

Herrn Thiele [✓] mit herzlichem Dank
u. Frey
B. Zobel

Nicht einzeln im Buchhandel erhältlich

Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau Band 60, 1970

Ferdinand Enke / Verlag / Stuttgart

Geologische Untersuchungen an Sedimenten des indisch-pakistanischen Kontinentalrandes (Arabisches Meer)

Von W. SCHOTT, U. VON STACKELBERG, F.-J. ECKHARDT, B. MATTIAT,
J. PETERS & B. ZOBEL, Hannover *)

Mit 3 Abbildungen

*) Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. W. SCHOTT, Dr. U. VON STACKELBERG, Dr. F.-J. ECKHARDT, J. PETERS, Dr. B. ZOBEL, Bundesanstalt für Bodenforschung, D-3 Hannover-Buchholz, Postfach 54; Dr. B. MATTIAT, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, D-3 Hannover-Buchholz, Postfach 54.

Geol. Rundschau	60	1	264—275	Stuttgart, November 1970
-----------------	----	---	---------	-----------------------------

Zusammenfassung

Mit Sedimentmaterial, das von dem Forschungsschiff „Meteor“ und dem pakistanischen Fischereiforschungskutter „Machhera“ gesammelt wurde, sollten die Ablagerungsbedingungen auf dem Meeresboden des indisch-pakistanischen Kontinentalrandes erfaßt und unter anderem festzustellen versucht werden, wo die Schlammmassen des Indus auf dem Meeresboden des Arabischen Meeres wiederzufinden sind (Abb. 1).

Enge Beziehungen zwischen den ozeanographischen Verhältnissen im Wasser-
raum (Chemismus und Strömungen) und der Ausbildung der Sedimente konnten
erkannt werden. Rhythmisch gebänderte Sedimente auf dem oberen Kontinental-
abhang spiegeln die weitreichenden Auswirkungen des Monsunwechsels wider.
Indusmaterial ist bis weit in die Tiefsee zu verfolgen. Die Tonmineralien zeigen
von der Küste zur Tiefsee und auch mit zunehmender Teufe in den Sediment-

kernen die Tendenz: „Detritus“ (Chlorit, Muskovit, Illit) — „Zersatz“ (Montmorillonit, mixed layer-Mineraie) — „Rückbildung“ (Illit).

Die lithostratigraphische Bearbeitung, kombiniert mit den Ergebnissen einiger C^{14} -Datierungen ergibt u. a. Sedimentationsraten bis zu > 50 cm/1000 Jahre am oberen Kontinentalabhang abnehmend auf ca. 1 cm/1000 Jahre im offenen Ozean. Die Faunenzusammensetzung erweist das Vorhandensein eines holozänen Klimaoptimums.

Die geochemische Untersuchung der jungen Porenwässer zeigt, daß diese sehr schnell die Zusammensetzung fossiler Formationswässer erreichen können (siehe V. MARCHIG, i. d. Bd.).

Abstract

From the R./V. "Meteor" and the Pakistan F./V. "Machhera" sediments from the Indian-Pakistan continental margin have been investigated in order to delineate the facies distribution of the recent deposits. One of several objectives of this study was to find out how far the suspended material of the Indus River is being transported into the Arabian Sea.

A close genetic relationship was recognised between the oceanographic conditions of the water masses (chemistry and currents) and the characteristics of the sediments. The activity of the monsoons is reflected by the rhythmic lamination of the sediments of the upper continental slope. The suspended matter from the Indus River can be traced far into the Arabian Sea. The clay minerals show the following tendency from litoral to abyssal regions and from the top of the cores downward: detrital clay minerals (chlorite, muscovite, illite) — degraded clay minerals (montmorillonite, mixed-layer minerals) — "re-formational" minerals (illite).

The biostratigraphic investigation of the sediments combined with several C^{14} -dates results in sedimentation rates from > 50 cm/1000 years at the upper continental slope decreasing to about 1 cm/1000 years in the open ocean. The faunal composition proves the existence of a climatic optimum during part of the Holocene. The geochemical investigation of the recent pore fluids demonstrates that their composition very soon assumes the characteristics of fossil interstitial waters (cf. V. MARCHIG, in this vol.).

The results will be published in "Meteor"-Forschungsergebnisse, Reihe C.

Résumé

La tâche à remplir consista à saisir les conditions de sédimentation au fond de la mer dans la zone bordière du talus continental indo-pakistanaïen en se servant des échantillons de sédimentation recueillis par le navire d'exploration «Meteor» et par le cutter de pêche et de recherche scientifique pakistanaïen «Machhera» et, entre autres, à tenter de déterminer où les masses de boue de l'Indus se retrouvent sur le fond de la Mer d'Oman.

