch erneuertes Wasser zurückzuführen.

## Zusammensetzung der Grundproben im allgemeinen.

Nahezu jede Grundprobe setzt sich aus zwei Komponenten durchaus verschiedenen Ursprunges zusammen: aus den erhaltungsfähigen Hartgebilden von Tieren und Pflanzen und aus zerkleinertem, oft auch chemisch verändertem Gesteinsmaterial. Wir können diese Komponenten der Kürze wegen als die biogene<sup>1)</sup> und die minerogene bezeichnen.

1) Vergl. KRÜMMEL, Handbuch der Oceanographie, 2. Aufl., 1907, S. 154.

## Biogene Komponente.

Ueber die Frage, welche Organismen erhaltungsfähige Hartgebilde für den Aufbau mariner Sedimente beisteuern, hat sich das „Challenger“-Werk bereits so ausführlich ausgesprochen, daß wir uns hier mit einer ganz kurzen Rekapitulation begnügen dürfen.

### A. Hartgebilde von Pflanzen.

Von Pflanzen kommen für die Sedimentbildung am Meeresboden im wesentlichen nur in Betracht kalkabscheidende Florideen, Coccolithophoriden und Diatomeen.

Die sessilen Kalkalgen aus der Gruppe der Florideen sind naturgemäß an die Uferzonen und jene submarinen Bänke gebunden, die bis dicht unter den Meeresspiegel hinaufreichen. Ihre Reste darf man daher nur in den Ablagerungen der Flachsee und den Teilen der Tiefsee erwarten, die unmittelbar an die 200 m-Linie angrenzen. Besonders in litoralen Kalksanden und Korallensedimenten werden daher sessile Kalkalgen eine bedeutende Rolle spielen können; so kommen sie z. B. in großer Menge in dem groben Kalksand der Station 38 westlich von der Capverden-Insel Boavista bei 77 m Wassertiefe vor.

Auch am Aufbau des merkwürdigen, dichten Kalksteins, den die „Valdivia“ auf der Seine-Bank in etwa 150 m Wassertiefe dredgte (siehe unten), beteiligen sich sessile Kalkalgen.

Höchst auffallend ist der Fund von großen Knollen, die zum Teil aus Kalkalgen bestehen, nordöstlich von Boavista in einer Tiefe von 1694 m; wir werden darüber weiter unten ausführlich berichten.

Viel größere Bedeutung als die sessilen Kalkalgen der Flachsee haben für den Aufbau der marinen Sedimente die planktonischen Coccolithophoriden. Wenn auch ihre Hartgebilde in den terrigenen Tiefseeablagerungen nahe dem Lande selten fehlen, so reichern sie sich in größeren Massen doch erst am Boden der küstenfernen Tiefsee an, besonders im Globigerinen- und Pteropoden-Schlamm. Ihre größte Häufigkeit scheinen die Coccolithophoriden nicht im Tropengebiet, sondern in den wärmeren Teilen der gemäßigten Zone zu erreichen, hier werden auch die Individuen am größten. Gegen die Pole erfolgt dann eine allmähliche Abnahme sowohl in der Größe, wie in der Häufigkeit.

Von den ungeheuren Massen von Diatomeen, die die oberen Schichten besonders der kälteren Meere erfüllen, gelangt nur ein sehr geringer Prozentsatz bis auf den Meeresboden. In vielen Ablagerungen fehlen ihre Kieselpanzer ganz. Nur selten kommt es in tropischen Meeren zu einer nennenswerten Anhäufung; erst ganz neuerdings<sup>1)</sup> ist durch A. AGASSIZ und die Expedi-

1) Vergl. KRÜMMEL, Handbuch der Oceanographie, S. 191.

Sir JOHN MURRAY hat neuerdings die Grundproben der „Nero“-Expedition untersucht, die er durch die Liebenswürdigkeit von Admiral FLINT erhielt. Es stellte sich heraus, daß die sog. Diatomeenschlamme sich in keiner Weise von dem unterscheiden, was der „Challenger“-Bericht Radiolarienschlamm genannt hatte. Die große Anzahl von Diatomeenpanzern, die der großen Form *Coscinodiscus rex* angehören, veranlaßte dazu, diese Grundproben als Diatomeenschlamm zu bezeichnen. Ebensowenig können irgend welche von den Grundproben, die von AGASSIZ 1904 an der Westküste von Südamerika gesammelt wurden, als Diatomeenschlamm im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnet werden.

tion des „Nero“ Diatomeenschlamm vom Boden des tropischen Pacifischen Oceans bekannt geworden. In größerer Verbreitung finden sich diatomeenreiche Ablagerungen erst in kälteren Meeren, besonders im subantarktischen Gebiete. Hier fand die „Valdivia“ Schlamme, die nahezu ausschließlich aus Diatomeenpanzern bestehen. Ob allerdings der Diatomeenschlamm einen geschlossenen Gürtel um die Antarktis bildet, wie bisher angenommen worden ist, erscheint nach den Ergebnissen der neuesten antarktischen Expeditionen zweifelhaft.

### B. Hartgebilde tierischen Ursprunges.

Die Reste benthonischer Tiere sind nur in der Flachsee und in den an sie angrenzenden küstennahen Teilen der Tiefsee für den Aufbau der Sedimente gelegentlich von Bedeutung. Hier finden wir Ablagerungen, die sich im wesentlichen aus Korallenfragmenten und den Hartgebilden einer sessilen oder halbsessilen, coralliophilen Fauna zusammensetzen, hier Sedimente, die aus Molluskenschalen und deren Detritus, zuweilen auch aus benthonischen Foraminiferen bestehen. Aber auch solchen organogenen Ablagerungen der flacheren Meeresteile mischt sich meist noch ein mehr oder minder großer Prozentsatz pelagisch-planktonischer Hartgebilde bei. So charakterisierte Sedimente, deren fossile Äquivalente uns aus allen Formationen in großen Mengen bekannt sind, fand die „Valdivia“ besonders an den Küsten von Ost- und Südafrika, sowie von Sumatra.

Mit zunehmender Tiefe und Entfernung von der Küste nehmen die benthonischen Hartgebilde in den Sedimenten rasch ab, und in echt pelagischen Tiefseebildungen treten sie gegenüber den Resten planktonischer Formen ganz in den Hintergrund. Was sich von Hartgebilden benthonischer Tiere am Grunde einer küstenfernen Tiefsee findet, sind im allgemeinen Schalen bodenbewohnender Foraminiferen, Schwammnadeln und Stacheln von Echiniden, sehr selten auch deren Gehäuseteile. Wichtig im Hinblick auf manche fossile Vorkommen ist das fast vollständige Fehlen von Brachiopoden- und Crinoidenresten in küstenfernen Tiefseeablagerungen.

Noch spärlicher als das Benthos nimmt das Nekton am Aufbau pelagischer Tiefseesedimente Anteil. Die große Masse der mit eigener Beweglichkeit ausgerüsteten Organismen, die das Meer in allen Tiefenstufen durchziehen, liefert nach ihrem Absterben dem Meeresboden so gut wie nichts. Von den schön gefärbten und bizarren Krebsen der Tiefsee findet man keine Spuren, von den zahllosen Fischen nur hin und wieder Otolithen oder Zähne. Selbst von den Skelettmassen der Wale haben nur die Ohrknochen und die Mesorostralbeine der Ziphiinen Aussicht, am Boden der Tiefsee fossil zu werden.

Während die meist höher organisierten Tierklassen des Benthos und Nekton nur in ganz untergeordneter Weise zum Aufbau der Tiefseeablagerungen beisteuern, sind die mikroskopisch kleinen und niedrigst organisierten Formen des Planktons von außerordentlicher Bedeutung.

An erster Stelle kommen hier die Foraminiferen, die in beschränkter Artenzahl, aber in ungeheurer Menge von Individuen in pelagischen Ablagerungen, besonders im Globigerinen- und Pteropodenschlick vertreten sind. MURRAY führt im ganzen 21 Arten von pelagischen Foraminiferen aus Globigerinenschlamm auf, für gewöhnlich treten aber auch in den artenreichsten tropischen Schlammern nicht mehr als 12 Arten nebeneinander auf, und ihre Zahl vermindert sich noch sehr erheblich in kälteren Meeren.

Pteropodenschälchen finden sich einigermaßen häufig nur in den Ablagerungen wärmerer Meere, und auch hier nur bis zu einer gewissen Tiefenstufe; wegen ihrer Zartheit können sie eine Wassersäule von über 3000 m nicht durchsinken, ohne völlig aufgelöst zu werden.

Radiolarien sind trotz ihrer weltweiten Verbreitung und ihrem zum Teil massenhaften Vorkommen in höheren und mittleren Wasserschichten am Meeresboden nur lokal häufig; sicher wird ein Teil des feinen Kieselskelettes, wie das der Diatomeen, ebenfalls beim Niedersinken aufgelöst.

Von sonstigen pelagischen Tierresten sind als einigermaßen häufig nur noch die Ostracoden zu nennen.

### C. Organische Substanzen.

Die Frage, in welcher Form und Menge organische Substanzen<sup>1)</sup> dem Tiefseeschlamm beigemischt sind, läßt sich vorläufig nur in allgemeinsten Umrissen beantworten. Man wird sagen dürfen, daß organische Materie in allen Tiefseeablagerungen vorkommt, in geringen Mengen im roten Ton, in größeren in terrigenen Sedimenten. Bezeichnend für diese Art der Verteilung ist das Verhalten der Schwermetalle: im roten Ton findet man die höchsten Oxydationsstufen von Eisen und Mangan, im blauen Schlick deren Sulfide.

Genauere Untersuchungen über den Gehalt an organischen Substanzen in Tiefseeschlamm hat die „Valdivia“ wegen Mangels an Material nicht angestellt; nur in einem Falle, bei einem vulkanischen Schlick aus dem Binnenmeere von Westsumatra (Station 190, Tiefe 1280 m), wurde von Herrn PILLOW in Berlin organische Substanz bestimmt und der auffallend hohe Gehalt von 7,55 Proz. gefunden. In terrigenen Ablagerungen, besonders an der sumatranischen Küste, zeigte sich häufig nach der Behandlung mit Salzsäure ein grüner Schleim, der wohl sicher auf organische Substanz zurückgeführt werden muß.

Der Schlamm der bereits erwähnten Station 190 ist von zahlreichen Röhren durchzogen; sie sind mit einer schwarzbraunen Substanz ausgekleidet, und in ihrer Nachbarschaft ist der Schlamm verfestigt. Man geht wohl nicht fehl, wenn man diese Erscheinungen auf die schleimigen Ausscheidungen von Würmern zurückführt.

Im blauen Schlick des Zansibar-Kanals traf man bei 463 m Tiefe auf Station 245 eine ähnliche Erscheinung: nur waren hier die Röhren selbst von verhärteter Schlammsubstanz erfüllt und konnten leicht aus dem Schlamm isoliert werden. Auch im Gazelle-Hafen auf Kerguelen wurde das gleiche beobachtet.

Mehr oder minder stark zersetzte Pflanzenreste, wie sie A. AGASSIZ aus dem Golf von Mexiko und von der pacifischen Küste von Mittelamerika beschreibt, fanden sich nicht selten in Landnähe. So z. B. auf der Agulhas-Bank (Stationen 105, 102 m, und 106), hier hauptsächlich Früchte, auf Station 191 im westsumatranischen Binnenmeere bei der Insel Siberut (750 m), wo Rindenstücke vorherrschten, und an der ostafrikanischen Küste (Stationen 245, 463 m, und 251, 693 m). Der Schlamm des Gazelle-Hafens auf Kerguelen enthielt viele mehr oder minder macerierete Pflanzenreste, darunter Zweigstücke von *Azorella*, Blattteile von *Pringlea*, Reste von *Durvillea* und *Macrocystis*.

<sup>1)</sup> Vergl. E. PHILIPPI, Ueber organische Ablagerungen am Grunde der Tiefsee. Naturwissenschaftl. Wochenschrift, N. F. Bd. III, 1904, S. 381.

## Minerogene Komponente.

Der „Challenger Report“ teilt die anorganischen Bestandteile der Grundproben in 3 Klassen ein. Er unterscheidet:

1) Mineralische Substanzen, die mehr oder minder direkt aus der festen Erdkruste durch mechanische Zerstörungsprozesse abgetrennt und die durch irdische Kräfte (terrestrial forces) über den Meeresgrund ausgebreitet wurden.

2) Mineralische Substanzen, deren Ursprung außerhalb der Erde zu suchen ist.

3) Mineralische Substanzen, die sich in situ auf dem Meeresboden durch chemische Prozesse neubildeten.

Nur die erste dieser Gruppen kommt zunächst in Betracht, da über die zweite nichts im Anschlusse an die Grundproben der „Valdivia“ zu berichten ist und der dritten später ein besonderes Kapitel gewidmet werden soll.

Das Gesteinsmaterial, das dem Meeresboden zugeführt wird, ist hinsichtlich seiner mineralogischen Beschaffenheit und Korngröße naturgemäß großen Schwankungen unterworfen. Seine Zusammensetzung ist abhängig an erster Stelle von der Lage des Meeresgrundes zu Kontinenten und Inseln, dann aber auch von der Art und Wirksamkeit des Transportmittels.

In den küstennahen Sedimenten überwiegen die Verwitterungsprodukte der an den Küsten oder an den Flußläufen entstehenden Gesteine. Kräftige Meeresströmungen oder Winde können fein verteiltes Gesteinsmaterial weit hinaus ins offene Meer tragen, schließlich erlahmt aber auch ihre Transportkraft, und die rein blaue Farbe des Meerwassers zeigt an, daß ihm kein mechanisch suspendiertes Gesteinsmaterial mehr beigemischt ist. Man könnte nun annehmen, daß am Boden der küstenfernen Ozeane die anorganische Komponente eine sehr geringe Rolle spielt und daß sich hier rein organogene Schlamme absetzen. Dies ist jedoch niemals der Fall. Auch der Boden küstenferner Meere erhält klastisches Gesteinsmaterial zugeführt, allerdings meist in geringerer Menge und von anderer Beschaffenheit, als die küstennahen Meeresteile. Die anorganische Komponente der küstenfernen Hochseegebiete ist überwiegend vulkanischen Ursprungs; ihr Material liefern submarine Ausbrüche, schwimmender Bimsstein und die feinsten Flugaschen, die lange Zeit in der Luft suspendiert sein können.

Der „Challenger Report“ teilt auf Grund dieser Beobachtungen die anorganische Komponente der Grundproben in zwei große Gruppen, in eine kontinentale und eine vulkanische. Die erstere ist wesentlich auf die küstennahen oder terrigenen Ablagerungen beschränkt, die letztere gehört hauptsächlich den pelagischen Sedimenten an.

Die Kontinente bauen sich vorwiegend aus intrusiven Massengesteinen und kristallinen Schiefen oder aus Sedimenten auf, die die Verwitterungsprodukte dieser primitiven Gesteine auf sekundärer oder tertiärer etc. Lagerstätte enthalten. Man wird daher in den küstennahen Ablagerungen hauptsächlich die Mineralien dieser „Kontinentalgesteine“ antreffen, in erster Linie Quarz, dann monokline und trikline Feldspäte, erstere meist stark zersetzt (the monoclinic feldspar, as a rule, is very much decomposed, and the same remark applies to the mica), gemeine Hornblende, zahlreiche Typen der Glimmerfamilie etc. Die in Wasser mehr oder minder leicht löslichen Salze, besonders Kalk und Gips, werden dem Meerwasser überwiegend in gelöster,

nicht in fester Form zugeführt. Daß sich in den terrigenen Ablagerungen mit den Verwitterungsprodukten „kontinentaler“ Gesteine auch die vulkanischer mengen können, besonders wenn vulkanische Eruptionsprodukte in größerer Ausdehnung an der Küste anstehen, bedarf keiner besonderen Betonung.

Ein näheres Eingehen auf die mineralogische Zusammensetzung der anorganischen Komponente erscheint hier, angesichts ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit, nicht am Platze. Außerdem hat sich gerade mit diesem Thema der „Challenger Report“ recht ausführlich beschäftigt, so daß wir auf das dort Gesagte verweisen können.

Wohl aber erscheint es angebracht, etwas näher auf die Kräfte einzugehen, die im stande sind, die anorganische (und bis zu einem gewissen Grade auch die organogene) Komponente der Meeressedimente zu verfrachten und an den Ort zu führen, an dem wir sie heute antreffen.

## Transportierende Kräfte, welche die Zusammensetzung der Grundproben beeinflussen.

### 1. Verfrachtung durch Treibeis.

Unter dem Namen Treibeis fassen wir sowohl die Eisberge, wie das Meereis in seinen verschiedenen Formen zusammen. Das Treibeis ist von allen Transportmitteln, die für die Verfrachtung kontinentalen Gesteinsmaterials zu Gebote stehen, das wirksamste. Es ist das einzige, das im stande ist, Materialien, die eine gewisse Korngröße überschreiten, noch zu transportieren; außerdem reicht sein Aktionsradius weiter, als der der anderen Transportmittel, wenigstens soweit es sich nicht um allerfeinste Gesteinsteilchen handelt, deren Transportmöglichkeit durch Luftströmungen ja kaum eine sichtbare Grenze findet.

Sedimente, denen Gesteinsmaterial durch Treibeis beigemischt ist, lassen sich im allgemeinen leicht erkennen. Während in anderen Grundproben die Mineralkörner meist annähernd gleich groß sind und eine geringe Größe nicht überschreiten, finden sich in glacialmarinen Ablagerungen meistens kleinere und größere Gesteinsfragmente regellos miteinander vermengt; doch ist eine gewisse Sortierung nach der Korngröße besonders bei den Sedimenten der antarktischen Packeiszone nicht zu verkennen. Der feinste Schlämmrückstand glacialmariner Ablagerungen besteht nicht, wie bei den meisten anderen terrigenen Sedimenten, aus amorpher toniger Substanz, sondern aus feinsten Mineralsplitterchen, sozusagen einem Gesteinsmehl. Dazu kommt zuweilen ein starker Prozentsatz von Diatomeenpanzern.

Im nordatlantischen Gebiete traf die „Valdivia“ glacialmarine Sedimente auf dem Wyville-Thomson-Rücken. Die ziemlich groben und polygenen Gesteinsbrocken der Stationen 7 und 9 sind wohl sicher keine Bruchstücke anstehenden Gesteines, sondern wurden durch Treibeis nach dem Wyville-Thomson-Rücken getragen<sup>1)</sup>.

Wie weit zur Diluvialzeit im nordatlantischen Ocean Eisberge nach Süden schwärmten, beweist ein 1 kg schweres Geschiebe von Granatgneis, das auf der Seine-Bank, also auf 33<sup>0</sup>

1) Vergl. J. MURRAY, The physical and biological conditions of the seas and estuaries about North Britain. Proc. Phil. Soc. Glasgow, Vol. XVII, 1886, S. 311—312.

43' N. Br. gefunden wurde. Die äußere Form, besonders eine deutliche Schlißfläche, lassen nicht im Zweifel darüber, daß man es mit einem Glacialgeschiebe zu tun hat. Es dürfte das südlichste sein, das bisher im nordatlantischen Ocean gefunden wurde, an der Ostküste von Nordamerika reichen Glacialgeschiebe nach A. AGASSIZ<sup>1)</sup> nur bis zum 36°.

Im südatlantischen Ocean traf die „Valdivia“ deutliche Anzeichen glacialer Beimengungen zuerst auf Station 115 (36° 23' S., 17° 38,1' O.), südlich von Kapstadt. Bei einer ziemlich erheblichen Entfernung vom Kapland, die dessen Einfluß auszuschließen scheint, und einer Tiefe von 4170 m erreichen die Gesteinsbrocken hier bis 3 mm Durchmesser. Weiter im Süden behält die Gesteinskomponente die für glacial-marine Ablagerungen bezeichnende Ungleichkörnigkeit bei, doch ist es eine merkwürdige Tatsache, daß im untersuchten Gebiete die Gesteinsbrocken im subantarktischen Globigerinenschlamm gröber und zahlreicher sind, als im Diatomeenschlamm. Doch scheint dies nicht überall der Fall zu sein, da der „Challenger“ gerade im Diatomeenschlamm mehr und größere Gesteinsbrocken glacialer Herkunft als im Globigerinenschlamm fand. Vielleicht ist das abweichende Verhalten der „Valdivia“-Schlamme dadurch zu erklären, daß sich der Diatomeenschlamm hier rascher absetzt als der Globigerinenschlamm.

Im Indischen Ocean läßt sich die äquatoriale Grenze der glacialen Gesteinsbeimengungen etwa zwischen Kerguelen und St. Paul ziehen, doch ist sie hier keineswegs scharf.

Im allgemeinen scheint hinsichtlich der Verbreitung von glacialem Gesteinsmaterial zwischen dem nordatlantischen Meere und den Meeren der Südhemisphäre ein merkwürdiger Gegensatz zu bestehen. Während im nordatlantischen Ocean Glacialgeschiebe sich viele Breitengrade jenseits der heutigen äußersten Eisberggrenzen finden, also wohl sicher im Diluvium transportiert worden sind, fällt augenscheinlich auf der Südhemisphäre die Verbreitung der Glacialgeschiebe und der heutigen Eisberge (nach der Darstellung von FRICKER) nahezu zusammen. Wir möchten daraus den Schluß ziehen, daß auch in der Diluvialzeit die Eisberge der Südhemisphäre nicht wesentlich den 35° S. Br., d. h. die Westwindzone überschritten. Wahrscheinlich war auf der Südhemisphäre im Diluvium zwar die Produktion der Eisberge viel lebhafter, das von ihnen bestrichene Gebiet aber nicht wesentlich ausgedehnter als heute.

## 2. Transport durch Wind.

Als Transportmittel für kontinentale anorganische Substanzen steht der Wind dem Eise in jeder Hinsicht nach; er kann nur feinstes Material verfrachten, und die Flächen, die durch seine Transportwirkung stärker beeinflußt werden, stehen den vom Treibeise bestrichenen wohl erheblich an Ausdehnung nach. Immerhin muß man im Auge behalten, daß besonders in der Gegend der subtropischen Wüstengürtel die äolische Zufuhr zum Meeresgrunde durchaus keine unbedeutende Rolle spielt und bis sehr weit hinein in den offenen Ocean zu verspüren ist. Wenn z. B. sämtliche atlantischen Grundproben der „Valdivia“ mit Ausnahme einer einzigen Quarzkörner und andere kontinentale Mineralfragmente enthalten, so wird man, angesichts der Häufigkeit von Staubfällen in manchen Teilen des Atlantischen Oceans, wohl als Transportmittel vielfach die Passate und den Harmattan ansehen dürfen. Auch die kontinentalen Mineralkörner, die den roten Tonen der Stationen 177—179 südlich von der Cocos-Insel im Indischen Ocean beigemischt

1) Three cruises of the Blake, Vol. I, S, 263.

sind, dürften vom Passat aus den Wüstengebieten Australiens herbeigetragen worden sein. Wenn Mineralkörner so weit, wie in diesem Falle, durch den Wind verfrachtet werden können, so läßt sich vermuten, daß der feinste Kontinentalstaub noch sehr viel weiter getragen wird. Es ist daher die Annahme nicht von der Hand zu weisen, daß ein Teil des roten Tiefseetones und des ihm gleichen Rückstandes, der bei der Behandlung von Globigerinenschlamm mit Salzsäure zurückbleibt, feinstes kontinentales Material ist, das durch Winde zugeführt wurde. Eben so sicher dürfte aber auch ein anderer, in den küstenfernsten Regionen der Ozeane überwiegender Teil der Tonsubstanz in situ aus der Zersetzung vulkanischen Gesteinsmaterials entstanden sein.

Ein sehr drastisches Beispiel von Windtransport bietet die im Gazelle-Hafen auf Kerguelen gedredgte Probe der Station 160. Da die Ufer des schmalen Beckens sich lediglich aus Basalten aufbauen, so sollte man vermuten, daß auch das Gesteinsmaterial der Grundprobe im wesentlichen ein basaltisches sein müsse. Dies ist jedoch nicht der Fall, nur ein kleiner Teil der anorganischen Komponente läßt sich auf Basalte beziehen, die Hauptmasse besteht aus Bimssteinstückchen, die als äolisches Produkt auf der Hauptinsel den Flugsand teilweise vertreten und von den Westwinden in das Gazelle-Becken geweht werden.

Nicht auf Windtransport zurückzuführen ist wahrscheinlich das massenhafte Vorkommen von kontinentalen Mineralkörnern auf der südatlantischen Station 89 ( $31^{\circ} 21,1' S.$ ,  $9^{\circ} 45,9' O.$ , Tiefe 5283 m). Die Mineralkörner, unter denen Quarz weitaus überwiegt, daneben Feldspäte, Glimmer, gemeine Hornblende, Glaukonit, zurücktretend auch vulkanische Gesteinbrocken und Palagonit vorkommen, machen schätzungsweise 40 Proz. der Grundprobe aus, der Rest besteht im wesentlichen aus rotem Ton. An einen Transport durch Treibeis läßt weder die noch ziemlich niedere Breite, noch die Beschaffenheit der Mineralkörner denken, die im Gegensatz zu glacialen Beimengungen auffallend gleichkörnig sind und im allgemeinen einen Durchmesser von 0,15 mm besitzen. Strömungen kommen auch nicht in Betracht, denn sie setzen von der Lotstelle nach der afrikanischen Küste zu, nicht umgekehrt; außerdem ist nicht bekannt, daß durch Strömungen klastisches Material von nicht ganz unerheblicher Korngröße so weit vertragen wird, wie man es in diesem Falle annehmen müßte. Auch einen Transport durch Wind können wir nicht annehmen; wenn auch Ostwinde in diesen Meeresstrichen nicht selten sind, wie KRÜMMEL<sup>1)</sup> für einen ähnlichen Fall hervorhebt, so herrschen Westwinde doch vor; außerdem beträgt die Entfernung bis zum nächsten Teile des afrikanischen Festlandes nicht weniger als 8 Längengrade. Kämen die Sandkörner von der afrikanischen Küste, so müßte ihre Zahl mit Annäherung an diese zunehmen; dies ist jedoch keineswegs der Fall, die beiden zwischen Station 89 und der Küstenregion geloteten Grundproben enthalten vielmehr nur wenig Mineralkörner (2 und 5 Proz.).

