DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

BEITRÄGE ZUR MEERESKUNDE

HERAUSGEGEBEN
VON
ERICH BRUNS

UNTER MITWIRKUNG
VON
O. KOLP, G. SAGER, K. VOIGT

HEFT 24—25

Meeresgrund- und Küstenforschung im Bereich der Ost- und Nordsee

III

Sediment und Benthos

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN
1969

Z-5/1 (24/25)a

DEUTSCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN ZU BERLIN
INSTITUT FÜR MEERESKUNDE

BEITRÄGE ZUR MEERESKUNDE

HERAUSGEGEBEN
VON
ERICH BRUNS

UNTER MITWIRKUNG
VON
O. KOLP, G. SAGER, K. VOIGT

HEFT 24—25

Meeresgrund- und Küstenforschung im Bereich der Ost- und Nordsee

III

Sediment und Benthos

AKADEMIE-VERLAG · BERLIN
1969

Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, 108 Berlin, Leipziger Str. 3 – 4
Copyright 1969 by Akademie-Verlag GmbH
Lizenznummer: 202 · 100/501/69
Kartengenehmigung: Nr. 967/68
Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer", 582 Bad Langensalza
Bestellnummer: 2105/24 – 25 · ES 18 E4
92,–

Inhalt

		Seite
Vorwort		5
Zum Gedächtmis Prof. Dr. phil. Herbert-Lothar Heck		7
Vytautas Gudelis:	Die Küstenentwicklung der südöstlichen Ostsee während der Spät- und Nacheiszeit	10
Sigurd Schulz:	Benthos und Sediment in der Mecklenburger Bucht	15
Albert Kosler:	Die Makrofauna des Eulitorals bei Hiddensee	56
Georg Neumann/Günter Bublitz:	Seegrunduntersuchungen im westlichen Teil der Oder-Bucht	81
Dieter Lange:	Mikroplankton aus dem Fischton von Stevns-Klint auf Seeland	110
Karl-Ernst Behre und Burchard Menke:	Pollenanalytische Untersuchungen an einem Bohrkern der südlichen Doggerbank	122
Günter Pazotka von Lipinski und Friedrich Wiegank:	Foraminiferen aus dem Holozän der Doggerbank	130
Wolfgang Schmidt, Erhard Eycke und Otto Kolp:	Beschreibung und Ergebnisse der Erprobung des 9 m langen Vibrationsstechrohrs 4701/1 mit neuer Kolbenzieheinrichtung	175
Georg Neumann:	3. Arbeitstagung der INQUA-Subkommission „Baltic Shorelines“ 1967 in Warnemünde	186
Professor Dr. Ernst Neef 60 Jahre		189
Dr. Werner Horn 65 Jahre		191

Vorwort

Bei dem vorliegenden Heft 24—25 der Beiträge zur Meereskunde handelt es sich um Band III der Veröffentlichungen über Meeresgrund- und Küstenforschung im Bereich der Ost- und Nordsee aus dem Institut für Meereskunde Warnemünde.

Band I enthielt eine Reihe von wissenschaftlichen Abhandlungen über die Entwicklungsgeschichte der Mecklenburger Bucht und der Darßer Schwelle seit dem Spätglazial. Band II umfaßte neben der Darstellung der Sedimente der südlichen und westlichen Ostsee neuere Arbeiten zur Untersuchung der Wasser- und Sedimentbewegung in der ufernahen Meereszone. Band III erhielt den Untertitel „Benthos und Sediment". Damit sollte auf die besondere Bedeutung der engen Wechselbeziehung zwischen der benthonischen Lebewelt und dem Sediment für zahlreiche wissenschaftliche und praktische Zielstellungen hingewiesen werden. Gemeint sind die Fragen nach dem Einfluß des Benthos auf die Struktur und chemische Umwandlung des Sediments in der oberflächennahen Schicht des Meeresgrundes, nach der fischereibiologischen Entwicklung und nach der biologischen Selbstreinigungskraft einzelner Meeresgebiete bei Einleitung schädlicher Abwässer. Derartige Untersuchungen konnten sich auf neue Definitionen der Sedimente und feinere Unterscheidungen der Sedimentzonen in der westlichen und südlichen Ostsee stützen.

Der Beitrag von Herrn Professor Dr. V. Gudelis, Vilnius, Litauische SSR über die Küstenentwicklung der südöstlichen Ostsee während der Spät- und Nacheiszeit bietet die Zusammenfassung eines auf der 3. Arbeitstagung der Subkommission „Baltische Küstenlinien" der *INQUA* im September 1967 gehaltenen Vortrages.

Themenstellung und Zielsetzung der von S. Schulz 1961 begonnenen Untersuchung des Benthos und Sediments in der Mecklenburger Bucht erfolgte durch die Abteilung Meeresgrund- und Küstenforschung des Instituts für Meereskunde Warnemünde. Inzwischen wurden diese Arbeiten in enger Zusammenarbeit von Biologen und Sedimentologen fortgeführt und über das gesamte Meeresgebiet zwischen Fehmarn und Arkona sowie das Arkona-Becken und die Bornholm-Mulde ausgedehnt.

Die Arbeit von A. Kosler über Mikrofauna und Sediment auf dem Vierendehl-Grund entstand in der Biologischen Forschungsanstalt Hiddensee und führt in Ergänzung der Untersuchungen auf freier See in die Zone des Eulitorals vor Hiddensee.

Der Aufsatz von G. Neumann und G. Bublitz enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse mehrjähriger sedimentologischer Aufnahmen in der Oderbucht, die im Rahmen der Arbeiten des Instituts für Meereskunde Warnemünde erfolgten.

Die pollenanalytische Untersuchung eines Stechrohrkernes, der in der Nordsee südlich der Doggerbank entnommen wurde, durch B. Menke und K. E. Behre sowie die Untersuchung der Foraminiferen der aus dem gleichen Seegebiet stammenden Stechrohrproben durch G. P. von Lipinski und F. Wiegank liefern erste wertvolle Anhaltspunkte für eine spätere Gesamtdarstellung der paläogeographischen Ergebnisse der 1965 und 1967 mit dem Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck" des Instituts für Meereskunde Warnemünde durchgeführten Forschungsfahrten in die südliche Nordsee.

Wie beide vorangegangenen Bände über Meeresgrund- und Küstenforschung enthält auch der dritte Band einen Beitrag zur Fortentwicklung von Geräten zur Sedimentprobenentnahme und Untersuchung meeresgeologischer Prozesse. In diesem Fall handelt es sich um ein in gemeinsamer Arbeit von W. Schmidt, E. Eycke und O. Kolp entwickeltes 9 m langes Vibrationsstechrohr.

Der vorliegende Band wurde in tief empfundener Dankbarkeit für stete Anteilnahme und Förderung unserer Arbeiten auf See dem 1967 verstorbenen, hochverehrten früheren Vorsitzenden des Quartärkomitees der DDR, Professor Dr. Herbert-Lothar Heck gewidmet.

Warnemünde 1968 Otto Kolp

HERBERT-LOTHAR HECK

23. 7. 1904—15. 7. 1967

Prof. Dr. phil. Herbert-Lothar Heck zum Gedächtnis.

Am 15. Juli 1967 ist Herr Prof. Dr. phil. Herbert-Lothar Heck nach längerer schwerer Krankheit in Berlin verstorben. Damit hat die Erdgeschichte des Raumes an Ost- und Nordsee einen begeisterten Interpreten, die deutsche Geologie aber einen hervorragenden Praktiker, unermüdlichen Befürworter und erfolgreichen Lehrer der geologischen Kartierung verloren.

1904 in Berlin geboren, verlebte der Verstorbene einen Teil seiner Jugend in Schleswig-Holstein, jenem meerumschlungenen Land, wo Familientradition und Geschichte die Menschen unwillkürlich eng mit dem Meer und dem vielgestaltigen Geschehen an der Küste verbindet. Nach dem Studium ab 1923 bei Stille in Göttingen und Pompeckj in Berlin, einer einjährigen Assistententätigkeit bei Harrassowitz in Gießen und der 1927 erfolgten Promotion bei Stille mit der Dissertation über das Thema: „Beiträge zur Talgeschichte der oberen Leine" trat Prof. Heck 1928 bei der Preußischen Geologischen Landesanstalt in Berlin ein.

Neigung und Erlebnisinhalt des jungen Geologen bestimmten seine Entscheidung für die Flachlandgeologie. Bei deren Deutung durch die geologische Kartierung brachte es der Verstorbene zu einer hervorragenden Meisterschaft. Der Gegenstand der Bearbeitung war das Quartär, und das bevorzugte Tätigkeitsfeld zunächst Schleswig-Holstein. Dort hatte er auch ab 1942 seinen Wohnsitz und leitete ab 1946 das Geologische Landesamt in Kiel. 1952 übersiedelte Prof. Heck in die Deutsche Demokratische Republik und übernahm die Leitung des Geologischen Dienstes Schwerin. 1963 erfolgte die Berufung an die Humboldt-Universität, wo Prof. Heck die Professur für Quartärforschung und Hydrogeologie innehatte.

Diese Etappen des Lebensweges bestimmten bei der landschaftlichen Gebundenheit des Geologen und durch die jeweilige fachliche Tätigkeit den Inhalt der geologischen Arbeiten, die in 80 Veröffentlichungen ihren Niederschlag fanden. Darin schälen sich neben den angewandten Arbeitsrichtungen im Rahmen der zeitgenössischen regionalgeologischen Thematik frühzeitig die Beziehungen zu den geologischen Problemen von Meer und Küste, speziell von Nord- und Ostsee heraus. Die in der Geologie übliche aktualistische Methode machte die Beschäftigung mit den Gegebenheiten des marinen Milieus der Gegenwart notwendig, wodurch die Beziehung zur Meeresforschung gegeben war.

Im Land zwischen Ost- und Nordsee sind die Aufgaben des Küstenschutzes von besonderer Bedeutung und bei dessen Maßnahmen spielen neben den örtlichen und akuten Gefahrenstellen der Küste die säkularen Erscheinungen eine Rolle. Über die Frage Meeresanstieg oder Landsenkung gingen die Meinungen in den zwanziger und dreißiger Jahren weit auseinander. „Die durchschnittliche Fluthöhe ist in den letzten Jahrzehnten angestiegen", stellten die Wasserbaufachleute fest. „Das nordfriesische Halliggebiet und ein Teil der Küste sinken", meinten die Heimatforscher. „Schleswig-Holstein ist in zunehmender Hebung begriffen", wies das Feinnivellement nach. Auf diese offenbar widersprüchlichen Ergebnisse unterschiedlicher Untersuchungsmethoden ging Prof. Heck in einer Reihe von Arbeiten über die Beziehungen zwischen Küstengeschehen und Aufbau sowie Lagerungsverhältnissen des prädiluvialen Untergrundes ein. Anhand der damals noch wenigen tieferen Bohrungen wurde

nachgewiesen, daß die innenbürtigen Kräfte nicht nur in der Zeit, sondern auch örtlich unterschiedlich wirken. Diese Auffassung, daß Teilerscheinungen der Oberfläche das Geschehen im Untergrund widerspiegeln, mutet für das Flachland sehr modern an.

Es lag nahe, in die Betrachtungen über das geologische Werden unserer Küsten an Ost- und Nordsee nicht nur die jüngste geologische Vergangenheit einzubeziehen, sondern sie auszuweiten auf das Eiszeitalter und frühere Abschnitte der Erdgeschichte.

Unter Verwendung der damals noch spärlichen Unterlagen entwarf Prof. Heck in der Arbeit „Die prädiluviale Grundfläche in Schleswig-Holstein" eine geologische Karte der Liegendfläche des Pleistozäns, die zusammen mit derjenigen über die Pleistozänmächtigkeit eine Reihe von Folgerungen für die Glazialmorphologie, die Tektonik und die praktische Geologie, aber auch die paläogeographische Entwicklung und damit das Werden der Land-Meer-Grenze erlaubte, worauf z. B. die Arbeit „Die nordfriesische neuzeitliche Küstensenkung als Folge diluvialer Tektonik" Bezug nimmt. In einem umfassenden und zugleich differenzierten zeitlichen Rahmen wird auf diese Erscheinungen in der Arbeit „Art und Ausbildung quartärer westperibaltischer Tektonik" eingegangen. Auf Grund eigener Untersuchungsergebnisse nahm Prof. Heck in speziellen Arbeiten zur Paläogeographie des Pliozän, der Holsteinsee und des Eemmeeres, z. T. wiederholt, Stellung. Da für die geologischen Schlußfolgerungen auch der Zeitfaktor eine Rolle spielt, galt es, Vorstellungen über die absoluten und relativen Zeiträume zu gewinnen, in denen die geologischen Erscheinungen der Küste sich abspielten. Neben den bisher üblichen Zeitmarken aus der Tierwelt der Vergangenheit wurde nach dem ersten Weltkrieg die Palynologie für diese Zwecke entwickelt. Prof. Heck hat durch seine frühen Veröffentlichungen auf diesem Gebiet Pionierarbeit geleistet.

Nach seiner Übersiedlung in die Deutsche Demokratische Republik hat Prof. Heck im Rahmen der Aufgaben des Geologischen Dienstes Schwerin und im Fachausschuß Küstenschutz der KDT seine Erfahrungen in küstengeologischen Fragen teils organisatorisch, teils auch in eigenen Arbeiten eingesetzt. So wurden auf seine Anregung hin Kliffkartierungen und Strandaufnahmen als Diplomarbeiten durchgeführt. Seiner Initiative entsprang die Bildung einer Fachgruppe Küstengeologie beim Geologischen Dienst Schwerin, in deren Aufgabenrahmen die ersten grundlegenden küstengeologischen Arbeiten entstanden. Das war auch der Abschnitt in der Geschichte des Fachausschusses Küstenschutz mit richtungsweisenden Vorträgen und fruchtbaren Diskussionen, an denen Prof. Heck hervorragend beteiligt war. Selbst nach seiner Berliner Berufung ließen ihn die Probleme der Küste nicht ruhen. Auf seine Veranlassung wurden Diplomarbeiten über die Versalzung des Grundwassers im Küstengebiet der DDR angefertigt. Zu einer Zusammenfassung über diesen Gegenstand ist Prof. Heck leider nicht mehr gekommen.

Die eigenen hydrogeologischen Arbeiten entsprangen in Themenwahl und Darstellungsweise den Anforderungen der Praxis, die sich aus dem starken Anstieg des Grundwasserverbrauchs nach dem zweiten Weltkrieg ergaben. Aus den Untersuchungen über den Zusammenhang von Grundwasser und geologischem Bau sowie über den Umfang und die Ursachen der Versalzung des Grundwassers, vor allem aber aus der Sammlung und Bearbeitung vieler Bohrungen entstand der Grundwasseratlas von Schleswig-Holstein, der die zusammenfassende Stellungnahme zu den hydrogeologischen Grundlagen für die zukünftige Wasserwirtschaft des Landes ermöglichte. Diese Aufgaben standen auch in Schwerin in bezug auf die hydrogeologische Situation Mecklenburgs als Grundlage der Planung im Vordergrund.

Besonders verdienstvoll sind aber die Leistungen für die geologische Kartierung. Neben der geologischen Bearbeitung einer Reihe von Kartenblättern von Schleswig-Holstein und Mecklenburg hat sich Prof. Heck besonders um die systematische Kartierung Mecklenburgs und die Anleitung der kartierenden Geologen verdient gemacht. Wenn 1967 die Neuaufnahme von 200 Meßtischblättern in den 3 nördlichen Bezirken der Deutschen Demokratischen Republik abgeschlossen werden konnte und damit der weiße Fleck auf der geologischen Karte

Europas beseitigt worden ist, dann ist das Werk zu einem guten Teil der Initiative von Prof. Heck zu verdanken.

Unter den von Prof. Heck bearbeiteten mannigfachen Fragen und Problemen des norddeutschen Raumes klingt ein Grundthema wiederholt an, die Gliederung des Pleistozäns, das in der Kartierung eine Bearbeitung im oberflächennahen Bereich erfuhr. Die Gliederung des Gesamtpleistozäns des Raumes, die im Bereich der jüngeren Bildungen wegen des Mangels an durchgehenden datierbaren Horizonten große Schwierigkeiten bietet, wurde durch eine Mächtigkeitskarte und durch Herausarbeitung von Zyklen einer Lösung nähergebracht.

Die Erinnerung an Prof. Heck wird nicht nur durch sein Werk wachgehalten. Mit dem Geologen eng verknüpft war der gesellige Mensch, die aktive lebensbejahende, zuweilen fast überschäumende Art, die die Postkolloquien nach hitzigen Diskussionen und die Abende auf Exkursionen erfüllte, wo auch die Freude am Erzählen humoriger Begebenheiten des eigenen Erlebens aufklang und ihn schnell zum Mittelpunkt einer Tischrunde werden ließ.

Das begeisterte und begeisternde Gespräch eines Geologen aus Berufung mit der Erde ist verstummt. Der Verstorbene ist in dem Raum seines Wirkens, auf dem Friedhof zu Wismar beigesetzt worden.

Otto Gehl

Die Küstenentwicklung der südöstlichen Ostsee während der Spät- und Nacheiszeit

Von Vytautas Gudelis

In dieser Arbeit wird die Küstenstrecke von Liepaja im Norden bis zum Baltijsk-(Pillau-) Hafen im Süden betrachtet. In diesem Abschnitt stellt die Küste einen sandigen, ausgeglichenen Anlandungsküstentypus dar, mit Ausnahme der Küste der samländischen Halbinsel, wo die Abrasionssteilküsten vorwiegen. Von der samländischen Halbinsel erstrecken sich süd- und nordwärts die malerischen Sandzungen — die Kurische und die Frische Nehrung.

Die alten Ufer, d. h. Strandbildungen der Ostsee, sind nur im nördlichen Teil der erwähnten Küstenstrecke vorhanden.