Il fut possible de reconnaître des relations étroites existant entre les conditions océanographiques (chimisme et courants) et la formation des sédiments. Des sédiments rubanés à stratification fine sur le talus continental supérieur reflètent les effets d'alternance des moussons. Il est possible de suivre les sédiments de l'Indus jusqu'à une grande distance dans les profondeurs de l'océan. Avec l'éloignement de la côte et, dans les carottes, avec l'augmentation de la profondeur de prélèvement les minéraux argileux montrent la tendance suivante: «matériel détritique» (chlorite, muscovite, illite) — «matériel de décomposition

chimique» (montmorillonite, minéraux de couches mixtes) — «matériel de recombinaison minéralogique» (illite).

L'étude biostratigraphique combinée aux résultats de quelques déterminations radiométriques au ^{14}C donne, entre autres, des taux de sédimentation jusqu'à $> 50 \text{ cm}/1.000 \text{ ans}$ au talus continental supérieur — taux qui vont décroissant jusqu'à environ $1 \text{ cm}/1.000 \text{ ans}$ en plein océan. La composition faunique prouve l'existence d'une phase climatique optimum à l'Holocène.

L'analyse géochimique des eaux interstitielles récentes montre que celles-ci peuvent atteindre, dans un délai assez bref, la composition des eaux fossiles. (V. MARCIG, en ce tome).

La publication des résultats est prévue dans les «Meteor» Forschungsergebnisse, Ser. C.

Краткое содержание

Экспедицией „Meteor“ и „Machhera“ были взяты пробы с отложений морского дна индийско-пакистанского континентального склона. — Отмечается тесная связь между гидродинамическим режимом водоёма (химизм воды и направление течения) и образованием осадков. Ритмичные слои их в верхней части континентального склона отражают влияние изменения муссона. Сносный материал реки Инд удастся проследить до глубин океана. — Биостратиграфические исследования и датировка по C^{14} установили скорость накопления осадков в этом районе $> 50 \text{ cm}/1000 \text{ лет}$ на верхнем крае континентального склона, и до $1 \text{ cm}/1000 \text{ лет}$ в открытом океане. Состав фауны указывает на климатический оптимум в голоцене. — Геохимические исследования поровых вод доказывают, что они очень скоро достигают зрелости таковых древних формаций.

Einführung

Von WOLFGANG SCHOTT, Hannover

Vortragskurzfassung mit 1 Abbildung

Auf der ersten Reise des Forschungsschiffes „Meteor“, die 1964/65 im Rahmen der Internationalen Indischen-Ozean-Expedition durchgeführt wurde, ist auf 6 Profilen senkrecht zur indisch-pakistanischen Küste Sedimentmaterial gesammelt worden, das vor der Indusmündung mit dem pakistanischen Fischereiforschungskutter „Machhera“ durch ein gemeinsames deutsch-pakistanisches Untersuchungsprogramm ergänzt wurde (Abb. 1).

Die topographischen Verhältnisse des Meeresbodens weisen in diesem östlichen Teil des Arabischen Meeres einige markante Unterschiede auf, die die Sedimentverteilung beeinflussen. Westlich von Bombay ist der Schelf über 500 km breit, westlich von Cochin dagegen nur ca. 70 km. Der Meeresboden sinkt dort erst westlich der Lakkadiven bis auf über 4000 m ab.

Die bearbeitete Meeresregion liegt innerhalb des Monsungebietes mit wechselnder Windrichtung, trotzdem ist vor der indisch-pakistanischen Küste im Oberflächenwasser vorwiegend eine nach Süden gerichtete küstenparallele Meeresströmung vorhanden. Kaltes Auftriebwasser ist vor