Wenn man in Betracht zieht, daß an den beiden Nachbarstationen von 89 die Menge der Mineralkörner annähernd normal ist, so gelangt man zu dem Schlusse, daß es sich um ein ganz lokales Phänomen handelt, bei dem weder der afrikanische, noch der antarktische Kontinent als Ursprungsort der Tiefseesande in Frage kommt.

Aehnliche Sandablagerungen in großen Tiefen und fern von jeder Kontinentalküste sind im südatlantischen Ocean bereits mehrfach gefunden worden; GÜMBEL teilt ein ganz analoges Vorkommen aus der Nähe von Ascension in 3931 m Tiefe mit, die Deutsche Südpolar-Expedition von ihrer Station 29 ( $35^{\circ} 52' S. Br.$ ,  $13^{\circ} 8' O. L.$ ). Einige weitere Fundpunkte dieser merk-

<sup>1)</sup> Handbuch d. Oceanographie, Bd. I, 2. Aufl., S. 208.

würdigen Sedimente enthält außerdem der noch nicht veröffentlichte Bericht über die Grundproben der letztgenannten Expedition.

Es scheint, daß die „Tiefseesande“ des südatlantischen Oceans isolierte Flecke im Gebiete normaler Tiefseeablagerungen darstellen und daß sie im allgemeinen Vertiefungen des Tiefseebodens bevorzugen. Die Bildungsweise der Tiefseesande ist noch in keiner Weise aufgeklärt, wir möchten annehmen, daß hier vielleicht sehr interessante geologische Tatsachen vorliegen, über deren Einzelheiten wir uns angesichts des leider noch sehr dürftigen Materials jedoch noch nicht äußern möchten<sup>1)</sup>.

### 3. Transport durch die Brandungswelle und Gezeitenströme.

Die Brandungswelle und Gezeitenströme vermögen sicherlich große Massen von kontinentalem Gesteinsmaterial zu transportieren. Im allgemeinen werden aber alle gröberen Bestandteile in der Flachsee zurückbleiben; nur wenn die Küste steil, oder die Wasserbewegung sehr heftig ist, haben sie Aussicht, auch in größere Tiefen zu gelangen.

In ziemlich beträchtlichen Tiefen fand die „Valdivia“ relativ grobes Material längs der ostafrikanischen Küste. Die Grundprobe von Station 254 enthielt in 977 m Tiefe noch ungefähr 50 Proz. Mineralkörner von 0,12 m Durchmesser, während unter normalen Verhältnissen schon bei ungefähr 200 m sandige Sedimente dem Schlamm Platz machen. Auch andere Grundproben an der Küste Ostafrikas sind abnorm reich an Mineralkörnern. Diese Erscheinung ist wohl in erster Linie auf den steilen Abfall der ostafrikanischen Küste und auf die starke Wellenbewegung zur Zeit des Nordostmonsuns zurückzuführen; eine weniger bedeutende Rolle spielen wahrscheinlich Küstenströme.

Auf der sturmgepeitschten Agulhas-Bank werden grobe Gerölle von 45 g Gewicht bis in eine Tiefe von 318 m verschleppt.

Höchst auffallend ist ein Fund, den die „Valdivia“ im Pteropodenschlamm der Station 37, wenige Seemeilen nordöstlich von der Capverden-Insel Boavista, machte. Sie dredgte hier aus einer Tiefe von 1694 m eine große Anzahl von *Balanus*-Gehäusen und Kalkknollen, die bis zu 10 cm Durchmesser besitzen. In den Kalkknollen, die meistens stark abgerollt sind, glaubten wir sofort Lithothamnienknollen erkennen zu können. Um aber in dieser wichtigen Frage ganz sicher zu gehen, schickten wir die Knollen an einen der besten Kalkalgenkenner, Herrn Prof. Graf zu SOLMS-LAUBACH in Straßburg, der uns freundlichst folgende Mitteilung machte:

„Die Knollen von Boavista enthalten sehr zahlreiche, zerbrochene Fragmente von Lithothamnien. Auch der Gesamthabitus der Knollen spricht unzweifelhaft dafür, daß es Lithothamnienkugeln gewesen sind, die indessen jetzt tot und, soviel ich sehe, ihrer Oberfläche beraubt sind.

<sup>1)</sup> Sir JOHN MURRAY ist hier nicht ganz der Ansicht von Prof. PHILIPPI. Er weist darauf hin, daß die Grundproben, welche der „Challenger“ zwischen Tristan d'Acunha und der Agulhas-Bank sammelte, ziemlich große Fragmente von Quarz und anderen Kontinentalmineralien enthielten. Er führte diese Beimengungen auf den Einfluß von antarktischem Eis zurück. Es scheint ihm auch, daß die fraglichen „Valdivia“-Grundproben (Station 85 und 89) nicht so abnorm sind, wie Prof. PHILIPPI sie ansehen möchte. Bei Station 85 fand nach seiner Ansicht eine submarine Eruption statt, die die Anhäufung von Palagonit und vulkanischen Mineralien erklärt. Auf Station 89 denkt aber Sir JOHN MURRAY an einen Transport der Kontinentalmineralien durch das Eis. Die große Anzahl von Mineralkörnern wäre zu erklären durch den Kalkgehalt, der bei Station 89 (4 Proz.) im Vergleich zu Station 90 (69 Proz.) sehr gering ist.

Prof. PHILIPPI möchte dazu bemerken, daß seine Auffassung von der Bildung der „Tiefseesande“ wesentlich auf den Erfahrungen der Deutschen Südpolar-Expedition beruht, und möchte die Diskussion bis zu dem Zeitpunkt hinausschieben, an dem diese veröffentlicht werden.

Denn die Strukturen, die man an der Oberfläche sieht, gehören offenbar zumeist anderen Organismen an, offenbar sind die äußeren, umhüllenden Lithothamnienlagen zumeist in Verlust geraten (gelöst worden?), und nur der Kern der Knollen persistiert. Dieser Kern besteht nämlich immer aus zufälligen Konkretionen der verschiedensten Organismen, Wurmröhren, Muschelstückchen, Fragmenten zertrümmerter Lithothamnien, Polythalamien etc. Ob von dem umrindenden Lithothamnienballe noch Fragmente vorhanden sind, müßten weitere Schliffe durch die besterhaltene Oberfläche lehren. Die Oberfläche müßte dann mit Lithothamnienstrukturen bedeckt sein, die die Konvexität ihrer Schalenstruktur immer und unweigerlich gegen außen richten. Was ich an den Schliffen gesehen habe, waren aber durchaus nur Lithothamnienbruchstücke geringer Ausdehnung, die ohne irgend welche bestimmte Orientierung in der verkitteten Trümmernasse umherliegen, also sicherlich der Kernkonkretion der Kugel angehören. Daß aber diese Knollen von einer Lithothamnienbank stammen, dürfte keinem Zweifel unterliegen.“

Es ist also sicher, daß die groben Fragmente der Station 37, *Balanus* sowohl wie die Lithothamnienknollen, ursprünglich seichtem Wasser, wahrscheinlich sogar der Brandungszone angehörten, und es fragt sich nun, auf welchem Wege sie in eine Tiefe von 1694 m gelangten.

Da die Nordostseite der Insel Boavista der vollen Wucht der Passate ausgesetzt und ihr Abfall zur Tiefsee recht steil ist, so könnte man daran denken, daß die Lithothamnienknollen und *Balanus*-Gehäuse von der Brandung abgerissen, ein ziemlich weites Stück ins Meer hinausgetragen wurden und dann schließlich an der submarinen Böschung nach abwärts glitten. Durch die Untersuchungen von THOULET<sup>1)</sup> weiß man ja, wie leicht wasserdurchtränkte Schutthalden ins Gleiten kommen. Immerhin beträgt aber der Neigungswinkel an der Nordostseite von Boavista, unter Zugrundelegung der „Valdivia“-Lotung Station 37, im Durchschnitt nicht mehr als 14°, es ist also nicht ganz sicher, ob unter diesen Böschungsverhältnissen eine submarine Schutthalde, wie wir sie hier ja annehmen müßten, sich nach abwärts bewegen könnte.

Vielleicht könnte man auch das Vorkommen litoraler Organismenreste in so bedeutenden Tiefen mit der Annahme junger Senkungen erklären. BUCHANAN<sup>2)</sup> hat gezeigt, daß auf den Canarischen Inseln die Täler bis zu 700 und 800 Faden unter den Meeresspiegel hinabgehen; wenn diese Täler ihre Entstehung fluviatiler Erosion verdanken, was jedenfalls das Wahrscheinlichste ist, so liegt eine jugendliche Senkung um den angegebenen Betrag vor. Weiter im Süden macht das riesige, submarine Tal des Kongo<sup>3)</sup> ebenfalls jüngere Absenkungen längs der westafrikanischen Küste sehr wahrscheinlich. Es ist also durchaus nicht unmöglich, daß die eigentümlichen Verhältnisse der Station 37 bei Boavista ihren Grund in jungen Erdbewegungen haben; eine genauere Untersuchung erscheint für die Lösung der interessanten Frage sehr wünschenswert.

#### 4. Transport durch Strömungen.

Es ist wohl zweifellos, daß Strömungen für die Beschaffenheit des submarinen Untergrundes von großer Bedeutung sein können. In den meisten Fällen handelt es sich aber um

1) Ann. de Chimie et Phys., Sér. 6, T. XII, 1887, p. 48. Vergl. auch KRÜMMEL, Handbuch der Oceanographie, 2. Aufl., 1907, Bd. I, S. 179.

2) BUCHANAN, Retrospect of Oceanography. Rep. VI. Internat. Geograph. Congr., Separatabzug, S. 31.

3) Vergl. auch PHILIPPI, Betrachtungen über oceanische Inseln. Naturwiss. Wochenschr., N. F. Bd. VI, 1907, No. 25.

die Zuführung oder Entfernung von feinstem Schlamm, gröberes Material dürfte nur in Ausnahmefällen dem Transport durch Strömungen unterliegen.

Ein solcher Fall scheint auf der Agulhas-Bank vorzuliegen; wenn auf ihr die Schalenfragmente von Mollusken und andere organogene Hartgebilde zum Teil abgerollt sind, so ist das wohl im wesentlichen auf Rechnung der heftigen Agulhas-Strömung zu setzen, die mit einer Geschwindigkeit, die stellenweise 6 km in der Stunde übersteigt, den Boden des submarinen Plateaus fegt.

Ebenso ist wohl die heftige Strömung, die in nordwestlicher Richtung über den Wyville Thomson-Rücken zwischen Island und Schottland setzt, schuld daran, daß sich auf den höchsten Teilen des Rückens (Station 9, 547 m) nur ein grober Sand findet; den Absatz von feineren Sedimenten verhindert die starke Wasserbewegung.

Die Fälle, in denen etwas gröberes Material durch oceanische Strömungen transportiert wird, dürfen aber immerhin als Ausnahme gelten; im allgemeinen werden Strömungen nur als Transportmittel für feinste Mineralsplitter und tonige Substanzen (fine washings des „Challenger Report“) und für die zarten Hartgebilde planktonischer Organismen in Frage kommen, hier allerdings eine recht bedeutsame Rolle spielen.

Bereits im Kapitel „Globigerinenschlamm“ ist darauf hingewiesen worden, daß die feineren Schlammmassen der in den Golf von Guinea mündenden Flüsse auffallend weit nach Westen transportiert werden und deutlich noch in recht küstenfernen Sedimenten wahrnehmbar sind. Der Globigerinenschlamm der Stationen 45 und 47 besitzt nicht die übliche gelblich-weiße Färbung, sondern weist braune und graue Farbentöne auf; der in Säuren unlösliche Rückstand entspricht nicht dem roten Ton, wie dies sonst bei küstenfernem Globigerinenschlamm der Fall ist, sondern Blauschlick. Die weite Verbreitung der feinsten Flußtrübe, als die wir wohl sicher die anorganische Komponente der beiden Schlamme anzusehen haben, ist um so auffälliger, als an der Oberfläche der nach Ost gerichtete Guineastrom gegen die Küste setzt.

Auch die Schlammmassen der in den Busen von Bengalen mündenden Flüsse werden durch Strömungen sehr weit hinausgetragen; so hat z. B. noch Station 213, trotz sehr großer Entfernung vom nächsten Festlande, einen typischen, blauen, kalkarmen Schlick.

Welche Rolle Strömungen bei der Verteilung pelagischer Organismenreste spielen, zeigt sich am deutlichsten bei den Diatomeen. Schon bei Besprechung des Diatomeenschlammes wurde hervorgehoben, daß es wahrscheinlich Strömungen sind, die innerhalb des Packeises die Diatomeenpanzer nicht zu Boden sinken lassen und dadurch ihre starke Konzentration längs der Eiskante hervorrufen<sup>1)</sup>.

Coccolithen finden sich in großen Massen in den Grundproben an der Ostküste, in viel geringeren Mengen an der Westküste von Afrika. Man wird hier ebenfalls die Möglichkeit ins Auge zu fassen haben, daß diese mikroskopischen Organismenreste durch auflandige Ströme an die ostafrikanische Küste getrieben werden, während sie aus dem entgegengesetzten Grunde der westafrikanischen verloren gehen.

1) Sir JOHN MURRAY glaubt, daß die Konzentration der Diatomeenpanzer vielleicht auch durch die geringere Beimengung von klastischem Material zu erklären sei.

Bei kompakteren pelagischen Formen, wie Foraminiferen, dürfte der Transport durch Strömungen eine etwas geringere Rolle spielen; leider läßt sich wegen der über weite Gebiete gleichmäßigen Verteilung dieser Formen hierüber wenig sagen.

### Schichtung.

Es taucht hier die interessante Frage auf, ob auf der einen Seite die Wirksamkeit und Richtung der Transportmittel, auf der anderen die Menge und Beschaffenheit des transportierten Materials längere Zeit konstant geblieben ist. War dies der Fall, so ist die Grundprobe ihrer ganzen Länge nach homogen; trat bei einem dieser Faktoren eine Aenderung ein, so muß diese eine Schichtung der Grundprobe hervorrufen.

Im allgemeinen wurde eine Schichtung an den Grundproben der „Valdivia“ nur selten wahrgenommen; da sie im Durchschnitt nur eine Länge von 7—10 cm besaßen, so ist dies auch nicht wunderbar. Nur einige Male, besonders in den subantarktischen Meeren, ließ sich deutlich eine Schichtung nachweisen.

Auf Station 119 ( $41^{\circ} 5'$  S. Br.,  $14^{\circ} 51,6'$  O. L., Tiefe 5230 m) ist der obere Teil ein gelblicher Globigerinen-Schlamm mit 42,5 Proz.  $\text{CaCO}_3$ , dem sehr reichlich Mineralkörner und Gesteinsbrocken bis zu einem Durchmesser von 4 mm beigemischt sind. Kieselige Organismenreste sind nur äußerst schwach vertreten. Der untere Teil ist hingegen ein grünlich-grauer, kalkarmer Ton mit viel weniger und viel feineren Mineralfragmenten, dagegen einem größeren Gehalt an Diatomeen. Während der obere Teil der Grundprobe ein typischer, subantarktischer Globigerinen-Schlamm ist, der außerhalb der Packeisgrenze sich bildet, ist der untere ein Sediment wie es nach neueren Forschungen, besonders nach denen der „Deutschen Südpolar-Expedition“ häufig in den äußeren Teilen der Packeiszone aufzutreten pflegt.

Ähnliche Unterschiede wies der subantarktische Globigerinen-Schlamm der Station 154 ( $61^{\circ} 45,2'$  S. Br.,  $61^{\circ} 15,9'$  O. L., Tiefe 3548 m) auf. Seine oberen, rosa gefärbten Teile enthalten 65 Proz.  $\text{CaCO}_3$  und reichlich beigemischte, zum Teil ziemlich grobe Mineralfragmente, während der untere, dunklere Teil kalkärmer war (47,5 Proz.) und im Durchschnitt feineres anorganisches Material führte.

Auf Station 149 ( $62^{\circ} 26,6'$  S. Br.,  $53^{\circ} 21,6'$  O. L., Tiefe 5175 m) überlagert in einer Grundprobe von nur 7 cm Länge ein heller Diatomeen-Schlamm einen blauen Schlick glacialen Ursprungs. Die Schichtung innerhalb einer kurzen Grundprobe scheint hauptsächlich in den subantarktischen Meeren und dort in den Grenzgebieten zweier Sedimente aufzutreten. Im allgemeinen hat es den Anschein, als ob der Typus, in dem der glaciäre Habitus stärker ausgeprägt und dessen Verbreitungsgebiet heute weiter nach Süden gelegen ist, den unteren Teil der Grundprobe bildet. Man darf wohl daraus den Schluß ziehen, daß die unteren Teile sich noch zu einer Zeit bildeten, in der die Treibeisproduktion reichlicher war als heute und in der die Packeisgrenze weiter im Norden lag.

Außerhalb der subantarktischen Meere war eine Schichtung in den Grundproben der „Valdivia“ nur ausnahmsweise festzustellen. Sie bestand dann meist darin, daß ein Teil des Globigerinenschlammes tonreicher, daher auch dunkler und fester war als der andere. Dies war

z. B. auf Station 237 ( $4^{\circ} 45'$  S. Br.,  $48^{\circ} 58,6'$  O. L., Tiefe 5071 m) zwischen den Seyschellen und Daressalam der Fall, wo der obere Teil den größeren Tongehalt zeigte.

## Submarine Eruptionen.

In den meisten Fällen wird man da, wo Fragmente von vulkanischen Gesteinen, besonders von Gläsern, im Schlamm küstenferner Tiefseeablagerungen sich finden, an Flugaschen oder an fein zerriebene, vordem flottierende Bimssteinbrocken denken können. So sind wohl die Bruchstücke vulkanischer Gläser, die in den roten Tönen und im Radiolarien-Schlamm des Indischen Oceans, besonders massenhaft auf Station 183, vorkommen, ohne Bedenken auf die Eruption des Krakatau zurückzuführen.

In einzelnen Fällen wird man aber für die Verbreitung von jungvulkanischem Gesteinsmaterial auch submarine Eruptionen annehmen dürfen, hauptsächlich dort, wo die Fragmente ungleiche Korngröße besitzen und wo sich eine deutliche Abnahme ihrer Masse von einem Centralgebiet aus nach allen Seiten erkennen läßt.

So verdankt augenscheinlich die Untiefe, die auf Station 83 ( $25^{\circ} 25,3'$  S. Br.,  $6^{\circ} 12,4'$  O. L., Tiefe 981 m) im südantlantischen Ocean entdeckt wurde, einem submarinen Ausbruche ihr Dasein. Die Kuppe des submarinen Berges ist zwar mit Pteropoden-Schlamm bedeckt und läßt nichts über die Gesteinsbeschaffenheit erkennen. Aber noch auf der Nachbarstation 85 ( $26^{\circ} 49,2'$  S. Br.,  $5^{\circ} 54'$  O. L., Tiefe 5040 m) finden sich reichlich Bruchstücke vulkanischen Gesteins.

Das vulkanische Material, das die Grundprobe der Station 125 ( $53^{\circ} 30,8'$  S. Br.,  $6^{\circ} 14'$  O. L., Tiefe 3458 m) zum größten Teile aufbaut, leitet sich höchst wahrscheinlich nicht von der Bouvet-Insel ab, sondern von einer selbständigen, submarinen Ausbruchsstelle. Dies zeigt ein Vergleich mit der Grundprobe Station 127 ( $54^{\circ} 29,3'$  S. Br.,  $3^{\circ} 43'$  O. L., Tiefe 567 m). Trotz größerer Nähe der Insel und geringerer Tiefe ist das Material dieser Grundprobe feinkörniger, als das der Station 125, außerdem bestehen zwischen beiden deutlich erkennbare, petrographische Unterschiede.

Aus submarinen Ausbrüchen dürfte ferner das vulkanische Material der Stationen 133 ( $56^{\circ} 29,8'$  S. Br.,  $7^{\circ} 25,4'$  O. L., Tiefe 5519 m), 141 ( $54^{\circ} 46,0'$  S. Br.,  $26^{\circ} 39,9'$  O. L., Tiefe 4605 m) und 142 ( $55^{\circ} 27,1'$  S. Br.,  $28^{\circ} 58,8'$  O. L., Tiefe 5532 m) stammen. Man bemerkt deutlich, daß das vulkanische Material zwischen 141 und 142 an Masse wie an Korngröße zunimmt, obgleich die Meerestiefe sich vergrößert; augenscheinlich nähert man sich hier dem Centrum der Eruption.

## Neubildungen.

In wenigen Sedimenten setzt sich die minerogene Komponente ausschließlich aus zerkleinertem Gesteinsmaterial zusammen; in den allermeisten Ablagerungen tritt zu diesem ein mehr oder minder hoher Prozentsatz von mineralischen Neubildungen. Die meisten entstehen bei der Zersetzung von Silikaten, einige auch durch Umwandlung kalkiger oder kieseliger, organogener Hartgebilde.

Die Neubildungen sind von sehr verschiedenem Charakter; sie sind abhängig von der Tiefe und wahrscheinlich auch von der Temperatur des Meerwassers, ganz besonders aber von der Natur des Gesteines, aus dessen Zersetzung sie entstehen. Es ist z. B. durchaus nicht gleichgültig, ob ein basisches Eruptivgestein oder ein saures Tiefengestein oder kristalliner Schiefer das Ausgangsprodukt ist. Bei manchen Neubildungen scheint die Mitwirkung von organischen Substanzen notwendig zu sein, und möglicherweise spielen auch Bakterien eine wichtige Rolle.

### i. Ton.

Im allgemeinen werden sämtliche Silikate am Meeresgrunde auf chemischem Wege zersetzt, falls sie nicht durch rasche Sedimentation dem Einflusse des Meerwassers entzogen werden. Es gehen dabei ihre Bestandteile entweder in Lösung, oder es bilden sich aus ihnen neue, dem Sediment beigemengte Verbindungen.

Die am weitesten verbreitete Neubildung am Meeresboden ist das tonige Zersetzungsprodukt der Aluminiumsilikate. Sicherlich hat sich ein Teil der tonigen Substanzen am Meeresgrunde bereits auf den Kontinenten gebildet, stellt also keine marine Neubildung dar. Wenn auch zweifellos diese feinste tonige Flußtrübe, oder sehr feinkörniger Kontinentalstaub, durch Meeresströmungen, bezw. durch den Wind sehr weit ins Meer hinausgetrieben werden können, so dürfte doch der größere Teil des roten Tiefseetones und des in Säuren unlöslichen Rückstandes, den der Globigerinen-Schlamm hinterläßt, durch Zersetzung von Silikaten in situ entstanden sein. Daß die in Frage kommenden Silikate hauptsächlich in Eruptivgesteinen enthalten sind, die als feinste Flugaschen durch den Wind, als Bimsstein durch Meeresströmungen, zuweilen auch durch submarine Eruptionen über den Boden der Tiefsee verbreitet wurden, ist im „Challenger-Report“ so eingehend erörtert worden, daß wir auf dessen Darstellung verweisen dürfen.

Noch nicht ganz entschieden erscheint uns jedoch die Frage, ob das tonige Mineral, das sich in Tiefen bis nahe an 10000 m, also unter großem Druck und bei sehr niederen Temperaturen bildet, genau dasselbe ist, wie jenes, das subaërisch unter ganz anderen Bedingungen entsteht. Bisher haben weder Analysen noch die mikroskopische Untersuchung auf diese Frage eine genügende Antwort zu geben vermocht.

### 2. Glaukonit.

Ueber das Vorkommen und die Bildungsbedingungen des Glaukonits am Boden der heutigen Meere sind wir durch die Expeditionen von „Challenger“, „Gazelle“, „Tuscarora“, „Blake“ und manche anderen genügend unterrichtet. Wir wissen, daß dieses merkwürdige Silikat, das in allen geologischen Formationen vom Kambrium an verbreitet ist, sich auch noch heute bildet, aber, wie es scheint, nur unter ganz bestimmten Bedingungen.

Der Glaukonit der heutigen Meere entsteht an Kontinentalküsten, in großen Mengen besonders dort, wo diese aus Urgebirgsgesteinen bestehen und wo keine größeren Flüsse ausmünden. Am Rande oceanischer Vulkaninseln wird er im allgemeinen ebensowenig gebildet, wie auf submarinen, küstenfernen Schwellen oder Piks. Am günstigsten scheinen für die Bildung des

Glaukonits die Bedingungen in der Nachbarschaft der Hundertfadenlinie zu liegen, mit abnehmender Häufigkeit kommt er aber noch bis zu Tiefen von 2000 Faden vor.

Glaukonit ist sehr häufig analysiert worden, jedoch schwanken die Resultate innerhalb ziemlich weiter Grenzen, da anscheinend in den Glaukonitkörnern immer mehr oder weniger Fremdkörper eingeschlossen sind und es daher unmöglich erscheint, ganz reine Substanz zu erhalten. Die wesentlichen Bestandteile sind Kieselsäure, mit durchschnittlich 50 Proz., Eisenoxyd 20—30 Proz., Kali 5—10 Proz. und Wasser. GÜMBEL<sup>1)</sup> ist also im Recht, wenn er den Glaukonit als gewässertes Kali-Eisenoxydsilikat bezeichnet. In sehr wechselnden Mengen ist Tonerde im Glaukonit vertreten. Von einem modernen Glaukonit geben COLLET und LEE<sup>2)</sup> nur 1,53 Proz. an, während die Analysen fossilen Materials bis zu 22,5 Proz. aufweisen. Dieser Wechsel im Tonerdegehalt wird vielleicht durch die Beobachtung von COLLET und LEE erklärt, daß sich zunächst ein Aluminiumsilikat bildet, das im zweiten Stadium den größten Teil der Tonerde gegen Eisen eintauscht und schließlich zuletzt durch Kaliaufnahme in echten Glaukonit übergeht. Eisenoxydul, Kalk und Magnesia finden sich ebenfalls in wechselnden Mengen, können aber auch ganz fehlen; möglicherweise handelt es sich hier nur um mechanische Beimengungen. Die meisten Analysen geben Natrium überhaupt nicht an, doch scheinen die Analysen des „Challenger“-Report zu beweisen, daß dieses Element wenigstens in kleinen Mengen vorhanden ist.