Auf der samländischen Halbinsel sowie im Küstensaum des nördlichen Teiles des Frischen Haffes gibt es keine Anzeichen für die Existenz der alten Uferlinien der Ostsee. Dort befinden sich die Uferbildungen der früheren Entwicklungsphasen der Ostsee in verschiedenen Tiefenlagen unter dem Wasserspiegel.

In dieser Hinsicht kann man das besprochene Küstengebiet als eine Brücke, d. h. Übergangszone, zwischen dem Perybaltischen Hebungsgebiet im Norden und einem „Senkungsgebiet" im Süden und Südwesten des jetzigen Ostseeraumes betrachten.

Die Erforschungsgeschichte der geologischen Entwicklung dieses Gebietes reicht mehr als hundert Jahre zurück. Respektvoll denken wir immer wieder an die Pionierarbeiten J. Schumanns (1869) und G. Berendts (1869) auf dem Gebiete der Geologie und der Entwicklungsgeschichte des Kurischen Haffes und der Kurischen Nehrung.

Trotzdem die Forschungsgeschichte der litauischen Meeresküste schon eine hundert Jahre alte Tradition hat, wurden die eingehenden Untersuchungen der alten Uferbildungen und der Entwicklungsgeschichte dieses Teiles des Ostseeraumes erst in den letzten Jahrzehnten begonnen. Von 1948 bis 1965 wurden die geologisch-morphologischen Verhältnisse mit besonderer Berücksichtigung der Küstenentwicklung und der Ostseegeschichte, die Neotektonik sowie die rezente Uferdynamik eingehend erforscht. Seit dem Jahre 1965 sind bei uns auch die meeresgeologischen und -geophysikalischen Forschungen am Boden der südöstlichen Ostsee im Gange.

Die alten Uferbildungen der Ostsee

Die Uferbildungen der früheren Etappen der Ostseeentwicklung sind nur nördlich der Linie Nida-Ventės ragas erhalten.

Die höchste marine Grenze (MG), die im nördlichen Teil von der Uferlinie des Baltischen Eissees und im Süden von der der Litorina Max. repräsentiert wird, befindet sich in der Umgebung von Liepaja in der abs. Höhe von 18 m und ungefähr 50 km südwärts des Hafens Klaipėda, sie berührt den jetzigen Wasserspiegel des Meeres.

Das Spektrum der alten Uferlinien der Ostsee an der litauischen Küste ist durch Uferliniendiagramm dargestellt (Abb. 1). Wie aus dieser Abbildung zu ersehen ist, gehören die zwei höheren Uferniveaus zur litoralen Bildung des Baltischen Eissees, die zwei niedrigeren zu denen des Litorinameeres. Zwischen Badeort Palanga und Hafen Klaipėda durchschneiden die

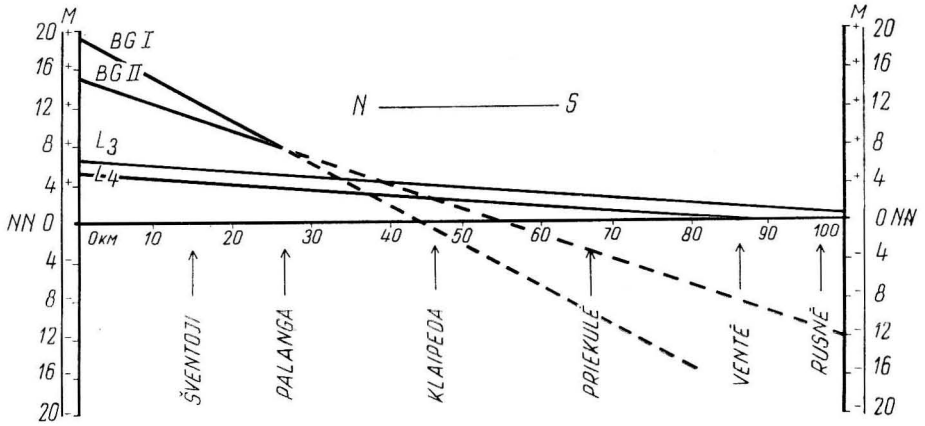


Abb. 1. Diagramm der alten Uferlinien der Ostsee an der litauischen Küste (GUDELIS, 1955), BG I und BG II die Uferlinien des Baltischen Eissees, α_3 und α_4 die Uferlinien des Litorinameeres

Uferlinien des Baltischen Eissees die Litorinagrenze und fallen somit aus dem Spektrum heraus. Weiter südwärts sind nur die litorinazeitlichen Uferbildungen zu verfolgen. Die Uferlinien der gotiglazialen und präborealen Yoldiameere sowie auch des Ancylussees befinden sich unterhalb des Wasserspiegels der Ostsee. Im Küstensaum der südöstlichen Ostsee gibt es Spuren von Ufermarken in der abs. Höhe von 18—20, 40 m und mehr, die von den lokalen Eisrandseen hinterlassen wurden.

Die Litorinaterrasse ist eine typische Akkumulationsterrasse. Die Terrasse des Baltischen Eissees ist dagegen in den meisten Fällen eine Abrasions- oder Abrasions-Akkumulationsterrasse.

Es wurde in den letzten Jahren am Boden der südöstlichen Ostsee eine ganze Reihe von untermeerischen litoralen Bildungen (d. h. Kliffe, Terrassen) aufgedeckt. Die in größter Tiefe (—80, —75 m) liegenden Uferbildungen gehören, unserer Meinung nach, zum gothiglazialen Wasserbecken. Die Uferlinien —23, —25 m sind vielleicht als die Bildungen des Ancylussees anzusehen (GUDELIS 1955a; Гуделис 1961a).

Die weiteren meeresgeologischen — und — geomorphologischen Untersuchungen werden bestimmt eine Antwort auf die Frage über das exakte Alter dieser Uferbildungen geben.

Grundzüge der Küstenentwicklung

Die Entstehung und Weiterentwicklung der späteiszeitlichen Ostsee sind mit dem Enteisungsprozeß der Eisdecke des Pommerschen Stadiums eng verbunden. Der zurückweichende Eisrand wurde von einer Serie lokaler Eisrandseen, darunter auch Stauseen, begleitet, deren Uferlinien in den Randzonen des Nemunas-(Memel-)Delta in der abs. Höhe von 16—20, 12 und möglicherweise 6—8 m vorkommen. Die Enteisung der heutigen Küstenzone der südöstlichen Ostsee ist mit dem Rückzug des Eises von der Linie der sogenannten Nordlitauischen Endmoränen, die den Endmoränen der Gardnophase der polnischen Forscher entspricht, verknüpft. Diese Zeit fällt, aller Wahrscheinlichkeit nach, mit dem Beginn der Bölling-Wärmeschwankung zusammen (GUDELIS, 1955a, 1961b).

Während der Altdryaszeit waren in den Randgebieten der Ostsee Eisrandseen vorhanden. Im Bölling entstand schon im südlichen Teil der Ostsee ein größeres Wasserbecken, das als direkter Vorläufer der spätglazialen Ostsee betrachtet werden soll. Dieser Meinung sind auch die polnischen Kollegen (ROSA, 1965).

Über die Tiefenlage der ehemaligen Uferlinie des Bölling-Wasserbeckens im Südosten des Baltikums kann man zur Zeit noch nichts Sicheres sagen. Über den Charakter dieses Wasserbeckens wissen wir fast gar nichts.

Während der Mitteldryaszeit stieg der Wasserspiegel stets an, bis er die abs. Höhe von 13—15 m erreichte. Danach erfolgte eine verhältnismäßig rasche Regression, die wahrscheinlich mit der Abzapfung des Baltischen Eissees bei Tyringe (10315 Jahre vor unsrer Zeitrechnung; NILSSON, E., 1960) in Zusammenhang stand.

Mit dieser Regression des Baltischen Eissees ist die Entstehung der höheren Uferlinie BG I an der litauischen Küste gleichgesetzt. In jedem Fall ist das Uferniveau BG I bei uns in Litauen nicht jünger als die frühalleröd zeitliche Bildung (GUDELIS, 1961a). Nach der erwähnten Regression, die das Wasserniveau auf 35—45 m herabsetzte, kam es zum erneuten, möglicherweise stufenartigen Anstieg des Wasserspiegels, die schon in der Jüngeren Dryas stattfand. Diese zweite — dryaszeitliche — Transgression hatte das Wasserniveau bis zu 12—13 m abs. Höhe gehoben. Wie es allgemein bekannt ist, fand 8315 Jahre vor unserer Zeitrechnung die endgültige Abzapfung des Baltischen Eissees bei Billingen statt, was zur Entstehung der unteren Uferlinie des Baltischen Eissees an unserer Küste (GB II) führte und die maximale Depression des Wasserspiegels hervorrief.

Die präboreale Regression erniedrigte den Wasserspiegel des baltischen Eissees *in toto* mehr als 50—60 m. Ob das wirklich die tiefste Regression in der nacheiszeitlichen Ostseegeschichte war, oder ob es im Gothiglazial noch tiefere Wasserstände in unserem Küstenbereich gab, bleibt unklar. Die Uferbildungen des präborealen Yoldiameeres befinden sich nun am Meeresgrund in einer Tiefe von 45—60 m. Die prä- und frühborealen Zeiträume sind als ausgeprägte Verlandungs- oder „terrestrische" Perioden zu bezeichnen.

Mit der Ancylustransgression beginnt im Ostseebecken die mächtige postglaziale Wasserspiegelhebung. Die Ancylustransgression endete an der litauischen Küste in der Tiefe von —12, —10 m unter NN. Der Transgressionsbetrag wird von uns auf 35—45 m geschätzt

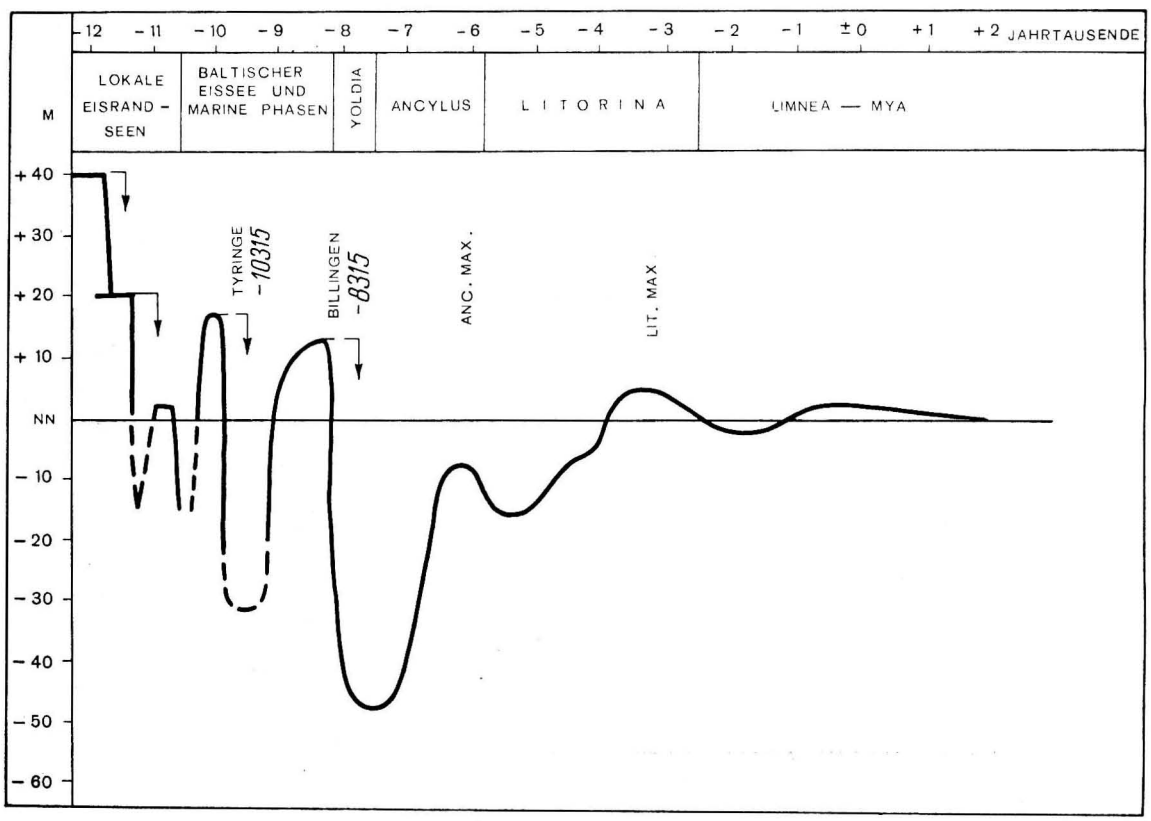


Abb. 2. Kurve der Niveauveränderungen (Strandverschiebung) an der litauischen Ostseeküste während der Spät- und Nacheiszeit (GUDELIS, 1961)

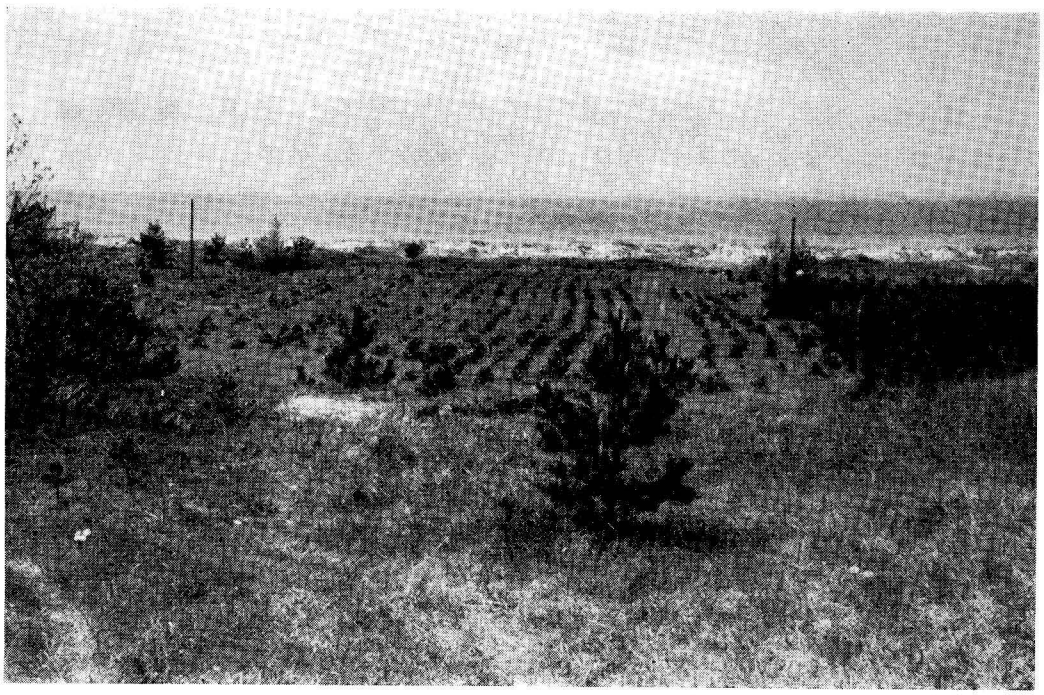


Abb. 3. Die Oberfläche der Litorina-Terrasse (α_3) südlich des Badeortes Palanga vom Abhang der Terrasse des Baltischen Eissees (BG I) gesehen

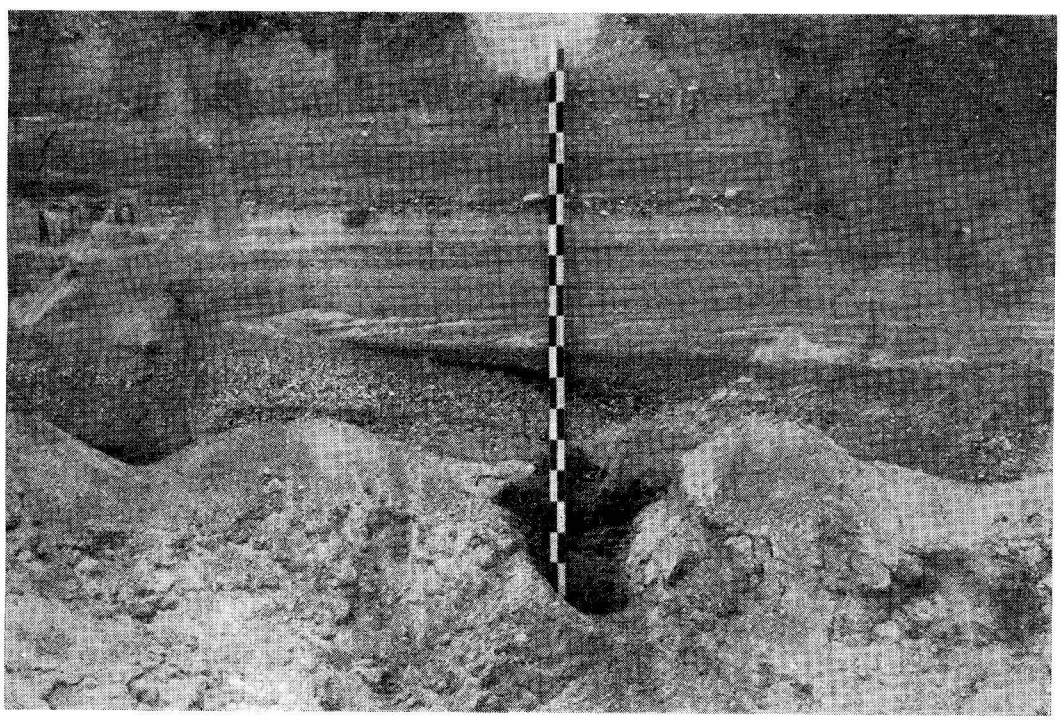


Abb. 4. Innerer Bau eines Strandwalles des Baltischen Eissees BG II im nördlichen Abschnitt der litauischen Ostseeküste

(GUDELIS, 1955a). Im Spätboreal kommt eine Regression des Ancylussees vor, die zu erneuten Verlandungen in unserem Küstensaum führte und noch am Anfang des Atlantikums fortdauerte.