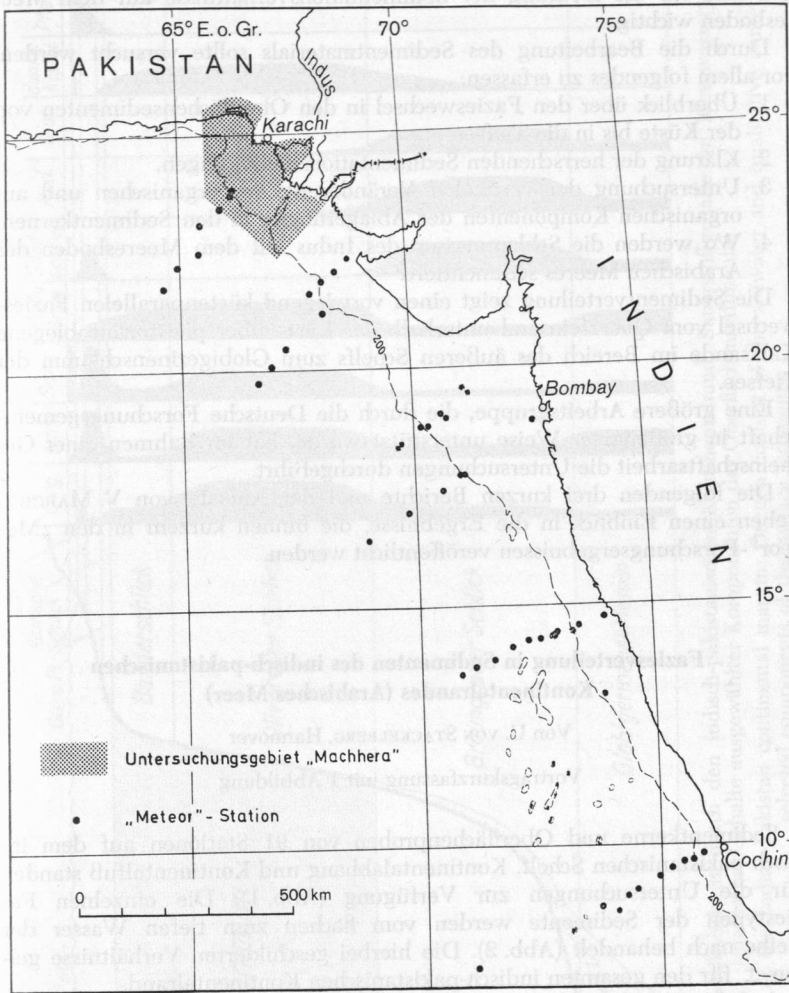


Abb. 1. Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes. Das „Machhera“-Areal umfaßt 40 Stationspunkte. Die Untersuchungen mit der „Machhera“ wurden durch Aufsammlungen von Sedimentproben im anschließenden Küstengebiet ergänzt (siehe punktiertes Gebiet auf dem Festland).

Fig. 1. Sketch map of the area of investigation. Shaded area: 40 stations from the F.V. „Machhera“. The investigations from F.V. „Machhera“ have been supplemented by sediment samples from the neighbouring beach (see shaded area on the main land).

Cochin und südöstlich von Karachi festgestellt worden. Diese Beobachtungen sind für die Deutung der Sedimentationsverhältnisse auf dem Meeresboden wichtig.

Durch die Bearbeitung des Sedimentmaterials sollte versucht werden, vor allem folgendes zu erfassen:

1. Überblick über den Fazieswechsel in den Oberflächensedimenten von der Küste bis in die Tiefsee.
2. Klärung der herrschenden Sedimentationsbedingungen.
3. Untersuchung der vertikalen Veränderung der organischen und anorganischen Komponenten der Ablagerungen in den Sedimentkernen.
4. Wo werden die Schlammassen des Indus auf dem Meeresboden des Arabischen Meeres sedimentiert?

Die Sedimentverteilung zeigt einen vorwiegend küstenparallelen Fazieswechsel vom Quarzfeinsand unterhalb der Küste über pleistozäne biogene Kalksande im Bereich des äußeren Schelfs zum Globigerinenschlamm der Tiefsee.

Eine größere Arbeitsgruppe, die durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft in großzügiger Weise unterstützt wurde, hat im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit die Untersuchungen durchgeführt.

Die folgenden drei kurzen Berichte und der Aufsatz von V. MARCHIG geben einen Einblick in die Ergebnisse, die binnen kurzem in den „Meteor“-Forschungsergebnissen veröffentlicht werden.

Faziesverteilung in Sedimenten des indisch-pakistanischen Kontinentalrandes (Arabisches Meer)

VON U. VON STACKELBERG, HANNOVER

Vortragskurzfassung mit 1 Abbildung

Sedimentkerne und Oberflächenproben von 91 Stationen auf dem indisch-pakistanischen Schelf, Kontinentalabhang und Kontinentalfuß standen für die Untersuchungen zur Verfügung (Abb. 1). Die einzelnen Faziestypen der Sedimente werden vom flachen zum tiefen Wasser der Reihe nach behandelt (Abb. 2). Die hierbei geschilderten Verhältnisse gelten \pm für den gesamten indisch-pakistanischen Kontinentalrand.