In der Gesellschaft des Glaukonits trifft man häufig Phosphoritknollen, beide finden sich mit Vorliebe dort, wo kalte und warme Strömungen zusammentreffen. Auch Pyrit und Magnet-eisen sind häufige Begleiter des Glaukonits.

Aus dem Vorkommen und der chemischen Zusammensetzung des Glaukonits dürften sich folgende Schlüsse ableiten lassen. Für die Bildung des Glaukonits sind gewisse Mineralien besonders günstig, die hauptsächlich in kontinentalen Gesteinen vorhanden sind, die aber in den jungvulkanischen Gesteinen der oceanischen Inseln entweder fehlen oder in den Hintergrund treten. Der Kaligehalt des fertigen Glaukonits und seine Entstehung aus einem Tonerdesilikat lassen vermuten, daß die Mineralien, die seine Bildung begünstigen, Kali-Tonerdesilikate sind; solche besitzen ja als Orthoklas und Kaliglimmer in den kontinentalen Gesteinen eine weite Verbreitung, die Gesteine der oceanischen Vulkaninseln sind hingegen überwiegend basisch und an Kaliverbindungen arm.

Das Eisen ist im Glaukonit als Oxyd vertreten, was darauf hindeutet, daß die Glaukonitbildung an den Stellen des Meeresgrundes vor sich geht, an denen eine starke Oxydation der organischen Substanz stattfindet. Diesem Schlusse scheint die Beobachtung zu widersprechen, daß der Agulhas-Bank, in deren Nachbarschaft sich sehr reichlich Glaukonit bildet, zweifellos sehr viel organisches Material zugeführt wird. Hier wird aber auch das Wasser durch reißende Meeresströmungen beständig erneuert und dadurch eine rasche Oxydation herbeigeführt. Kalte, sauerstoffreiche Strömungen scheinen die Glaukonitbildung zu begünstigen, wir finden dieses Mineral deswegen häufiger an den West- als an den Ostküsten der Südkontinente. So ist z. B. Glaukonit an der Westküste von Australien und Südamerika sehr verbreitet, an der ostafrikanischen Küste hingegen nur schwach vertreten und fehlt völlig dem roten Schlick der brasilianischen

1) GÜMBEL, Ueber die Natur und Bildungsweise des Glaukonits. Sitzber. d. math.-phys. Klasse d. K. Akad. Wissensch. München, 1886, S. 417.

2) COLLET et LEE, Sur la composition chimique de la glauconie. Comptes rendus, 1906.

Küste, obgleich im übrigen hier alle Bedingungen für die Glaukonitbildung gegeben zu sein scheinen.

Die Thatsache, daß Glaukonit an Seewasser gebunden ist, dem Flußwasser jedoch fehlt, läßt verschiedene Deutungen zu. Die Meeressalze selbst scheinen nicht direkt von Wichtigkeit zu sein. Es läßt sich nicht einsehen, welche Rolle z. B. die Chloride spielen sollen, die nicht im Glaukonit enthalten sind und vermutlich bei der Lösung seiner Mineralbestandteile,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , nicht mitgewirkt haben. Ebensovienig kommen wohl Sulfate in Betracht, die sich außerdem häufig auch im Süßwasser in nicht unbedeutenden Mengen finden. Wenn Glaukonit den tieferen Süßwasserbecken fehlt, so kann dies wohl in erster Linie auf die viel weniger energische Oxydation der organischen Substanzen zurückgeführt werden, die hier im Gegensatz zum offenen Meere herrscht. Da stärkere Strömungen nur sehr selten in Süßwasserseen auftreten, so wird das Wasser der tieferen Schichten nur ungenügend erneuert und ist deswegen arm an Sauerstoff.

Denkbar ist es jedoch auch, daß bei der Bildung des Glaukonits Bakterien eine Rolle spielen, die auf das Meerwasser beschränkt sind und im Süßwasser nicht vorkommen.

Nach MURRAY und RENARD geht die Glaukonitbildung am heutigen Meeresboden wesentlich nur in den Hohlräumen von Organismen, besonders von Foraminiferen vor sich. Die Vorgänge, die sich dabei abspielten, stellte man sich in folgender Weise vor. Feiner Schlamm drang in eine abgestorbene Foraminiferenschale ein und fand dort Reste von organischer Substanz vor, mit denen er sich vermengte. Bei der Zersetzung der Eiweißsubstanzen wurde Schwefelwasserstoff entwickelt, der zunächst das Eisen des Schlammes in Sulfid verwandelte. Dieses oxydierte sich später zu Eisenhydroxyd und Schwefelsäure, letztere zersetzte den fein verteilten Ton, indem sie die Tonerde löste und kolloidale Kieselsäure frei machte. Diese verband sich schließlich mit dem Eisenoxyd unter Aufnahme von Kali und Wasser und bildete auf diesem Wege Glaukonit.

So bestrickend diese Theorie auf den ersten Blick auch sein mag, so muß man doch eingestehen, daß sich gewichtige Einwände gegen sie machen lassen. Schwefelkies ist zwar meist in der Nachbarschaft von Glaukonit vorhanden, worauf GÜMBEL besonders aufmerksam gemacht hat, es läßt sich aber niemals direkt nachweisen, daß der Prozeß der Glaukonitbildung mit der Ausscheidung von Eisensulfid beginnt. Durch die neueren Forschungen von COLLET und LEE scheint vielmehr nachgewiesen zu sein, daß zunächst sich ein Aluminiumsilikat bildet und erst später Tonerde gegen Eisen ausgetauscht wird. Bildete sich aber wirklich Eisensulfid und zersetzte sich dieses später zu Eisenhydroxyd und Schwefelsäure, so verband sich diese wohl sicher eher mit dem im Schlamm fein verteiltem Kalk, oder dem der Foraminiferenschale, statt den viel widerstandsfähigeren Ton zu zerlegen. Es wird aber ferner diese Theorie der Thatsache nicht gerecht, daß die Glaukonitbildung gerade noch andere Substanzen erfordert, als Ton. Dieser bildet sich ja auch aus vulkanischen Gesteinen und häuft sich besonders an den Flußmündungen in großen Mengen an, ohne daß dort eine lebhafte Glaukonitbildung vor sich geht. Es scheint aber, daß Glaukonit sich nicht aus schon vorhandenem Tone bildet, sondern mit Vorliebe bei der Zersetzung ursprünglich frischer Kali-Tonerdesilikate in statu nascendi des Tones entsteht.

Nach neueren Forschungen scheint die Bildung des Glaukonits nicht ausschließlich in den Hohlräumen von Foraminiferengehäusen etc. vor sich zu gehen. Dies scheint besonders durch

die sorgfältigen Untersuchungen von CAYEUX an glaukonitreichen Gesteinen des Mesozoikums und Tertiärs sichergestellt zu sein. CAYEUX<sup>1)</sup> hat den Glaukonit als Umkleidung von Quarzkörnern, auf Blätterdurchgängen von Feldspat, als Pseudomorphose nach Calcit, als Pigment u. s. f. nachgewiesen, also augenscheinlich unabhängig von organischer Substanz.

Die große Mehrzahl von Glaukonitkörnern stellt keine Foraminiferensteinkerne dar, sondern besitzt ganz unregelmäßige Formen. Nach den Forschungen von CAYEUX ist die Möglichkeit gegeben, daß diese Körner außerhalb von Foraminiferenschalen ohne direkte Beteiligung von organischer Substanz gebildet worden sind, andererseits ist es aber auch nachgewiesen, daß die Typen, die ursprünglich als Foraminiferensteinkerne gebildet wurden, sich rasch deformieren, sobald sie beim Weiterwachsen einmal die sie umgebende Schale gesprengt haben. Für die große Mehrzahl der Glaukonitkörner wird es sich voraussichtlich nur schwer nachweisen lassen, ob sie in oder außerhalb von Foraminiferenschalen ursprünglich entstanden sind und ob organische Substanz sich direkt an ihrer Bildung beteiligt hat.

#### Glaukonit in den Grundproben der „Valdivia“.

Nur auf und in der Nachbarschaft der Agulhas-Bank, in einer abweichenden Facies auch bei Cap Bojador an der westafrikanischen Küste, fand sich Glaukonit in so beträchtlichen Mengen, daß man von Grünsand und Grünschlick reden kann.

Vereinzelte Glaukonitkörner konnten jedoch fast in allen Sedimenten, die sich in der Nachbarschaft der Festländer und großen Kontinentalinseln (insbesondere Sumatra) bildeten, nachgewiesen werden. Sie kommen hier sowohl im Blauschlick, wie in der kontinentalen Facies des Globigerinen- und Pteropoden-Schlammes vor, vereinzelt auch im vulkanischen und Korallenschlick. Sie konnten in allen diesen küstennahen Sedimenten bisweilen bis zu Tiefen von 5000 m nachgewiesen werden. In diesen Ablagerungen kommt Glaukonit beständig in Begleitung von Quarz, Feldspäten, Glimmer, gemeiner Hornblende und anderen Kontinentalmineralien vor und unterscheidet sich hinsichtlich seiner Korngröße nicht von ihnen. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß der Glaukonit in dem tieferen Schlamm am Rande der Kontinente sich nicht gebildet hat, sondern zusammen mit den ihn begleitenden Mineralien durch Strömungen oder andere Transportmittel an seine jetzige Stelle gelangte.

Während in allen Ablagerungen am Rande der Festlandmassen Glaukonitkörner ziemlich konstant, wenn auch nur in einzelnen Fällen häufig auftreten, fehlen sie in den küstenfernen, pelagischen Sedimenten (mit einer gleich zu nennenden Ausnahme) und am Rande der oceanischen Vulkaninseln vollständig. Weder in der Nachbarschaft der Capverden, noch bei der Bouvet-Insel, Kerguelen, St. Paul, Neu-Amsterdam und der Cocos-Insel kommen Glaukonitkörner vor. In den subantarktischen Tiefseeablagerungen, denen von den Eisbergen reichlich kontinentales Material zugeführt wird, konnte Glaukonit nur ganz vereinzelt nachgewiesen werden.

Nur auf einem, wie es scheint, ziemlich eng begrenzten Gebiete kommt Glaukonit auch in küstenfernem Globigerinen-Schlamm und sogar in rotem Ton vor. Es sind dies die äußerst merkwürdigen Ablagerungen der südatlantischen Stationen 85 und 89, wo anscheinend rein pelagische Sedimente von Kontinentalmineralien, besonders Quarz, erfüllt sind. Es ist kaum zu

1) CAYEUX, Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires, Lille 1897.

bezweifeln, daß auch hier die Glaukonitkörner und die sie begleitenden Kontinentalmineralien die gleiche Herkunft haben; wo aber ihr Ursprung zu suchen ist, entzieht sich heute noch unserer Kenntnis.

In den 4 glaukonitreichen Sedimenten, die die „Valdivia“ auf der Agulhas-Bank lotete, bildet der Glaukonit meist unregelmäßige, oft traubige, aber immer gerundete Klumpen; man erkennt sofort, daß sie nicht homogen, sondern aus mehreren Einzelkörnern zusammengesetzt sind. Das „Challenger“-Werk hat diesen Typus auf Taf. XXIV, Fig. 1 dargestellt, auch auf unserer Fig. 2, Taf. IV, ist er wohl deutlich zu erkennen. Seltener sind homogene Körner von unregelmäßigen Umrissen. Beide Arten haben eine schwärzlich-grüne, glänzende Oberfläche und erscheinen wie lackiert.

Nach der Behandlung der Grundprobe mit verdünnter Salzsäure treten die Nähte zwischen den einzelnen Körnern der zusammengesetzten Klumpen stärker hervor, da an ihnen oft eine Entfärbung eintritt. Es zeigen sich dann auch, in einer Probe (Station 102) häufiger, in anderen seltener, Steinkerne, die vorher nicht sichtbar waren. Die Substanz, aus der diese bestehen, ist viel heller gefärbt, als die der gewöhnlichen Glaukonitkörner, und zeigt ein schmutziges Gelbgrün. Nach einer Analyse des „Challenger“ (p. 387) unterscheiden sich die hellgefärbten Steinkerne auch chemisch von typischem Glaukonit durch einen größeren Gehalt von Tonerde, einem geringeren von Eisenoxyd. Da die Glaukonitbildung nach COLLET und LEE mit der Ausscheidung eines Tonerdesilikates beginnt, so hat man hier ein frühes Stadium vor sich, gewissermaßen Glaukonit in statu nascendi.

Unter den kontinentalen Mineralien, die zusammen mit Glaukonit auf der Agulhas-Bank auftreten, ist Quarz weitaus am häufigsten. Daneben kommt Plagioklas nicht selten vor, fast vollständig fehlt jedoch Orthoklas; man gewinnt den Eindruck, als ob dieser bei der Glaukonitbildung verbraucht wäre.

Auf Station 92 sind die Glaukonitkörner und die klastischen Mineralien ungefähr gleich groß, auf Station 110 sind hingegen die ersteren erheblich größer, als die letzteren. Es fragt sich nun, ob die Glaukonitkörner an dem Platze, an dem sie sich jetzt befinden, in situ gebildet oder ob dieselben dorthin transportiert wurden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die kleineren Primärkörner, die zu den größeren Klumpen sich vereinigten, nach ihrem heutigen Platze durch Strömungen getragen wurden, daß aber ihre Cementierung durch neugebildetes Glaukonitmaterial dort in situ erfolgte. Daß heute noch an den gleichen Stellen, von denen die Grünsande und Schlamme der „Valdivia“ stammen, die Glaukonitbildung vor sich geht, beweist ja das Vorkommen von „unreifem“ Glaukonit im Innern von Foraminiferenschalen. Wären auch die zusammengesetzten Klumpen erst nach ihrem jetzigen Fundorte transportiert worden, so wäre es schwer zu begreifen, daß sie in einzelnen Fällen die kontinentalen Mineralien an Größe weit übertreffen.

Einen ganz anderen Eindruck als die Grünsande und Schlamme der Agulhas-Bank macht das Sediment der Station 28 an der westafrikanischen Küste bei Cap Bojador. Glaukonit in isolierten Körnern ist hier nicht sehr häufig, in großen Mengen nimmt man aber nach der Behandlung mit Salzsäure zierliche Steinkerne von Foraminiferen und anderen Organismen wahr (Taf. IV, Fig. 1).

Jedoch zeigt nur ein kleiner Teil die gelbgrüne Färbung der Steinkerne auf der Agulhas-Bank, die meisten sind lebhaft rostrot gefärbt und gleichen durchaus denen, die das „Challenger“-

Werk auf Taf. XXIV, Fig. 3 von der Torresstraße abbildet. Augenscheinlich repräsentieren diese rostroten Steinkerne das zweite Stadium der Glaukonitbildung, in dem nach COLLET und LEE Tonerde durch Eisenoxyd ersetzt ist.

### 3. Palagonit.

In einzelnen Grundproben, besonders auf Station 85 und 89, finden sich Bröckchen von eigentümlicher Beschaffenheit. Sie haben eine ganz unregelmäßige Form, weder erinnern sie an Kristalle, noch sind sie traubig oder kugelig. Durch ihre schwache Durchsichtigkeit und ihren stumpfen Glanz gleichen sie Wachs. Die Farbe ist meist ein schmutziges Gelbbraun, dem rote Töne beigemengt sind; einzelne Stücke sind zuweilen ziemlich rein gelbbrot gefärbt und dann durchsichtiger. Nicht selten ist auch ein schmutziges Braungrün.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die hier geschilderten Bröckchen mit dem identisch sind, was der „Challenger“-Report als Palagonit bezeichnet.

Ueber die Zusammensetzung und Bildungsweise dieser Substanz ist lange gestritten worden. SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN führte den Namen Palagonittuff im Jahre 1845 für einen von ihm bei Palagonia in Sicilien beobachteten basaltischen Tuff ein, der nach seiner Angabe zahlreiche Körner und Brocken eines amorphen, muschelrig-brechenden, schwach pelluciden Minerals von gelblich-rötlicher bis braunschwarzer Farbe enthielt, das er als Palagonit bezeichnete. Man hat Palagonit außer am Aetna besonders in Island, dann aber auch bei Cassel, in der Eifel, am Laacher See, in Ungarn, im Velay und an vielen anderen Orten entdeckt, seine größte Verbreitung scheint er aber nach dem „Challenger“-Report am Boden der Tiefsee zu besitzen.

Der Palagonit entsteht nach SARTORIUS v. WALTERSHAUSEN durch Wasseraufnahme aus einem schwarzen, amorphen Mineral, das er Sideromelan nennt. Nach ZIRKEL ist es jedoch fraglos, daß dieses vermeintliche Mineral nichts anderes ist als ein basaltisches Glas von der Zusammensetzung eines eisenreichen Tachylyts. Der Palagonit ist also kein amorphes Mineral im eigentlichen Sinne des Wortes, er ist vielmehr ein Zersetzungsprodukt basischer Gläser, das mehr oder minder mit Resten der ursprünglichen Glassubstanz gemengt ist. Auf alle Fälle ist der Palagonit ein sehr unreines Material von variabler Beschaffenheit, in dieser Hinsicht dem „Ton“ im landläufigen Sinne zu vergleichen. Diese Erkenntnis führte PENCK<sup>1)</sup> dahin, den Namen Palagonit überhaupt fallen zu lassen.

Nun ist es aber nicht zu leugnen, daß sich bei einer gewissen Art der Zersetzung aus basischen Gläsern Produkte von bestimmten und innerhalb gewisser Grenzen konstanten Eigenschaften bilden, die man neu benennen müßte, falls man es nicht mit ZIRKEL vorzieht, auf sie den allerdings in einem etwas anderen Sinne, aber für die gleiche Substanz gegebenen Namen Palagonit zu übertragen.

Während basische Vulkangläser auf dem festen Lande verhältnismäßig selten vorkommen, scheinen sie nach der ausführlichen Darstellung des „Challenger“-Report auf dem Meeresgrunde eine sehr weite Verbreitung zu besitzen. Der direkte Uebergang des Glases in Palagonit ist

1) PENCK, Ueber Palagonit- und Basalttuffe. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch., 1879, Bd. XXXI, S. 504.

sehr häufig zu beobachten und ist auf Taf. XVI, Fig. 3 und 4, auf Taf. XVII, Fig. 1 der „Deep Sea Deposits“ in unzweideutiger Weise dargestellt worden.

Auch auf den beiden Stationen 85 und 89 der „Valdivia“, die reichlich Palagonit führen, findet sich diese Substanz zusammen mit vulkanischem Glas und Mangankörnern; wie bereits erwähnt, sind aber gerade diese beiden südatlantischen Stationen auch reich an kontinentalen Mineralien.

#### 4. Phillipsit.

Dieser Zeolith, dessen große Verbreitung in küstenfernen Tiefsee-Ablagerungen durch die „Challenger“-Expedition nachgewiesen wurde, konnte unzweifelhaft nur in 2 Proben von rotem Ton aus dem Indischen Ocean (Station 177 und 179) festgestellt werden. Hier trat er meist in Gestalt von kugeligen Konkretionen, seltener in der Form von wohlausgebildeten Kriställchen auf.

Möglicherweise hat auch im Globigerinen-Schlamm der südatlantischen Stationen 85 und 87 eine Ausscheidung von Phillipsit stattgefunden.

Im Blauschlick der westafrikanischen Stationen 56 und 67 und auf Station 201 westlich von Nias fanden sich kleine weiße Knöllchen mit geringem Kalkgehalt. Ob es sich um eine Silikatneubildung oder, was allerdings nicht sehr wahrscheinlich ist, um eine Ausscheidung von Gips handelt, konnte bei der Kleinheit der fraglichen Konkretionen nicht nachgewiesen werden.

#### 5. Phosphoritknollen.

Konkretionen von Calciumphosphat brachten Schleppnetzzüge auf 2 Stationen im Gebiete der Agulhas-Bank in größeren Massen in die Höhe, nämlich auf Station 104, südlich von der Mossel-Bay, aus 155 m Tiefe, und auf Station 113, am Kap der guten Hoffnung, aus 318 m Tiefe.

Die Phosphoritknollen der Agulhas-Bank sind seit längerer Zeit bekannt. Schon „Challenger“ und „Gazelle“ haben sie gedredgt. Neuerdings haben die Schiffe, die im Auftrage des „Department of Agriculture“ der Kapkolonie die Agulhas-Bank untersuchten, besonders an ihren äußeren Abhängen sehr große Mengen von Phosphoritknollen gesammelt, die von COLLET und LEE<sup>1)</sup> untersucht worden sind.

Die beiden Forscher unterscheiden an ihrem außerordentlich reichen Material zwei Haupttypen: 1) Phosphoritknollen mit Foraminiferen oder anderen Organismen, deren Kalkschalen häufig durch das Calciumphosphat „pseudomorphosiert“ sind und die in einigen Fällen als Kerne dienen, um die sich andere, konzentrische Zonen abzusetzen scheinen. 2) Phosphoritknollen ohne Foraminiferen oder kalkige Organismenreste. Die Phosphatsubstanz scheint nur die Glaukonitkörner und die klastischen Mineralien zu cementieren.

Die Knollen der beiden „Valdivia“-Stationen unterscheiden sich sehr lebhaft voneinander und entsprechen bis zu einem gewissen Grade den beiden von COLLET und LEE aufgestellten Typen.

1) L. W. COLLET, Les concrétions phosphatées de l'Agulhas-Bank. G. W. LEE, Une note sur la glauconie qu'elles contiennent. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XXV, 1904, 5, p. 862 ff.

## Phosphoritknollen der Station 104.

Die phosphoritischen Konkretionen der Station 104 sind im Maximum faustgroß; ihre Umgrenzung ist sehr unregelmäßig, eine kugelige oder ellipsoidale Form wird nie erreicht. An vielen Stellen bemerkt man, daß die meisten der großen Knollen aus vielen kleinen Knöllchen zusammengesetzt sind, ihre anscheinend regellose Verwachsung bedingt die Unregelmäßigkeit der äußeren Form.

Die Farbe der Knollen ist bräunlich und bewegt sich im allgemeinen zwischen Reh- und Kastanienbraun. Nur bei einem Teile der Knollen ist die Oberfläche glatt und dann ganz oder teilweise von einem glänzenden, lackähnlichen Ueberzuge bedeckt; bei der Mehrzahl ist die Oberfläche matt und zerfressen, augenscheinlich ist sie vom Meerwasser korrodiert.

Vielfach bemerkt man in den Knollen die ebenfalls aus Phosphat bestehenden Steinkerne von Zweischalern, Schnecken, Brachiopoden, Korallen, Serpeln etc. oder deren Abdrücke.

Auf der Außenseite sind die Konkretionen zuweilen von einer jungen Generation von Bryozoen, Serpeln und Korallen überwachsen, doch scheinen die Tiere meistens beim Aufholen nicht mehr gelebt zu haben, denn ihre Hartgebilde sind öfters halb- oder nahezu völlig zerstört.

## Homogene Knollen.

Neben den zusammengesetzten Knollen, die die Mehrzahl bilden, giebt es auf Station 104 aber auch noch homogene, die dem Typus der „nodules jaunes“ bei COLLET entsprechen. Schon äußerlich kann man diese einheitlichen Knollen meist ohne Schwierigkeit erkennen, obgleich auch sie korrodiert sind. Die phosphatischen Steinkerne oder Abdrücke, die man in den zusammengesetzten Knollen häufig findet, fehlen hier vollständig.

Das mikroskopische Bild der einheitlichen Knollen ist folgendes: In einer anscheinend homogenen Matrix, die im auffallenden Lichte hell-rosabraune, im durchfallenden kaffeebraune Färbung hat, liegen regellos verstreut zahllose Foraminiferenschalen, besonders häufig *Globigerina*, aber auch ziemlich viele, die grundbewohnenden Formen angehören. Daneben finden sich Bruchstücke von Bryozoen und andere Hartgebilde. Die Hohlräume der Organismenreste sind meist von der gleichen Substanz, welche die Matrix zusammensetzt, ausgefüllt, zuweilen ist aber der Farbenton innen etwas heller, auch oft mehr ins Grünliche spielend als außen. Seltener sind die Hohlräume von neugebildetem kristallinem Kalkspat erfüllt, zuweilen füllt dieser das Centrum des Hohlraumes aus und ist von einem Ringe der gefärbten phosphoritischen Matrix umgeben. Die zarten inneren Windungen der Foraminiferengehäuse sind häufig aufgelöst.

Von Glaukonit oder detritogenen Mineralien fand sich in dem einen der Dünnschliffe keine Spur; der mikroskopische Befund wird durch die chemische Analyse bestätigt, die Herr PILLOW in Berlin vom gleichen Stücke anfertigte.

Sie ergab:

|   |        |       |
|---|--------|-------|
| SiO <sub>2</sub>                                | 3,02   | Proz. |
| Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 28,06  | „     |
| CaCO <sub>3</sub>                               | 33,14  | „     |
| CaSO <sub>4</sub>                               | 14,65  | „     |
| MgCO <sub>3</sub>                               | 4,80   | „     |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 15,91  | „     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 2,94   | „     |
|   | <hr/>  |       |
|   | 102,52 | Proz. |

Die auffallend geringe Menge von Kieselsäure verteilt sich wohl im wesentlichen auf kieselige Organismenreste und Ton, Quarz könnte, wenn überhaupt, nur in äußerst geringen Mengen vorhanden sein. Der hohe Gehalt an kohlensaurem Kalk erklärt sich dadurch, daß nicht nur die Hartgebilde der Foraminiferen, Bryozoen etc. noch im wesentlichen aus Kalk bestehen, sondern daß sich auch Kalkspat sekundär in manchen Hohlräumen gebildet hat. Schwer zu erklären ist jedoch der merkwürdig hohe Prozentsatz von schwefelsaurem Kalk, den allerdings auch andere Phosphoritanalysen, wenngleich in viel geringerer Menge, angeben.