Vor 7000 Jahren begann das Wasserniveau im Ostseebecken sich wieder zu heben. Die neue Transgression setzte mit zwei Wellen ein. Die erste Transgressionswelle des Litorinameeres (Lit_{1+2}) erreichte das Niveau von −10, −8 m unter NN. Die zweite Transgressionswelle (Lit_3 max) fand ihren Kulminationspunkt in der abs. Höhe von 5 m. Die Zeit der max. Litorinatransgression fällt mit der Kulmination, d. h. dem Aufblühen des Eichenmischwaldes, zusammen. Die Litorinatransgression klingt in Form von Wasserspiegeloscillationen begrenzten Ausmaßes während des Subboreals und Subatlantikums allmählich aus. Daran nahmen natürlich die postlitorinazeitlichen Erdkrustenbewegungen teil, deren Ausmaß 5—6 m betrug (im nördlichen Abschnitt der Küste). Die mehr intensive Landhebung im Norden als im Süden führte dazu, daß die alten Uferlinien eine N-S-Kippung aufzeigen.

Die Schwankungen des Wasserspiegels oder die Uferverschiebung der Ostsee während der Spät- und Nacheiszeit veranschaulicht Abb. 2.

Wie daraus zu ersehen ist, beträgt das Gesamtausmaß der Niveauschwankungen an der litauischen Küste 65—70 m.

Die Kurve der Uferverschiebung ist ein Endergebnis des Zusammenwirkens von eustatischen und tektonischen Faktoren (GUDELIS, 1961).

Für das Spätglazial sind die Niveauschwankungen von glazioeustatischer Natur kennzeichnend, die sich auf Grund der glazioisostatischen und echt-tektonischen Prozesse abspielten.

Von der Yoldiazeit an bis zur Gegenwart hat die weltweite eustatische Wasserspiegelerhöhung die Hauptrolle bei der Niveauschwankung im Bereich der Ostsee gespielt.

Inwieweit die regionalen Erdkrustenbewegungen im Ostseeraum während des Ancylusstadiums die Wasserspiegelschwankungen beeinflußten, wurde bisher nicht endgültig gelöst. Die Litorinatransgression war zweifellos eine typisch eustatische Transgression, obwohl der Einfluß der tektonischen Bewegungen damit nicht geleugnet wird.

Literatur

BERENDT, G., Geologie des Kurischen Haffes und seiner Umgebung. Königsberg 1869.

GUDELIS, V., Lietuvos TSR Baltijos pajūrio geologinės raidos vėlyvajama glaciale ir postglaciale (holocene) pagrindiniai etapai. VVU Mokslo Darbai, **7** (1955a).

GUDELIS, V., Lietuvos pajūrio neotektoninio aktyvumo klausimu. Lietuvos TSR MA Darbai, ser. B, **3** (1955b).

GUDELIS, V., Latest and recent vertical earth's crust movements and the morphology of the sea coast in the East Baltic Area. Bull. Geodesique, No. **62** (1961).

ROSA, B., O rozwoju morfologicznym wybrzeża Polski w świetle dawnych form brzegowych. Toruń 1963.

SCHUMANN, J., Geologische Wanderungen durch Ostpreußen. Königsberg 1869.

Гуделис, В. К., Общие черты развития морских берегов Восточной Прибалтики в позднe- и послеледниковое время. Тр. Ин-тута геологии АН Эстонской ССР, т. УШ, Таллин (1961a).

Гуделис, В. К., Очерк по геологии и палеогеографии четвертичного периода (антропогена) Литвы. Czwartorzęd Europy środkowej i wschodniej, INQUA. Warszawa 1961b.

NILSSON, E., The recession of the landice in Sweden during the Alleröd and the younger Dryas ages. Intern. Geol. Congr., Rept. XXI Session, Norden (1960).

Benthos und Sediment in der Mecklenburger Bucht

Von Sigurd Schulz

1. Einleitung 15
2. Material und Methodik 16
3. Das Untersuchungsgebiet 16
3.1. Begrenzung 16
3.2. Relief 17
3.3. Sedimente 17
3.4. Hydrographie 20
Salzgehalt, Temperatur, Sauerstoff, Strömungen, Schwefelwasserstoff
4. Das Makrobenthos im Untersuchungsgebiet 22
5. Die Besiedlung des Sediments 24
5.1. Sand 24
5.1.1. Grobsand 24
5.1.2. Mittelsand 27
5.1.3. Feinsand 30
5.2. Schlickiger Sand 33
5.3. Sandiger Schlick 37
5.4. Schlick 38
6. Die Lebensgemeinschaften im Untersuchungsgebiet 49
7. Schlußbetrachtungen 52
8. Literatur 53

1. Einleitung

Das Benthos unterliegt, wie alle Organismen im Meer, einer Vielzahl von Umwelteinflüssen. Doch scheint neben dem Salzgehalt, der Temperatur, dem Sauerstoffgehalt und den Strömungen von hydrographischer Seite und den biozönotischen Zusammenhängen das Sediment von besonderer Wichtigkeit zu sein. Es stellt den engeren Lebensraum der Organismen dar und sollte deshalb der bestimmende Faktor für die Verbreitung sein. Zahlreiche Autoren stellten dieses Problem in den Mittelpunkt ihrer Benthosuntersuchungen, so Petersen und Jensen 1911, Petersen 1913, Hagmeier 1926, Remane 1940 und 1951, Thorson 1946 und 1957, Holm 1953, Krause 1950 und 1955, Müller 1958 und 1960, Buchanan 1963 und andere.

Andererseits unterliegt die Bildung des Sediments dem Einfluß hydrographischer Faktoren, so daß ein überaus komplexes Abhängigkeitsverhältnis zwischen Sediment, Wasserkörper und Tier entsteht.

Die engere Fragestellung zu der vorliegenden Arbeit umfaßte neben der Aufnahme der Bodenfauna im Gebiet vor allem die Klärung der Beziehung Benthos — Sediment. Eingehende Sedimentuntersuchungen von Kolp 1966 lagen für die Mecklenburger Bucht vor. Es galt zu klären, ob und wie weit die Tiere bestimmten Sedimenten folgem und Vergleiche zu den angrenzenden Gebieten anzustellen. Mit den Arbeiten von Kühlmorgen-Hille 1963

und LÖWE 1963 lagen Untersuchungen vor, die das Benthos in der Kieler Bucht und im Arkonabecken produktionsbiologisch behandelten. Leider wurde das Sediment in beiden Arbeiten nicht eindeutig definiert, so daß ein wirklicher Vergleich nur schlecht möglich war. Weiterhin sollte anhand der biologischen, hydrographischen und sedimentologischen Untersuchungen versucht werden, das Benthos zu Lebensgemeinschaften zusammenzufassen und diese typischen Sedimenten zuzuordnen.

2. Material und Methode

Das Material, welches dieser Arbeit zugrunde liegt, wurde in den Jahren 1962 bis 1965 mit dem Forschungskutter „Prof. O. Krümmel" des Instituts für Meereskunde, Warnemünde, gewonnen. Die Termine der Fahrten lagen im wesentlichen im Frühjahr.

Es wurden Proben von 236 Stationen untersucht. Die Stationen (siehe Stationskarte) waren in einem 2-Meilennetz über das Untersuchungsgebiet verteilt. Oberhalb der 20-m-Linie, von der ein schnellerer Wechsel der Sedimente einsetzte, wurden in Meilenabständen Proben entnommen. Die Stationen wurden nach dem Koppelkurs angelaufen und die Positionen durch Peilungen kontrolliert und wenn nötig korrigiert. Seit 1964 stand für die Navigation ein Decca-Navigator zur Verfügung.

Auf jeder Station wurden 4 Greiferproben entnommen. Drei Proben wurden einzeln auf einem Siebbock durch Siebe von 8, 2 und 1 mm Maschenweite unter schwachem Seewasserstrahl gespült. Das zurückbleibende Benthos kam bis zur Untersuchung in ein 4%iges Seewasserformalingemisch. Von der vierten Greiferprobe wurde eine gutschließende Flasche für die Sedimentuntersuchung gefüllt. Die Untersuchung umfaßte die Bestimmung der Korngrößen, der Feuchte und bei einzelnen Proben Kalk- und organischen Kohlenstoffgehalt. Die Probenentnahme erfolgte durchweg mit einem VAN-VEEN-Bodengreifer. Jede entnommene Greiferprobe repräsentiert eine Grundfläche von 0,1 m². (Sämtliche Zahlenangaben über die Besiedlungsdichte im Text und auf den Karten sind auf diese Grundfläche bezogen.) Auf jeder Station wurden Wasserproben zur Bestimmung des Salz- und des Sauerstoffgehalts entnommen, außerdem wurde die Temperatur gemessen. Die Probenentnahme erfolgte mit einem NANSEN-Kippschöpfer, Modell DAE.

Der Sauerstoffgehalt wurde nach der WINKLER-Methode und das Chlorid nach MOHR bestimmt. Da der Kippschöpfer eine Wasserprobenentnahme dicht über dem Sediment nicht ungestört gestattet, wurden bei Tauchgängen geringe Wassermengen für die Sauerstoffbestimmung direkt entnommen. Dabei kam ein Plastrohr, in dem ein Kolben beweglich angeordnet ist, zum Einsatz. Der Taucher bewegte sich schwimmend über dem Sediment, führte das Rohr in Grundnähe und füllte es durch Ziehen des Kolbens. Dann wurde die Röhre durch einen Gummistopfen verschlossen.

Auf etwa 50 Stationen wurden von mir direkte Tauchbeobachtungen vorgenommen. Sie dienten dem Studium des Biotops und der Kontrolle der Greiferergebnisse. Darüber hinaus gaben sie Aufschluß über ökologische Besonderheiten einiger Benthosorganismen. Möglichst in allen vorkommenden Biotopen wurden Dredgezüge mittels einer scharfgehenden Dreiecksdredge unternommen.

3. Das Untersuchungsgebiet

3.1. Begrenzung

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die eigentliche Mecklenburger Bucht, die Lübecker Bucht, den Fehmarnbelt und die Kadetrinne. Das Gebiet stellt also den südlichen Teil der Beltsee dar. Hierbei wurde die Ansicht von WATTENBERG 1949 zugrunde gelegt, daß das Gebiet der Ostsee hydrographisch und biologisch im engeren Sinne erst östlich der Darßer Schwelle

beginnt. Sie umfaßt die Belte und Sunde sowie die Kieler und die Mecklenburger Bucht. Die Beltsee bildet einen „Vorhof der Ostsee" mit außerordentlich labilen hydrographischen Verhältnissen. Von biologischer Sicht ist die Trennung ebenfalls begründet. Die Beltsee beheimatet vor allem eine verarmte Meeresfauna und -flora. Die Darßer Schwelle als östliche Begrenzung der Beltsee, stellt gleichzeitig eine biologische Schranke dar, die eine ganze Reihe mariner Tiere nicht zu überschreiten vermögen. Östlich von ihr herrschen die typischen Brackwasserverhältnisse mit einer Anzahl von euryhalinen Meeres- und Brackwassertieren.

3.2. Relief

An den Zugängen zum Untersuchungsgebiet befinden sich 2 Rinnen, im Nordwesten der Fehmarnbelt und im Nordosten die Kadetrinne. Beide sind etwa gleich tief, der Fehmarnbelt 31 m und die Kadetrinne 32 m. Vom Fehmarnbelt aus steigt der Meeresgrund nach Osten hin allmählich an. Es folgt das Gebiet der Mecklenburger Bucht, ein maximal 27 m tiefes Becken, das sich nach Südwesten in die Lübecker Bucht hineinzieht. Die Sagasbank im Westen und der Hannibal im Südwesten ragen in das Gebiet der Mecklenburger Bucht vor. Im Osten des tieferen Zentralteils der Mecklenburger Bucht steigt der Meeresgrund allmählich bis auf 18 m an. Den Abschluß nach Osten bildet die Darßer Schwelle, die eine Schwellentiefe von 18 m aufweist.

3.3. Sedimente

Die Grundbeschaffenheit ist vom Relief, von der Wassertiefe und von den Strömungen abhängig. Dabei wird das Sediment allgemein mit zunehmender Wassertiefe feiner. In Küstennähe kommt es durch die ständig wirkenden Kräfte, wie Wellenschlag und Strömungen, zu erheblichen Sedimentumlagerungen, zum Abbruch der Küste und damit neuer Materialzufuhr. Diese Umlagerungen führen zu einer Verarmung dieses Sediments an Makrofaunenelementen. Das macht sich besonders im oberen Sublitoral bemerkbar, dieser Lebensraum konnte nur von wenigen Organismen erobert werden. An diese, meist grobsandigen Bezirke schließen sich Mittel- und Feinsandflächen an, die zunehmend mit feinsten Partikeln angereichert werden. Es folgt dann schlickiger Sand, sandiger Schlick und schließlich Schlick. Reiner Schlick ohne Sandanteil wurde im Zentralteil der Mecklenburger Bucht und der Lübecker Bucht ab etwa 24 m angetroffen. Für die Besiedlung und Auswahl eines Sediments ist nach Thorson 1957 nicht nur die Korngrößenverteilung, sondern ebenso der Gehalt an organischer Substanz, die Härte und Schärfe des Sediments, also Korngröße, Form der Partikel und Wassergehalt, die Bindigkeit, die Bodentemperatur, der Sauerstoffgehalt des Bodenwassers und die Lage des H_2S-Spiegels von Bedeutung. Korngröße und Wassergehalt sind gewöhnlich eng korreliert. Der Wassergehalt des Sediments nimmt mit der Abnahme der Korngröße zu, die Härte des Sediments mit steigendem Wassergehalt ab. Die Härte ist von der Form der Teilchen, von ihrer Verschiebbarkeit gegeneinander abhängig. Die Härte des Sediments ist für die Infauna, besonders für die vagilen Tiere von Bedeutung. Je härter das Sediment ist, desto mehr Kraft muß das Tier aufwenden, um sich in ihm fortzubewegen. Gröbere Sedimente sind deshalb immer deutlich ärmer an vagilen Infaunenelementen als feinere, wenn nicht andere Faktoren begrenzend wirken. Die Bindigkeit geht auf die die feinen Teilchen umgebende Wasserhülle zurück. Diese ermöglicht eine leichte Verschiebbarkeit derselben gegeneinander. Die Schlicke im Untersuchungsgebiet sind zum Teil sehr bindig. Mit zunehmendem Wassergehalt werden die Sedimente immer weicher, flüssiger und weniger bindig, die Grenze zwischen Wasserkörper und Sediment ist weniger scharf. Ein derartiges Sediment bietet dem Makrobenthos schlechte Lebensmöglichkeiten, weil oberflächlich, bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Harmothoe), keine Siedlung möglich ist und den Strudlern die Nahrungsaufnahme erschwert wird. Außerdem ist die Sauerstoffzehrung in dieser Zone sehr