Auf dem Schelf beobachtet man von der Küste gegen die offene See hin folgende Sedimenttypen: Glimmerreicher, nahezu fossilereicher Quarzsand; quarz- und glimmerreicher fossilärmer Schlick; \pm sandiger Pteropodenschlick; ooidreicher Kalksand (Reliktsediment). Den Kalksand unterlagert ein weißer Aragonitschlick. Der Kontinentalabhang wird bedeckt von Bänderschlick im oberen Teil, olivgrauem Schlick im mittleren und braungrauem Schlick im unteren Teil. Am Kontinentalfuß findet sich Globigerinenschlamm. Kalksand und Aragonitschlick wurden im flachen Wasser während der letzten eiszeitlichen Meeresspiegelabsenkung abgelagert. Sie treten heute in Meerestiefen bis zu 160 m auf.

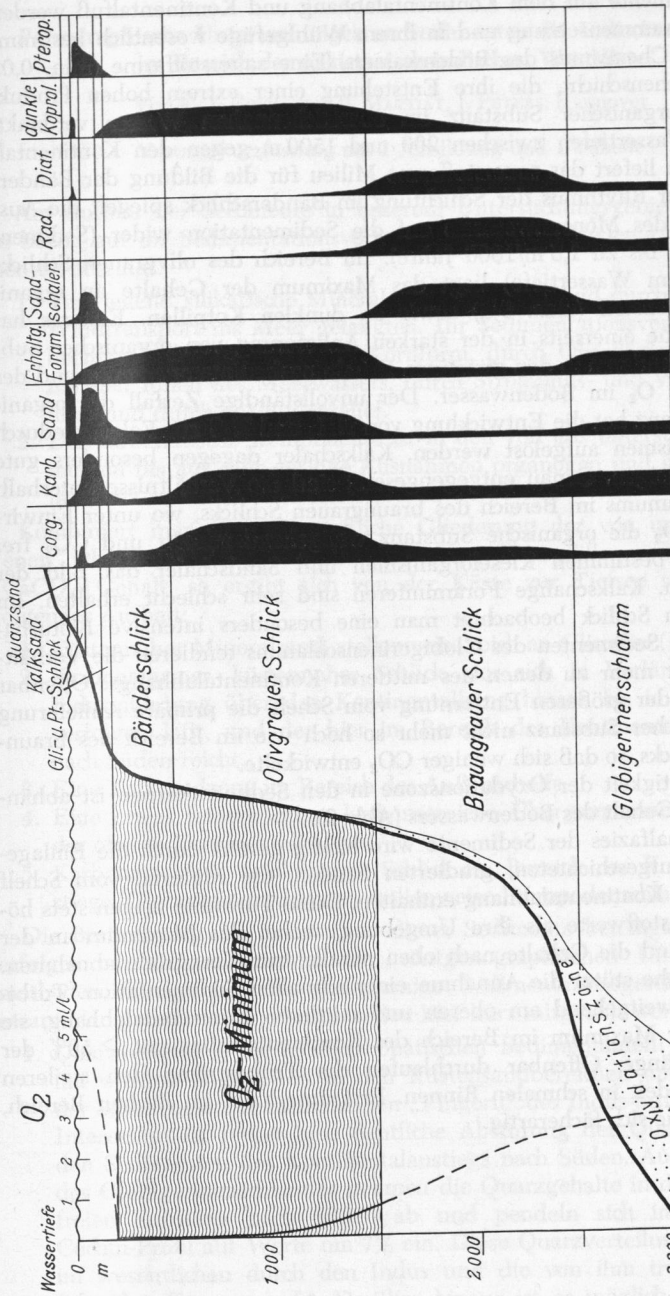


Abb. 2. Schematischer Vertikalschnitt durch den indisch-pakistanischen Kontinentalrand. Sauerstoffgehalte im Meerwasser und qualitative Gehalte ausgewählter Komponenten der Oberflächensedimente.
 Fig. 2. Schematic profile of the Indian-Pakistan continental margin: Oxygen content of the seawater and qualitative content of selected components of the surface sediments.