Es ist unzweifelhaft, daß in der vorliegenden Knolle ein Globigerinen-Schlamm phosphoritiert worden ist, der aber nicht aus allzu großer Tiefe stammt, wie die häufige Anwesenheit von Bryozoen beweist. Jedoch wird man kaum annehmen dürfen, daß der Schlamm sich ursprünglich am Rande einer Kontinentalküste abgesetzt hat, da sonst zweifellos viel detritogenes Material, besonders Quarzkörner, vorhanden sein müßten. Der gesamte Habitus deutet vielmehr darauf hin, daß sich das fragliche Sediment ursprünglich in der Nachbarschaft einer submarinen Bank gebildet hat.

Nach COLLET ist der Eisengehalt der „nodules jaunes“ möglicherweise bei einer Zersetzung von Glaukonit entstanden; es ist dies in unserem Falle nicht wahrscheinlich, da sonst doch wohl sicher auch Quarz, der ständige Begleiter des Glaukonits, vorhanden wäre und da wohl in dem Falle einer so starken Zersetzung besonders auch die zarten Gehäuse der Foraminiferen stark gelitten hätten, was nicht der Fall ist. Wahrscheinlich schlug sich das Eisenhydroxyd bereits als solches bei dem Prozesse der Phosphoritisierung nieder.

Die Phosphoritbildung dürfte im wesentlichen auf die Matrix beschränkt geblieben sein, d. h. der feinste Kalkschlamm, die kleinsten Foraminiferengehäuse und die Hartgebilde der Coccolithophoriden, die in den Dünnschliffen nicht mehr nachweisbar sind, fielen dem Phosphoritisierungsprozesse zum Opfer.

Aehnlich ist das Bild, das Schliff 4 von einer anderen Knolle zeigt, jedoch fanden sich hier vereinzelte, gerundete Glaukonitkörner, und bisweilen bemerkt man auch beginnende Glaukonitbildung im Innern von Foraminiferengehäusen.

Es scheint, daß in diesem Falle ein schwach glaukonitischer Globigerinen-Schlamm phosphoritiert worden ist, wie er sich nicht selten in größeren Abstände von der Küste des Kaplandes bildet.

#### Zusammengesetzte Knollen.

Sehr viel komplizierter, als das mikroskopische Bild der homogenen Knollen, ist das der zusammengesetzten.

Die rostbraunen, an Foraminiferen reichen, an Glaukonit armen, homogenen Knollen treten nur in vereinzelten, rundlichen Partien auf. Man muß diese wohl als Gerölle auffassen, denn ihre äußere Umgrenzung schneidet Foraminiferenschalen und andere Hartgebilde glatt durch. Die Gerölle umgibt oft ein grünlicher, an Glaukonit erinnernder, oder braunroter Saum; sie entsprechen nicht alle dem gleichen Typus, sondern weisen hinsichtlich ihrer Färbung, Charakter und Häufigkeit der eingeschlossenen Organismenreste u. s. w. mannigfache Verschiedenheiten auf.

Diese Gerölle cementiert eine Matrix von abweichender Beschaffenheit; ihre Farbe spielt ins Graue, auffallend ist aber besonders der größere Reichtum an Glaukonitkörnern und Foraminiferengehäusen, die mit Glaukonit erfüllt sind. Jedoch ist die Matrix nicht ganz einheitlich gestaltet, Verschiedenheiten in der Färbung, in der Größe der eingeschlossenen Foraminiferen und im Glaukonitgehalt bringen mannigfache Abstufungen hervor. Man gewinnt den Eindruck, daß es sich um ein allmähliches Weiterwachsen der cementierenden Substanz handelt, das unter sehr verschiedenen Bedingungen vor sich ging. Das Gleiche beobachtete COLLET; er beschreibt<sup>1)</sup> von der Nachbarschaft des Kaps der Guten Hoffnung eine Knolle, deren unterer, gelb gefärbter Teil fast ganz aus Foraminiferengehäusen besteht, während der obere, schwärzliche in großen Mengen Glaukonitkörner enthält.

Die zusammengesetzten Knollen der Station 104 sind sehr reich an größeren Organismenresten, die auf der Außenseite als Steinkerne oder Abdrücke erhalten sind, während sich im Inneren der Knollen häufig noch die ursprüngliche Schalensubstanz vorfindet. Es handelt sich um Zweischaler, Schnecken, Brachiopoden und Korallen.

Daß diese größeren, teils sessilen, teils schwer beweglichen Formen den gelben Geröllen, die einen „phosphoritisierten“ Globigerinenschlamm darstellen, fehlen, ist leicht verständlich. In dem weichen Globigerinenschlamm konnte diese Fauna nicht leben, erst nach Bildung der ersten Knollen, wahrscheinlich aber als diese bereits ausgewaschen waren und sich möglicherweise auf sekundärer Lagerstätte befanden, war ihre Ansiedelung denkbar. Ob zu Lebzeiten dieser Fauna die Phosphoritbildung ruhte, läßt sich nicht mit Sicherheit angeben, nach dem Absterben müssen sich aber ihre Hartgebilde mit weichem Schlamm gefüllt haben, der wiederum phosphoritisiert wurde. Das Auftreten dieser makroskopischen Fauna beweist also ebenso wie der Unterschied zwischen Geröllen und Cement, daß die Phosphoritbildung auf Station 104 in mindestens zwei zeitlich getrennten Phasen vor sich ging.

#### Phosphoritknollen der Station 113.

Auf den ersten Blick erkennt man, daß das Material der Station 113 von dem der Station 104 stark abweicht und dem zweiten von COLLET aufgestellten Typus entspricht, d. h. einen phosphoritisierten Grünsand ohne wesentliche kalkige Organismenreste darstellt.

Die Farbe der Knollen ist ein sehr dunkles Grün, ihre Oberfläche ist nicht so löcherig, wie die der meisten Knollen von Station 104, doch sind auch hier die Umrisse stets ganz unregelmäßig. Die meisten Knollen sind im Maximum faustgroß und erscheinen äußerlich homogen. Zwei Knollen besitzen aber sehr viel größere Dimensionen und lassen deutlich erkennen, daß sie aus einer großen Menge von dunkelgrünen Einzelknollen bestehen, die durch einen gelblichen Cement miteinander verkittet sind.

Schon mit bloßem Auge, noch besser in Dünnschliffen und unter dem Mikroskop erkennt man, daß selbst bei den äußerlich einheitlichen Knollen die Substanz nicht homogen ist, sondern daß sich innerhalb einer Knolle Partien mit viel und wenig Glaukonit oder Quarz, auch solche, die in der Färbung voneinander abweichen, deutlich unterscheiden lassen. Es handelt sich aber hier augenscheinlich nicht um cementierte Gerölle, sondern um ein Weiterwachsen unter etwas

1) l. c. p. 871.

veränderten Verhältnissen. Die ganze Erscheinung ist der Schlierenbildung in manchen Gesteinen nicht unähnlich.

Unter den Mineralien der Phosphoritknollen von Station 113 wiegt stets der Glaukonit vor, daneben findet sich meist sein häufigster Begleiter, Quarz. Nicht selten sind Plagioklase, während Orthoklas ganz zurücktritt; auf das merkwürdige Ueberwiegen der Plagioklase über den Orthoklas in den glaukonitreichen Phosphoriten hat bereits LEE<sup>1)</sup> aufmerksam gemacht.

Foraminiferengehäuse habe ich in einzelnen Dünnschliffen gar nicht, in anderen nur in geringen Mengen wahrnehmen können, hingegen sind makroskopische Steinkerne von höher organisierten Tieren nicht selten.

Beachtung verdient der halb zerstörte Steinkern eines Seeigels, der auf Taf. VII, Fig. 4 dargestellt worden ist. Daneben sind ziemlich zahlreich Steinkerne von Zweischalern, Schnecken und Brachiopoden, während die auf Station 104 nicht seltenen Korallen fehlen.

Mit dem mikroskopischen Bilde stimmt das Resultat einer Analyse gut überein, die von Herrn PILLOW in Berlin angefertigt worden ist:

|   |              |
|---|--------------|
| SiO <sub>2</sub>                                | 26,70 Proz.  |
| Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 36,37 „      |
| CaCO <sub>3</sub>                               | 10,53 „      |
| CaSO <sub>4</sub>                               | 11,26 „      |
| MgCO <sub>3</sub>                               | 4,67 „       |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 5,34 „       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>                  | 7,51 „       |
|   | <hr/>        |
|   | 102,38 Proz. |

Die große Menge von Kieselsäure ist wohl auf Quarz, Glaukonit und andere, weniger häufig auftretende Silikate zurückzuführen. Der Prozentgehalt an kohlensaurem Kalk überrascht zunächst im Hinblick auf die Seltenheit von Foraminiferengehäusen und anderen kalkigen Organismenresten. Dabei ist aber zu bedenken, daß wahrscheinlich fein verteilter kohlensaurer dem phosphorsauren Kalk beigemischt ist. Auffallend ist auch hier wieder die bedeutende Menge von schwefelsaurem Kalk.

Merkwürdig ist, daß trotz der beträchtlichen Menge von Glaukonit die Analyse kein Alkali angibt; auch in den Analysen der „Deep Sea Deposits“ und bei COLLET wird Alkali nicht aufgeführt. Trotzdem unterscheidet sich der Glaukonit der Phosphoritknollen in keiner Weise von dem der gewöhnlichen Grünsande, wie auch aus der eingehenden Beschreibung von LEE hervorgeht<sup>2)</sup>.

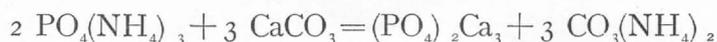
Diese merkwürdige Tatsache legt uns die Frage vor, ob das Alkali des Glaukonits wirklich in ihm chemisch verbunden ist, oder ob es nicht vielleicht in ihm wie in einem Ton lediglich absorbiert ist. In letzterem Falle wäre es denkbar, daß das nur mechanisch gebundene Alkali bei der Phosphoritbildung verschwand.

Bezüglich der Entstehung der marinen Phosphate acceptieren wir die Anschauung, die im „Challenger“-Werke ausgesprochen und später von COLLET bestätigt worden ist. Phosphoritknollen entstehen am Meeresgrunde nur dort, wo Tierleichen in großen Mengen verwesen. Bei

1) l. c. p. 892.

2) Sir JOHN MURRAY weist darauf hin, daß möglicherweise die Analysen deswegen kein Alkali führen, weil die Menge dem analysierenden Chemiker zu gering für die quantitative Untersuchung erschien. Da Glaukonit wahrscheinlich nicht mehr als 1 oder 2 Proz. der Gesamtmasse einer Phosphatknolle bildet und nur 7—8 Proz. Kali im Glaukonit enthalten ist, so kann die Gesamtanalyse nur sehr wenig Alkali auführen. Wurde Glaukonit aus einer Phosphatknolle isoliert und für sich untersucht, so würde sich wahrscheinlich herausstellen, daß er ebensoviel Alkali enthält wie der gewöhnliche Glaukonit der Grünsande etc.

der Zersetzung der organischen Substanz bildet sich Ammoniak, das sich mit der in den Knochen, Zähnen etc. enthaltenen Phosphorsäure zu Ammoniumphosphat verbindet. Dieses wiederum zerfällt bei Anwesenheit von kohlensaurem Kalk in Kalkphosphat und kohlensaures Ammonium nach der Formel:



Während bei Anwesenheit von Kalk im Meeresschlamm eine Art von Pseudomorphose von Phosphorit nach Kalk stattfindet, handelt es sich um eine Ausfällung aus dem Meereswasser, wenn ursprünglich kein Kalk im Sediment vertreten war.

Daß die Annahme, wonach Ammoniumphosphat in der angegebenen Weise auf Kalkkarbonat wirkt, richtig ist, beweist das Experiment. IRVINE und ANDERSON<sup>1)</sup> tauchten eine Koralle 6 Monate lang in Ammoniumphosphat, die Analyse wies darauf in ihr 60 Proz. Calciumphosphat nach.

Daß die Bildung der Phosphoritknollen mit Vorliebe an den Orten vor sich geht, wo große Mengen von organischer Substanz sich anhäufen, zeigt ihre geographische Verbreitung. Sie wurden außer auf der Agulhas-Bank an der Ostküste von Japan und Australien, den Küsten von Chile und Spanien, in der Florida-Straße und an der pacifischen Küste von Nordamerika, schließlich zwischen den Falklands-Inseln und der Mündung des La Plata-Stromes entdeckt.

In den meisten hier genannten Regionen begegnen sich kalte, polare und warme, äquatoriale Strömungen. Die raschen Temperaturveränderungen, die an diesen Stellen vor sich gehen, müssen ein Massensterben derjenigen marinen Organismen hervorrufen, deren Existenz an bestimmte Temperaturen des Meereswassers geknüpft ist.

In welcher geologischen Periode die Bildung der Phosphorite auf der Agulhas-Bank begann, als deren erste Produkte wir die eisenreichen, homogenen Primärknollen der Station 104 ansehen dürfen, entzieht sich unserer Kenntnis. Wir dürfen vermuten, daß dieser ersten Phosphoritbildung, die in tiefem und küstenfermem Wasser vor sich ging, eine Zeit der Hebung folgte, in der die neugebildeten Knollen aus dem sie umgebenden Schlamm ausgewaschen und abgerollt wurden. Auf ihnen siedelte sich dann eine sessile oder wenigstens schwer bewegliche Fauna an, deren Alter sich leider bei ihrem schlechten Erhaltungszustand nicht mit Sicherheit bestimmen läßt. Es scheint aber sicher zu sein, daß diese Fauna nicht älter als jungtertiär ist; den gleichen Schluß läßt ein in einer Knolle eingeschlossener Haifischzahn zu (Taf. VII, Fig. 3), der sicher zu *Carcharodon* und wahrscheinlich zu der heute noch lebenden Art *C. Rondeletii* gehört.

Die Hartgebilde der fraglichen überwiegend benthonischen Fauna füllten sich auf Station 104 mit einem an Foraminiferen reichen Schlamm, der aber im Gegensatz zu dem Sediment der Primärknollen ziemlich viel Glaukonit enthält. Dieser Schlamm, der auch die Zwischenräume zwischen den Primärknollen erfüllte, wurde ebenfalls wieder phosphoritisiert. Möglicherweise entspricht diese zweite Periode der Phosphoritbildung wiederum einer Senkung des Meeresbodens.

Ihr folgte eine Hebung, die zu den gegenwärtigen Verhältnissen hinüberleitet. Die Knollen der Station 104 befinden sich sicher, die der Station 113 wahrscheinlich in einer Region des Meeresgrundes, in der heute eine Phosphoritbildung nicht mehr vor sich geht. Besonders auf

1) On the action of metallic (and other) salts on carbonate of lime. Proc. Roy. Soc. Edin., Vol. XVII, 1891, p. 52.

Station 104 bemerkt man überall Anzeichen von Zerstörung, nicht aber von einem Weiterwachsen der phosphoritischen Substanz. Auf beiden Stationen ist an den Hartgebilden von abgestorbenen Mollusken, Korallen etc. keine Spur von Phosphoritbildung nachweisbar, auch wenn der organogene Kalk hochgradig zersetzt ist. Daß übrigens an anderen Stellen der Agulhas-Bank die Phosphoritbildung noch vor sich geht, scheinen die Angaben von COLLET zu beweisen, der am Kap der Guten Hoffnung in 421 m Tiefe und 33 km Abstand von der Küste alle Uebergänge zwischen unveränderten und völlig in Phosphorit umgewandelten Muschelschalen fand.

Die Bildung von Phosphorit auf den beiden „Valdivia“-Stationen wird wohl in erster Linie durch die heftigen Strömungen verhindert, die den Boden der Agulhas-Bank fegen. Auf Station 104 setzt bei nur 155 m Wassertiefe ein Strom von 3,7 Seemeilen Geschwindigkeit in der Stunde nach S. 62 W., und auch für Station 113, die am Kap der Guten Hoffnung liegt, sind heftige Strömungen anzunehmen. Durch das stark bewegte Wasser mußte neugebildetes Ammoniumphosphat sehr rasch entfernt und so eine Reaktion auf den kohlensauren Kalk des Schlammes verhindert werden. Man wird vermuten dürfen, daß die Phosphoritbildung heute in erster Linie auf den Abhängen der Agulhas-Bank vor sich geht, auf der Bank selbst nur dort, wo sie nicht von heftigen Strömungen bestrichen wird.

Im allgemeinen deuten die verschiedenen Stadien der Phosphoritbildung und ihr für manche Teile der Agulhas-Bank wohl sichergestelltes Aufhören darauf hin, daß zwar mehrfach ein Wechsel in der Meerestiefe und Landnähe stattgefunden hat, daß aber im allgemeinen Hebungen und damit verbundene negative Strandverschiebungen vorherrschen. Diese Annahme wird durch Beobachtungen von ROGERS und SCHWARZ<sup>1)</sup> bestätigt, die an der Süd- und Westküste der Kapkolonie junge Meeresskalke nachwiesen, welche eine recente Hebung von 50—100' wahrscheinlich machen. Auf noch stärkere Hebungen in neuerer Zeit deuten aber die Reste von Peneplains hin, die von SCHWARZ<sup>2)</sup> besonders in den südlichen Randgebirgen der großen Karroo verfolgt worden sind.

## 6. Manganknollen.

Durch die Forschungen der „Challenger“-Expedition wissen wir, daß Konkretionen von Manganoxydhydrat, die auch häufig einen hohen Gehalt an Brauneisen aufweisen und vielfache andere Beimengungen teils chemischer, teils mechanischer Natur enthalten, auf dem Boden der Tiefsee weit verbreitet sind und an einzelnen Stellen in großen Mengen auftreten. Der „Challenger“ fand Mangankonkretionen besonders im roten Ton größter Tiefen, auch in küstenfernen Globigerinen-Schlammen kamen sie bisweilen vor, fehlten aber im allgemeinen den terrigenen, küstennahen Ablagerungen.

Mikroskopisch kleine Mangankonkretionen waren in allen roten Tonen, die die „Valdivia“ lotete, eine häufige Erscheinung. Möglicherweise waren neben den kleinen auch größere Konkretionen, dazu die sie oft begleitenden Haifischzähne vorhanden, doch war dies nicht festzustellen, da im Gebiete des roten Tones von der „Valdivia“ keine Grundnetzzüge ausgeführt worden sind.

1) ROGERS and SCHWARZ, Notes on the recent Limestones on parts of the South and West Coasts of Cape Colony. Trans. S. Afric. Phil. Soc., 1900, p. 427.

2) SCHWARZ, High level gravels of the Cape and the problem of the Karroo Gold. Trans. S. Afric. Phil. Soc., Vol. XV, 1904, p. 43.

Auch der vulkanische Schlamm der beiden subantarktischen Stationen 141 und 142 hat Mangankonkretionen geliefert, der von 142 sogar einige bis zu einem Durchmesser von 1 cm.

Die größten und zahlreichsten Manganknollen stammen aber von einem Dredgezuge, der auf Station 88 ( $30^{\circ} 34,9'$  S. B.,  $6^{\circ} 10,2'$  O. L.) im Globigerinen-Schlamm von 5108 m Tiefe ausgeführt wurde.

Die Manganknollen der Station 87, etwa 30 an der Zahl, erinnern lebhaft an das in den „Deep Sea Deposits“ auf Taf. II, Fig. 1 abgebildete Exemplar aus dem nördlichen Stillen Ocean. Ihre Oberfläche ist eigentümlich traubig und gleicht der einer Brombeere. Jedoch sind die einzelnen Pusteln nicht glatt, sondern ebenso wie bei dem erwähnten Exemplar des „Challenger“ mit kleinen Unebenheiten (rugosities) bedeckt und erscheinen deswegen wie chagriniert. Ein Unterschied zwischen einer glatteren Oberfläche und einer rauheren, im Schlamm steckenden Unterflache, wie ihn der „Challenger“ feststellen konnte, war bei den Exemplaren der „Valdivia“ nicht wahrnehmbar. Die größten Stücke, die auf Station 87 gedredgt wurden, erreichten einen Durchmesser von 7–8 cm, ihre Farbe war ein ziemlich tiefes Schwarzbraun.

An aufgeschlagenen Konkretionen sieht man deutlich einen konzentrisch schaligen Aufbau, wie ihn bereits die „Deep Sea Deposits“ darstellen. Jedoch sind die einzelnen Lagen dicker und scheinen sich leichter voneinander zu trennen, als dies bei den auf Taf. II und III der „Deep Sea Deposits“ dargestellten Exemplaren der Fall ist.

Nach den Beobachtungen des „Challenger“ bilden sich die Manganknollen mit Vorliebe um einen Kern, der von sehr verschiedenartiger Beschaffenheit sein kann. In vielen Fällen war der Kern vulkanisches Glas oder dessen Zersetzungsprodukt, zuweilen dienten auch Haifiszähne oder Ohrknochen von Walen als Ansatzpunkt. Ueber das Vorhandensein eines Kernes bei den Manganknollen der „Valdivia“ habe ich leider nichts ermitteln können.

Die Manganknollen der Station 87 sind außerordentlich leicht, was sich durch ihre starke Porosität erklärt. Das spezifische Gewicht einer Knolle, die längere Zeit an trockener Luft gelegen hatte, betrug anfänglich nur 1,6, im Laufe von 24 Stunden füllte sich aber die Knolle derartig mit Wasser, daß nunmehr ihr spezifisches Gewicht auf 2,4–2,6 stieg. An einer zerschlagenen Knolle bemerkte man deutlich, daß ihre Zusammensetzung nicht homogen war; die äußeren Schalenteile sind relativ weich und dunkel gefärbt, die inneren härter und heller.

Eine Analyse fertigte Herr stud. GREINER im Mineralogischen Institute der Universität Jena von der Gesamtsubstanz, Kern und Rinde an.

Ca. 3 g der Substanz wurden auf dem Wasserbade 2 Stunden lang in 100 ccm  $H_2O$  digeriert. Das eingedampfte und bei  $105^{\circ}$  getrocknete Filtrat ergab 1,77 Proz. Es enthielt:

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| $Fe_2O_3$       | 0,07 Proz.     |
| $CaSO_4$        | 0,12 „         |
| $Na_2(K_2)SO_4$ | 0,57 „         |
| $Na(K)Cl$       | 0,98 „         |
|                 | <hr/>          |
|                 | Sa. 1,74 Proz. |

Augenscheinlich enthalten die Knollen also noch lösliche Salze des Seewassers, aber in einer ganz bestimmten Auswahl und nicht in den Mengenverhältnissen, die sie ursprünglich haben. Die Magnesiumsalze fehlen vollständig, schwefelsaurer Kalk ist gegenüber Chlornatrium stark angereichert. Am meisten überrascht der hohe Gehalt von schwefelsaurem Alkali, das im Seewasser nur in geringen Mengen enthalten ist. Kalium war übrigens nur in Spuren nachweisbar.

Der im Wasser unlösliche Teil der Manganknolle ergab folgendes:

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| In HCl unlöslich               | 15,54 Proz. |
| SiO <sub>2</sub>               | 12,85       |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1,87        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,19        |
| MnO, TiO <sub>2</sub>          | Spur.       |
| CaO                            | 0,23        |
| MgO                            | 0,40        |
| <hr/>                          |             |
| In HCl löslich                 | 84,99 Proz. |
| SiO <sub>2</sub>               | 1,91        |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,08        |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 20,85       |
| MnO <sub>2</sub>               | 23,63       |
| MnO                            | 0,65        |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,50        |
| TiO <sub>2</sub>               | 1,05        |
| CaO                            | 1,55        |
| MgO                            | 0,88        |
| K <sub>2</sub> O               | 1,14        |
| Na <sub>2</sub> O              | 1,39        |
| H <sub>2</sub> O               | 27,67       |
| CO <sub>2</sub>                | 0,69        |
|                                | <hr/>       |
|                                | 100,53      |

Die Analyse ähnelt manchen vom „Challenger“-Report<sup>1)</sup> veröffentlichten, z. B. der von Station 253 in ihrem Verhältnis von Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> zu MnO<sub>2</sub>, auch in den Beziehungen zwischen unlöslichen und löslichen Bestandteilen. Jedoch konnten die in den „Challenger“-Analysen konstant vorhandenen Spuren von Kupfer, die häufig nachgewiesenen Spuren von Nickel und Kobalt trotz sorgfältigem Suchen nicht entdeckt werden. Dafür ist ein nicht unbedeutender Gehalt an Titansäure und Alkalien vorhanden, der in den „Challenger“-Analysen zumeist fehlt.

Ueber die Herkunft des in den Manganknollen konzentrierten Mangans und Eisens spricht sich der „Challenger“-Bericht sehr ausführlich aus. Es kann nach ihm kaum einem Zweifel unterliegen, daß als wesentlichste Quelle dieser Schwermetalle basische Eruptivgesteine anzusehen sind, deren Trümmer in den Meeresablagerungen eine bedeutende Rolle spielen und besonders in den Gebieten des roten Tones, wegen Mangels an anderem Material, sich stark anreichern. Nach dem „Challenger“-Report ist es wahrscheinlich, daß unter der Einwirkung von kohlenensäurehaltigem Wasser bei der chemischen Zersetzung der Gesteine zunächst lösliche Bikarbonate entstehen, die jedoch bald durch Abgabe von Kohlensäure in unlösliche Karbonate übergeführt werden. Diese wiederum oxydieren sich leicht zu den wasserhaltigen Eisen- und Manganoxyden. Erst bei der Oxydation fand das Zusammenwachsen zu knolligen Massen statt, man darf also nicht annehmen, daß die Konkretionen ursprünglich Karbonate gewesen sind, die erst durch einen nachträglichen Oxydationsprozeß in Hydroxyde verwandelt wurden. Zugleich wurden bei der Bildung der Konkretionen mancherlei Teile des umgebenden Sedimentes, Tonschlamm, nichtzersetzte Silikate, Quarz und anderes auf mechanischem Wege miteingeschlossen.

Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Bildung der Manganknollen außerordentlich langsam vor sich ging, ihre zonare Struktur zeigt aber auch, daß ihre Bildung nicht immer im gleichen Tempo erfolgte und sogar vielleicht zeitweilig aussetzte. Es ist denkbar, daß die Kohlensäuremenge, die das Meerwasser enthält, gewissen zeitlichen Schwankungen unterworfen ist; sie können

1) Deep Sea Deposits, p. 370.

erklärt werden durch größere Klimaschwankungen, reicheres oder ärmeres Organismenleben, schließlich vielleicht auch durch vulkanische Ausbrüche. Ebenso ist es aber auch möglich, daß das stärkere Wachstum einer Knolle mit der Zuführung von frischem Gesteinsmaterial in Verbindung steht.

Trotz dieser anscheinend ganz klaren Sachlage bleiben noch mancherlei Fragen, die für die Entstehungsart der Manganknollen von Wichtigkeit sind, auch heute noch ungelöst. Das massenhafte Vorkommen von Mangankonkretionen auf Station 87, die nicht sehr viel vulkanisches Gesteinsmaterial enthält, ihr Fehlen auf anderen Stationen, die weit günstigere Bedingungen für sie zu bieten scheinen, bleibt noch unerklärt. Bei der geringen Beständigkeit von Eisen- und Mangan-karbonatlösungen wird man kaum an Wanderungen der Schwermetalle in gelöstem Zustande denken können, durch die ihre Konzentration an besonders begünstigten Punkten hätte erfolgen können. Vielleicht wird man aber annehmen dürfen, daß die Manganknollen ähnlich wie das Sumpferz durch Vermittlung von Bakterien ausgeschieden wurden und daß sie sich dort in größeren Mengen anhäufen konnten, wo die Lebensbedingungen für diese besonders günstig waren. An anderen Punkten, die den Bakterien nicht zusagten, fand die Bildung von Manganknollen überhaupt nicht statt.

### 7. Schwefeleisen.

In vielen terrigenen Ablagerungen finden sich mikroskopisch kleine, undurchsichtige Körnchen, in denen Schwefeleisen erkannt werden konnte. Es ist nicht ganz ausgeschlossen, das einzelne dieser Körnchen Schwefelkies sind, der gleich den anderen terrigenen Mineralien aus kontinentalen Gesteinen stammt und mit diesen zusammen sedimentiert wurde. Dagegen spricht bei den meisten die sehr geringe Größe, die erheblich hinter dem Durchschnitt der anderen Mineralkörner zurückbleibt. Außerdem fehlen fast immer Kristallflächen, auch Bruchstellen, die die anderen terrigenen Mineralkörner immer zeigen, nimmt man kaum wahr. In der großen Mehrzahl der Fälle sind vielmehr alle Schwefeleisenkugeln völlig gerundet und intakt. Sie stellen deshalb aller Wahrscheinlichkeit nach keine terrigenen, abgerollten Kristalle dar, sondern sind in situ im Meeresschlamm entstanden. Teilweise verwandelte wohl Schwefelwasserstoff, der sich bei der Zersetzung organischer Substanzen bildete, Eisensalze, besonders wohl kohlen-saures Eisen, in Schwefelkies. In anderen Fällen war wahrscheinlich der Prozeß etwas komplizierter; organische Substanz reduzierte die schwefelsauren Salze des Meerwassers zu Sulfiden, die unter der Einwirkung von kohlen-säurereichem Wasser rasch in Karbonate übergeführt wurden, während der frei werdende Schwefelwasserstoff sich mit dem Eisen verband. Wahrscheinlich spielen Sulfobakterien, wie dies für das Schwarze Meer nachgewiesen werden konnte, bei diesem Prozesse eine bedeutende Rolle.

Die neugebildeten Schwefeleisenkugeln treten hauptsächlich im Blauschlick auf und dürften in ihm nur selten fehlen; er verdankt sogar wesentlich die blauschwarze Farbe, die seine typischen Varietäten auszeichnet, fein verteiltem Schwefeleisen, das an der Luft durch Oxydation bräunliche Töne annimmt.

Außer im Blauschlick wurde Schwefeleisen noch in einem ihm nahe verwandten vulkanischen Schlick der Küste von Sumatra (Station 193) gefunden, außerdem in einigen küstennahen Pteropoden- und Globigerinen-Schlamm, besonders an der ostafrikanischen Küste, die durch ihren relativ geringen Kalkgehalt und die starke Beteiligung von terrigenem Material einen Uebergang zum Blauschlick darstellen.

In allen rein pelagischen Ablagerungen fehlt hingegen Schwefeleisen. Anscheinend reicht hier die organische Substanz nicht mehr zu seiner Bildung aus, das Eisen findet sich hier nur noch, außer in Silikaten, in höheren Oxydationsstufen.

### 8. Die jungen Kalksteine der Seine-Bank.

Am 18. August 1898 arbeitete die „Valdivia“ auf der Seine-Bank, ostnordöstlich von Madeira. Diese Untiefe<sup>1)</sup>, deren höchster Punkt 146 m unter dem Wasserspiegel liegt und deren Seiten mit 11—25° Böschung zu Tiefen von über 4000 m abfallen, ist im Jahre 1882 von dem Kabeldampfer „Seine“ entdeckt und durch die Lotungen der „Dacia“ im darauf folgenden Jahre genauer bekannt geworden. Die Position ist 33° 47' N. und 14° 20' W.

Aus etwa 150 m Tiefe dredgte die „Valdivia“ einen Kalksand, der sich aus Bruchstücken von Bryozoen, Korallen und Hydroidpolypen, Schalen von Pteropoden und anderen Mollusken, Stacheln und Gehäusefragmenten von Echiniden, pelagischen und benthonischen Foraminiferen, Otolithen, Crustaceenfragmenten, Alcyonarienstacheln, Schwammnadeln, Fetzen von Bimsstein und Feldspatkörnern zusammensetzt. Zusammen mit diesem bunten Gemenge von überwiegend organogenen Substanzen fand sich eine Anzahl von sehr eigentümlichen, größeren Gesteinsstücken.

Die meisten gehören einem hellgelblichen Kalke an, der auf allen Seiten von Bohrlöchern durchsetzt und mit *Serpula*-Röhren bedeckt ist. Das größte uns vorliegende Stück war abgeplattet, hatte einen dreiseitigen Umriss und wog 2,1 kg. Zusammen mit den Kalkfragmenten fand sich ein Geschiebe von granatreichem Gneis, das deutlich eine glaciale Schlißfläche aufweist. An ihm kleben Teile des in den anderen Stücken vorliegenden Kalkes, außerdem bedecken auch ihn Wurmröhren und Schwammkolonien.

Schlägt man die Kalkstücke auf, so bemerkt man, daß nur ihre Außenseite rauh und löcherig ist, im Inneren findet man einen kompakten, teils an Oolith erinnernden, teils völlig dichten Kalk vor, der eine weitere Untersuchung erforderlich machte<sup>2)</sup>.

Diese wurde in der Weise durchgeführt, daß von dem gleichen Stücke je ein Dünnschliff und eine chemische Analyse angefertigt wurde. Beide Methoden ließen erkennen, daß die Zusammensetzung selbst innerhalb eines Kalkstückes ziemlich veränderlich ist.

Schliff 4 zeigt ein Haufwerk von anscheinend wenig veränderten Schalen und Schalen-trümmern; man erkennt Schalen von Mollusken, besonders Schnecken, Foraminiferen, Hartgebilde von Echinodermen, Korallen und Bryozoen, besonders stark sind aber vertreten Kalkalgen. Dieses Haufwerk von organogenen Kalksubstanzen ist durch einen äußerst feinkörnigen Cement verkittet, der, wahrscheinlich durch organische Substanz, etwas dunkler gefärbt ist, als die Schalen-trümmer.

Die chemische Analyse, die durch Herrn PILLOW in Berlin vom gleichen Stücke angefertigt wurde, ergab folgendes:

|   |              |
|---|--------------|
| CaCO <sub>3</sub>                               | 81,61 Proz.  |
| MgCO <sub>3</sub>                               | 14,36 „      |
| SiO <sub>2</sub>                                | 1,38 „       |
| Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> | 4,39 „       |
|   | 100,74 Proz. |

1) Vergl. G. SCHOTT, Wissenschaftl. Ergebn. d. Deutsch. Tiefsee-Expedition, Bd. I, S. 100 ff., Taf. IV.

2) Vergl. E. PHILIPPI, Ueber Dolomitbildung und chemische Abscheidung von Kalk in heutigen Meeren. N. Jahrb. f. Min. Festbd., 1907, S. 397.

Es liegt also ein dolomitischer Kalk mit einem nicht unbeträchtlichen Phosphoritgehalt vor, der aber auffallend arm an sonstigen Beimengungen ist.

Ein ganz anderes Bild gewährt Schliff 5. Hier finden wir viel weniger organogene Hartgebilde, immerhin sind aber noch einige Fragmente von Molluskenschalen, Foraminiferengehäuse, Reste von Echinodermen und Korallen deutlich zu erkennen. Im Gegensatz zu den organogenen Einschlüssen hat der Cement an Masse zugenommen und ist teilweise deutlich kristallin geworden. Möglicherweise steht mit dieser Veränderung des Cementes das weitere Anwachsen des Magnesiagehaltes, vielleicht auch das Verschwinden des phosphorsauren Kalkes in Zusammenhang.

Analyse 5 von Herrn PILLOW-Berlin:

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| CaCO <sub>3</sub> | 79,92 Proz.       |
| MgCO <sub>3</sub> | 18,17 „           |
| SiO <sub>2</sub>  | 0,61 „            |
|                   | <hr/> 98,70 Proz. |

Außerdem noch Spuren von Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Auch diese Probe ist fast frei von mechanischen Verunreinigungen.

Daß allerdings kristalline Beschaffenheit des Cementes und Magnesiagehalt nicht völlig miteinander parallel verlaufen, zeigt die Probe 6. Die Matrix ist hier teilweise ausgesprochen feinkristallin, die organischen Einschlüsse scheinen zum größten Teile zerstört zu sein, dabei ist aber der Gehalt an kohlenaurer Magnesia geringer, als in Probe 4, deren organogenen Reste sehr vollständig erhalten sind.

Die Analyse von Probe 6 ergab nach Herrn GREINER in Jena:

|                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| CaCO <sub>3</sub>              | 88,37 Proz.        |
| MgCO <sub>3</sub>              | 11,11 „            |
| SiO <sub>2</sub>               | 0,04 „             |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,01 „             |
| SO <sub>3</sub>                | 0,09 „             |
| H <sub>2</sub> O               | 0,59 „             |
|                                | <hr/> 100,21 Proz. |

Bei Schliff 7 waren hingegen die organogenen Reste, in diesem Falle vorwiegend Echinodermen, Foraminiferen und Korallen, besser erhalten als in 6, während der Cement etwa die gleiche Stufe der Kristallinität einnahm. Die Analyse weist jedoch einen erheblich höheren Gehalt an kohlenaurer Magnesia auf. Nach Herrn GREINER in Jena ergab sich:

|                                |                   |                               |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| CaCO <sub>3</sub>              | 80,91 Proz.       | } in verdünnter HCl löslich   |
| MgCO <sub>3</sub>              | 17,28 „           |                               |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,27 „            |                               |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,20 „            |                               |
| H <sub>2</sub> O               | 0,26 „            |                               |
| Cl                             | 0,26 „            | } in verdünnter HCl unlöslich |
| SiO <sub>2</sub>               | 0,26 „            |                               |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,27 „            |                               |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,13 „            |                               |
|                                | <hr/> 99,84 Proz. |                               |

Bemerkenswert ist hier ein nicht ganz unerheblicher Betrag von organischer Substanz. Nach den Mitteilungen von Herrn GREINER hat das pulverisierte Material den Geruch von Heringslake (Trimethylamin). Beim Erhitzen im Glühröhrchen entwickelt sich eine ziemlich erhebliche Menge Ammoniak, ein eingeschobenes Stück rotes Lackmuspapier färbt sich trotz der

gleichzeitig reichlich auftretenden Kohlensäure stark blau. Die Substanz schwärzt sich im Glühröhrchen und gibt neben Ammoniak ein bräunliches Destillat. Mit verdünnter Salzsäure hinterläßt sie einen zähen, schleimigen Schlamm. Auch der Fehlbetrag von 0,16 Proz. deutet auf das Vorhandensein einer organischen Substanz hin.

In Dolomiten und dolomitischen Kalken älterer Formationen ist übrigens eine mehr oder minder starke Beimengung von organischer Substanz nicht selten, so z. B. im sogenannten Stinkkalk des Zechsteins.

Wir stehen nun vor der Frage: In welcher Form ist die stets beträchtliche Menge von kohlensaurer Magnesia in den Kalken der Seine-Bank enthalten? Da von vornherein zu vermuten war, daß die Magnesia sich in der Verbindung mit Kalk als Dolomit vorfinden würde, so wurden die Schliffe nach dem LEMBERG'schen<sup>1)</sup> Verfahren behandelt. Dieses beruht auf der Tatsache, daß in der Kälte aus Aluminiumsalzlösungen durch Kalkspat Tonerdehydrat rasch ausgefällt wird, während diese Reaktion bei Dolomit sehr viel langsamer vor sich geht. Um die Fällung deutlicher zu machen, wird der zu dem Versuche gebrauchten Lösung von Chloraluminium (4 Teile in 60 Teilen Wasser) Blauholz zugesetzt, das sich mit dem Tonerdehydrat zu einem Lack verbindet.

In den mit LEMBERG'scher Lösung behandelten Dünnschliffen wurden sehr häufig die Organismenreste gefärbt, bestanden also aus kohlensaurem Kalke. In einigen Fällen ließ sich die beginnende Dolomitisierung auch der organogenen Hartgebilde, besonders der Kalkalgen, nachweisen. In den Hohlräumen der Organismenreste schied sich mit Vorliebe Dolomit ab. Die Hauptmenge des Dolomits gehört aber dem Cement an, der sich nach Behandlung mit LEMBERG'scher Lösung als durchaus nicht homogen darstellt. Ein Teil erweist sich als nicht erkennbar kristallin und wird noch stärker gefärbt, als die Organismenreste. In dieser äußerst feinkörnigen Grundmasse liegen zahlreiche, gröbere Körner mit eckigen, meist sogar mit deutlich rhomboedrischen Umrissen, die nach einer Einwirkung von 10 Minuten noch keine Färbung angenommen haben, also wohl zweifellos Dolomit sind. Die Verteilung der Dolomitrhomboederchen in der kalkigen Grundmasse ist eine recht unregelmäßige, an einzelnen Stellen sind sie derart gehäuft, daß sie etwa 9/10 des Cementes ausmachen, an anderen überwiegt die feinkörnige Grundmasse weitaus. Wenn man die Masse der durch die LEMBERG'sche Methode nicht gefärbten Substanzen abschätzt und mit den durch die Analysen erhaltenen Ziffern von  $MgCO_3$  vergleicht, kommt man zu dem Schlusse, daß die farblos bleibenden Substanzen aller Wahrscheinlichkeit nach Normaldolomit darstellen.

Nicht ganz leicht zu beantworten sind die Fragen, ob der die Organismenreste verkittende Cement ursprünglich ein normales, organogen-klastisches, oder ein chemisches Sediment darstellte, ob er im Anfang weich war und erst später erhärtete, oder bereits bei seiner Bildung ein harter Niederschlag war; und schließlich, ob die Bildung der Dolomitrhomboeder gleichzeitig mit der der feinkörnigen Kalksubstanz erfolgte, oder erst später durch deren teilweise Umwandlung.

Gegen die Auffassung des kalkigen Cementes als normales, organogen-klastisches Sediment spricht die völlige Abwesenheit aller Mikroorganismen. Es müßten in ihm Coccolithen, Bruch-

1) Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. XL, 1888, S. 357.

stücke und Embryonalkammern von Foraminiferen, kurz alles das vertreten sein, was z. B. die feinsten Abschlammungen eines Globigerinen-Schlammes zusammensetzt. Es ist auch nicht denkbar, daß diese feinsten Organismenreste früher im Cement vorhanden waren und durch einen sekundären Umwandlungsprozeß zerstört wurden; denn der kalkige Teil des Cementes ist derartig feinkörnig, daß man an eine Umkristallisierung wohl nicht denken darf. Außerdem wäre es sehr schwer, sich vorzustellen, daß nur Organismenreste von geringerer Größe diesem Prozeß unterlegen sein sollten, während die größeren Hartgebilde unverändert blieben (Schliff 4) oder wenig verändert wurden. Unter diesen Umständen können wir in dem äußerst feinkörnigen, kalkigen Cement nur einen chemischen Niederschlag erkennen; wahrscheinlich war dieser ursprünglich hart, wäre er weich gewesen, so wäre er bei der exponierten Lage des Rifflandes und der geringen Tiefe unter dem Meeresspiegel wohl sehr bald ausgewaschen worden. Außerdem wäre nicht einzusehen, warum ein ursprünglich weicher Kalkschlamm gerade auf der Seine-Bank rasch erhärtete, während sonst die kalkigen Sedimente größerer wie geringerer Tiefen augenscheinlich sehr lange Zeit weich bleiben. Die letzte Frage ist die: Entstanden die Dolomithomboeder gleichzeitig mit dem kalkigen Cement durch eine Ausfällung aus dem Meereswasser, oder verdanken sie ihre Entstehung einer späteren Einwirkung von Magnesiasalzen auf den bereits fertig gebildeten Cement. Beide Arten von Dolomitbildung können wir unter normalen Temperaturverhältnissen experimentell nicht nachahmen; es wäre aber verkehrt, deswegen diese Vorgänge in der Natur abstreiten zu wollen. Denn neuere Beobachtungen, besonders an Korallenriffen, zeigen uns mit absoluter Klarheit, daß beides, oft dicht nebeneinander, sich häufig abspielt.

Sehr lehrreich in dieser Hinsicht ist die Arbeit von SKEATS<sup>1)</sup> über die chemische Zusammensetzung und mikroskopische Struktur gehobener Rifflimsteine. Fig. 8 seiner Arbeit, eine dolomitisierte Koralle von Ngillangillah darstellend, zeigt deutlich, daß sich zuerst an die inneren Wände des Korallenkelches Dolomitkristalle ansetzten, es handelt sich also hier um eine Ausfällung oder ein Auskristallisieren. Später wurde auch die Kalksubstanz der Koralle selbst in eine feinkörnige Dolomitmasse (Silt) verwandelt, in der größere Dolomitkristalle eingeschlossen sind; in diesem Falle trat also eine Art von Pseudomorphose ein. Beide Vorgänge vollzogen sich nach der Anschauung von SKEATS, die uns sehr plausibel erscheint, unter dem Meeresspiegel.

Eine Dolomitisierung durch spätere Einwirkung von Magnesiasalzen auf den bereits fertig gebildeten Cement, also eine Art von Pseudomorphose, ist auch in unserem Falle nicht gänzlich auszuschließen, ist aber nicht gerade sehr wahrscheinlich. Hätte sie stattgefunden, so müßten die äußeren Teile eines Kalkstückes stärker dolomitisiert sein, als die inneren; bei aller Unregelmäßigkeit im einzelnen scheint aber die Verteilung des Dolomitgehaltes im großen innerhalb eines Stückes eine gleichmäßige zu sein. Außerdem hätte der außerordentlich dichte Kalkcement einer Durchdringung mit Magnesiasalzen wohl recht erhebliche Schwierigkeiten in den Weg gelegt. Durch alle diese Gründe werden wir zu der Annahme gedrängt, daß die Bildung der Dolomithomboeder gleichzeitig mit der des kalkigen Cementes teils durch direkte Ausfällung oder Auskristallisieren aus dem Meereswasser erfolgte, teils durch Dolomitisierung vorhandener Kalksubstanz.

1) SKEATS, Chemical composition of limestones. Bull. Mus. Comparat. Zoology Harvard., Vol. XLII, 1903-05, p. 53.

Ein Analogon stellen die magnesiareichen Kalkkrusten dar, die NATTERER<sup>1)</sup> als Neubildung vom Boden des Roten Meeres beschreibt. Daß es sich bei der Bildung der Kalkkrusten um eine Ausfällung aus dem Meereswasser handelt, ist sicher, daß Magnesia gleichzeitig mit dem Kalk ausfiel, zum mindesten wahrscheinlich.

NATTERER giebt an, daß die Fällung von Kalk- und Magnesiakarbonat dann erfolgt, wenn der Schlamm des Meeresgrundes relativ bedeutende Mengen vom Ammoniak enthält und wenn bei der Oxydation keine überschüssige Kohlensäure entstanden ist.

Höchst wahrscheinlich ist auch bei dem Cement der Kalke auf der Seine-Bank Ammoniak, das in einem Stücke in nicht ganz unerheblicher Menge nachgewiesen wurde, das Fällungsmittel gewesen. Wie aber sich der Vorgang im einzelnen gestaltete, wissen wir leider noch nicht.

Ebensowenig wissen wir darüber Bescheid, in welcher Tiefe, bei welcher Temperatur und Beschaffenheit des Meeresbodens die Fällung der Karbonate auf der Seine-Bank vor sich ging.

Mit Sicherheit dürfen wir nur annehmen, daß an der Stelle, an der die „Valdivia“ dredgte, die Neubildung der kompakten Kalke nicht mehr vor sich geht, da die heraufgehobenen Stücke an ihrer Außenseite überall nur Spuren der Zerstörung aufweisen. Ebenso sicher ist es aber auch, daß noch im Diluvium an der gleichen Stelle sich diese jungen Kalksteine bildeten, da einem Gneisgeschiebe von glacialem Habitus, das zweifellos durch einen Eisberg hierher verschleppt wurde, noch Teile von Kalk fest anhaften. Allerdings ist bisher so weit südlich (33°) unseres Wissens ein Eisberggeschiebe noch nicht gefunden worden, doch besitzt das fragliche Gneisstück absolut die für diesen Typus charakteristische und uns besonders aus den Meeren der Südhemisphäre wohlbekannte Form. Läge hier etwas anderes als ein Glacialgeschiebe vor, so wäre die Lage auf den jungen Kalken der Seine-Bank völlig unverständlich.

Durch die neueren Forschungen an subfossilen Korallenriffen, an den Kalkknollen der Challenger- und Argus-Bank<sup>2)</sup> und an den Kalken der Seine-Bank ist die Frage nach der Entstehung der Dolomite in älteren Formationen in ein neues Stadium gerückt. Wir dürfen heute als sicher annehmen, daß marine Kalke schon bei oder unmittelbar nach ihrer Entstehung einen mehr oder minder großen Gehalt an Dolomit aufnehmen können; das kohlen-saure Doppelsalz von Kalk und Magnesia kann dabei teils als Pseudomorphose nach kohlen-saurem Kalk auftreten, teils kristallisiert es direkt, oft zusammen mit kohlen-saurem Kalk, aus dem Meereswasser aus. Soweit bisher bekannt, vollzieht sich die Aufnahme von Dolomit jedoch nur in Kalken, die entweder schon ursprünglich fest waren oder sehr bald verfestigt wurden; auch scheint die Abwesenheit von toniger Verunreinigung, d. h. die Reinheit des Kalkkarbonates, bei dieser Art des Dolomitierungsprozesses eine bedeutende Rolle zu spielen. Tonige Kalkschlammte werden unseres Wissens gar nicht oder nur sehr schwach dolomitiert. Ueber den Chemismus des Dolomitierungsprozesses wissen wir leider noch immer sehr wenig. Wir dürfen mit NATTERER vermuten, daß die Produktion von Ammoniak ihm förderlich, die von Kohlensäure hinderlich ist. Die Neubildung von Kalk- und Magnesia-Karbonaten wird im allgemeinen nur dort vor sich gehen können, wo reichliche Mengen von organischer Substanz verwesen. Augenscheinlich ist

1) K. NATTERER, Chemische Untersuchungen im Roten Meere, nördliche Hälfte. Denkschr. d. math.-naturw. Kl. d. K. Akad. d. Wiss. Wien., Bd. LXV, 1898, S. 55.

2) NICHOLS, Nodules from the Challenger- and Argus-Banks in the Atlantic Ocean. Field Columbian Museum, Geol. Ser. III, 1906, p. 40.

aber nur eine bestimmte Art von Verwesung diesem Vorgange günstig, in anderen Fällen wird es eher zu einer Auflösung des kohlensauren Kalkes, oder zu einer Phosphoritbildung kommen. Man wird dadurch zu der Vermutung geführt, daß möglicherweise bestimmte Bakterien in letzter Linie den Prozeß der chemischen Karbonatabscheidung hervorrufen. Als sehr wahrscheinlich darf jedenfalls nach den bisherigen Erfahrungen angesehen werden, daß die Dolomitbildung in unserem Sinne nur in den höheren, vielleicht höchsten Wasserschichten vor sich geht.

Mit unserer geringen Kenntnis des Dolomitisierungsvorganges mag es zusammenhängen, daß wir auch heute noch nicht wissen, weswegen die Abscheidung von Dolomit in dem einen Falle stattfindet, während sie an einem anderen Orte unter Bedingungen, die ebenso günstig zu liegen scheinen, unterbleibt.

So scheint z. B. bei den recenten Lithothamnienkalken der Bucht von Neapel, die JOH. WALTHER<sup>1)</sup> beschrieben hat, eine Dolomitisierung nicht stattgefunden zu haben, trotzdem ihre ursprüngliche Struktur durch einen Umkristallisierungsprozeß oft bis zur Unkenntlichkeit verändert worden ist. Auch die stark veränderten tertiären Lithothamnienkalke von Syracus zeigen keine Anreicherung von Magnesiakarbonat, im Gegenteil, seine Menge ist in ihnen geringer als in den zum Vergleich herbeigezogenen recenten Kalkalgen. In einem von SHARPLES<sup>2)</sup> analysierten Kalk des Pourtalès-Plateaus fehlt sogar jede Spur von kohlensaurer Magnesia. Auch in der Südsee kommen dicht nebeneinander und anscheinend unter den gleichen Bedingungen kalkige und dolomitierte Riffbildungen vor.