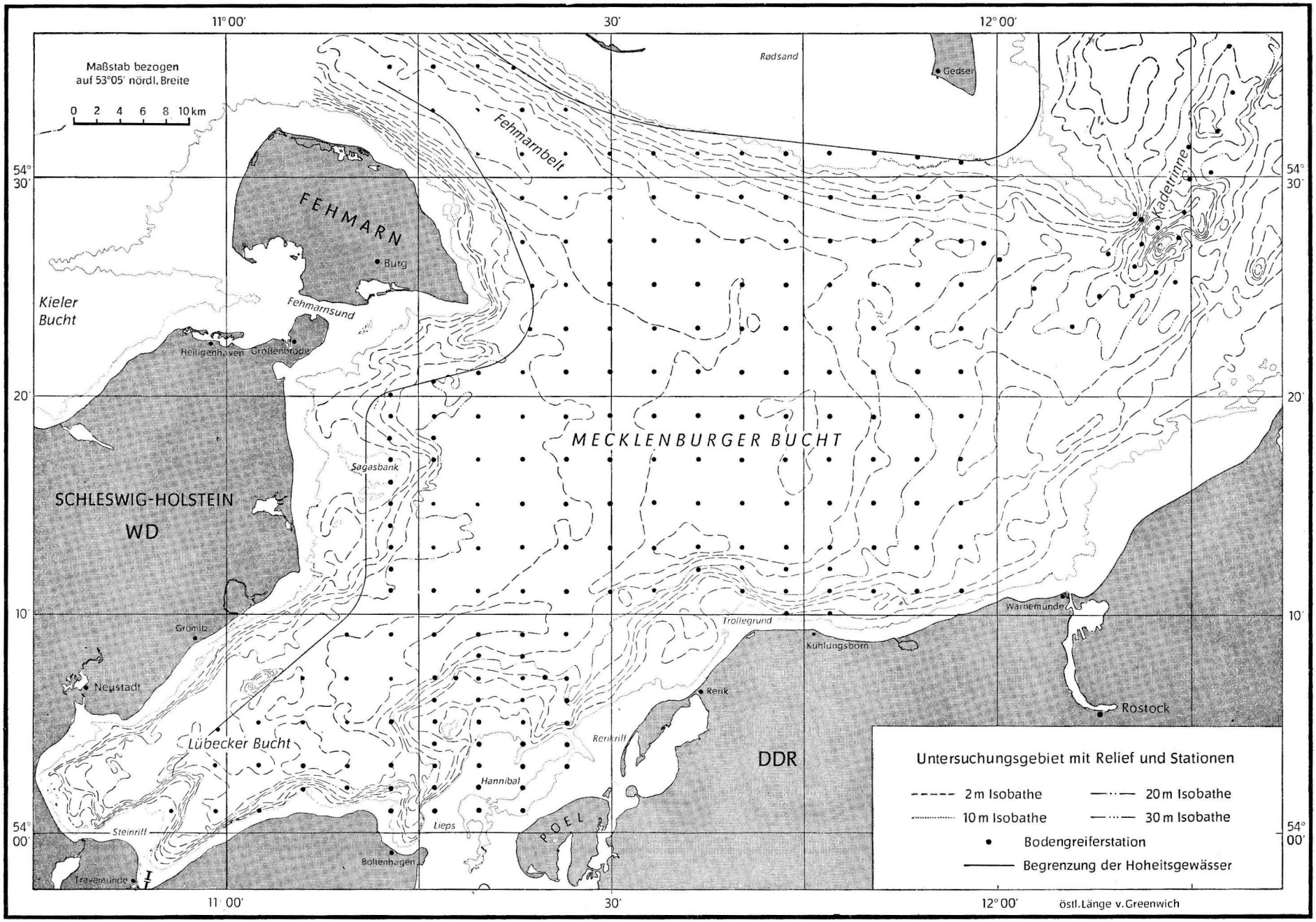

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
54° 30'
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
20'
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
10'
Grömitz
Trollegrund
Warnemünde
Kühlungsborn
Neustadt
Rerik
Rostock
Rerikriff
Lübecker Bucht
DDR
Hannibal
Steinriff
Lieps
POEL
54° 00'
Boltenhagen
Travemünde
Untersuchungsgebiet mit Relief und Stationen
2 m Isobathe
20 m Isobathe
10 m Isobathe
30 m Isobathe
Bodengreiferstation
Begrenzung der Hoheitsgewässer
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 1

groß und schränkt so von dieser Seite das Leben ein. Lockere Weichböden sind meist auf in der Tiefe ruhige Gewässer beschränkt. Sie kommen im marinen Bereich in engen windgeschützten Buchten (Kieler Förde, Eckernförder Bucht und Lübecker Bucht) oder in tiefen Mulden vor. Die Bodentemperatur gleicht sich etwa den Temperaturen in der grundnahen Wasserschicht an. Von größerer Bedeutung als die Temperatur sind für die Besiedlung der Sauerstoffgehalt des Porenwassers und die Lage des H_2S-Spiegels, die daraus resultiert. Der Gehalt des Porenwassers an Sauerstoff ist zunächst von der Lagebeständigkeit des Sediments abhängig. Sandböden, die häufig umgelagert werden, haben sauerstoffgesättigtes Porenwasser, während Schlicke schon in geringer Tiefe Sauerstoffschwund und das Auftreten der H_2S-Schicht zeigen. Dabei ist der Sauerstoffgehalt im Sediment von dem der darüber stehenden Wasserschicht abhängig. Im Sediment nimmt der Sauerstoff von der Oberfläche nach unten ab. Die Schnelligkeit der Abnahme hängt vom Detritusgehalt, von der Gegenwart von Mikroorganismen und von der Dichte der Besiedlung durch das Benthos ab. Die an organischer Substanz reichen Schlicke (bis 10%) haben eine wesentlich größere Sauerstoffzehrung als die Sande, die nur wenig organische Substanz (<1%) enthalten. Ist der Sauerstoff im Sediment verbraucht, erscheint H_2S, das durch bakterielle Tätigkeit bei O_2-Mangel, durch unvollkommene Zersetzung und Sulfatreduktion entsteht. Der Schwefelwasserstoff verbindet sich mit den im Sediment enthaltenen Eisenhydroxiden, und es entsteht schwarzes Eisensulfid, das den im Gebiet gefundenen Schlicken die typische Farbe verleiht. Der Sauerstoff reicht im Sediment anscheinend so weit, wie die braune, oberflächlich oxydierte Schicht. Da das H_2S sehr giftig ist, können nur solche Tiere im Sediment existieren, die nicht aus der vergifteten Schicht ihr Atemwasser und ihre Nahrung entnehmen. Steigt der H_2S-Spiegel über das Sediment, ist dem Benthos die Lebensmöglichkeit genommen.

Die von Schulz 1966 angegebene Sedimenteinteilung soll in dieser Arbeit durch die von Kolp 1966 ersetzt werden. Dies geschieht aus folgenden Erwägungen. Die erstgenannte Einteilung zieht zur Unterscheidung der Sedimente, neben der zugrunde liegenden Korngrößen- und Feuchtebestimmung, biologische Verbreitungsdaten und autökologische Fakten heran. Zum Beispiel bewog die Verteilung von *Astarte* mich dazu, den Grobschlick (Kolp) zum sandigen Schlick zuzuschlagen. Dies mag für das Gebiet gerechtfertigt erscheinen, doch ist es unumgänglich, eine einheitliche Sedimenteinteilung zugrunde zu legen, die frei von biologischen Größen ist. Im anderen Falle wäre es nötig, für das Arkonabecken oder einen anderen Teil der Ostsee, der andere hydrographische Bedingungen und damit unter Umständen eine andere Besiedlung hat, eine neue Einteilung zu schaffen. Die Gedankengänge, die zur folgenden Sedimenteinteilung führten, sind bei Kolp 1966 eingehend diskutiert. Deshalb sollen die Sedimente an dieser Stelle nur sehr kurz charakterisiert werden.

Sand

Unter den Begriff Sand sind die klastischen Sedimente, also Kies, Grob-, Mittel- und Feinsand, die im Gebiet angetroffen wurden, zusammengefaßt. Sie enthalten nicht mehr als 5% Bestandteile, die geringere Durchmesser als 0,063 mm haben. Der Feuchtegehalt beträgt 10—25%, und organische Substanz ist weniger als 1% enthalten.

Schlickiger Sand

5—25% der Teilchen haben geringeren Durchmesser als 0,063 mm. Die Feuchte beträgt 25—40%.

Sandiger Schlick

25—45% der Sedimentteilchen haben einen kleineren Durchmesser als 0,063 mm. Der Gehalt an organischer Substanz ist ähnlich wie beim schlickigen Sand mit 2—4% angegeben. Die Feuchte beträgt 25—40%. Beide Sedimente sind sehr bindig und weisen eine reiche Infauna auf.

Schlick

Als Schlick werden die Sedimente zusammengefaßt, bei denen mehr als 45% der Teilchen in der Schlufffraktion liegen. Im einzelnen werden dann im Gebiet Grobschlick (45—80% kleiner als 0,063 mm), Mittel- bis Grobschlick (80—90% kleiner als 0,063 mm) und Mittelschlick (95% und darüber kleiner als 0,063 mm) unterschieden. Organische Substanz konnte von 4—9% nachgewiesen werden. Der Wassergehalt beträgt 50—75%. Das Sediment ist je nach Fundort in seiner Erscheinungsform sehr variabel. In der Tiefe meist mehr oder weniger stark nach H_2S riechend, ist es oberflächlich mit einer 2—5 cm starken rostbraunen bis olivgrünen lockeren Schicht bedeckt.

3.4. Hydrographie

Wie eingangs schon erwähnt, führten die komplizierten, häufig wechselnden hydrographischen Verhältnisse, die dem Seegebiet einen ästuarinen Charakter verleihen, dazu, die Beltsee als ein Übergangsgebiet von der Ostsee im engeren Sinne abzutrennen. Im folgenden sollen diese Verhältnisse sehr stark vereinfacht umrissen werden: Als Zahlenmaterial liegen den Untersuchungen eigene Messungen während der Probenentnahme, Arbeiten von KÄNDLER 1953 und DIETRICH 1950 und die Beobachtungen der Feuerschiffe Fehmarnbelt 1958 bis 1963 und Gedser Rev 1959 bis 1963 zugrunde. Diese, an beiden Seiten des Untersuchungsgebietes liegenden, kontinuierlich messenden Stationen geben einen guten Überblick über die während der Untersuchungsperiode herrschenden Verhältnisse. Da der größte Teil des Areals zwischen diesen beiden Meßpunkten liegt und in diesem Gebiet kein größerer Süßwassereinfluß besteht, können die Werte als Maximum und Minimum angesehen werden, zwischen denen sich die Werte im Untersuchungsgebiet bewegen. Diese Vermutung ließ sich durch eigenes Zahlenmaterial belegen. Für die Temperatur- und Sauerstoffverhältnisse ist diese Überlegung nicht zutreffend.

Die Situation im Untersuchungsgebiet wird durch die Verschiebung verschiedener Wasserkörper bestimmt. Es sind dies das brackige Ostseewasser, die sogenannte Beltseefront mit schon salzhaltigerem Mischwasser und schließlich in der Tiefe das salzreiche Kattegatwasser. Die Verlagerung dieser Wasserkörper beruht darauf, daß der Süßwasserzufluß in die Ostsee größer ist als die Verdunstung und so ein ständiger Ausstrom von brackigem Wasser durch die Zugänge der Ostsee herrschen muß. Diesem ständigen Ausstrom läuft in der Tiefe ein Einstrom von salzreichem, dichterem Wasser entgegen, durch den die typischen Schichtungsverhältnisse erzeugt werden. Die aus diesen Kräften resultierende Wasserbewegung wird als Gradientströmung bezeichnet, sie geht auf Dichteunterschiede zurück. Neben dem Süßwasserzufluß spielen die Windverhältnisse für die Austauschvorgänge zwischen Ost- und Nordsee eine Rolle. Sie überdecken in den meisten Fällen den ursprünglichen Charakter des Aus- und Einstroms und führen zu sehr instabilen Verhältnissen, sowohl aus hydrographischer als auch aus biologischer Sicht gesehen. Es entstehen die sogenannten Gefälleströmungen, die auf staubedingte Wasserstandsschwankungen zurückgehen. Die etwa jedes Jahr wiederkehrenden Verhältnisse sind folgende. Im Winter ist, bedingt durch den geringen Süßwasserzufluß, der Ausstrom entsprechend gering. Der Salzgehalt erreicht daher an der Oberfläche sein Maximum, dagegen tritt in der Tiefe relativ eine Erniedrigung ein. Durch häufig wechselnde Wetterlagen kommt es zu reger Wirbeltätigkeit. Die Salzgehalts- und Temperaturgradienten sind schwach. Im Frühjahr und Frühsommer nimmt der Ausstrom infolge der durch Schneeschmelze stärkeren Flußwasserzufuhr zu, damit verbunden auch der Einstrom am Grund. Es bildet sich eine Sprungschicht. Außer dieser Salzgehaltssprungschicht kommt es durch stärkere Erwärmung des Oberflächenwassers zur Ausbildung einer Temperatursprungschicht. Im Mai bis Juni wird an der Oberfläche das Salzgehaltsminimum erreicht. Der Ausstrom hat seine größte Mächtigkeit. Beim Gedser-Rev-Feuerschiff sinkt der Salzgehalt auf 8—12‰ ab. Die Schicht salzreichen Wassers wird stark abgetragen. Im Herbst herrschen ähnliche Ver-

hältnisse wie im Winter. Allgemein kann man sagen, daß im Herbst und Winter Gefälleströmungen vorherrschen, während vor allem im Frühjahr und Sommer Gradientströme zu verzeichnen sind.

Salzgehalt

Je nach der Jahreszeit und der vorherrschenden Wetterlage variieren die Salzgehaltsverhältnisse im Untersuchungsgebiet, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, erheblich. Diese Unterschiede sowohl an der Oberfläche als auch in der Tiefe sind für die Ausbildung einer für das Gebiet spezifischen Fauna und Flora verantwortlich.

Im Fehmarnbelt betrug der Salzgehalt an der Oberfläche in den Jahren 1958 bis 1963 9—20‰ und am Boden bei etwa 28 m Tiefe 15—32‰. Beim Gedser-Rev-Feuerschiff, am östlichen Ausgang des Untersuchungsgebiets, schwankt er in den Jahren von 1959 bis 1963 von 9—15‰ an der Oberfläche und von 15—30‰ in der Tiefe, der tiefste Meßpunkt lag hier bei 20 m. Stellt man die Mittelwerte der Jahre 1958 bis 1963 vom Fehnmarnbelt-Feuerschiff und der Jahre 1959 bis 1963 vom Gedser-Rev-Feuerschiff gegenüber, so überrascht der geringe Unterschied zwischen den Werten (s. Tabelle).

Salzgehalt in Abhängigkeit von der Tiefe:

	0 m	10 m	20 m	Boden
Gedser Rev	10,6‰	12,1‰	18,7‰ (17‰)	
Fehmarnbelt	12,9‰	15,3‰	21,0‰	24,0‰

Dazu muß bemerkt werden, daß das Salzgehaltsmittel beim Gedser Rev für 20 m Tiefe in normalen Jahren um 17‰ schwankt. 1963 fand in den Sommermonaten ein Einschub von sehr salzreichem Wasser statt, so daß die Mittelwerte in den Monaten Juni bis September über 27‰ stiegen. Dadurch wurde das Jahresmittel auf 23,6‰ und gleichzeitig der Durchschnittswert 1959 bis 1963 erhöht. Da das Untersuchungsgebiet nur unbedeutende Süßwasserzuflüsse hat, bewegen sich die Salzgehaltswerte etwa zwischen den beiden Ausgangswerten der entsprechenden Tiefen. Das Gebiet ist nach dem 1958 in Venedig vorgeschlagenen System in den (mixo)-α-mesohalinen bis (mixo)-polyhalinen Bereich einzugruppieren. Dieser Bereich umfaßt Salzgehalte von 10 —18 und von 18—30‰. Die starke Schichtung und die häufig wechselnden Verhältnisse erschweren eine Zuordnung zu den einzelnen Gruppen sehr.

Temperatur

Die Temperatur ist, wie es von einem so flachen Seegebiet nicht anders zu erwarten ist, von der Jahreszeit stark abhängig. Je nach der Härte des Winters sinken die Temperaturen in der Beltsee an der Oberfläche und in der Tiefe auf 0—3 °C ab. Im Frühjahr bildet sich durch die Erwärmung des Oberflächenwassers eine Temperatursprungschicht aus, die die Salzgehaltsschichtung verstärkt. Im Sommer steigen die Temperaturen an der Oberfläche auf 16—18 °C an. Am Boden werden bis zu 11° im Westteil und bis zu 15° im flacheren Ostteil erreicht. Im Herbst kommt es an der Oberfläche zur allmählichen Abkühlung, der das Bodenwasser erst langsam folgt. Dieses allgemein gezeichnete Bild der Temperaturverhältnisse kann durch Einschübe anders temperierter Wasserkörper außerordentlich kompliziert werden.

Sauerstoff

In Abhängigkeit von der Tiefe wurden im Untersuchungsgebiet während der Probenentnahme im Frühjahr Sättigungswerte von 70—110% festgestellt. Diese Tatsache läßt sich dadurch erklären, daß das in der Mecklenburger Bucht angetroffene Tiefenwasser abgesunkenes Oberflächenwasser aus dem Kattegat und der nördlichen Beltsee ist. Durch den ständigen Einstrom wird es ständig erneuert, und es kommt so während des ganzen Jahres

zumindest im Durchstromgebiet zu keiner wesentlichen Verschlechterung der Sauerstoffverhältnisse. Der Sauerstoffgehalt ist demnach für den größten Teil des Gebietes kein begrenzender Faktor. Für die Wasserschicht über dem Sediment in der Lübecker Bucht und im Zentralteil der Mecklenburger Bucht muß das Gesagte allerdings stark eingeschränkt werden. In diesen Gebieten, besonders in der Lübecker Bucht, kommt es offenbar unmittelbar über dem Sediment, wenigstens zeitweilig, zu starker Zehrung, die bis zum absoluten Sauerstoffschwund führen kann. Im Sommer 1965 wurden in diesem Gebiet dicht über dem Sediment (etwa 10 cm) Wasserproben mit einem Spezialgerät geschöpft. Sie enthielten im Durchschnitt 40% des Sauerstoffsättigungswertes. Sicher liegt aber eine Mikroschichtung vor, so daß unmittelbar im und über dem Sediment im Herbst und Sommer die Werte noch niedriger sind. Sie könnten dadurch für die Verbreitung der Bodentiere von Bedeutung sein.

Schwefelwasserstoff

Schwefelwasserstoff konnte im Schlick in unterschiedlicher Tiefe immer nachgewiesen werden. Ob sich der H_2S-Spiegel auf extremen Weichböden, wie z. B. in der Lübecker Bucht, zeitweilig über dem Sediment befindet, war nicht festzustellen.

Strömungen

Die Strömungen in der Beltsee sind, wie bereits erläutert, vor allem von der herrschenden Wetterlage abhängig. Oberflächlich auslaufendes Ostseewasser und in der Tiefe eindringendes dichteres Wasser bestimmen den Strömungscharakter der Beltsee, also zwei gegensinnige Strömungen. Dabei ist der Oberflächenstrom viel stärker vom Wetter abhängig als der in der Tiefe, der lediglich bei Großwetterlagen beeinflußt wird. Damit ergibt sich, daß an der Oberfläche je nach der Windrichtung der Strom ein- oder ausläuft, während am Grunde fast immer Einstrom herrscht. Der Hauptstrom läuft nach Untersuchungen von DIETRICH 1950 zwischen dem Fehmarnbelt und der Kadetrinne. Aus dieser Bewegung resultieren auch alle übrigen in der Mecklenburger Bucht, die, je nach geographischer Lage abgeschwächt, in den einzelnen Gebieten zur Wirkung kommen. Verhältnismäßig enge Buchten, die eine Randlage einnehmen, sind aus diesem Grunde schwächer durchströmt. Wie DIETRICH und WEIDEMANN 1952 nachwiesen, ist das zum Beispiel in der Lübecker Bucht der Fall. Es kommt zu kreisenden Randströmungen, die auch für die Mecklenburger Bucht anzunehmen sind und die die zentralen Teile nicht berühren, so daß in diesen Gebieten auch bei stärkeren Winden die Strömung über dem Grund gering ist. Messungen von DIETRICH und WEIDEMANN und dem Institut für Meereskunde im Zentralteil der Lübecker Bucht bestätigten diese Annahme.