Die Sedimente auf dem Kontinentalabhang und Kontinentalfuß werden in ihrer Zusammensetzung und in ihrem Wühlgefüge wesentlich bestimmt durch den Chemismus des Bodenwassers. Eine sauerstoffarme (min. 0,02 ml/l) Zwischenschicht, die ihre Entstehung einer extrem hohen Produktion von organischer Substanz im oberflächennahen Wasser verdankt, prallt in Wassertiefen zwischen 200 und 1500 m gegen den Kontinentalabhang. Sie liefert das sauerstoffarme Milieu für die Bildung der Bänderschlicke. Der Rhythmus der Schichtung im Bänderschlick spiegelt die Auswirkungen des Monsunwechsels auf die Sedimentation wider (Sedimentationsraten bis zu 1,5 m/1000 Jahre). Im Bereich des olivgrauen Schlicks (500—1500 m Wassertiefe) liegt das Maximum der Gehalte an organischem Kohlenstoff (max. 9%) sowie an dunklen Kotpillen. Ersteres hat seine Ursache einerseits in der starken Anlieferung von organischer Substanz, zum anderen in den günstigen Erhaltungsbedingungen aufgrund des Mangels an O_2 im Bodenwasser. Der unvollständige Zerfall der organischen Substanz hat die Entwicklung von NH_3 und H_2S zur Folge, wodurch Kieselorganismen aufgelöst werden, Kalkschaler dagegen besonders gute Erhaltung zeigen. Genau entgegengesetzt sind die Verhältnisse unterhalb des O_2 -Minimums im Bereich des braungrauen Schlicks, wo unter Einwirkung von O_2 die organische Substanz weitgehend zerfällt und CO_2 frei wird. Hier bestimmen Kieselorganismen und Sandschaler das Bild der Sandfraktion. Kalkschalige Foraminiferen sind sehr schlecht erhalten. Im braungrauen Schlick beobachtet man eine besonders intensive Bioturbation. In den Sedimenten des Globigerinenschlammes tendieren die Verhältnisse wieder mehr zu denen des mittleren Kontinentalabhanges. Offenbar war wegen der größeren Entfernung vom Shelf die primäre Anlieferung von organischer Substanz nicht mehr so hoch wie im Bereich des braungrauen Schlicks, so daß sich weniger CO_2 entwickelte.

Die Mächtigkeit der Oxydationszone in den Sedimentkernen ist abhängig vom O_2 -Gehalt des Bodenwassers (Abb. 2).

Die Normalfazies der Sedimente wird häufig gestört durch die Einlagerung von gutgeschichteten, gradierten Sanden, die Material vom Shelf bzw. oberen Kontinentalabhang enthalten. Diese Turbidite zeigen stets höhere Kohlenstoffwerte als ihre Umgebung, wobei das Maximum an der Basis liegt und die Gehalte nach oben parallel zur Korngröße abnehmen. Diese Tatsache stützt die Annahme einer schnellen Sedimentation. Turbidite fehlen weitgehend am oberen und mittleren Kontinentalabhang, sie erreichen ihr Maximum im Bereich des Kontinentalfußes mit $> 50\%$ der Gesamtkernlänge. Offenbar durchlaufen die Trübeströme den steileren Hang gebündelt in schmalen Rinnen. Erst unterhalb, im flachen Bereich, verbreitern sie sich fächerartig.

Petrographische Untersuchungen an Sedimenten des Indischen Ozeans im Bereich der pakistanisch-indischen Westküste

VON F.-J. ECKHARDT, B. MATTIAT, J. PETERS, Hannover

Vortragskurzfassung mit 1 Abbildung und 1 Tabelle

Am Aufbau der Sedimente in unserem Untersuchungsgebiet sind zwei in bezug auf ihr Sedimentationsverhalten völlig verschiedenartige Komponenten beteiligt.

1. Vorwiegend silikatische Minerale, die vom Festland durch Fluß- oder Windtransport ins Meer gelangten. Ihr Sedimentationsverhalten wird beeinflußt durch Korngröße, Kornform, durch Oberflächenreaktionen mit den Ionen des Meerwassers, durch Strömungs- und Windverhältnisse und durch das Bodenrelief.
2. Die karbonatische Komponente ist in den von uns untersuchten Sedimenten bis auf sehr geringe Ausnahmen organogen und gehorcht daher ganz anderen sedimentologischen Gesetzen.