Daß unter gewöhnlichen Sedimentationsbedingungen, vielleicht abgesehen vom roten Ton, keine Dolomitisierung von Tiefseeablagerungen stattfindet, dürfte sicher sein. In den Analysen, die die „Deep Sea Deposits“ von Globigerinen- und Pteropoden-Schlamm veröffentlichen, beträgt der Gehalt an kohlensaurer Magnesia nur in einem Falle über 2 Proz., häufig aber unter 1 Proz. Eine halb verwitterte Muschelschale, die auf Station 242 an der ostafrikanischen Küste aus 404 m Tiefe gedredht wurde, enthielt nach Herrn PILLOW 99,19 Proz.  $\text{CaCO}_3$  und 0,25 Proz.  $\text{SiO}_2$ , aber keine Spur von Magnesia.

In allen geologischen Formationen treten ungeschichtete oder sehr grobbankige Kalke und Dolomite auf, die man für gewöhnlich als Riff- oder Massenkalke bezeichnet. Es scheint, daß sie nicht verhärtete Kalkschlamme sind, sondern in jeder Hinsicht den hier besprochenen, ursprünglich erhärteten Karbonatmassen entsprechen, bei deren Bildung chemische Prozesse eine bedeutsame Rolle spielten. Wie diese zeichnen sie sich durch eine auffallende Armut an klastischen Substanzen aus. Ziemlich unvermittelt stoßen bei ihnen gänzlich dolomitierte Massen an rein kalkige, man denke an Schlerndolomit und Marmolatakalk in der alpinen Trias. Die Frage, ob wir in diesen Kalken und Dolomiten Korallenriffe zu sehen haben oder Ablagerungen, wie sie sich auf dem submarinen Pourtalès-Plateau bilden, ist mit Sicherheit nur dort zu entscheiden, wo Fossilien in genügender Menge vorhanden sind. Wir möchten jedoch nicht mit ROTHPLETZ annehmen, daß derartige organogene Kalkplateaus in Regionen des Meeresgrundes entstehen, die durch submarine Barren gegen die Ueberschüttung mit klastisch-terrigenem Material geschützt sind. Vielmehr geht ihre Bildung wohl im wesentlichen an sehr exponierten Stellen

1) JOH. WALTHER, Die gesteinsbildenden Kalkalgen des Golfes von Neapel und die Entstehung strukturloser Kalke. Zeitschr. d. Deutsch. Geolog. Gesellsch., Bd. XXXVII, 1885, S. 329.

2) AGASSIZ, Three cruises of the „Blake“, Vol. I, p. 288.

des Meeresgrundes vor sich, entweder so nahe an der Oberfläche, daß die Wellenbewegung sich noch fühlbar macht, oder im Gebiete einer reißenden Strömung. In beiden Fällen wird durch die Wasserbewegung die Ablagerung von feinem klastischen Material verhindert, andererseits wird aber das Tierleben, besonders bei sessilen oder schwer beweglichen Typen, durch die reichliche Zuführung von Nahrung befördert. Diese Anschauung ist schon von AGASSIZ<sup>1)</sup> ausgesprochen worden:

„The fauna found on the Pourtalès Plateau is undoubtedly due to the action of the Gulf Stream, which supplies the animals living upon it with an abundance of food, and, in addition, sweeps the floor of the Plateau clear of all fine sedimentary accumulations.“

Die harten, organogenen Kalke des submarinen Plateaus werden jedenfalls in exponierterer und deswegen meist auch in höherer Lage abgesetzt als die normalen Tiefseeablagerungen in ihrer Nachbarschaft. Will man den Namen „Riffkalk“ auf die koralligenen Bildungen beschränken, so schlagen wir für jene Art von Bildungen den Namen „Bankkalk“ vor. Für beide Bildungen erscheint die von CAYEUX gebrauchte Bezeichnung „benthogen“ recht passend.

### 9. Kalkspatkristalle.

In der Grundprobe der schon öfters genannten südatlantischen Station 85 (26° 49,2 S. Br., 5° 54' O. L., 5040 m) fand sich eine Anzahl von eigentümlichen Kriställchen, die eine eingehende Untersuchung erforderten. Es handelt sich um kleine Rhomboederchen von 0,09—0,3 mm Länge, die entweder einzeln oder miteinander verwachsen auftreten. Sie sind meist halb durchsichtig, ihre Farbe ist ein helles Gelb. Nirgends bemerkt man eine Spur von Abrollung, hingegen sieht man häufig, daß die Flächen mehr oder minder stark korrodiert sind. In verdünnter Salzsäure findet nur eine schwache Kohlensäureentwicklung statt, in konzentrierter lösen sich die Kriställchen unter lebhafter Entwicklung von Kohlensäure und Hinterlassung eines minimalen Rückstandes.

Sowohl die Kristallform — es ist augenscheinlich immer das Grundrhomboeder R entwickelt — wie das Verhalten gegen Salzsäure sprachen für Dolomit. Um aber ganz sicher zu gehen, wurde noch eine mikrochemische Reaktion auf Magnesia versucht, die Herr Geheimrat Prof. LINCK auf meine Bitte freundlichst vornahm. Es stellte sich dabei heraus, daß Magnesia auch nicht in Spuren vorhanden war, daß es sich also um reinen Kalkspat handeln muß. Auch das Verhalten gegen Salzsäure widerspricht diesem Befunde nicht, denn Prof. LINCK konnte bereits mehrfach feststellen, daß intakte Kalkspatkristalle von verdünnten Säuren oft recht schwer angegriffen werden.

Will man den Ursprung der Kalkspatrhomboederchen feststellen, so muß man zunächst die Umgebung ins Auge fassen, in der sie gefunden worden sind. Sie stammen aus einem in roten Ton übergehenden Globigerinen-Schlamm von 42,5 Proz. Kalkgehalt, der in einer Tiefe von 5040 m gelotet wurde. Diese bedeutende Tiefe findet sich in unmittelbarer Nachbarschaft des submarinen Kegels von 981 m Tiefe, der auf Station 83 angetroffen wurde.

Das Sediment der Station 85 enthält eine recht beträchtliche Menge von Mineralkörnern (25 Proz.). Neben den kontinentalen, auf die bereits früher hingewiesen worden ist, finden sich auch vulkanische Mineralien, besonders auch ziemlich große Brocken von stark zersetzten Laven, Tuffen, vulkanischen Gläsern und von Palagonit. Das jungvulkanische Material scheint in situ

1) Three cruises of the „Blake“, Vol. I, p. 287.

eine starke chemische Verwitterung erlitten zu haben; Mangankonkretionen bildeten sich jedoch dabei nicht, wohl aber in ziemlich großen Mengen hellbraune Krusten, die von Salzsäure nicht angegriffen werden. Auch Zeolithe scheinen sich in den in Zersetzung begriffenen vulkanischen Gesteinen auszuscheiden.

Hätten nun die Kalkspatkriställchen bis zu der Stelle, an der sie sich heute befinden, einen Transport irgendwelcher Art durchgemacht, so wären sie zweifellos zerbrochen und mehr oder minder gerundet, wie die meisten Mineralkörner in ihrer Nachbarschaft. Man bemerkt aber an ihnen keine Spuren irgendwelcher mechanischer Insulte. Das legt den Gedanken nahe, daß sie nicht von irgendwoher verschleppt, sondern in situ auf dem Meeresboden gebildet wurden.

Unter welchen Bedingungen und aus welchem Material sie sich bildeten, können wir allerdings nicht mit Sicherheit feststellen. Daß an einigen Stellen des Meeresgrundes kohlenaurer Kalk durch Ammoniak und Ammoniumsalze ausgeschieden wird, wissen wir, wir dürfen aber diese Bildungsweise wohl kaum für die Kriställchen der Station 85 in Anspruch nehmen. Eher möchten wir glauben, daß bei der Zersetzung basischer Eruptivgesteine am Meeresgrunde unter ganz besonderen Umständen auch kohlenaurer Kalk sich neubilden kann. Man wird allerdings einwenden, daß die Löslichkeit von kohlenaurer Kalk diese Neubildung von vornherein verhindern müßte. Allein auch Zeolithe sind, wenn auch in viel geringerem Grade, im Meerwasser löslich und trotzdem kristallisieren sie in großen Mengen in den Gebieten des roten Tones aus. Die Bildung der Kalkspatrhomboederchen auf Station 85 scheint übrigens beendet zu sein, jetzt tritt im Gegenteil ihre Zerstörung auf chemischem Wege ein, wie die Korrosion ihrer Flächen beweist.

Ein ähnliches Vorkommen hat MURRAY bereits in einem Radiolarienschlamm des nordwestlichen Stillen Oceans beobachtet; er schreibt<sup>1)</sup>: „In this specimen there are finally some very peculiar white coloured aggregations composed of minute rhombohedral crystals, which when treated with dilute acids decompose with liberation of carbonic acid, but a flocculent residue is left behind, as well as microscopic granules; we are inclined to consider these crystals as calcite or dolomite.“

Daß sich bei der submarinen Zersetzung vulkanischer Gesteine Calcium- und Magnesiumkarbonate ausscheiden können, dürften auch die Analysen von BRAZIER<sup>2)</sup> beweisen, der in verwittertem Bimsstein beide Karbonate nachweisen konnte.

Hoffentlich klären uns weitere Untersuchungen an geeignetem Material bald weiter über diese interessanten Vorgänge auf.

## Verteilung des kohlenaurer Kalkes in Grundproben.

Die Frage, welchen Gesetzen der Kalkgehalt einer Grundprobe unterworfen ist, ist eine äußerst komplizierte. Als Quelle für den kohlenaurer Kalk scheinen in schlammigen Ablagerungen des offenen Meeres wesentlich nur Organismenreste in Frage zu kommen. Chemische Absätze sind am Boden der küstenfernen Tiefsee bisher nur ganz vereinzelt als harte Kalkkrusten nachgewiesen worden und scheinen in dieser Form auf Binnenmeere beschränkt zu sein, denen das kühle, sauerstoffreiche Tiefenwasser, das aus den Polargebieten stammt, vollständig fehlt. Bei der im vorigen

1) Challenger Report, Deep Sea Deposits, p. 205.

2) Ebenda p. 454.

Kapitel erwähnten Neubildung von Calcitkristallen handelt es sich um vereinzelte Fälle; ob in den Tiefseeschlammern der freien Weltmeere pulverförmige, chemische Kalkausscheidungen vorkommen, ist noch nicht genauer untersucht worden, für die meisten Sedimente dürfte es aber sehr unwahrscheinlich sein.

Als kalkliefernde Organismen sind für die Tiefseeschlamme nur die planktonischen von allgemeiner Bedeutung, insbesondere die pelagischen Foraminiferen, die Pteropoden und die Coccolithophoriden.

In allen Fällen findet bei den schlammigen Tiefseeabsätzen eine Vermischung des organogenen Kalkes mit nicht kalkigem, in schwachen Säuren unlöslichem Material statt; nur die benthogenen Riffkalke sind tatsächlich frei oder fast frei von unlöslichen Substanzen.

Allerdings steigt auch bei schlammigen Tiefseeablagerungen der Kalkgehalt zuweilen bis auf 98 Proz., es sind dies aber seltene Ausnahmen. Bei den Globigerinen-Schlammern der „Valdivia“ beträgt der Gehalt an kohlensaurem Kalk durchschnittlich nur 35 Proz. und das Maximum 81,5 Proz.

Die nicht kalkige Beimengung können zusammensetzen:

- 1) Reste von kieselschaligen Organismen,
- 2) Terrigenes, von der Verwitterung von Landmassen herrührendes Material,
- 3) vulkanische Flugaschen, flottierender Bimsstein und Produkte submariner Eruptionen.

Wenn der Kalkgehalt einer Grundprobe sehr gering ist, so kann dies darauf beruhen, daß pelagische, kalkabsondernde Organismen in den oberen Meeresschichten nur in geringen Massen leben; es kann aber auch darin seinen Grund haben, daß die Zuführung nicht kalkigen Materials eine sehr reichliche ist und daß durch dieses die kalkigen Organismenreste bis zu einem gewissen Grade maskiert werden.

Es giebt aber noch einen dritten Faktor, der den Kalkgehalt einer Grundprobe reguliert; es ist dies die Auflösung, die der organogene Kalk teils beim Niedersinken, teils noch auf dem Meeresgrunde erleidet.

Das Meerwasser stellt keine gesättigte Lösung von kohlensaurem Kalk dar, es muß also unter allen Umständen auf diesen lösend einwirken. Dies zeigen ganz klar einige Zahlen. Nach LINCK<sup>1)</sup> ist die maximale Löslichkeit von  $\text{CaCO}_3$  in Meerwasser von 17—18° 0,0191 Proz.; es sind jedoch in ihm nach DITMAR<sup>2)</sup> nur enthalten 0,0123 Proz.  $\text{CaCO}_3$ . Versuche über die Lösungsfähigkeit von organogenem Kalk im Meerwasser hat THOULET<sup>3)</sup> angestellt. Er fand, daß sich pro Tag und Quadratcentimeter Oberfläche in Gramm lösen: Muscheln 0,000039 g, Korallen 0,000201 g, Globigerinenschalen 0,000137 g. Diese normale Löslichkeit des Kalkes in Seewasser wird aber natürlich vermehrt, wenn diesem Kohlensäure oder Schwefelsäure, die bei der Zersetzung von organischer Substanz entstehen können, zugeführt werden.

Es liegt auf der Hand, daß durch diese Löslichkeit des kohlensauren Kalkes im Meerwasser die biogene Komponente einer Grundprobe sich entsprechend der Tiefe verändern muß. Feinere kalkige Organismenreste werden beim Niedersinken aufgelöst werden, und der Lösungsprozeß wird desto intensiver sein, je mächtiger die Wassersäule ist, die die Oberflächenschicht

1) LINCK, Bildung der Oolithe und Rogensteine. Neues Jahrb., Beilagebd. XVI, 1903, S. 495.

2) Challenger Report, Physics and Chemistry, Vol. I, p. 189 u. 204.

3) Comptes Rendus, Paris 1900, T. CX, p. 653.

vom Meeresboden trennt. Man darf also annehmen, daß der Kalkgehalt einer Grundprobe sich bei wachsender Meerestiefe stetig verringert. Diese Vermutung wird durch die Tatsachen bestätigt; besonders aus den Analysen des „Challenger“-Reports<sup>1)</sup> geht hervor, daß im allgemeinen der Kalkgehalt zwischen 3000 und 4000 m Tiefe noch etwa 50 Proz. ausmacht, bei 5000 m auf 20 Proz. sinkt, bei 6000 m nicht mehr 1 Proz. beträgt und in größeren Tiefen ganz verschwindet.

In neuerer Zeit sind von THOULET diese Tatsachen zwar teilweise zugegeben worden, er meint aber, daß sie durch eine ungleichförmige Verteilung des kalkabsondernden Planktons in höheren Meeresschichten und durch mechanische Schlämmungsprozesse, nicht aber durch eine Auflösung organogenen Kalkes beim Niedersinken durch große Meerestiefen erklärt werden müssen. THOULET schreibt<sup>2)</sup>:

„Jusqu'à ce que des analyses précises en décident, il y a lieu de soutenir que l'hypothèse de la disparition du calcaire au delà de 4000 mètres est erronée et que l'argile abyssale est le résultat d'un triage mécanique précédé et suivi d'une diagenèse très avancée des minéraux contenus, dans les régions de calme maximum des eaux susjacentes depuis le fond jusqu'à la surface.“

Bei der Untersuchung von Grundproben aus der Nachbarschaft der Azoren und aus dem östlichen Teile des nordatlantischen Oceans sagt derselbe Autor<sup>3)</sup>:

„Au moins, jusqu'à 5530 m, on ne vérifie que bien faiblement l'affirmation si souvent formulée de la disparition du carbonate de chaux à partir d'une certaine profondeur. Plus la vase est profonde, plus elle est riche en calcaire soit par un effet de la pression diminuant le pouvoir dissolvant de l'eau, soit parce que les eaux immobiles du fond sont plus saturées de carbonate de chaux et par suite dissolvent moins le calcaire qu'elles baignent. Il résulterait de ce fait que la couche solide de dépôt tendrait à s'épaissir d'autant plus rapidement ou, pour mieux dire, d'autant moins lentement, que la profondeur serait plus grande.“

THOULET's Anschauungen stehen also denen, die durch das „Challenger“-Werk verbreitet worden sind, unvermittelt gegenüber. Während man bisher annahm, daß der Kalkgehalt mit wachsender Tiefe im allgemeinen sinkt, daß die Auflösung des Kalkes in tieferen Meeresschichten rascher vor sich geht, als in höheren, und daß die Sedimentation dementsprechend in größeren Tiefen ein viel langsames Tempo einschlägt, als in geringeren, behauptet THOULET von alledem das Gegenteil. Sehen wir nun, ob die Beobachtungen der „Valdivia“ die ältere Auffassung stützen oder THOULET recht geben.

Zunächst bleibt die Tatsache bestehen, daß die zarten Pteropodenschälchen sich in Tiefen unter 3000 m nicht mehr finden. Das tiefste Sediment der „Valdivia“, das als Pteropodenschlamm bezeichnet werden konnte, stammt aus 1694 m Tiefe, und Schließnetzzüge brachten Pteropodenschalen nur aus Tiefen bis zu 3000 m in die Höhe. Für dieses Verhalten dürfte es doch wohl nur die eine Erklärung geben: daß die Pteropodenschalen beim Niedersinken durch eine größere Wassersäule successive aufgelöst wurden. Dasselbe gilt von den Panzern höherer Krebse, Skelettteilen von Fischen (nur Zähne und Otolithen machen bisweilen eine Ausnahme) und manchen anderen kalkigen Hartgebilden, die sich gelegentlich in Flachseeablagerungen finden, den Sedimenten der Tiefsee aber vollkommen fehlen.

1) Vergl. KRÜMMEL, Handbuch der Oceanographie, 2. Aufl., 1907, S. 195.

2) THOULET, L'océan, Paris 1904, p. 152.

3) Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par ALBERT I, Prince Souverain de Monaco, Fasc. 19, 1901, p. 17.

Auch die Kalkverteilung in den Globigerinen-Schlammen der „Valdivia“ dürfte den Anschauungen des „Challenger“-Reports, nicht denen THOULET's, entsprechen. Die Tabelle auf S. 145 (69) zeigt, daß der Kalkgehalt bei diesen Sedimenten bis zu einer Tiefe von 3000—4000 m ansteigt, um dann andauernd in größeren Tiefen zu fallen. Daß die Globigerinenschlamme der geringsten Tiefen kalkärmer sind, als die der mittleren, beruht darauf, daß es sich bei jenen meist um küstennahe Ablagerungen handelt, denen reichlich klastisches Material beigemischt ist. Wenn aber von mittleren zu höheren Tiefen der Kalkgehalt andauernd abnimmt, so ist dies doch wohl nur unter Annahme einer Auflösung durch das Meerwasser zu verstehen.

Von besonderer Bedeutung für die Frage der Kalkauflösung sind Beobachtungen am roten Ton. Während die mittlere Tiefe des Globigerinen-Schlammes 2890 m beträgt, ist sie bei den roten Tönen der „Valdivia“ 5288 m. Sie enthielten im Maximum nur 4 Proz. Kalk, von den 7 zum roten Ton gestellten Sedimenten waren aber 4 völlig kalkfrei. Da diese roten Tone ausnahmslos aus Gebieten stammen, in denen die planktonische Organismenwelt reich an kalkabscheidenden Formen ist, da außerdem wohl sicher die Zufuhr von detritogenem Material eine sehr spärliche ist, so bleibt nur der eine Schluß übrig: daß die Hartgebilde der planktonischen, kalkabsondernden Tiere und Pflanzen den Boden der Tiefsee, soweit ihn roter Ton bildet, entweder überhaupt nicht erreichen, oder daß sie dort sehr rasch aufgelöst werden.

Sowohl das Verschwinden der Pteropodenschälchen, wie die Kalkverteilung im Globigerinen-Schlamm und roten Ton beweisen deutlich, daß eine Kalkauflösung in höheren ebenso wie in tieferen Meeresschichten vor sich geht. Entschieden ist aber noch nicht die Frage, ob diese Auflösung schneller bei höheren oder niederen Temperaturen, bei größeren oder geringeren Drucken erfolgt, und ob neben der lösenden Wirkung des Meerwassers auch noch freie Säuren in Frage kommen.

Man kann der Lösung dieser Fragen auf zwei verschiedenen Wegen näher kommen: erstens durch das Experiment und zweitens durch eine kritische Betrachtung der natürlichen Verhältnisse, unter denen die Ablagerung an verschiedenen Teilen des Meeresgrundes erfolgt.

Den erstgenannten Weg hat THOULET beschritten. Er experimentierte<sup>1)</sup> mit leeren Globigerinengehäusen und deren Bruchstücken und fand, daß je nach der Korngröße eine Tiefe von 4500 m in 1,09 bis 7,47 Tagen von ihnen durchsunken wird. In dieser kurzen Zeit könnte aber eine wesentliche Auflösung des kohlen-sauren Kalkes auch in stetig erneuertem Wasser nicht stattfinden. Die Versuche von THOULET enthalten jedoch einige sehr beträchtliche Fehlerquellen. KRÜMMEL<sup>2)</sup> macht mit Recht darauf aufmerksam, für die berechneten Sinkzeiten sei die Annahme zu Grunde gelegt, daß die Fragmente mit gleichmäßiger Geschwindigkeit sinken; es sei dies zwar beim freien Falle in einem reibenden Medium zulässig, könne aber für den Ocean bei der Zunahme der Dichtigkeit mit der Tiefe nicht mehr richtig sein, die verzeichneten Zeiten sein daher Minimalwerte. THOULET hat ferner die Wirkung der Meeresströmungen außer acht gelassen, die unter Umständen feine Hartgebilde längere Zeit in schwebender Lage mit sich führen können. Ferner wird eine Globigerinenschale, die noch ihre feinen Stachelanhänge, außerdem auch noch organische Substanz mit Gas- und Fettvakuolen besitzt, in allen Fällen nicht so schnell sinken,

1) Annales des Mines, 1891, p 33.

2) Handbuch der Oceanographie, 2. Aufl., 1907. S. 187.

wie eine leere, abgestorbene Schale, die ihrer feinen Stacheln beraubt ist. Schließlich werden aber nur sehr wenige Globigerinengehäuse tiefere Meeresschichten erreichen, die nicht vorher einem, oder mehreren Tieren zur Nahrung gedient haben. Daß dadurch eine Verzögerung des Sinkprozesses stattfindet, daß auch im Tierkörper eine mehr oder minder lebhaftere Resorption des kohlen-sauren Kalkes nicht ausgeschlossen ist, liegt auf der Hand. Experimente, wie die von THOULET ausgeführten, werden daher wohl wertvolle Beiträge liefern, sie werden aber nicht den natürlichen Prozeß wiederholen oder aufklären können. Wir dürfen kaum hoffen, je auch nur mit einiger Genauigkeit zu erfahren, wie lange ein abgestorbener Organismus braucht, um den Grund des Meeres zu erreichen.

Auch von seiten des Chemikers findet THOULET's Auffassung keine Unterstützung. NATTERER, dem wir außerordentlich sorgfältige Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit des östlichen Mittelmeeres und Roten Meeres verdanken, sagt ausdrücklich für das Marmara-Meer<sup>1)</sup>: „Die verringerte oder fehlende alkalische Reaktion, d. h. das verstärkte Lösungsvermögen des Wassers in Teilen der Tiefen bringt es offenbar mit sich, daß auf dem Grunde des Gebietes der größten Tiefen, welches die nördliche Hälfte des Meeres einnimmt, keine, oder fast keine Muschelschalen dem Schlamme beigemischt sind. Die zu Boden sinkenden kleinen Muschelschalen kommen entweder gar nicht bis an den Meeresgrund, weil sie vorher gelöst werden, oder sie unterliegen dort der Auflösung.“ Von größter Wichtigkeit ist auch die folgende Bemerkung: „Lösungsvorgänge auf dem Grunde werden noch durch Folgendes gefördert. Die auf dem Grunde zur Ablagerung kommenden organischen Schwimmkörperchen sind während ihres Zubodensinkens, d. h. während ihres Vertragenwerdens durch Strömungen, schon in hohem Grade der Oxydation unterlegen, und zwar ist dabei hauptsächlich der stickstoffhaltige, eiweißartige Teil der organischen Substanzen abgespalten worden. Die Folge ist, daß sich dann auf dem Meeresgrunde bei der Oxydation des Restes der organischen Substanzen relativ geringe Mengen von Ammoniak bilden. In dem Maße, als auf dem Grunde die Oxydation fortschreitet, entsteht wohl immerfort neue Kohlensäure, nicht aber, oder in viel kleinerer Menge, auch neues Ammoniak.“

Daß die Auflösung des Kalkes im freien Ocean bei größeren Tiefen noch viel energischer vor sich gehen muß, als in Binnenmeeren, hebt schließlich NATTERER mit folgenden Worten<sup>2)</sup> hervor: „Im Ocean ist bei einer bis an den Grund reichenden Wasserbewegung wegen der viel bedeutenderen Länge der Strecken, durch welche Schwimmkörperchen vertragen werden können, eine vollständige oder fast vollständige Auflösung solcher Körperchen, seien es kleine Muschelschalen, oder organische Substanzen, oder kosmische Staubteilchen, besonders wahrscheinlich.“

Wenn eine gewisse Meerestiefe überschritten wird, so geht unter normalen Bedingungen im offenen Weltmeer Globigerinen-Schlamm in roten Ton über. Die Grenze beider Sedimente hält jedoch keineswegs ein bestimmtes Niveau inne, sondern verläuft in verschiedenen Meeresgebieten in sehr ungleicher Höhenlage. Im mittleren Teile des Indischen Oceans traf die „Valdivia“ roten Ton von nur 3 Proz. Kalkgehalt bereits bei 4709 m, während im südatlantischen Ocean roter Ton erst bei 5283 m angetroffen wurde und unmittelbar unter dem Aequator im Atlantischen Ocean noch bei 5695 m Tiefe ein Globigerinen-Schlamm von 67 Proz. Kalkgehalt

1) K. NATTERER, Chemisch-geologische Tiefsee-Forschung, Geogr. Zeitschr. Bd. III, 1899, S. 206.