Die Strömungen haben für meeresbiologische Untersuchungen große Bedeutung, da sie mit dem Transport der Wasserkörper den der Bodentierlarven übernehmen.

4. Das Makrobenthos im Untersuchungsgebiet

MOLLUSCA

Prosobranchia

Fam. Buccinidae
Buccinum undatum L.
Neptunea antiqua L.

Fam. Nassidae
Nassa reticulata L.

Fam. Rissoidae
Onoba striata J. ADAMS
Rissoa inconspicua ALDER

Fam. Littorinidae
Littorina littorea L.
Littorina obtusata L.

Fam. Lacunidae
Lacuna divaricata FABRICIUS
Hydrobia ulvae PENNANT
Hydrobia stagnorum GMELLIN

Opisthobranchia

Retusa obtusata MONTAGU

Bivalvia

Fam. Nuculidae
Nucula nucleus L.
Fam. Mytilidae
Mytilus edulis L.
Musculus discors L.
Musculus niger
Fam. Astardidae
Astarte borealis Chemnitz
Astarte elliptica Brown
Astarte montagui Dillwyn
Fam. Cyprinidae
Cyprina islandica L.
Fam. Montacutidae
Montacuta bidentata Montagu
Fam. Cardiidae
Cardium fasciatum Montagu
Cardium edule L.
Fam. Semelidae
Scrobicularia plana Costa
Abra alba Wood
Fam. Tellinidae
Macoma baltica L.
Macoma calcarea Chemnitz
Fam. Solenidae
Phaxas pellucidus Pennant
Fam. Saxicavidae
Saxicava arctica L.
Fam. Aloididae
Aloides gibba Olivi
Fam. Myidae
Mya arenaria L.
Mya truncata L.

POLYCHAETA

Errantia

Fam. Polynoidae
Harmothoe imbricata L.
Harmothoe sarsi Kinberg
Fam. Phyllodocidae
Anaitides mucosa Bergström
Eteone longa Fabricius
Fam. Hesionidae
Castilia punctata Müller
Fam. Nereidae
Nereis diversicolor O. F. Müller
Fam. Nephtydidae
Nephthys ciliata Müller
Nephthys caeca Fabricius

Sedentaria

Fam. Orbiniidae
Scoloplos armiger Müller
Fam. Spionidae
Spio filicornis Örsted
Polydora ciliata Johnston
Pygospio elegans Clarapede
Fam. Disomidae
Disoma multisetosum Örsted
Fam. Paraonidae
Arcicidea suecica Eliason
Paraonis gracilis Tauber
Fam. Opheliidae
Travisia forbesi Johnston
Ophelia limacina Rathke
Fam. Chloraemidae
Stylarioides plumosus Müller
Fam. Scalibregmidae
Scalibregma inflatum Rathke
Fam. Arenicolidae
Arenicola marina L.
Fam. Capitellidae
Capitella capitata Fabricius
Fam. Maldanidae
Rhodine loveni Malmgren
Fam. Amphictenidae
Pectinaria koreni Malmgren
Fam. Ampharetidae
Ampharete grubei Malmgren
Amphicteis gunneri Sars
Fam. Cirratulidae
Chaetozone setosa Malmgren
Fam. Terebellidae
Terebellides strömi Sars
Artacama proboscidae Malmgren
Neoamphitrite figulus Dalyell
Fam. Sabellidae
Euchone papillosa Sars

PRIAPULIDA

Priapulus caudatus Lamarck
Halicryptus spinulosus v. Siebold

CRUSTACEA

Cirripedia
Balanus crenatus Brug.
Cumacea
Diastylis rathkei Kröyer
Amphipoda
Bathyporeia pilosa Lindström

Pontoporeia femorata KRÖYER
Phoxocephalus holbölli KRÖYER
Microdeutopus gryllotalpa COSTA
Corophium volutator PALLAS
Isopoda
Idothea baltica PALLAS
Jaera albifrons LEACH
Mysidacea
Gastrosaccus spinifer GOES
Praunus flexuosus O. F. MÜLLER
Crangonidae
Crangon crangon L.
Paguridae
Eupagurus bernhardus L.
Portunidae
Carcinus maenas L.

ECHINODERMATA

Ophiura albida FORBES
Asterias rubens L.

TUNICATA

Ascidiacea
Dendrodoa grossularia v. BENEDEN

5. Die Besiedelung des Sediments

5.1. Sand

Die küstennahen Grundflächen im Untersuchungsgebiet bestehen vorwiegend aus klastischem Sediment. Wie bei der Charakterisierung der Sedimente schon kurz erwähnt, nimmt der feinkörnige Anteil des Sediments mit der Tiefe zu. Eine Ausnahme in dieser Hinsicht bilden stark durchströmte Areale, wie z. B. der Fehmarnbelt, der auch in größeren Tiefen noch sandige Sedimente aufweist. Eine allgemeine tiefenmäßige Begrenzung der Sande läßt sich schlecht geben, da das Untersuchungsgebiet strömungsmäßig und seine Exposition gegenüber der Wellenbewegung sehr unterschiedlich ist. So findet man westlich von Kühlungsborn an der Bugspitze schon in 10 m Tiefe Feinsand, im übrigen Gebiet tritt Feinsand erst bei etwa 14—16 m Tiefe auf. Eine große Bedeutung bei der tiefenmäßigen Verteilung kommt sicher auch dem Bodenbewuchs zu. So wurde zwischen Seegrassiedlungen oftmals Feinsand angetroffen.

Da die klastischen Sedimente je nach der Tiefe, in der sie sich befinden, mehr oder weniger stark umgelagert werden, müssen die Bewohner dieses Biotops in besonderer Weise angepaßt sein. Man unterscheidet zwischen dem Epipsammon, den Bewohnern auf dem Sediment, dem Endopsammon, Arten der Makrofauna, die im Sediment leben, und dem Mesopsammon, Arten der Mikrofauna, die das Sandlückensystem bevölkern. Die letztere Gruppe mußte unberücksichtigt bleiben, weil sich eine Bearbeitung im Rahmen der Themenstellung nicht ermöglichen ließ. Dabei soll allerdings in keiner Weise die große Wichtigkeit der Mikrofaunenelemente für die Charakterisierung gerade der Sandbodenbiozönosen verkannt werden.

Der Sand ist im Untersuchungsgebiet außerordentlich spärlich besiedelt, was das Epipsammon anbetrifft. Das hängt in großem Maße davon ab, wie stark das Sediment bewegt wird, denn viele Arten des Epipsammon vertragen eine Sandbedeckung nicht. Die Sortierung des Sediments wechselt oftmals sehr stark. Es konnte beobachtet werden, daß bei der Entnahme der drei Greiferproben auf einer Station drei unterschiedliche Sande gefördert wurden. Für die einzelnen Sandproben ergaben sich oftmals erhebliche Unterschiede in der Besiedlung, die natürlich in die Durchschnittswerte mit eingehen. Diese Unterschiede sind zu einem bestimmten Teil auf die natürliche Streuung der Individuen, z. B. durch Nestbildung, zurückzuführen.

5.1.1. Grobsand

Der Grobsand stellt das im Untersuchungsgebiet gröbste Sediment dar. Es wurde auf dem Hannibal auf der Sagasbank und in Küstennähe allgemein um 10 m Tiefe angetroffen. Dabei waren die Anteile der übrigen Sandkomponenten an den einzelnen Stationen sehr unterschiedlich.

Die Epifauna wird vor allem durch *Mytilus edulis* gebildet. Die Muscheln benutzen eine andere Muschelschale oder einen größeren Kiesel als Grundlage und heften sich daran mit ihren Byssusfäden fest. Durch ständigen Nachbesatz kommt es zur Ausbildung ansehnlicher Nester. Diese Muschelhaufen wiederum ermöglichen die Ansiedlung von anderen Tieren, so z. B. *Balanus crenatus*, der immer auf *Mytilus* anzutreffen war. In dem Muschelknäul waren *Macoma baltica*, *Cardium edule* und häufig auch juvenile *Mya arenaria* eingesponnen. Die Grundlage für eine derartige Siedlung schienen oftmals auch Algen, z. B. *Furcellaria* oder *Ceramium*, gewesen zu sein. Im Untersuchungsgebiet reichten bis in diese Tiefe (etwa 10 m) die unteren Seegraswiesen mit *Fucus serratus* und *F. vesiculosus*, *Furcellaria* spec., *Delesseria sanguinea*, *Ceramium* spec. u. a. Diese unteren Seegraswiesen bilden keine geschlossene Bewuchsdecke, sondern lassen Sandflächen frei, die in dieser Tiefe meist aus Grob- bis Mittelsand bestehen. In größeren Tiefen oder dem anschließenden Gebiet geht der Bewuchs vollkommen zurück, es treten nur noch am Boden flottierende Rotalgenflächen auf. Handelt es sich um unreinen Grund, so sind natürlich die Steine bis in größere Tiefen gut bewachsen. Dieser Übergang vom Phytal zu den reinen Sandflächen kommt auch in der Fauna zum Ausdruck. Zahlreiche Vertreter des Phytals, die sich allerdings auch auf Sanden ernähren können, wurden gefunden. Als Vertreter möchte ich *Littorina littorea*, *L. obtusata*, *Hydrobia ulvae*, *H. stagnorum*, *Rissoa inconspicua*, *Lacuna divaricata* und selten *Retusa obtusata* erwähnen. Die beiden *Littorina*-Arten treten immer, aber nur in geringer Zahl (weniger als 5), auf. Dagegen kommen die beiden *Hydrobia*-Arten stellenweise massenhaft vor. Dabei übertrifft *Hydrobia ulvae* *H. stagnorum* zahlenmäßig. Anscheinend werden die Hydrobien in dieser Tiefe zusammengetrieben. Anhäufungen dieser Gattung (meist allerdings schon toter Tiere) traten dort auf, wo im Sediment eine starke Feinkiesfraktion (6,3—2,0 mm Korndurchmesser) angetroffen wurde, so z. B. auf dem Hannibal und bei Boltenhagen in der Lübecker Bucht. Die beiden kleinen Schnecken sind auf allen küstennahen flachen Stationen im Untersuchungsgebiet gefunden worden. *Lacuna divaricata*, *Rissoa inconspicua* und *Retusa obtusata* kamen nur sehr selten vor. Bei den besprochenen Schnecken handelt es sich bis auf *Retusa*, die Substratfresser ist und gelegentlich auch Pflanzenmaterial frißt, um Weidegänger, die Großalgen beweiden, aber auch die Diatomeen von Sandkörnern abnagen. Einige Male wurden auch *Idothea baltica* und *Jaera albifrons*, typische Phytalformen, auf sandigem Grund gefunden. Vertreter des Epipsammon sind von den Crustaceen *Crangon crangon*, *Carcinus maenas*, *Gastrosaccus spinifer* und *Praunus flexuosus*. Besonders *Crangon* und *Gastrosaccus*, die sich in den Sand einwühlen können, sind in der Lage, sich farblich sehr gut dem Untergrund anzupassen. Beide sind auf den reinen Sandflächen heimisch. *Carcinus maenas* ist wie *Littorina* und *Hydrobia* euryök und lebt sowohl im Phytal, an Hafenbauten und Steinen als auch auf Sandflächen.

Von den Polychaeten muß man *Eteone longa* und *Harmothoe* spec. zum Epipsammon rechnen. Beide sind gute Schwimmer und gehen auch zeitweilig ins freie Wasser. Sie haben daneben die Gewohnheit, sich in den Sand einzugraben. Ihre Nahrung, kleine Polychaeten und Würmer, erbeuten sie auf dem Sediment.

Das Endopsammon setzt sich vorwiegend aus Arten der Makrofauna zusammen. Sie leben ausschließlich hemisessil, so z. B. Krebse, Polychaeten, Muscheln, wenige Polychaeten, darunter *Nephthys* und *Scoloplos*, vagil. Die Tiere müssen bei ihrer Fortbewegung im Sediment die Sandkörner verschieben, dazu ist eine gewisse Kraft und Größe erforderlich. Der Weichboden verlangt den vagilen Tieren viel weniger in dieser Beziehung ab, deshalb sind darin euryöke Formen auch in wesentlich größerer Zahl zu finden. Das Endopsammon läßt sich biologisch in drei Typen trennen, die Sandlieger, die Röhrenbauer und die Vagilen (Remane 1940).

Die Sandlieger werden durch Muscheln und Krebse repräsentiert. Diese Tiere liegen fest im Sand und nehmen hier in der Ruhelage ihre Nahrung auf. Im Grobsand ist die Muschelfauna sehr spärlich. Sie wird durch *Macoma baltica*, *Cardium edule* und *Mya arenaria* gebildet.

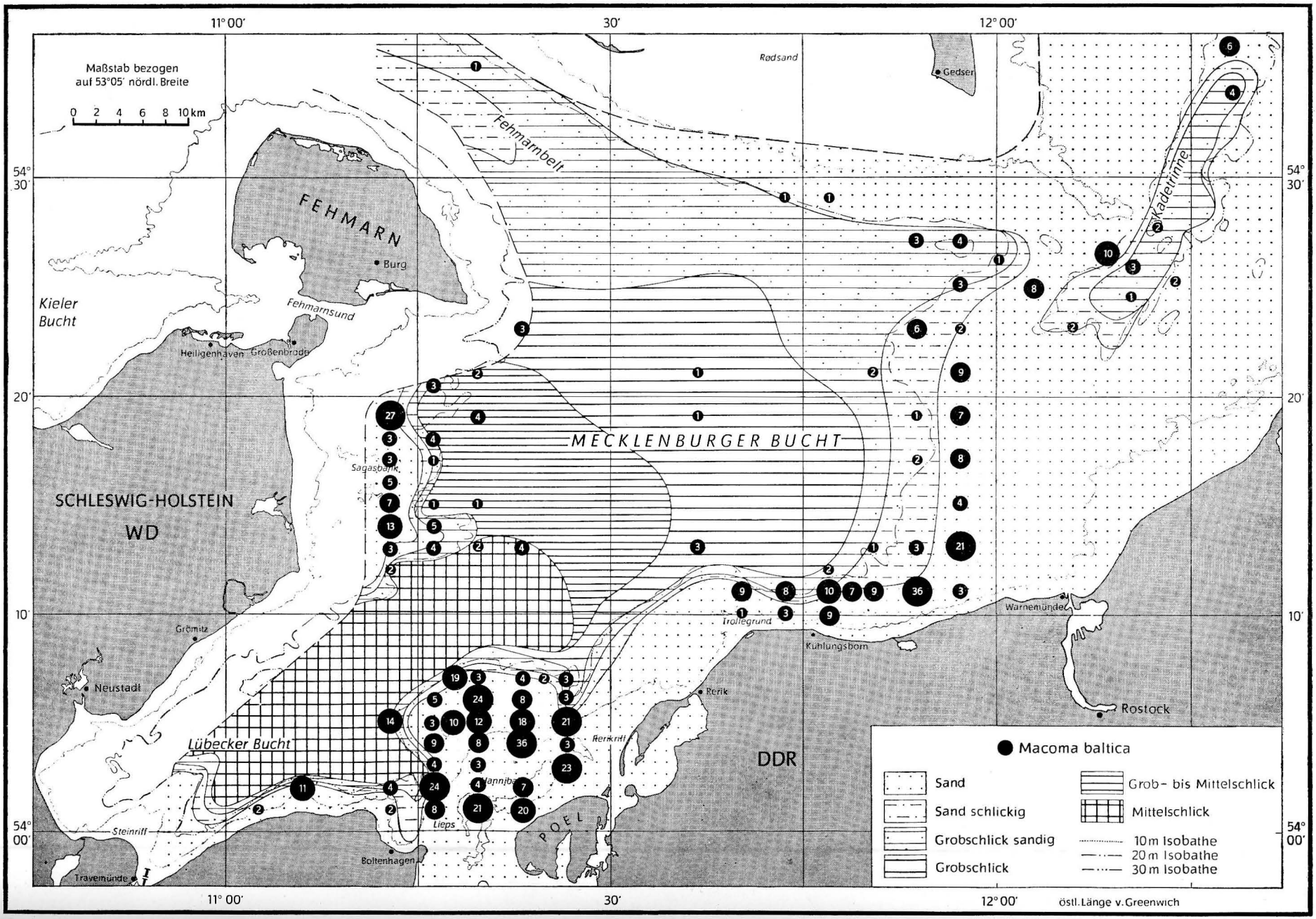

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhafen
Großenbrode
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Trollegrund
Warnemünde
Kühlungsborn
Grömitz
Neustadt
Rerik
Rostock
Lübecker Bucht
Rerikriff
DDR
Steinriff
Lieps
Boltenhagen
Travemünde
POEL
54° 30'
20'
10'
54° 00'
Macoma baltica
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10m Isobathe
20m Isobathe
30m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 2

Meist wurden nur kleine Exemplare gefunden. Diese geringe Größe läßt sich dadurch erklären, daß die stark bewegten Sande auch den eingegrabenen Tieren erschwerte Lebensbedingungen schaffen (durch Verschieben oder auch Ausspülung, Verfrachtung). Hinzu kommt, daß die Muscheln und Krebse eine komplizierte Nahrungsaufnahme haben, die bei bewegtem Sediment unterbrochen werden muß. Bei *Cardium* und *Mya* handelt es sich um Strudler, während *Macoma* Detritus abpipettiert. Bei bewegtem Sediment würden die Tiere sicher zu viel Sand mit aufnehmen und ihre Filtervorrichtungen verunreinigen.

Von den Amphipoden trat sehr vereinzelt *Bathyporeia* im Grobsand auf.