Kombiniert man für eine stoffliche Gliederung der von uns angetroffenen Oberflächensedimente die Kriterien: Korngröße und Karbonat-(CaCO_3 -) Gehalt, so ergibt sich von der Küste zur Tiefsee schematisiert folgender Aufbau:

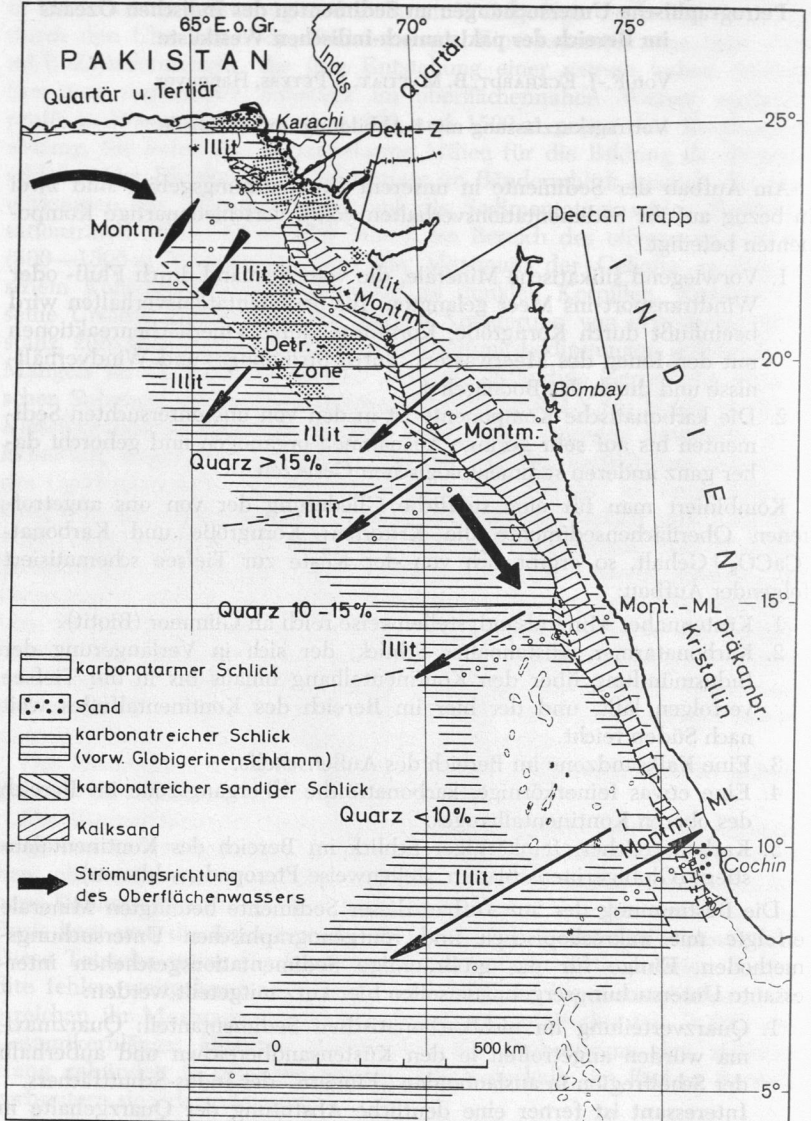
1. Küstennaher Mineralsand, stellenweise reich an Glimmer (Biotit).
2. Karbonatarmer, küstennaher Schlick, der sich in Verlängerung der Indusmündung über den Kontinentalhang hinaus bis in die Tiefsee verfolgen läßt, und der hier im Bereich des Kontinentalfußes weit nach Süden reicht.
3. Eine Kalksandzone im Bereich des Außenschelfs.
4. Eine etwas feinerkörnige, karbonatreiche Übergangszone im Bereich des oberen Kontinentalhanges.
5. Karbonatreicher, feinkörniger Schlick im Bereich des Kontinentalanstiegs (Globigerinenschlamm, stellenweise Pteropodenschlamm).

Die Bestimmung der am Aufbau dieser Sedimente beteiligten Minerale erfolgte mit mikroskopischen und röntgenographischen Untersuchungsmethoden. Einige für das großräumige Sedimentationsgeschehen interessante Untersuchungsergebnisse sollen hier kurz mitgeteilt werden:

1. Quarzverteilung im nichtkarbonatischen Sedimentanteil: Quarzmaxima wurden angetroffen in den Küstensandbereichen und außerhalb der Schelfregion in auslaufenden „Fingern“ des Indus-Schuttfächers.

Interessant ist ferner eine deutliche Abstufung der Quarzgehalte in den Sedimenten des Kontinentalanstiegs nach Süden. Auch innerhalb des Globigerinenschlammes nehmen die Quarzgehalte in der karbonatfreien Substanz nach Süden ab und pendeln sich im westlichen Cochin-Profil auf Werte um 7% ein. Diese Quarzverteilung wird u. E. im wesentlichen durch den Indus und die von ihm transportierten Schwebstoffe verursacht. Darüber hinaus ist es möglich, daß sie im

Ergebnisse sedimentpetrographischer Untersuchungen



"Meteor" 1964/65
 BfB-Hannover
 Dr. Mattiat

Abb. 3. Lithofaziesverteilung der Oberflächensedimente.