2) l. c. S. 260.

sich fand. Noch tiefer scheint die Grenze zwischen Globigerinen-Schlamm und rotem Ton in den gemäßigten Teilen des nordatlantischen Oceans zu liegen. LOHMANN<sup>1)</sup> beobachtete etwa unter 40° N. Br. und zwischen 45 und 50° W. L. typischen Globigerinenschlamm noch bei 5798 m, PEAKE<sup>2)</sup> giebt ihn etwas weiter östlich noch aus 5911 m an.

Es fragt sich nun, ob diese eigentümlichen Unterschiede zwischen Indischem und Atlantischem Ocean durch einen größeren Reichtum an kalkabsondernden Planktonorganismen in letzterem zu erklären sind. Diese Frage läßt sich zur Zeit wohl noch nicht mit Sicherheit beantworten, ausgeschlossen ist es aber nicht, daß eine ungleichförmige Verteilung des Planktons eine gewisse Rolle spielt. Radiolarienschlamm fehlt bekanntlich dem Atlantischen Ocean fast vollständig, während er im Indischen und Stillen vorkommt; man könnte daher vielleicht annehmen, daß eine geringere Menge von Kieselsäure produzierender Organismen durch eine größere Zahl von kalkabscheidenden ausgeglichen wird.

Die Resultate der bisherigen Planktonforschungen sprechen allerdings nicht für diese Auffassung. Professor C. APSTEIN, der uns freundlichst über die Planktonfänge der „Valdivia“ Auskunft gab, meint, daß die Unterschiede in den Bodenverhältnissen zwischen Indischem und Atlantischem Ocean nicht auf eine größere oder geringere Häufigkeit kalkabscheidender Organismen zurückgeführt werden können. Ein Kärtchen, das Herr Professor APSTEIN zur Klarlegung dieser Verhältnisse zeichnete, zeigt deutlich, daß gerade in vielen Teilen des Indischen Oceans ein äußerst Globigerinenreiches Plankton sich vorfand, während der Atlantische an vielen Stellen sich als auffallend arm erwies. Besonders interessant ist es, daß auf mehreren subantarktischen Stationen verhältnismäßig sehr viel kalkabscheidende Planktonorganismen nachgewiesen werden konnten, während der Befund der Grundproben auf eine extreme Armut hätte schließen lassen müssen. Hoher Kalkgehalt am Meeresboden sagt also noch nicht, daß auch das Plankton reich an kalkabsondernden Organismen ist; andererseits kann aber, selbst in mittleren Tiefen, kalkfreier Schlamm vorhanden sein, während das Oberflächenwasser reich an kalkschaligen Planktontieren ist.

Da anscheinend diese Divergenz sich gegen die Antarktis zu verstärkt, so läßt sich vermuten, daß die Temperatur des Seewassers und die damit zusammenhängende Absorptionsfähigkeit für Gase eine beträchtliche Rolle dabei spielt. Diese Auffassung würde ihre Bestätigung finden, wenn auch im Indischen und Atlantischen Ocean die Temperaturverhältnisse erhebliche Unterschiede aufwiesen. Daß dies tatsächlich der Fall ist, zeigt ein Blick auf G. SCHOTT'S schöne Karten, auf denen die Meerestemperaturen in verschiedenen Tiefen dargestellt sind<sup>3)</sup>. Man erkennt, daß von der Oberfläche bis zu einer Tiefe von 1000 m das Wasser im Indischen Ocean wärmer ist, als im südatlantischen, besonders in dessen von der „Valdivia“ befahrenen östlichen Teile. Zwischen 1000 und 2000 m sind die Temperaturen in beiden Meeren nahezu gleich, bei 2000 m wird das Tiefenwasser im Indischen Ocean kälter als im südatlantischen, und diese Differenz verstärkt sich noch mit zunehmender Tiefe. Sehr auffallend ist es auch, daß bei 4000 m und darunter der östliche Teil des südatlantischen Oceans wärmer ist, als der westliche.

1) LOHMANN, Untersuchungen über die Bodensedimente etc. des nordatlantischen Oceans. Sitzber. d. preuss. Akad. d. Wiss., Bd. XXVI, 1903, S. 19.

2) PEAKE and MURRAY, Results of a Deep Sea Sounding Expedition in the North Atlantic 1899, London 1901.

3) Wissenschaftl. Ergebn. d. Deutsch. Tiefsee-Exped. a. d. „Valdivia“, Jena 1902. I. G. SCHOTT, Oceanographie und maritime Meteorologie, Taf. IX—XXI.

Denkbar ist es nun, daß die raschere Kalkauflösung im Indischen Ocean auf das wärmere Oberflächenwasser zurückzuführen ist, da ja jedenfalls kohlenaurer Kalk in wärmerem Wasser leichter löslich ist, als in kälterem. Wahrscheinlicher ist es uns jedoch, daß die Auflösung hauptsächlich in tieferen Meeresschichten erfolgt und daß deswegen die geringere Temperatur des indischen Tiefenwassers in erster Linie für die Differenz verantwortlich zu machen ist. Zu vermuten ist aber, daß nicht die Temperatur selbst das ausschlaggebende Moment ist, sondern die von ihr abhängige Absorptionsfähigkeit für Gase.

Bei der Entstehung des roten Tiefseetones scheinen zwei Vorgänge miteinander Hand in Hand zu gehen: erstens die Ueberführung des Eisens und Mangans in die höchste Oxydationsstufe und zweitens die Auflösung des kohlenauren Kalkes. Liegt da nicht der Gedanke nahe, beide Vorgänge auf eine Ursache zurückzuführen und auch für die Kalkauflösung an einen engen Zusammenhang mit einem Oxydationsprozeß zu denken? Die höheren Oxyde des Eisens und Mangans können nur dann existieren, wenn erhebliche Mengen von organischer Substanz nicht mehr vorhanden sind, d. h. wenn deren Oxydation rasch und intensiv vor sich geht. Durch die Oxydation der organischen Substanz werden aber Kohlensäure und Schwefelsäure entwickelt, und damit verstärkt sich die Lösungsfähigkeit des Seewassers für kohlenauren Kalk. So steht die Kalkauflösung wie die Bildung der höheren Metalloxyde in engem Zusammenhang mit der Oxydation der organischen Substanz. Diese Oxydation am Meeresboden beruht aber auf dem Sauerstoffgehalt des im wesentlichen aus der Antarktis stammenden Tiefenwassers. Je näher der Antarktis das Tiefenwasser und je kälter es ist, desto größer wird sein Sauerstoffgehalt und dementsprechend seine Oxydierungsfähigkeit sein. Dadurch würde es sich erklären, daß in den subantarktischen Meeren der Grundschlamm, trotz reichlicher Menge kalkabsondernden Planktons, oft schon in recht geringen Tiefen kalkfrei ist, während im Nordatlantik, wohin das antarktische Tiefenwasser erst spät und mit geringerem Sauerstoffgehalt gelangt, sich Kalkschlamme noch in sehr großen Tiefen bilden können.

## Inhaltsangabe.

|  | Seite    |
|--|----------|
| Vorwort . . . . .  | 79 (3)   |
| Zahl und Tiefenverteilung der Grundproben . . . . .  | 80 (4)   |
| Lotinstrumente . . . . .   | 80 (4)   |
| Untersuchungsmethoden im Laboratorium nach Rückkehr der Expedition . . . . .               | 81 (5)   |
| Litteraturverzeichnis . . . . .  | 82 (6)   |
| <b>Allgemeiner Ueberblick über die Grundproben</b> . . . . .                               | 91 (15)  |
| 1. Von der Nordsee bis zu den Canarischen Inseln . . . . .                                 | 91 (15)  |
| 2. Von den Canarischen Inseln bis zur Kongomündung . . . . .                               | 92 (16)  |
| 3. Von der Kongomündung bis nach Kapstadt . . . . .  | 93 (17)  |
| 4. Agulhasbank . . . . .   | 94 (18)  |
| 5. Von Kapstadt nach der Eiskante und Kerguelen . . . . .                                  | 94 (18)  |
| 6. Zwischen Kerguelen und Sumatra . . . . .  | 95 (19)  |
| 7. Zwischen Sumatra und Ceylon . . . . .   | 96 (20)  |
| 8. Von Ceylon bis zur ostafrikanischen Küste . . . . .                                     | 96 (20)  |
| 9. An der ostafrikanischen Küste . . . . .   | 97 (21)  |
| <b>Spezielle Beschreibung der Grundproben</b> . . . . .                                    | 98 (22)  |
| <b>Zusammenfassende Beschreibung der Grundproben</b> . . . . .                             | 137 (61) |
| 1. Roter Ton . . . . .   | 137 (61) |
| 2. Radiolarienschlamm . . . . .  | 138 (62) |
| 3. Diatomeenschlamm . . . . .  | 139 (63) |
| 4. Globigerinenschlamm . . . . .   | 143 (67) |
| 5. Pteropodenschlamm . . . . .   | 151 (75) |
| 6. Blauer Schlick . . . . .  | 152 (76) |
| 7. Glaukonitische Sedimente . . . . .  | 156 (80) |
| 8. Vulkanische Sedimente . . . . .   | 157 (81) |
| 9. Detritogene Kalkablagerungen . . . . .  | 160 (84) |
| 10. Größere Sedimente von litoralem Habitus . . . . .                                      | 161 (85) |
| <b>Zusammensetzung der Grundproben im allgemeinen</b> . . . . .                            | 162 (86) |
| Biogene Komponente . . . . .   | 163 (87) |
| A. Hartgebilde von Pflanzen . . . . .  | 163 (87) |
| B. Hartgebilde tierischen Ursprunges . . . . .   | 164 (88) |
| C. Organische Substanzen . . . . .   | 165 (89) |
| Minerogene Komponente . . . . .  | 166 (90) |
| Transportierende Kräfte, welche die Zusammensetzung der Grundproben beeinflussen . . . . . | 167 (91) |
| 1. Verfrachtung durch Treibeis . . . . .   | 167 (91) |
| 2. Transport durch Wind . . . . .  | 168 (92) |
| 3. Transport durch die Brandungswelle und Gezeitenströme . . . . .                         | 170 (94) |
| 4. Transport durch Strömungen . . . . .  | 171 (95) |

|   | Seite     |
|---|-----------|
| Schichtung . . . . .                                      | 173 (97)  |
| Submarine Eruptionen . . . . .                            | 174 (98)  |
| Neubildungen . . . . .                                    | 174 (98)  |
| 1. Ton . . . . .  | 175 (99)  |
| 2. Glaukonit . . . . .                                    | 175 (99)  |
| 3. Palagonit . . . . .                                    | 180 (104) |
| 4. Phillipsit . . . . .                                   | 181 (105) |
| 5. Phosphoritknollen . . . . .                            | 181 (105) |
| 6. Manganknollen . . . . .                                | 187 (111) |
| 7. Schwefeleisen . . . . .                                | 190 (114) |
| 8. Die jungen Kalksteine der Seine-Bank . . . . .         | 191 (115) |
| 9. Kalkspatkristalle . . . . .                            | 197 (121) |
| Verteilung des kohlsauren Kalkes in Grundproben . . . . . | 198 (122) |

Tafel XVI.

## Tafel XVI.

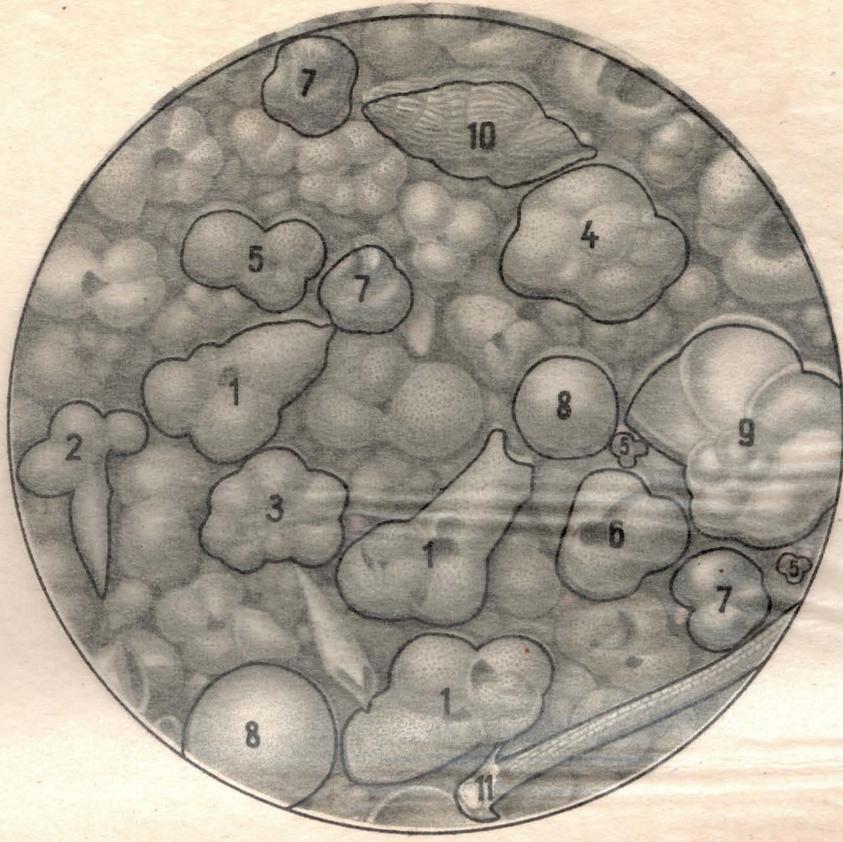
(Tafel I.)

Fig. 1. Tropisch-indischer Globigerinen-Schlamm. Station 222, 4° 31,0' S. Br.,  
73° 19,7' O. L. Tiefe 2524 m. Vergr. 28.

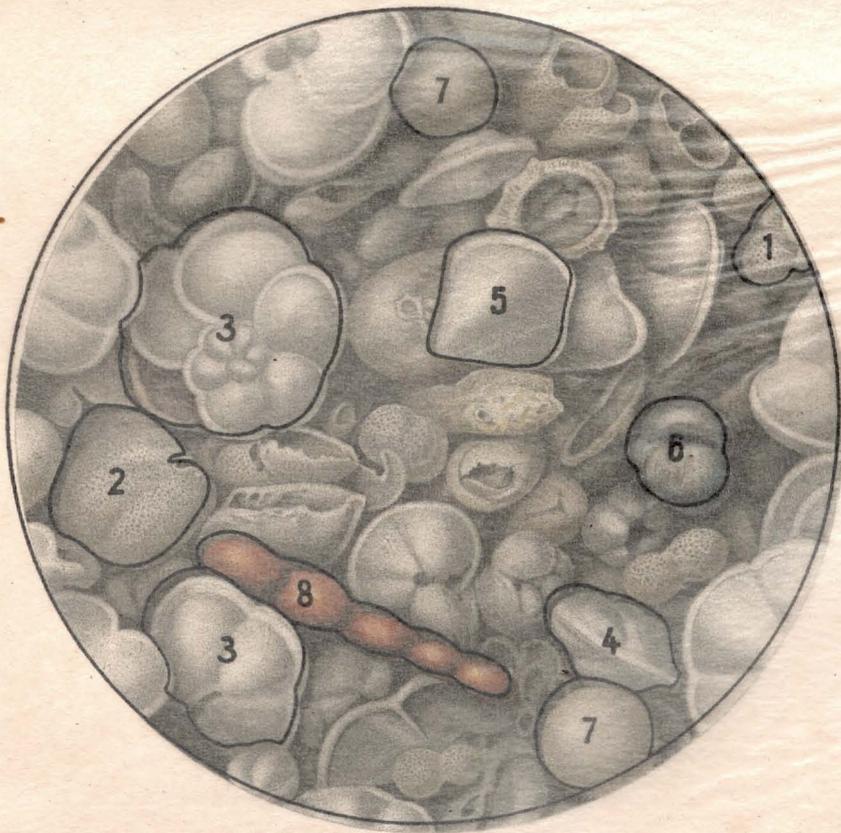
1. *Globigerina sacculifera* BRADY.
2. „ *digitata* BRADY.
3. „ *dubia* EGG.
4. „ *conglobata* BRADY.
5. „ *rubra* D'ORB.
6. *Sphaeroidina dehiscens* PARK. u. JON.
7. *Pullenia obliquiloculata* PARK. u. JON.
8. *Orbulina universa* D'ORB.
9. *Pulvinulina Menardii* D'ORB.
10. *Uvigerina tenuistriata* REUSS.
11. Seeigel-Stachel.

„ 2. Tropisch-atlantischer Globigerinen-Schlamm. Station 45, 2° 56,4' N. Br.,  
11° 40,5' W. L. Tiefe 4990 m. Vergr. 28.

1. *Globigerina sacculifera* BRADY.
2. *Sphaeroidina dehiscens* PARK. u. JON.
3. *Pulvinulina Menardii* D'ORB.
4. „ *tumida* BRADY.
5. „ *Micheliniana* D'ORB.
6. *Pullenia obliquiloculata* PARK. u. JON.
7. *Orbulina universa* D'ORB.
8. *Reophax nodulosa* REUSS.



1



2

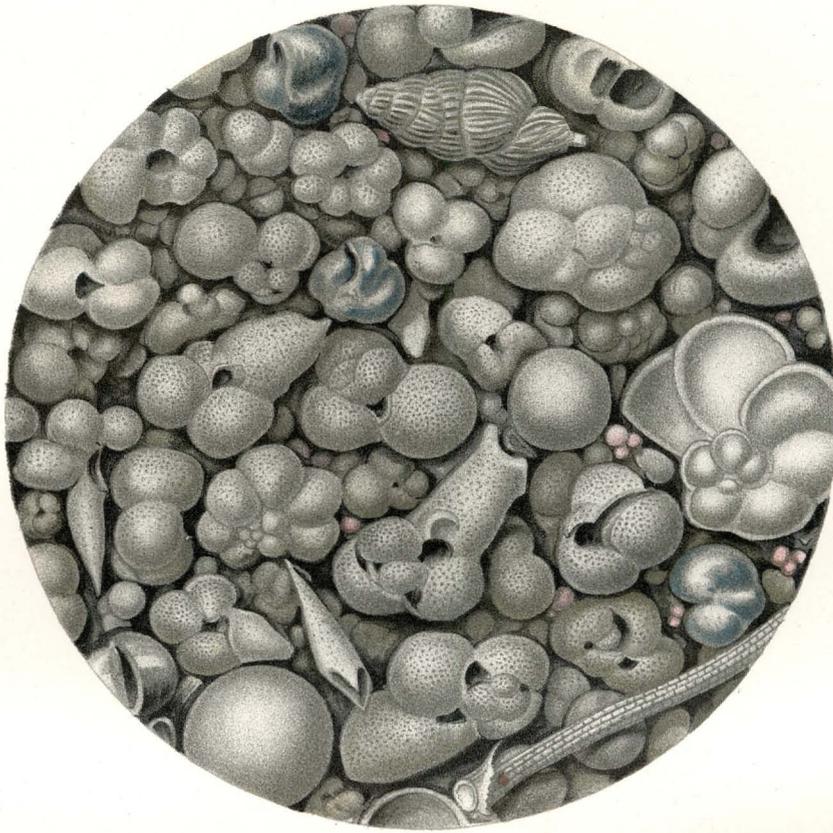
*Palaeont. Mus.*

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Taf. I.

Fig. 1. Tropisch-Indischer Globigerinen-Schlamm. 2525 m. Fig. 2. Tropisch-Atlantischer Globigerinen-Schlamm. 4990 m.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



1



2

Rübsaamen *pinx.*

Werner & Winter, Frankfurt a/M.

Taf. I.

Fig. 1. Tropisch-Indischer Globigerinen-Schlamm. 2525 m. Fig. 2. Tropisch-Atlantischer Globigerinen-Schlamm. 4990 m.

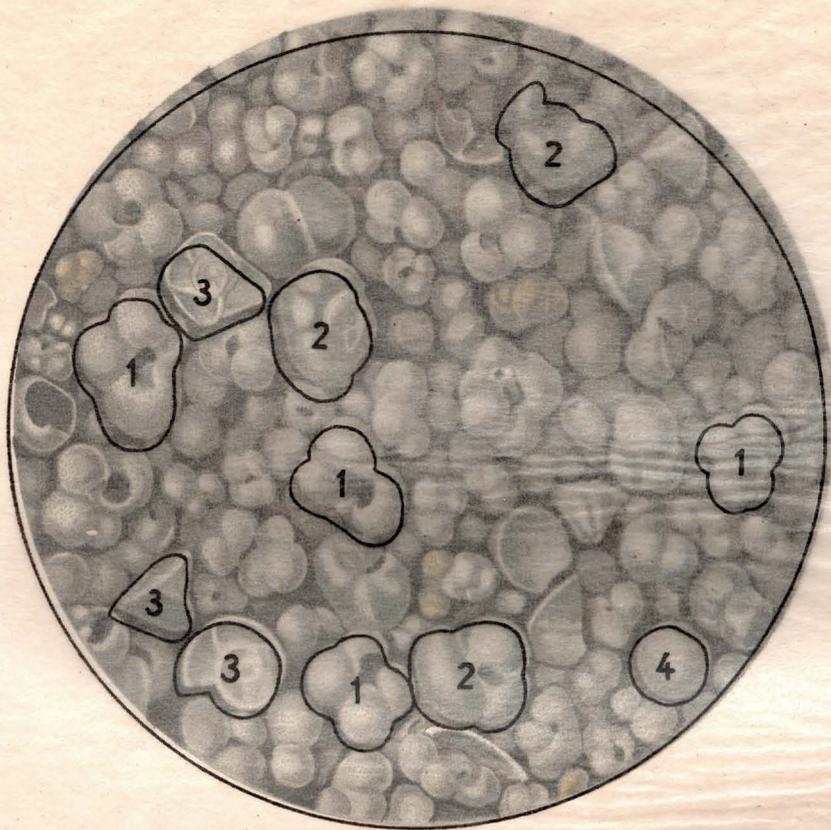
Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel XVII.

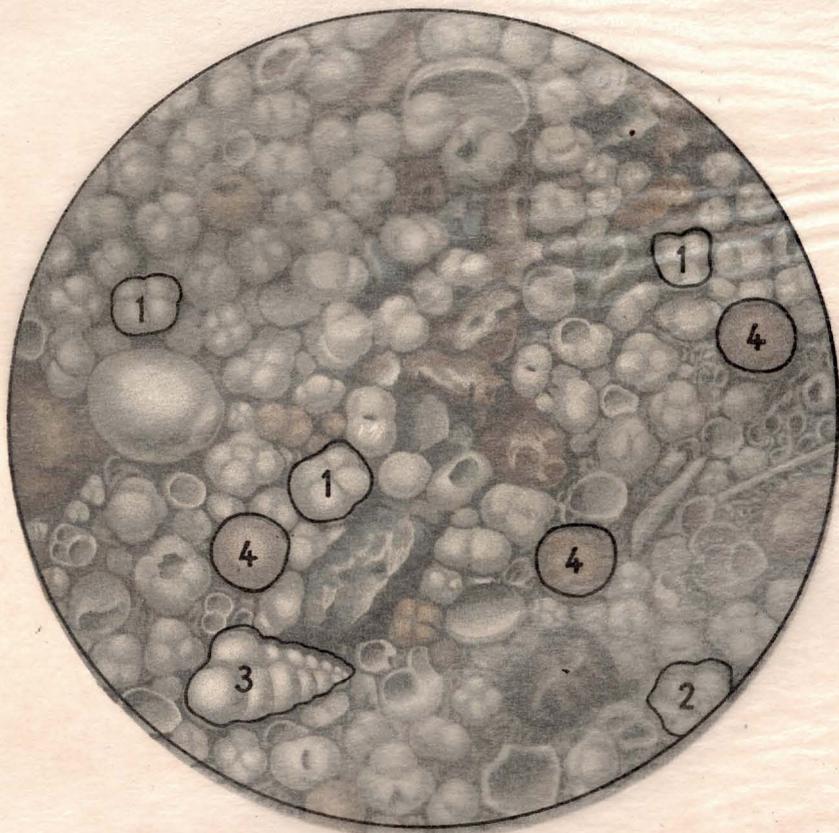
## Tafel XVII.

(Tafel II.)

- Fig. 1. Globigerinen-Schlamm der südlichen gemäßigten Zone. Station 162, 43° 44,4' S. Br., 75° 33,7' O. L. Tiefe 3434 m. Vergr. 28.
1. *Globigerina bulloides* D'ORB.
  2. „ *inflata* D'ORB.
  3. *Pulvinulina Micheliniana* D'ORB.
  4. *Orbulina universa* D'ORB.
- „ 2. Globigerinen-Schlamm vom Rande des antarktischen Packeises. Station 154, 61° 45,2' S. Br., 61° 15,9' O. L. Tiefe 3548 m. Vergr. 28.
1. *Globigerina pachyderma* EHRENB.
  2. „ *Dutertrei* D'ORB.
  3. *Bolivina textilarioides* REUSS.
  4. Radiolarien von ungewöhnlicher Größe.
-



1



2

*Subsamen. par.*

Taf. II.

Werner & Winter, Frankfurt a.M.

Fig. 1. Globigerinen-Schlamm der südlichen gemäßigten Zone. 3434 m. Fig. 2. Subantarktischer Globigerinen-Schlamm. 3548 m.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.



1



2

*Röbssamen. pinx.*

Taf. II.

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Fig. 1. Globigerinen-Schlamm der südlichen gemässigten Zone. 3434 m. Fig. 2. Subantarktischer Globigerinen-Schlamm. 3548 m.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel XVIII.

## Tafel XVIII.

(Tafel III.)

Fig. 1. Radiolarien-Schlamm von ungewöhnlichem Habitus, entkalkt. Station 123, 49° 7,5' S. Br., 8° 40,7' O. L. Tiefe 4418 m. Vergr. 28.

Besteht hauptsächlich aus auffallend großen Radiolarien, die der Mehrzahl nach zu den Spumellaria gehören.

„ 2. Grüner Schlick, sehr reich an Schwammnadeln. Station 97, 35° 2,9' S. Br., 20° 7,0' O. L. Tiefe 105 m. Vergr. 28.