Die zweite Gruppe, die röhrenbauenden Tiere, benutzt einen Gang, der in das Sediment gegraben wird. Die Röhren sind bei den einzelnen Arten sehr verschieden in Form und Tiefe ausgebildet. Als Vertreter der Tubicolen sind im Untersuchungsgebiet vor allem Polychaeten und Crustaceen zu finden.

Der Grobsand beherbergt nur wenige Formen dieser Gruppe. An unserer Küste ist *Arenicola marina* der häufigste Polychaet. *Arenicola* baut U-förmige Röhren in den Sand, die bei erwachsenen Tieren bis 30 cm tief ins Sediment gehen können. Erwachsene Tiere sind deshalb mit dem Bodengreifer nicht zu erbeuten, es konnten lediglich einige juvenile gefangen werden. *Arenicola* ist vom Eulitoral bis in das untere Sublitoral verbreitet. Sie ist an Sand gebunden.

Auf dem Hannibal trat im Grobsand besonders *Nereis diversicolor* auf. Dieser Polychaet lebt im Phytal und wurde in den lockeren Seegrasflecken auf dem Hannibal erbeutet. Krüger und Meyer 1937 beschreiben ihn ebenfalls für dieses Gebiet. In größerer Tiefe konnte *Nereis* nicht mehr nachgewiesen werden. *Nereis* kann eine verzweigte, bis 20 cm tiefe Röhre bauen, ist also mit dem Bodengreifer auch nicht quantitativ zu erfassen.

Vereinzelt wurde *Pygospio elegans* im groben Sand gefunden. Der kleine Polychaet baut eine Röhre, die er mit Sandkörnern austapeziert. *Pygospio* erreicht in feineren Sanden wesentlich höhere Individuenzahlen.

Die vagilen Tiere des Endopsammon sind im Untersuchungsgebiet fast ausschließlich Polychaeten. Sie bewegen sich im Sand wühlend oder durch das Sediment fressend vorwärts.

Euryöke Vertreter dieser Gruppe sind *Scoloplos armiger*, *Nephthys ciliata* und *N. caeca*. Diese drei Arten kommen in fast allen Sedimenten vor. *Scoloplos* ist Sedimentfresser, die *Nephthys*-Arten ernähren sich räuberisch. Typisch für das vagile Endopsammon des Grobsandes waren nur die beiden Opheliiden *Ophelia limacina* und *Travisia forbesi*. Sie erreichten hier ihre größten Individuenzahlen. *Ophelia* wurde vereinzelt auch in feinerem Sediment angetroffen. Beide Arten ernähren sich von Substrat, sie fressen sich praktisch durch das Sediment hindurch. Beide Arten wurden auf dem Hannibal und auf der Sagasbank gefunden. Als einziger Oligochaet trat im Grobsand fast immer *Paranais litoralis* auf.

Stetigkeit einiger Arten	Grobsand, untersucht wurden 16 Stationen	
Macoma baltica	81%	13/16
Scoloplos armiger	75%	12/16
Cardium edule	44%	7/16
Travisia forbesi	31%	5/16
Halicryptus spinulosus	19%	3/16
Aricidea suecica	19%	3/16
Nephthys ciliata	19%	3/16
Pygospio elegans	6%	1/16
Abra alba	6%	1/16

5.1.2. Mittelsand

Die Sande, in denen die Mittelsandfraktion dominiert, zeigen gegenüber den Grobsanden allgemein noch keine deutliche Arten- und Individuenzunahme. Diese Feststellung betrifft

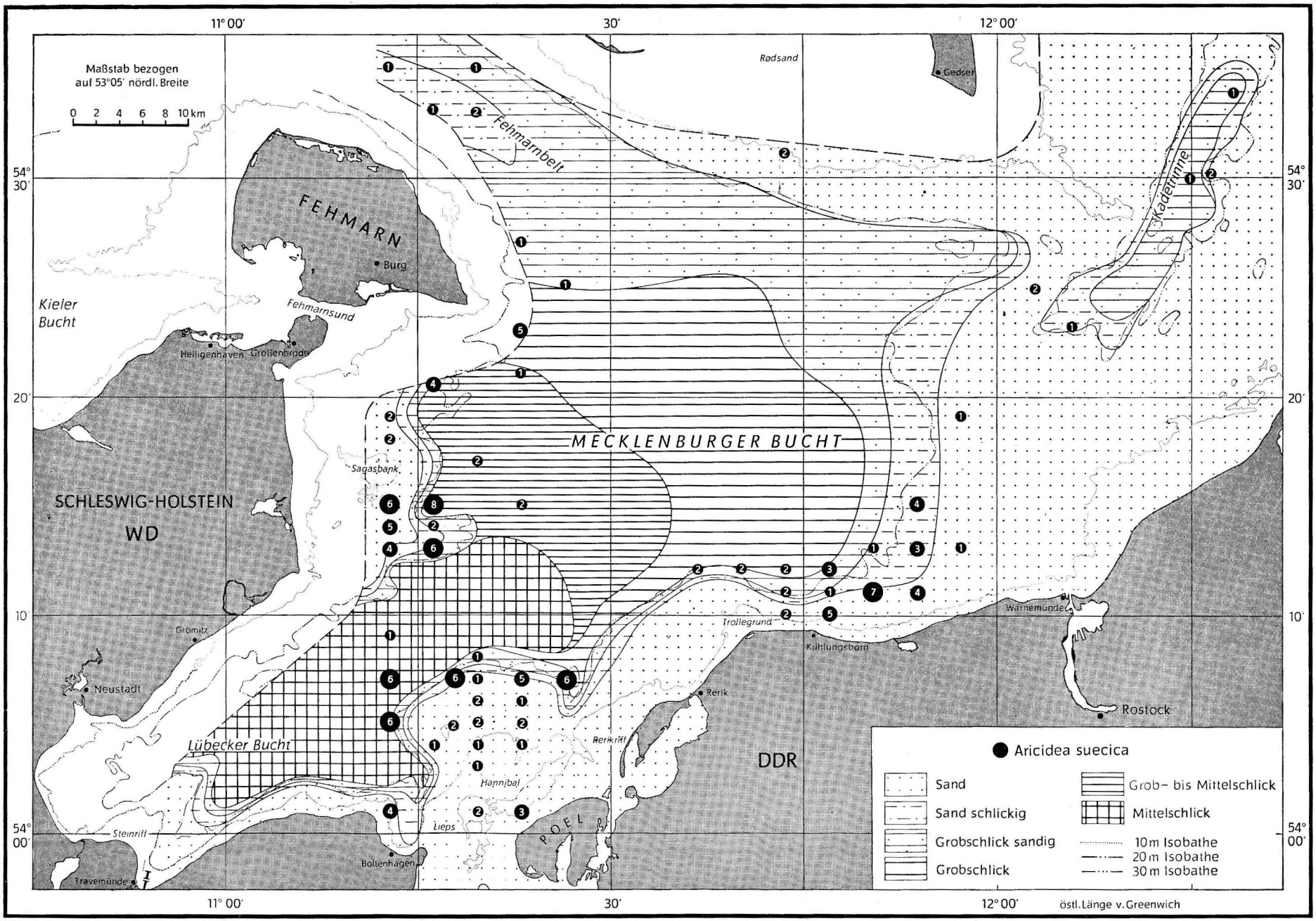

11° 00′
30′
12° 00′
Maßstab bezogen
auf 53°05′ nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
54° 30′
20′
10′
54° 00′
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
Rerik
Rerikriff
Lübecker Bucht
Hannibal
DDR
Steinriff
Lieps
POEL
Boltenhagen
Travemünde
Aricidea suecica
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 3

das Epipsammon und das Endopsammon. Das Epipsammon setzt sich wie beim Grobsand vor allem aus *Mytilus edulis*, versponnen mit juvenilen Herzmuscheln und Baltischen Tellmuscheln, den beiden *Littorina*-Arten sowie Hydrobien zusammen. Während *Mytilus* etwa gleich zahlreich bleibt, treten die Individuenzahlen besonders bei den Hydrobien gegenüber dem Grobsand stark zurück. Dies könnte darauf beruhen, daß einmal der Algenbewuchs spärlicher ist, da außer einigen flottierenden Rotalgen und dem Bewuchs an eingestreuten Steinen nur reine Sandflächen zu finden sind, zum anderen sedimentieren, wie vorher bereits beschrieben, die Hydrobien an den verhältnismäßig flachen Stellen.

Ab 13 m etwa treten im Epipsammon *Astarte borealis* und *A. elliptica* erstmalig auf. Die Abundanz ist aber gering. Bei den Crustaceen des Epipsammon treten ebenfalls die Phytalformen zurück. *Carcinus maenas* wurde nicht mehr gefunden, genau so *Jaera albifrons* und *Idothea baltica*. *Crangon*, *Gastrosaccus* und *Praunus* wurden festgestellt, eine Aussage über ihre Zu- oder Abnahme ist nicht zu machen, da die Bodengreifermethodik keine quantitative Aussage für diese sehr beweglichen Tiere zuläßt. Die Polychaeten des Epipsammon sind durch *Harmothoe sarsi*, *Harmothoe imbricata* und *Eteone longa* vertreten, Vereinzelt wurden dazu *Anaitides mucosa* und *Castilia punctata* festgestellt. Diese erranten Polychaeten sind Räuber und sehr gute Schwimmer. Im Endopsammon findet man etwa die gleiche Situation vor wie beim Epipsammon. Einige Arten des Grobsandes treten zurück, dafür kommen einige neue hinzu. Während *Cardium edule* und *Mya arenaria* an Zahl nicht zunehmen und weiter nur vereinzelt vorkommen, steigt die Abundanz von *Macoma baltica* gegenüber dem Grobsand erheblich an. Dabei ist ebenso die Größenzunahme der Individuen bemerkenswert. Das trifft ebenso für *Cardium edule* zu. *Mya arenia* wurde auch hier nur in kleinen Formen gefunden. Es ist allerdings mit der angewandten Methodik nicht möglich, *Mya* quantitativ zu fangen, da die Tiere zu tief im Sediment eingegraben leben, zumal gerade auf diesem Sediment der Bodengreifer am flachsten faßt. Das gleiche trifft natürlich auch für Grobsand zu. Vereinzelt wurden *Scrobicularia plana* und *Aloides gibba* erbeutet. *Scrobicularia* gräbt sich ebenfalls tief in das Sediment ein und wurde nur durch junge Tiere in den Proben repräsentiert. *Aloides gibba* kam regelmäßig, aber in geringer Zahl (1—2) auf dem Hannibal vor. Diese Art ist nach Braun 1888 für das Gebiet als häufig angegeben. Die Muschel ist ein wichtiger Bestandteil der Plattfischnahrung und unterliegt anscheinend großen Fluktuationen. Sehr selten trat *Saxicava arctica* auf Mittelsanden vor dem Hannibal und auf der Sagasbank auf.

Von den Polychaeten bleibt *Arenicola marina* in den Mittelsandgebieten vor unserer Küste zahlreich. Neben *Pygospio elegans*, der vereinzelt angetroffen wurde, erscheint mit *Spio filicornis* ein weiterer Vertreter der Spionidae. *Spio* baut eine Röhre und tastet mit seinen beiden langen Tentakeln, mit dem Vorderende aus der Röhre ragend, die Umgebung nach Detritus ab. Die Nahrung bewegt sich in Rinnen an den Tentakeln zum Mund des Tieres. Im Mittelsand beginnt das Auftreten von *Aricidea suecica*. Der Polychaet hat im Gebiet eine große Verbreitung. Sehr selten kam *Polydora ciliata* und nur vor dem Hannibal vor.

Die Crustaceen des Endopsammon werden durch *Bathyporeia pilosa* und *Corophium volutator* vertreten. Beide Arten kamen nur vereinzelt vor. Im vagilen Endopsammon dominieren die euryöken Tiere *Nephthys ciliata* und *N. caeca* sowie *Scoloplos armiger*. Die Verbreitung von *Ophelia limacina*, als Charaktertier der Grobsande, läuft im Mittelsand aus. *Capitella capitata* kommt im Mittelsand in der gleichen Anzahl wie im Grobsand vor. Zum vagilen Endopsammon muß man auch die Priapuliden zählen. Im Mittelsand erscheint in wenigen Exemplaren *Halicryptus spinulosus*. Das Tier lebt grabend im Sand und ernährt sich räuberisch. Die Fortbewegung im Sediment erfolgt durch Vorschieben des Rüssels, seiner Verankerung, durch Aufblähen und Nachziehen des Körpers.

Stetigkeit einiger Arten	Mittelsand, untersucht wurden 14 Stationen	
Scoloplos armiger	71%	10/14
Macoma baltica	64%	9/14
Aricidea suecica	29%	4/14
Capitella capitata	21%	3/14
Cardium edule	14%	2/14
Terebellides strömi	14%	2/14
Cyprina islandica	14%	2/14
Halicryptus spinulosus	14%	2/14
Pygospio elegans	14%	2/14
Abra alba	7%	1/14
Astarte borealis	7%	1/14

5.1.3. Feinsand

Im Feinsand liegt die Hauptfraktion zwischen 0,2 und 0,1 mm. Er kommt in seiner Konsistenz dem Weichboden schon sehr nahe. Bedingt durch die geringe Größe der Körner bietet das Mesopsammal wenig Raum. Die Körner sind leichter zu verschieben und lassen so eine bessere Entwicklung des Endopsammon zu. Hinzu kommt, daß das Sediment nur noch bei sehr starker Wasserbewegung umgelagert wird, da es schon in größeren Tiefen oder in küstenfernen Bezirken abgesetzt wurde. Daneben kommt es zu einem geringen Absatz von Detritus, der zumindest beim Grobsand vollständig fehlte. Die besseren Umweltbedingungen ließen eine stärkere Besiedlung erwarten, die in der Tat nachweisbar war. Wie die Unterschiede vom Grobsand zum Mittelsand, sind natürlich auch hier die Übergänge fließend. Es tritt keine wesentliche Erhöhung der Artenzahl gegenüber dem Mittelsand auf, sondern im wesentlichen steigen nur die Individuenzahlen an. Dadurch werden einige Arten für das allgemeine Bild bestimmend. Im Epipsammon formen vor allem die *Mytilus*-Nester das Bild. Mit der zahlenmäßigen Verstärkung des Epipsammon, besonders der Muscheln, tritt auch *Asterias rubens* auf. Diese Art ernährt sich vor allem von *Mytilus*. Sie variiert in Farbe und Form außerordentlich. Unter den Schnecken ist *Littorina littorea* selten geworden. *Hydrobia ulvae* und *H. stagnorum* wurden noch vereinzelt gefunden. Selten kamen auch *Buccinum undatum* und *Neptunea antiqua* vor. *Crangon crangon* und *Gastrosaccus spinifer* sind auch auf Feinsand anzutreffen. Die Polychaeten sind im Epipsammon durch *Harmothoe sarsi*, *H. imbricata*, *Eteone longa* und *Anaitides mucosa* vertreten. Hinzu kommen vereinzelte Funde von *Castilia punctata*.

Das Endopsammon des Feinsandes zeigt von den reinen Sanden die größten Arten- und Individuenzahlen. Unter den Muscheln hat *Macoma baltica* eindeutig die größte Abundanz. Neben *Macoma* erreicht auch *Mya arenaria* in diesem Sediment seine stärkste Verbreitung, wenn auch die Individuenzahlen (6) erheblich unter denen von *Macoma* (< 10) bleiben. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß nur Juvenile erbeutet wurden, da die Erwachsenen zu tief eingegraben sind und somit keine quantitative Aussagen ermöglichten. Im Feinsand war auch *Mya truncata*, die abgestutzte Sandklaffmuschel, zu finden. Sie ist nicht so häufig wie *M. arenaria*, war aber nicht selten.

Wesentlich für das faunistische Bild des Feinsandes sind die Astarten. Dabei überwiegt die Abundanz von *Astarte borealis* die von *A. elliptica* und *A. montagui*. Sie leben flach eingegraben, wobei *A. elliptica* wohl auch auf dem Sediment liegen kann. Häufig ist eine Schalenseite mit dichtem Hydroidpolypenbewuchs besetzt. Neben *Cardium edule* trat im Feinsand *Cardium fasciatum* auf, sie wurden beide noch nebeneinander angetroffen. Tiefer geht *C. edule* anscheinend nicht, *C. fasciatum* nimmt dann die Stelle von *C. edule* ein.