Fig. 3. Lithofacies distribution of the surface sediments.

Bereich der nördlichen Arabischen See auch durch äolischen Quarztransport beeinflusst wird.

2. Die Verbreitung der Tonminerale erlaubt ebenfalls einen Einblick in das rezente Sedimentationsgeschehen in diesem Raum.

Im Indusmündungsgebiet und westlich von Karachi finden wir eine „Detritus-Zone“, charakterisiert durch die Tonminerale Muskovit und Chlorit. Weiter südlich wurde diese „Detritus-Zone“ auch außerhalb des Kontinentalabhanges angetroffen (Verdriftung durch südwärtsgerichtete küstenparallele Meeresströmung).

Normalerweise finden wir, ausgehend von dieser „Detritus-Zone“ mit zunehmender Entfernung von der Küste, die Abfolge: Muskovit und Chlorit → Illit → Montmorillonit → Illit. Diese Abfolge ist nach unseren bisherigen Kenntnissen im marinen Bereich zu erwarten. Illit durchläuft eine Phase der K-Abgabe und bildet sich zu Mixed-layer-Mineralen und Montmorillonit um. Im Verlauf der weiteren Diagenese kommt es dann wieder zu K-Aufnahme und Illit-Rückbildung aus Montmorillonit.

Abweichend von diesem Schema finden wir in dem küstenparallelen Schlickstreifen entlang der Indischen Küste stark quellfähige Tonminerale, im wesentlichen Montmorillonit, stellenweise auch Mixed-layer-Mineralen: Chlorit — Montmorillonit. Auch in der Kalksandzone sind dies die vorherrschenden Tonminerale. Erst im Bereich des Kontinentalanstiegs (Globigerinen-Schlamm) stellt sich dann wieder Illit als dominierendes Tonmineral ein. Diese Montmorillonit-Mineralen können direkt hergeleitet werden aus den Schlammassen, die besonders zur Zeit des Sommermonsuns durch Flüsse aus dem Gebiet des Deccan-Trapp ins Meer transportiert werden.

Aufgrund der speziellen Oberflächeneigenschaften der sie zusammensetzenden Minerale werden diese Schlammassen beim Übergang ins Meerwasser küstennah ausgeflockt. Durch küstenparallele Meeresströmungen werden sie zum Teil südwärts verdriftet.

3. Mikroskopische und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Einzelmineralen des Aragonitschlicks (s. U. v. STACKELBERG) machen eine Flachwasserbildung dieser Aragonitkristalle wahrscheinlich.

4. In einigen Kernen westlich von Cochin wurde in bestimmten Teufbereichen vulkanisches Glas angetroffen.

Die optischen und chemischen Analysedaten sind in Tab. I wieder-

Tabelle I. Vulkanisches Glas in Sedimenten des Indischen Ozeans
im Profil westlich von Cochin

Einige chemische Daten:

SiO ₂	—	70,0%
Al ₂ O ₃	—	11,9%
Fe ₂ O ₃	—	0,97%
CaO	—	0,80%
MgO	—	0,076%
K ₂ O	—	4,89%
Na ₂ O	—	2,93%
H ₂ O	—	5,33%

Sonstige Daten:

Brechungsquotient: n = 1,505 ± 0,01
D — 2,48 g/cm ³
Korngrößenmaximum: 30—70 μ ∅

gegeben. Das Auftreten dieses vulkanischen Glases eröffnete uns einige Korrelationsmöglichkeiten in dem betreffenden Gebiet.