1



2

*Rütsaamen nix.*

Taf. III.

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Fig. 1. Subantarktischer Radiolarien-Schlamm. 4418 m. Fig. 2. Grüner Schlick, sehr reich an Schwammnadeln. Agulhas-Bank. 105 m.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel XIX.

## Tafel XIX.

(Tafel IV.)

Fig. 1. Grünsand, von der afrikanischen Küste bei Cap Bojador, entkalkt. Station 28, 26° 17,0' N. Br. 14° 43,3' W. L. Tiefe 146 m. Vergr. 28.

Besteht hauptsächlich aus Steinkernen benthonischer und pelagischer Foraminiferen; nur in wenigen Fällen hat sich schon Glaukonit gebildet, meist beobachtet man das rostbraune Eisenoxydsilikat, das der Glaukonitbildung voraufgeht.

Daneben entsprechende Steinkerne von Seeigelstacheln, Korallen etc.

Agglutinierende Foraminiferen, Schwammnadeln,

Glaukonit- und Mineralkörner kontinentaler Herkunft.

„ 2. Grünsand, von der Agulhas-Bank, entkalkt. Station 113, 34° 33,3' S. Br., 18° 21,2' O. L. Tiefe 318 m. Vergr. 28.

Besteht hauptsächlich aus Quarz- und Glaukonitkörnern.

---



1



2

Rübsaamen pinx.

Taf. IV.

Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Fig. 1. Grünsand, nach Behandlung mit verd. Salzsäure. Bei Cap Bojador. 145 m. Fig. 2. Grünsand, nach Behandlung mit verd. Salzsäure. Cap der Guten Hoffnung. 318 m.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel XX.

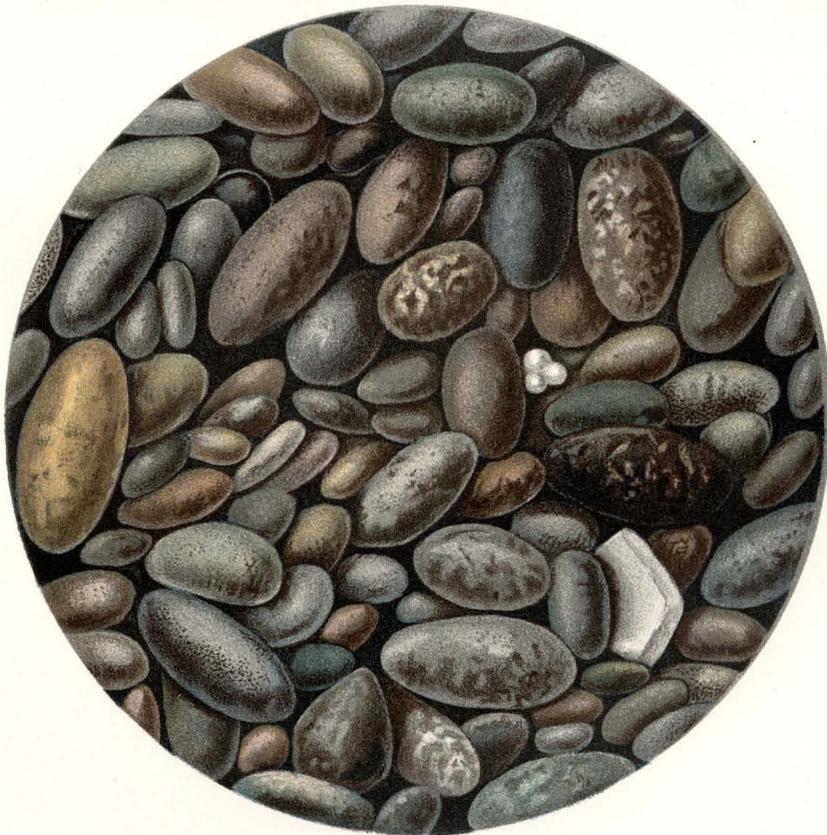
## Tafel XX.

(Tafel V.)

- Fig. 1. Pteropoden-Schlamm, aus der Nachbarschaft von Groß-Nicobar. Station 208, 6° 54,0' N. Br., 93° 28,8' O. L. Tiefe 296 m. Vergr. 28.  
Pteropoden-, Muschel- und Schneckenschalen. Benthonische und pelagische Foraminiferen. Echinodermen-Faeces.
- „ 2. Coprolithen-Schlick, vor der Kongo-Mündung. Station 68, 5° 47,4' S. Br., 11° 30,8' O. L. Tiefe 214 m. Vergr. 28.  
Hauptsächlich Echinodermen-Faeces, daneben Bruchstücke von Molluskenschalen und pelagische Foraminiferen.
-



1



2

*Pölsaamen. pinx.*

*Werner & Winter, Frankfurt a. M.*

*Taf. V.*

*Fig. 1. Pteropoden-Schlamm. SW. von Gross-Nikobar. 296 m. Fig. 2. Coprolithen-Schlick. Von der Congomündung. 214 m.*

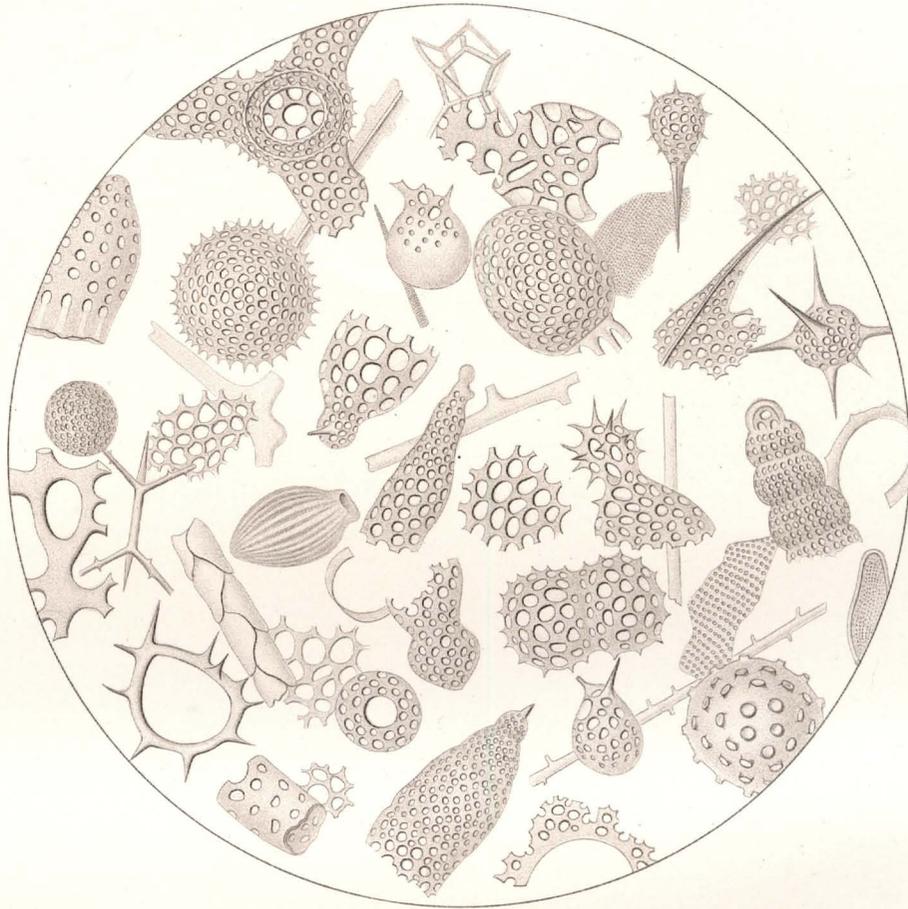
*Verlag von Gustav Fischer in Jena.*

Tafel XXI.

## Tafel XXI.

(Tafel VI.)

- Fig. 1. Diatomeen-Schlamm, aus der Nachbarschaft der antarktischen Eiskante. Station 140, 54° 54,2' S. Br., 22° 13,2' O. L. Tiefe 4036 m. Vergr. 450.  
Besteht fast ausschließlich aus Teilen antarktischer Diatomeen (besonders *Coscinodiscus*, *Fragilaria*, *Synedra*) und Dictyochen.
- „ 2. Radiolarien (Nassellaria und Spumellaria), vereinzelt Dictyochen, aus Globigerinen-Schlamm. Station 237, 4° 45,0' S. Br., 48° 58,6' O. L. Tiefe 5071 m. Vergr. 450.
-



1



2

Rübsaamen pins.

Werner & Witten, Frankfurt a. M.

Taf. VI.

Fig. 1. Radiolarien aus Globigerinen-Schlamm. TROPISCHER INDISSCHER OZEAN. 5071 m. Fig. 2. Diatomeen-Schlamm. AN DER ANTARKTISCHEN EISGRENZE. 4036 m.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

Tafel XXII.

## Tafel XXII.

(Tafel VII.)

- Fig. 1. Zusammengesetzte Phosphoritknolle, vom Kap der guten Hoffnung. Station 113, 34° 33,3' S. Br., 18° 21,2' O. L. Tiefe 318 m. Verkleinerung 2/3.
- „ 2. Zusammengesetzte Phosphoritknolle, aufgeschlagen, von der Agulhas-Bank. Station 104, 35° 16' S. Br., 22° 26,7' O. L. Tiefe 155 m. Nat. Größe.
- „ 3. Phosphoritknolle, einen Zahn von *Carcharodon* umschließend. Station 104. Nat. Größe.
- „ 4. Phosphoritischer Steinkern einer Muschel. Station 113. Nat. Größe.
- „ 5. Phosphoritischer Steinkern eines irregulären Seeigels, zerbrochen. Station 113. Nat. Größe.
-



1



2



3



4



5

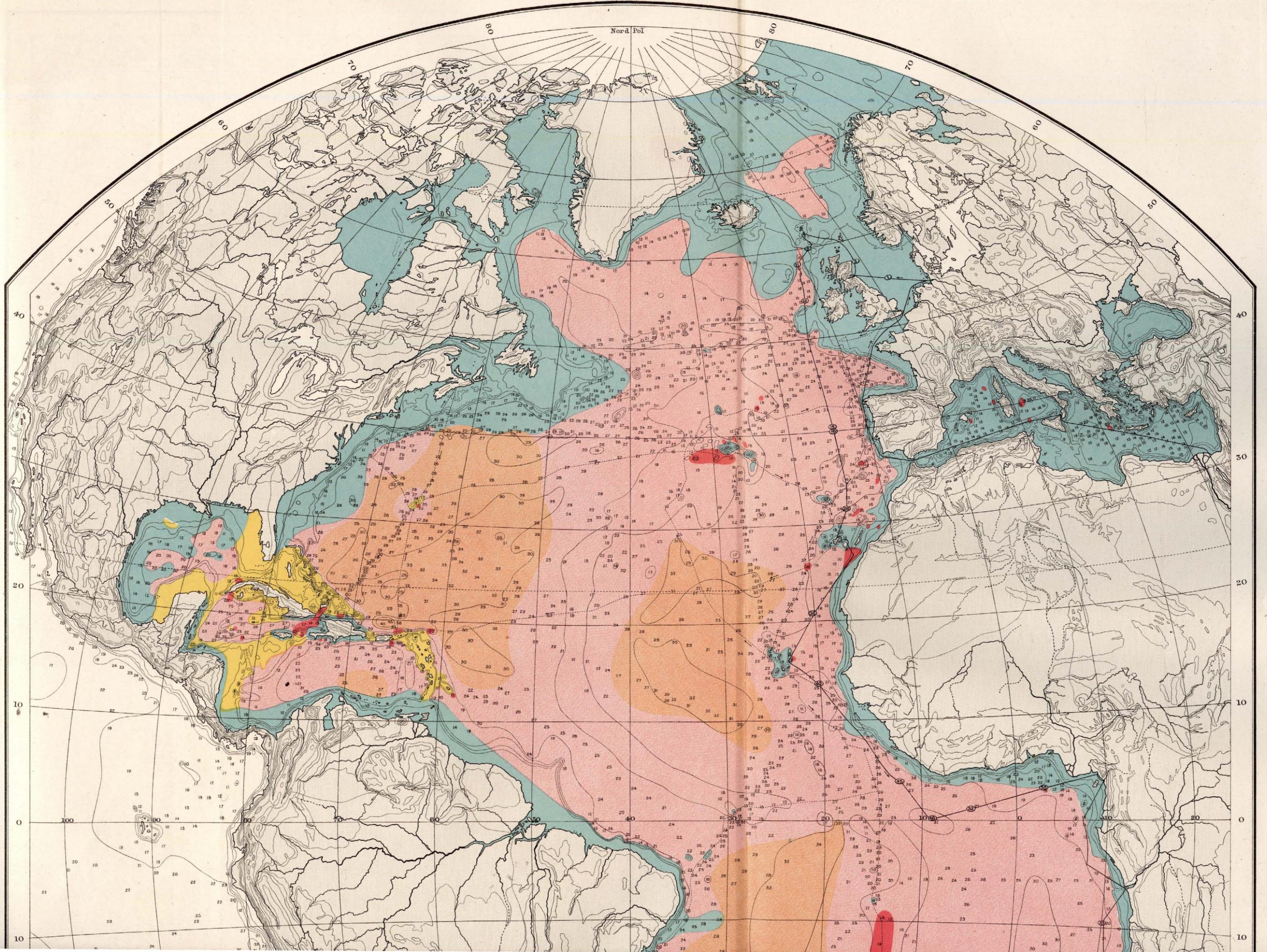
Taf. VII.  
*Phosphoritische Knollen und Steinkerne von der Agulhas-Bank.*

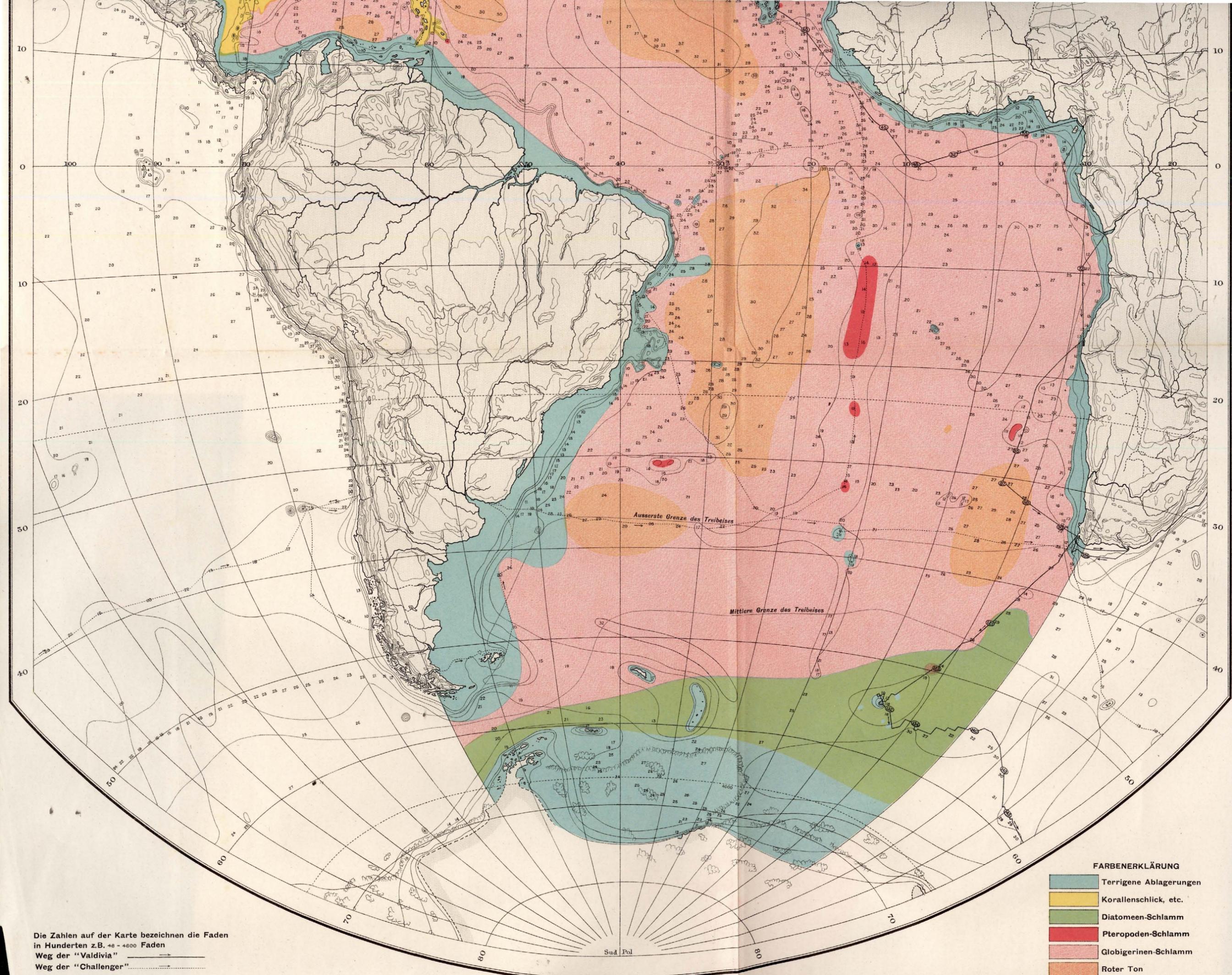
Werner & Winter, Frankfurt a. M.

Verlag von Gustav Fischer in Jena.

# SEDIMENTE DES ATLANTISCHEN OZEANS

VON JOHN MURRAY UND E. PHILIPPI





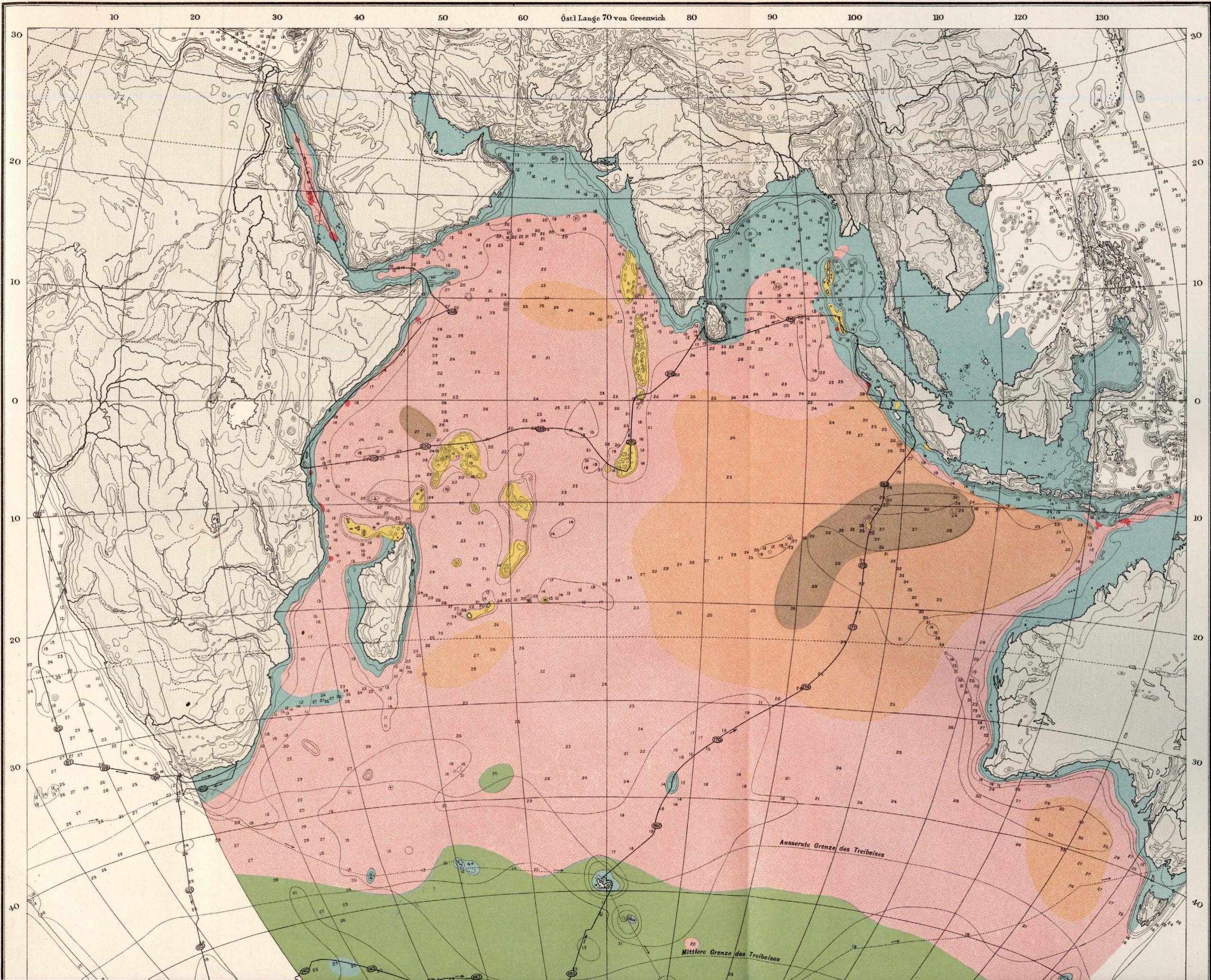
Die Zahlen auf der Karte bezeichnen die Faden in Hunderten z.B. 46 - 4600 Faden  
 Weg der "Valdivia" ———  
 Weg der "Challenger" - - - - -

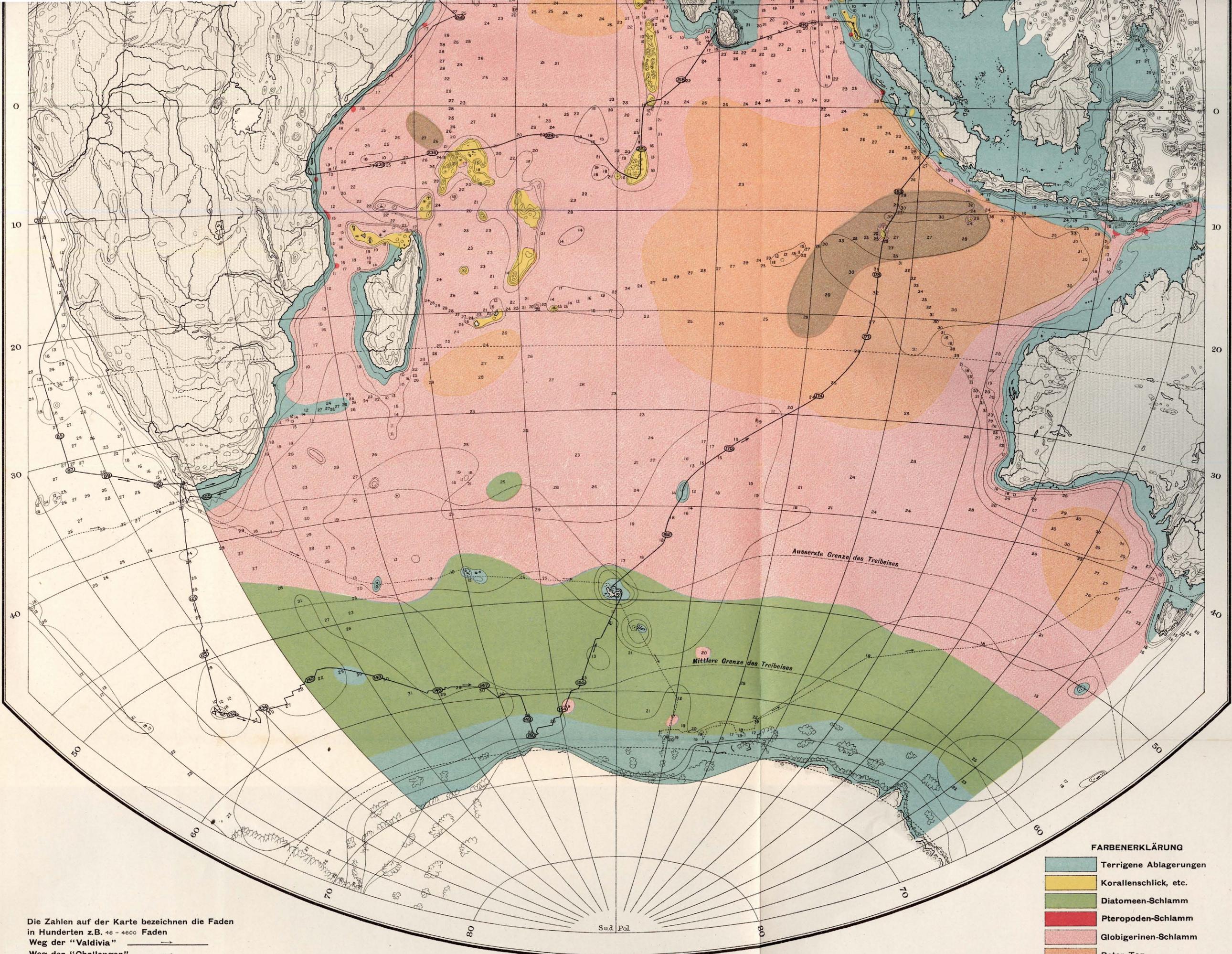
FARBENERKLÄRUNG

- Terrigene Ablagerungen
- Korallenschlick, etc.
- Diatomeen-Schlamm
- Pteropoden-Schlamm
- Globigerinen-Schlamm
- Roter Ton
- Radiolarien-Schlamm

# SEDIMENTE DES INDISCHEN OZEANS

VON JOHN MURRAY UND E. PHILIPPI





Die Zahlen auf der Karte bezeichnen die Faden  
 in Hunderten z.B. 46 = 4600 Faden  
 Weg der "Valdivia" —————  
 Weg der "Challenger" .....- - - - -

The Edinburgh Geographical Institute - J.G. Bartholomew

- FARBENERKLÄRUNG**
- Terrigene Ablagerungen
  - Korallenschlick, etc.
  - Diatomeen-Schlamm
  - Pteropoden-Schlamm
  - Globigerinen-Schlamm
  - Roter Ton
  - Radiolarien-Schlamm