Scrobicularia plana und *Saxicava arctica* wurden selten gefunden. Auf tieferen Feinsandflächen beginnt ab etwa 16 m Tiefe das Ausbreitungsgebiet von *Cyprina islandica*. Auch von dieser Art wurden nur juvenile Tiere gefangen. Die Abundanz war gering (2—4). *Bathyporeia*

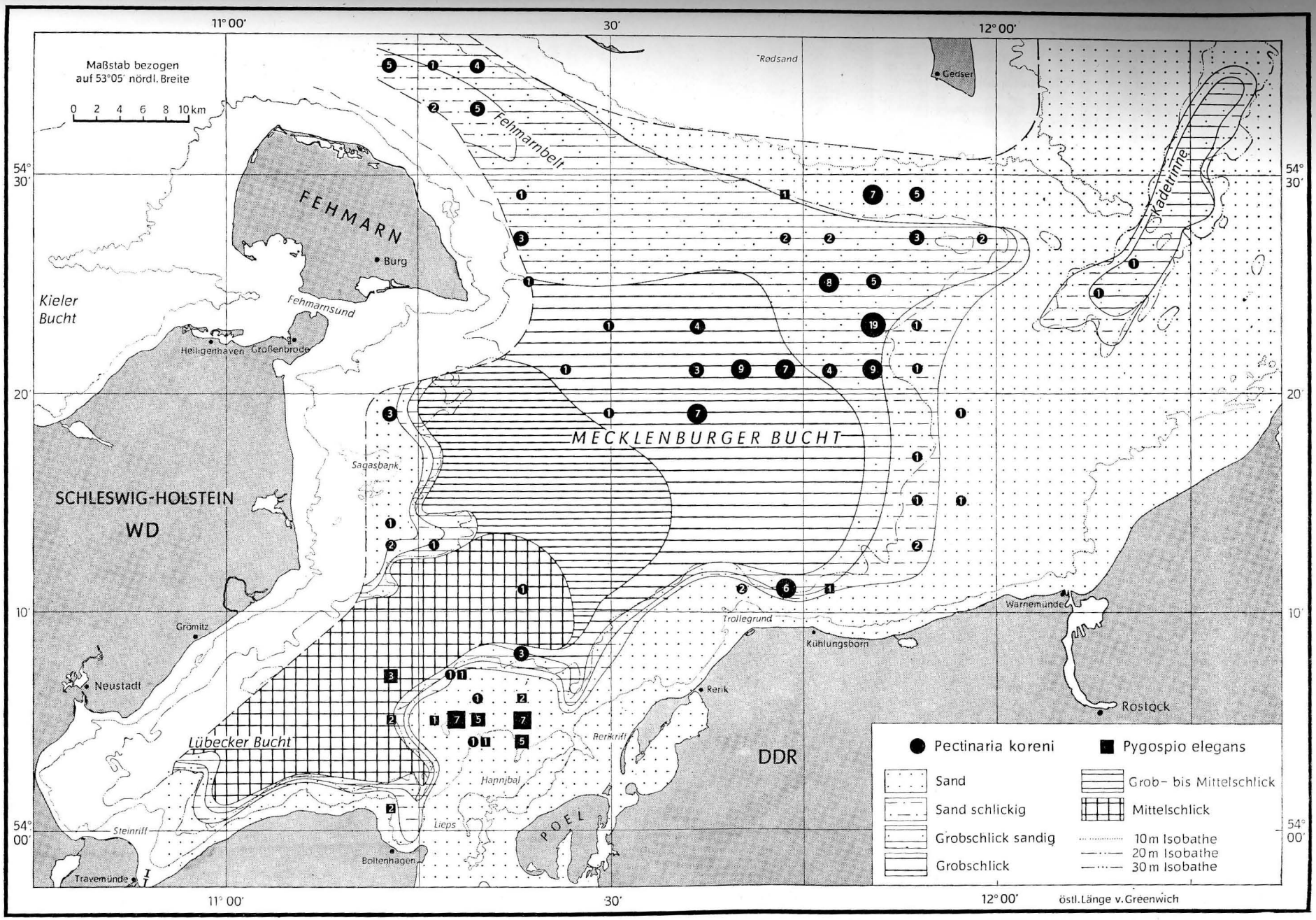

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
54° 30'
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
20'
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
10'
Grömitz
Neustadt
Trollegrund
Warnemünde
Kühlungsborn
Rerik
Rostock
Lübecker Bucht
Rerikriff
DDR
Hannibal
Lieps
POEL
54° 00'
Steinriff
Boltenhagen
Travemünde
Pectinaria koreni
Pygospio elegans
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10m Isobathe
20m Isobathe
30m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 4

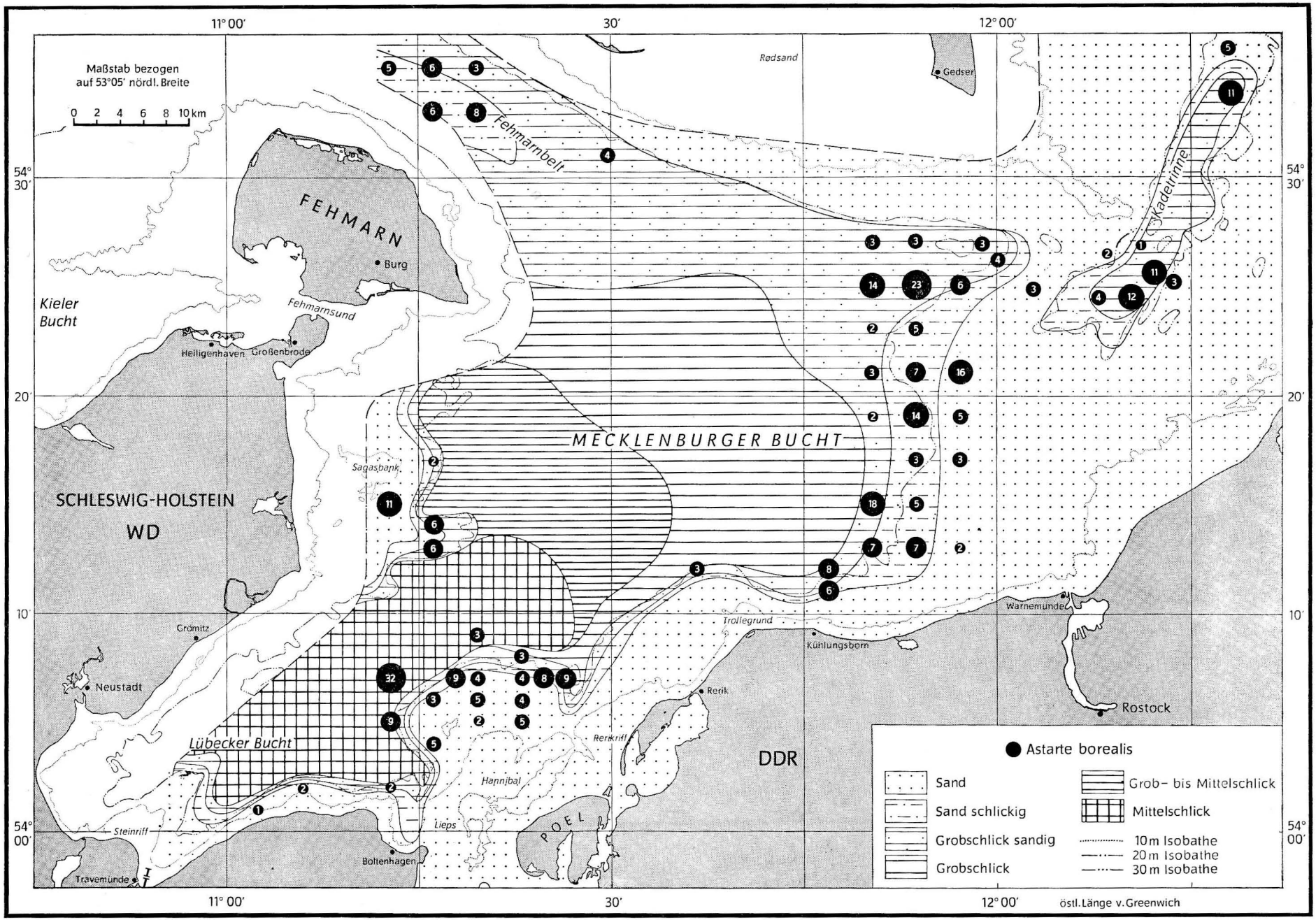

11° 00′
30′
12° 00′
Maßstab bezogen
auf 53°05′ nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
Kadetrinne
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Steinriff
Travemünde
Boltenhagen
Lieps
Hannibal
Rerikriff
Rerik
POEL
DDR
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
54° 30′
20′
10′
54° 00′
Astarte borealis
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 5

pilosa, die, wie weiter vorn angeführt, auch auf Grob- und Mittelsand vorkam, erreicht mit 3—5 Tieren im Feinsand ihre größte Häufigkeit. Daneben findet man mit dem augenlosen *Phoxocephalus holbölli* und *Pontoporeia* spec. zwei weitere Amphipoden. Sie sind aber seltener als *Bathyporeia*. Auf Feinsand erscheint auch *Diastylis rathkei*, der einzige im Gebiet gefundene Cumacee. *Diastylis* sitzt halb im Sediment vergraben, nur der vordere Teil des Carapax und das Telson sind zu sehen. Wie im Grob- und Mittelsand, ist auch im Feinsand *Corophium volutator* anzutreffen. Die Individuenzahlen liegen niedrig (1—2). Auf flacheren Feinsanden, z. B. unter Poel, ist *Corophium* wesentlich häufiger (5—10). Die Polychaeten des Endopsammon sind *Arenicola marina*, *Pygospio elegans*, *Spio filicornis*, *Aricidea suecica*, vereinzelt *Polydora ciliata* und *Pectinaria koreni*.

Für *Pygospio elegans* gilt das gleiche wie für *Corophium*, er ist auf flacher gelegenen Feinsanden zahlreicher. *Spio filicornis* und *Aricidea suecica* sind immer vorhanden, aber nicht häufig (< 5). *Pectinaria koreni* tritt auf Feinsand erstmalig auf. Der Polychaet ist Substratfresser und steckt mit dem Vorderende seiner Röhre im Sediment. Mit Hilfe der Paleen gräbt das Tier im Sand und bewegt sich auf diese Weise vorwärts. Das vagile Endopsammon, wiederum durch *Nephthys ciliata*, *N. caeca*, *Scoloplos armiger* und *Capitella capitata* vertreten, wird durch zwei Priapuliden *Halicryptus spinulosus* und *Priapulus caudatus* ergänzt. Während bei den beiden *Nephthys*-Arten die Individuenzahlen gegenüber dem Grob- und Mittelsand nicht steigen (1—3), erreicht *Scoloplos armiger* im Feinsand Individuenzahlen von 30. *Capitella* und *Halicryptus* kommen nur vereinzelt vor, während *Priapulus caudatus*, der vom Feinsand an auftritt, stetig verteilt ist (2—9).

Priapulus caudatus ernährt sich, wie *Halicryptus*, von Substrat und bewegt sich auch auf die gleiche Weise durch das Sediment.

Stetigkeit einiger Arten	Feinsand, untersucht wurden 15 Stationen	
Macoma baltica	100%	15/15
Scoloplos armiger	87%	13/15
Nephthys ciliata	73%	11/15
Aricidea suecica	60%	9/15
Astarte borealis	53%	8/15
Pygospio elegans	47%	7/15
Cyprina islandica	40%	6/15
Pectinaria koreni	33%	5/15
Cardium edule	33%	5/15
Terebellides strömi	27%	4/15
Capitella capitata	27%	4/15
Priapulus caudatus	27%	4/15
Ampharete acutifrons	13%	2/15
Halicryptus spinulosus	7%	1/15
Abra alba	7%	1/15
Ophiura albida	7%	1/15

Abb. 5

5.2. Schlickiger Sand

Der Übergang vom Sand zum Schlick kann auf zweierlei Weise vor sich gehen. Einmal durch die ständige Abnahme der Korngröße und Verschiebung der Hauptfraktionen in den feineren Bereich, zum anderen durch Zuordnung von feinen Bestandteilen zu Kies oder Sand. Beide Formen sind im Untersuchungsgebiet zu finden.

Dabei geht die erste Form auch mit einer langsamen, schrittweisen Tiefenabnahme parallel, während das zweite Sediment vornehmlich an Hängen von Rinnen oder unterseeischen Kliffs auftritt.

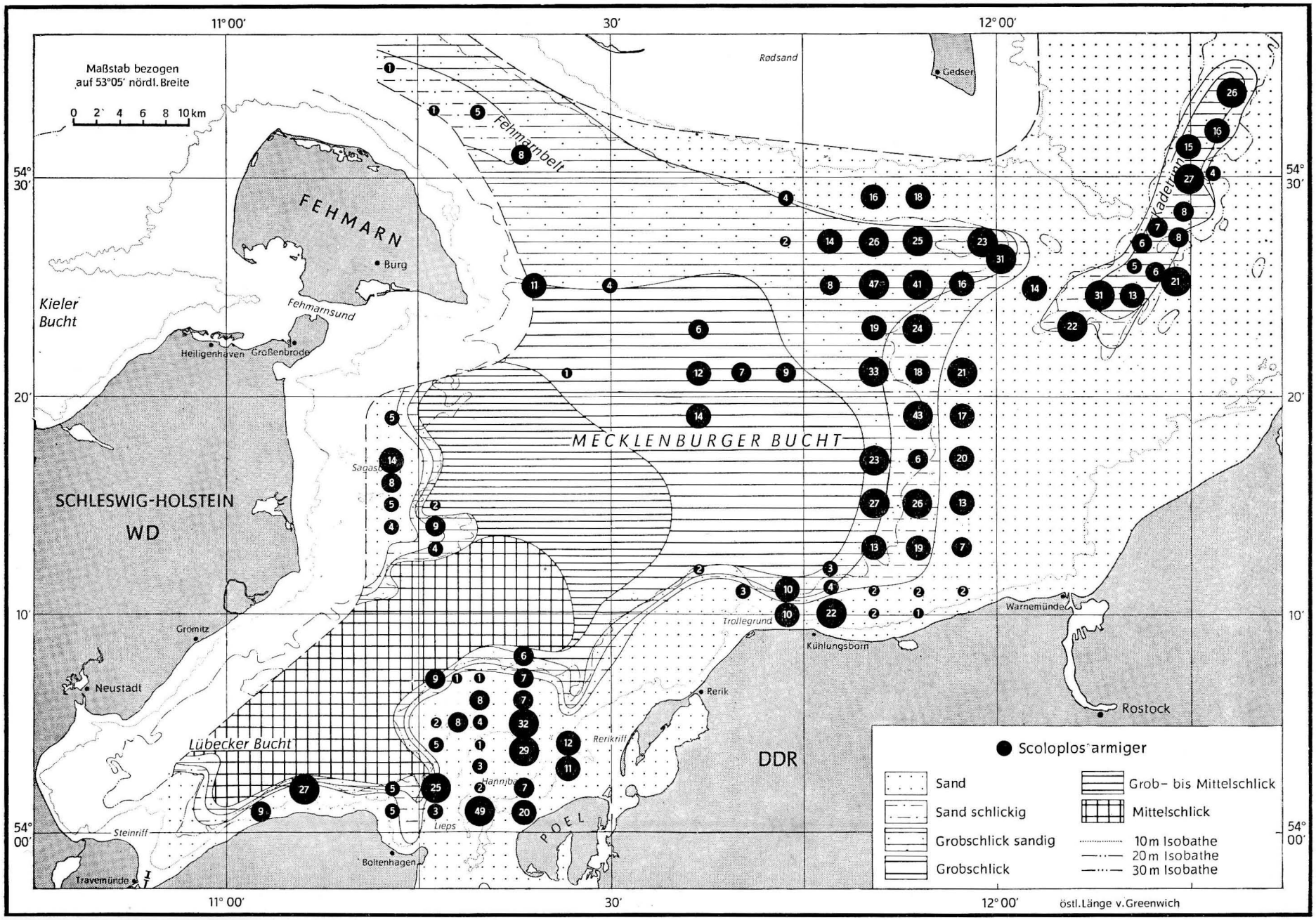

11° 00′
30′
12° 00′
Maßstab bezogen
auf 53°05′ nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
Kadetrinne
MECKLENBURGER BUCHT
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Sagas
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Steinriff
Travemünde
Boltenhagen
Lieps
Hannibal
Rerikriff
Rerik
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
DDR
POEL
54° 30′
20′
10′
54° 00′
Scoloplos armiger
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 6

Die Mischsedimente sind im Gebiet allgemein am stärksten besiedelt. Das betrifft besonders die Infauna. Einmal enthält das Sediment bestimmte Mengen organischen Detritus, die einem Großteil der Bodeninvertebraten als Nahrung dienen, zum anderen ist das Mischsediment in seiner Struktur dem Weichboden sehr ähnlich, es ermöglicht seinen Bewohnern wesentlich freiere Bewegung. Das gilt besonders für das vagile Endopsammon.

Im Gebiet sind tiefenmäßig zwei schlickige Sande zu unterscheiden. Im allgemeinen trifft man schlickige Sande im Untersuchungsgebiet etwa in Tiefen von 16—19 m an. In sehr stark durchströmten Gebieten, wie z. B. dem Fehmarnbelt, findet man das Sediment erst in größerer Tiefe bei 24—28 m. Entsprechend der aus den Tiefenunterschieden erwachsenen Salzgehaltsdifferenzen gibt es in der Zusammensetzung der Fauna beider Areale gewisse Unterschiede. Im Epipsammon erscheint *Mytilus edulis* in Nestern oder an anderen Muscheln festgeheftet. Im Fehmarnbelt waren *Musculus discors* und *M. niger* vereinzelt zu finden. Die Gastropoden waren mit *Neptunea* und *Buccinum* vereinzelt vertreten. Die Polychaeten des Epipsammon sind *Harmothoe sarsi*, *H. imbricata*, *Anaitides mucosa* und *Eteone longa*. Die Arten sind mit wenigen Individuen auf allen Stationen vertreten. *Crangon crangon* und *Gastrosaccus spinifer* kommen selten in Bodengreiferproben vor. Das Endopsammon zeigt arten- und individuenmäßig eine reichere Entfaltung gegenüber dem Sand und auch dem Schlick.

Macoma baltica dominiert zahlenmäßig unter den Muscheln, obwohl sie nicht mehr die Werte erreicht wie auf Feinsand. Im Fehmarnbelt fehlt sie ganz. Ähnlich sind die Verhältnisse bei den Astarten, die nach *Macoma baltica* die häufigsten Muscheln sind. *A. borealis* dominiert. Im Fehmarnbelt sind sie selten. Neben *Mya arenaria* ist vereinzelt auch *M. truncata* zu finden. *Cardium edule* ist seltener als *C. fasciatum*. *Aloides gibba* ist regelmäßig mit geringer Abundanz zu finden. Sie fehlt im Fehmarnbelt.