Biostratigraphische Untersuchungen an Sedimentkernen aus dem Arabischen Meer

Von BARBARA ZOBEL, Hannover

Vortragskurzfassung

Die biostratigraphische Gliederung der Sedimentkerne aus dem Indischen Ozean wurde mit planktonischen Foraminiferen durchgeführt. Beschrieben werden die Ergebnisse, die an den Kernen des südlichen Stationen-Profiles im Bereich zwischen 5—10° N und 66—76° E von der Tiefsee auf die indische Westküste vor Cochin zu gewonnen wurden. Die Untersuchung ergab, daß die Arten-Zusammensetzung und die vertikale Abfolge der planktonischen Foraminiferen-Gemeinschaften im jüngsten Quartär in diesem Gebiet des tropischen Indischen Ozeans nicht ohne weiteres vergleichbar ist mit den bereits gut bekannten Verhältnissen im tropischen Atlantischen Ozean. So wurden in Planktonnetzfangen im Untersuchungsgebiet gewisse Arten planktonischer Foraminiferen lebend gefangen (*Globoquadrina hexagona*; *Globorotalia cultrata flexuosa*), die im Atlantischen Ozean im Holozän nicht mehr beobachtet werden konnten. Kaltes Auftriebswasser vor der indischen Westküste verursacht erhebliche Änderungen in der Arten-Zusammensetzung der Foraminiferen-Gemeinschaften mit Annäherung an den Kontinentalhang. Die Unterschiede zwischen warm- und kühlzeitlichen Faunen sind nicht so ausgeprägt wie im Atlantischen Ozean. Aus alledem ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, die Arten-Zusammensetzung der planktonischen Foraminiferen-Gemeinschaft im heutigen Oberflächensediment jeweils an der Kernentnahmestelle als Standard für die Beurteilung klimatisch bedingter Änderungen in der vertikalen Faunenabfolge im Sedimentkern zu benutzen. Die Angabe „wärmer“ oder „kälter als heute“ bezieht sich auf den %-Gehalt der Foraminiferen-Gemeinschaft an Kühlwasserarten auf der heutigen Meeresbodenoberfläche am Stationsort gleichgültig, ob dieser Gehalt 3% oder 30% beträgt.

Ein sehr schnell sedimentierter Kern vom oberen Kontinentalhang vor Cochin konnte aufgrund seines hohen Gehaltes an C_{org} nach der ^{14}C -Methode datiert werden¹⁾; außerdem liegen einige brauchbare Einzeldatierungen sowie Vergleichswerte aus der Literatur vor. Dadurch wurde die zeitliche Einordnung der biostratigraphischen Befunde und der Vergleich mit bereits vorliegenden Ergebnissen möglich. Es ergibt sich folgendes Bild der Klimageschichte im jüngeren Quartär im Untersuchungsgebiet: Vom Hangenden zum Liegenden folgen innerhalb des Holozän den heutigen Ablagerungen sehr schnell solche, deren Fauneninhalt einem kälteren

¹⁾ Die ^{14}C -Datierungen führte Herr Dr. GEYH vom Niedersächsischen Landesamt für Bodenforschung, Hannover, durch.

Lebensmilieu zuzuordnen ist. Diesen schließen sich nach unten Sedimente mit einer Foraminiferen-Gemeinschaft an, die auf wärmere Bedingungen hinweist, als heute am Untersuchungsort herrschen. Diese warme Periode liegt nach Untersuchungen in Borneo zwischen 3000 und 13 000 vor heute (SABELS, 1966), im Roten Meer zwischen 6000 und 11 000 (geschätzt nach HERMAN, 1965), nach den uns vorliegenden Daten zwischen ca. 5000 und 13 000. Damit ist ein holozänes Klimaoptimum also auch für den Indischen Ozean nachgewiesen. Für den unmittelbaren Grenzbereich zwischen kalt- und warmzeitlichen Sedimenten im Untersuchungsgebiet ergibt sich danach ein etwas höheres Alter als im offenen tropischen Atlantischen Ozean.

Die Faunenabfolge im Holozän und jüngsten Pleistozän der Kerne des bearbeiteten Stationenprofils sind miteinander parallelisierbar, wenn das eingelagerte Fremdmaterial beim Vergleich ausgeklammert wird. Dieses ist im allgemeinen unschwer an der geänderten Zusammensetzung der benthonischen Faunenelemente erkennbar. Die Sedimentationsraten in ungestörten Kernen nehmen mit Entfernung von der Küste sehr stark ab. In einem Kern, dessen Sedimentationsrate nur noch bei 2—4 cm/1000 Jahre liegt, tauchen im tieferen Teil drei charakteristische Horizonte auf, die in den Kernen mit Sedimentationsraten von 5—30 cm/1000 Jahre nicht mehr erreicht wurden. Diese Horizonte ermöglichen sowohl den Vergleich zwischen den im offenen Ozean gewonnenen Sedimentkernen (bei ca. 5° bzw. 7° N / 66° bzw. 71° E), als auch mit einem nordwestlich der Lakkadiven gelegenen Kern, mit dem dann der Anschluß gewonnen wird an die Kerne im Norden des Untersuchungsgebietes. In allen Kernen mit geringer Sedimentationsrate ist eine Lage vulkanischen Glases zu beobachten. Sie ist älter als die letzte pleistozäne Kaltzeit und jünger als ein Maximalvorkommen von *Globigerina pachyderma* var., das wahrscheinlich der vorletzten pleistozänen Kaltzeit zuzurechnen ist.