Cyprina islandica ist in Küstennähe auf schlickigem Sand selten, kommt aber auf den Grundflächen zwischen dem Zentralteil der Mecklenburger Bucht und der Kadetrinne und im Fehmarnbelt regelmäßig vor. Genauso ist *Montacuta bidentata* auf allen schlickigen Sandflächen gemein. *Abra alba* ist auf dem Hannibal und auf der Sagasbank auf schlickigem Sand selten. Im Fehmarnbelt ist die Art mit großer Häufigkeit verbreitet. Auf anderen Stationen des beschriebenen Sediments wurde das Tier nicht festgestellt. Nur im Fehmarnbelt wurde *Nucula nucleus* vereinzelt im Sediment gefangen. Das Tier wurde weiter östlich nicht mehr angetroffen. Die Polychaeten des Endopsammon zeigen die vagilen Vertreter *Nephthys ciliata*, *N. caeca* und *Scoloplos* dominierend. Sie haben die größte Abundanz und Frequenz. Alle drei Arten sind auf dem Sediment im ganzen Gebiet verbreitet. Ähnlich zahlreich ist auch *Capitella capitata*. Ihre stärkste Verbreitung erfährt die Art im Fehmarnbelt. Im übrigen Gebiet ist sie gemein, erreicht aber nicht die Abundanz. *Halicryptus spinulosus* ist im Fehmarnbelt ebenfalls häufiger als auf diesem Sediment im übrigen Gebiet. *Priapulus* kommt vereinzelt auf schlickigem Sand vor. *Pectinaria koreni* ist östlich des Zentralteils nicht selten, desgleichen im Fehmarnbelt. Nur vereinzelt kommt sie in Küstennähe vor. *Aricidea suecica* ist allgemein verbreitet, in Küstennähe ist sie häufiger. Im Fehmarnbelt und östlich des Zentralteils ist sie selten oder fehlt ganz. *Spio filicornis* ist im Gebiet allgemein verbreitet. *Pygospio elegans* kommt nur in Küstennähe in geringer Zahl vor. *Ampharete grubei* fehlt vor dem Hannibal und vor der Sagasbank, erscheint aber vor der mecklenburgischen Küste und im Übergangsgebiet zur Kadetrinne. Hauptverbreitungsgebiet ist der Fehmarnbelt. Ähnlich sind die Verhältnisse bei *Paraonis gracilis* (siehe Verbreitungskarte). *Euchone papillosa* kommt vereinzelt bis auf das Übergangsgebiet auf schlickigem Sand vor.

Terebellides strömi ist vor der mecklenburgischen Küste sehr ungleichmäßig verteilt. Vor dem Hannibal ist der Polychaet selten, weiter östlich erreicht er die größte Abundanz (61), die überhaupt gefunden wurde, um dann im Norden im Übergangsgebiet zur Kadetrinne nur noch vereinzelt aufzutreten. Das Hauptverbreitungsgebiet erstreckt sich vom Fehmarnbelt und Fehmarn bis vor die ostschleswig-holsteinische Küste.

Abb. 6

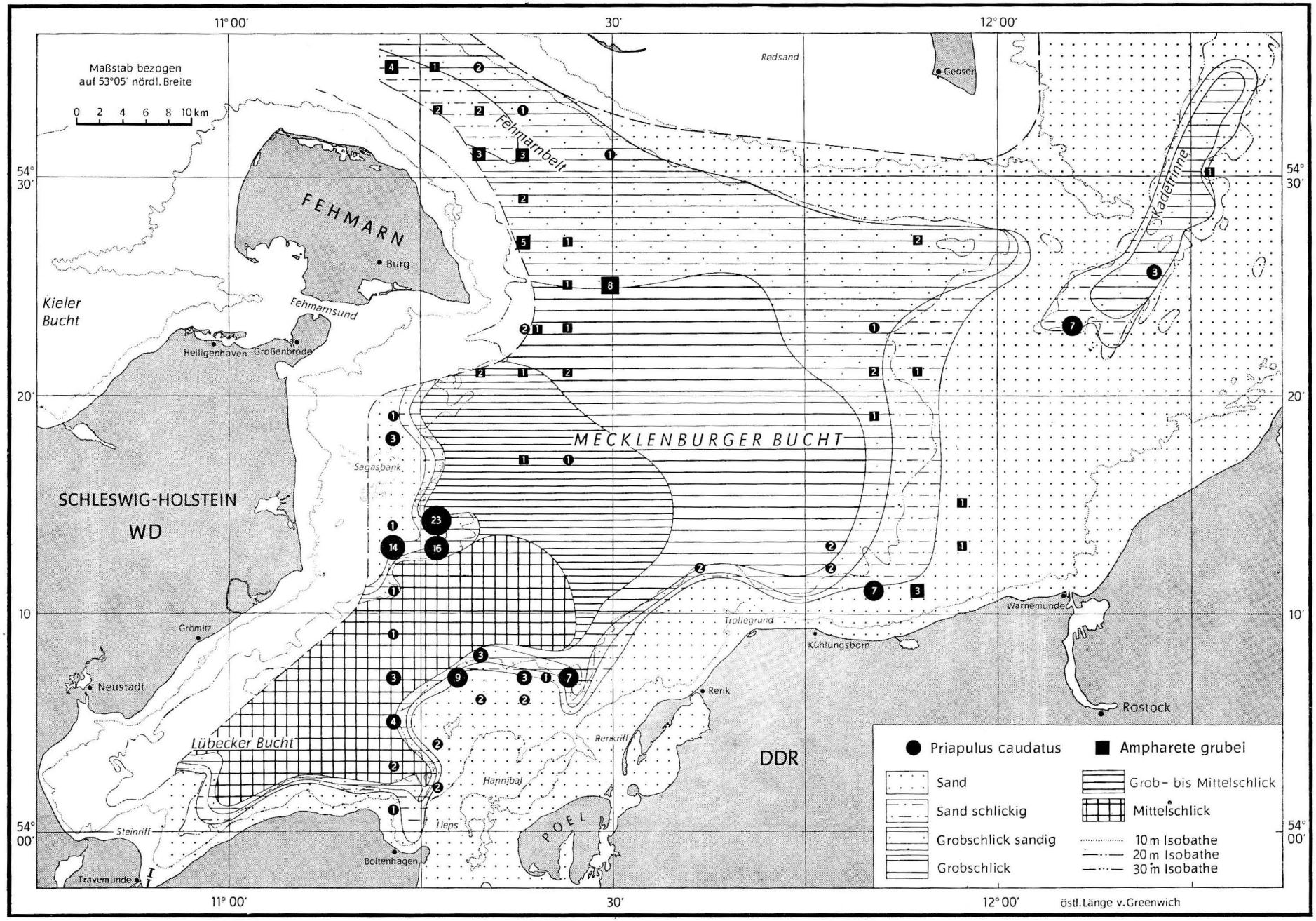

11° 00′
30′
12° 00′
Maßstab bezogen
auf 53°05′ nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbroder
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Steinriff
Travemünde
Boltenhagen
Lieps
Hannibal
POEL
Rerik
Rerikriff
DDR
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
54° 30′
20′
10′
54° 00′
Priapulus caudatus
Ampharete grubei
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 7

Nur im Fehmarnbelt oder hauptsächlich auf Mischsediment wurden *Rhodine loveni*, *Neoamphitrite figulus* und *Disoma multisetosum* gefunden. Die Tiere waren aber auch dort selten und wurden nur in einzelnen Exemplaren gefangen. Von den Crustaceen ist *Bathyporeia* in schlickigem Sand nur noch selten anzutreffen. Lediglich vor dem Hannibal wurde der Amphipode noch vereinzelt festgestellt. Mit größerer Abundanz (3—5) kommt *Diastylis rathkei* vor. Im Fehmarnbelt, aber auch vor der ostschleswig-holsteinischen Küste, kam 1962 auf diesem Sediment auch *Ophiura* in großer Zahl vor.

Stetigkeit einiger Arten	Schlickiger Sand, untersucht wurden 50 Stationen	
Macoma baltica	64%	32/50
Nephthys ciliata	60%	30/50
Scoloplos armiger	54%	27/50
Astarte borealis	48%	24/50
Cyprina islandica	44%	22/50
Terebellides strömi	38%	19/50
Capitella capitata	38%	19/50
Pectinaria koreni	34%	17/50
Abra alba	28%	14/50
Priapulus caudatus	24%	12/50
Ampharete acutifrons	20%	10/50
Macoma calcarea	16%	8/50
Disoma multisetosum	14%	7/50
Halicryptus spinulosus	12%	6/50
Ophiura albida	10%	5/50
Pygospio elegans	6%	3/30
Cardium edule	4%	2/50

Abb. 7

5.3. Sandiger Schlick

In seiner Konstitution ähnelt er sehr dem vorher beschriebenen Sediment. Die Unterschiede sind nur durch Laboranalysen festzustellen. Die Fauna zeigt gegenüber dem schlickigen Sand keine wesentlichen Unterschiede, so daß auf eine Wiederholung verzichtet werden kann.

Stetigkeit einiger Arten	Sandiger Schlick, untersucht wurden 54 Stationen	
Scoloplos armiger	65%	35/54
Nephthys ciliata	54%	29/54
Cyprina islandica	48%	26/54
Abra alba	48%	26/54
Astarte borealis	46%	25/54
Capitella capitata	46%	25/54
Aricidea suecica	37%	20/54
Pectinaria koreni	30%	16/54
Macoma baltica	30%	16/54
Terebellides strömi	26%	14/54
Ampharete acutifrons	22%	12/54
Priapulus caudatus	22%	12/54
Ophiura albida	19%	10/54
Macoma calcarea	9%	5/54
Disoma multisetosum	7%	4/54
Halicryptus spinulosus	7%	4/54
Pygospio elegans	4%	2/54
Cardium edule	2%	1/54

5.4. Schlick

Bei der Besprechung der Besiedlung des Schlicks soll zwischen Grob-, Grob- bis Mittel- und Mittelschlick, den drei Hauptarten dieses Sediments im Untersuchungsgebiet, unterschieden werden.

a) Grobschlick

Das Sediment bedeckt den Nordostteil des Schlickareals, das nach Südwesten etwa durch die Linie Ostspitze Fehmarn–Kühlungsborn begrenzt wird. Mit der Abnahme der Sandfraktionen im Sediment geht die Arten- und Individuenzahl zurück. Davon wird offensichtlich am stärksten das Epipelos betroffen. Das Sediment wird immer weicher und gestattet einem Teil der Organismen das Leben auf ihm nicht mehr. *Mytilus* tritt nur noch vereinzelt in Nestern auf. Dagegen andere *Epipelos*-Arten. Ebenfalls selten wurde *Asterias rubens* noch auf diesem Sediment angetroffen. *Buccinum undatum* und *Neptunea antiqua* verkörpern die Gastropodenfauna, die in dieser Modifikation sehr artenarm ist. Die Polychaeten des Epipelos waren im Gegensatz dazu fast auf allen Stationen mit *Harmothoe sarsi*, *H. imbricata*, *Eteone longa* und *Anaitides mucosa* vertreten. Als einziger Krebs wurde *Gastrosaccus spinifer* noch vereinzelt angetroffen.

Das Endopelos ist im Vergleich zum vorher beschriebenen Epipelos noch artenreicher. Die Individuenzahlen sind jedoch auch hier gegenüber dem sandigen Schlick deutlich gesunken. So kann man nicht vom Dominieren einer bestimmten Art sprechen. *Cyprina islandica* ist immer vorhanden. Meist werden große Exemplare (5–8 cm) gefunden. Bei höheren Sandanteilen, im Übergangsgebiet zum sandigen Schlick, traten die *Astarte*-Arten zuletzt auf. Selbst leere Schalen wurden nicht gefunden. Später verschwinden sie gänzlich. Diese Tatsache ist verwunderlich, weil viele Autoren (PETERSEN, JAECKEL, REMANE u. a.) die *Astarte*-Arten zur typischen Fauna der tieferen Weichböden, z. B. des schwarzen Muds (JAECKEL) rechnen. Ihr Fehlen kann mit der zunehmenden Weichheit des Sediments und der stärkeren Sauerstoffzehrung in Sedimentnähe zusammenhängen.

Als weitere Arten sind *Aloides gibba*, *Macoma baltica* und *Mya arenaria* häufig in geringer Größe (3–5 mm) zu nennen. *Abra alba* und *Macoma calcarea* waren vereinzelt vertreten. Die Polychaeten des Endopelos bilden den Hauptteil der Fauna. *Terebellides strömi* ist nur auf dem Schlick mit kiesiger Beimischung anwesend, sie erscheint vor der Sagasbank und in der Kadetrinne. Bei sandiger Beimischung fehlt dieser Polychaet, dagegen ist *Pectinaria koreni* auf solche Flächen beschränkt, die sandige Bestandteile enthalten. *Pectinaria* ist bei entsprechendem Salzgehalt für das Gebiet als gute Anzeigerin von Sandbeimengungen zu betrachten. *Ampharete grubei*, *Euchone papillosa* und *Paraonis gracilis* sind selten. Das vagile Endopelos wird von *Scoloplos armiger* und *Capitella capitata* bestimmt. Dazu gesellt sich in den Gebieten mit kiesigem Anteil, z. B. in der Kadetrinne und vor der Sagasbank, *Stylarioides plumosus*. Von den beiden Priapuliden ist nur vereinzelt *Halicryptus* anzutreffen. Auf diesem Sediment fehlen vollständig die beiden im Gebiet vorkommenden Nephthydiden. Zahlreich

Stetigkeit einiger Arten	Grobschlick, untersucht wurden 12 Stationen	
Cyprina islandica	58%	7/12
Pectinaria koreni	50%	6/12
Capitella capitata	50%	6/12
Scoloplos armiger	42%	5/12
Macoma baltica	17%	2/12
Terebellides strömi	8%	1/12
Cardium edule	8%	1/12
Abra alba	–	–
Nephthys ciliata	–	–

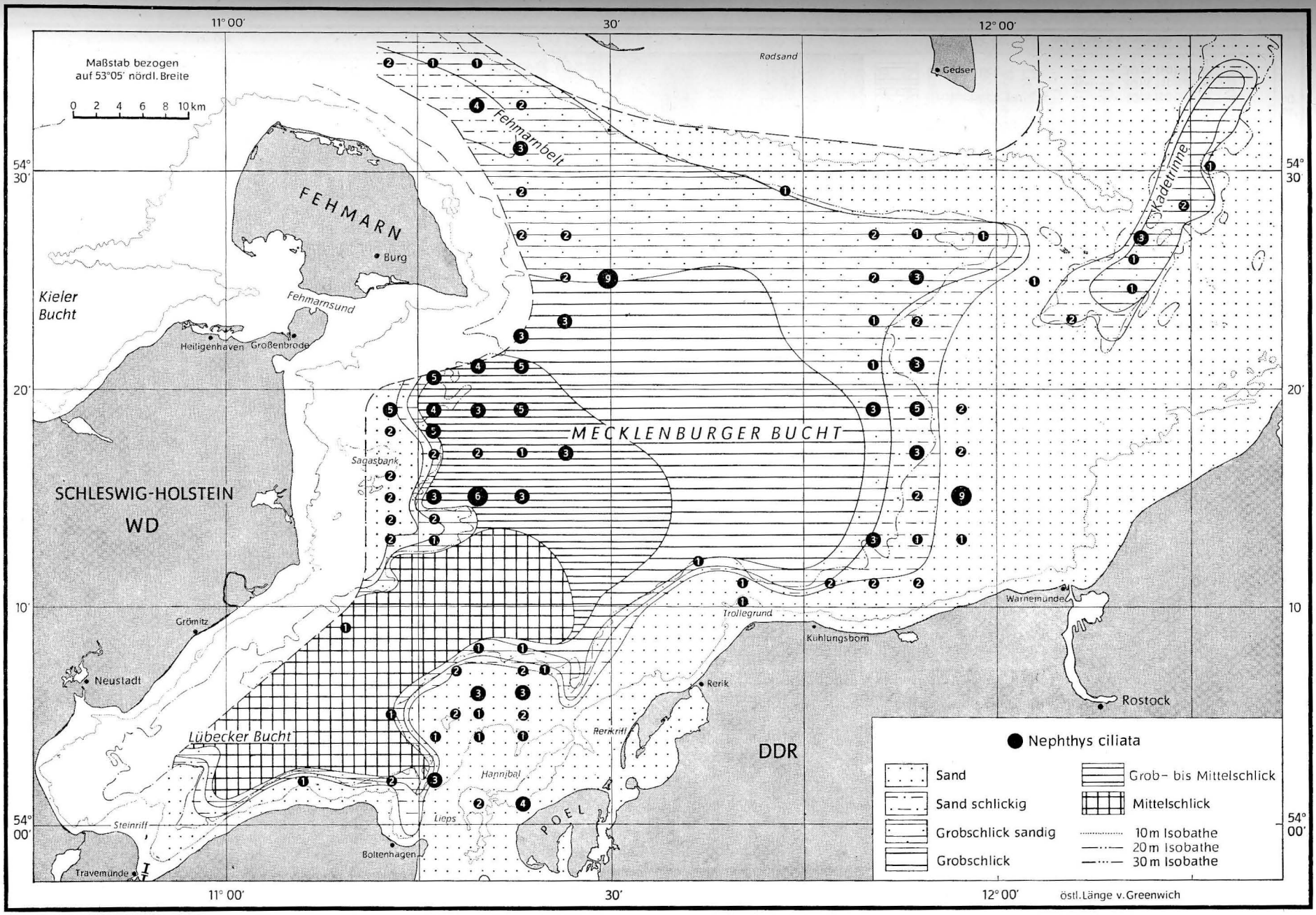

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
54° 30'
20'
10'
54° 00'
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
Kadetrinne
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Trollegrund
Warnemünde
Kühlungsborn
Rerik
Rostock
Lübecker Bucht
Rerikriff
DDR
Hannibal
Lieps
POEL
Steinriff
Boltenhagen
Travemünde
Nephthys ciliata
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10m Isobathe
20m Isobathe
30m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 8

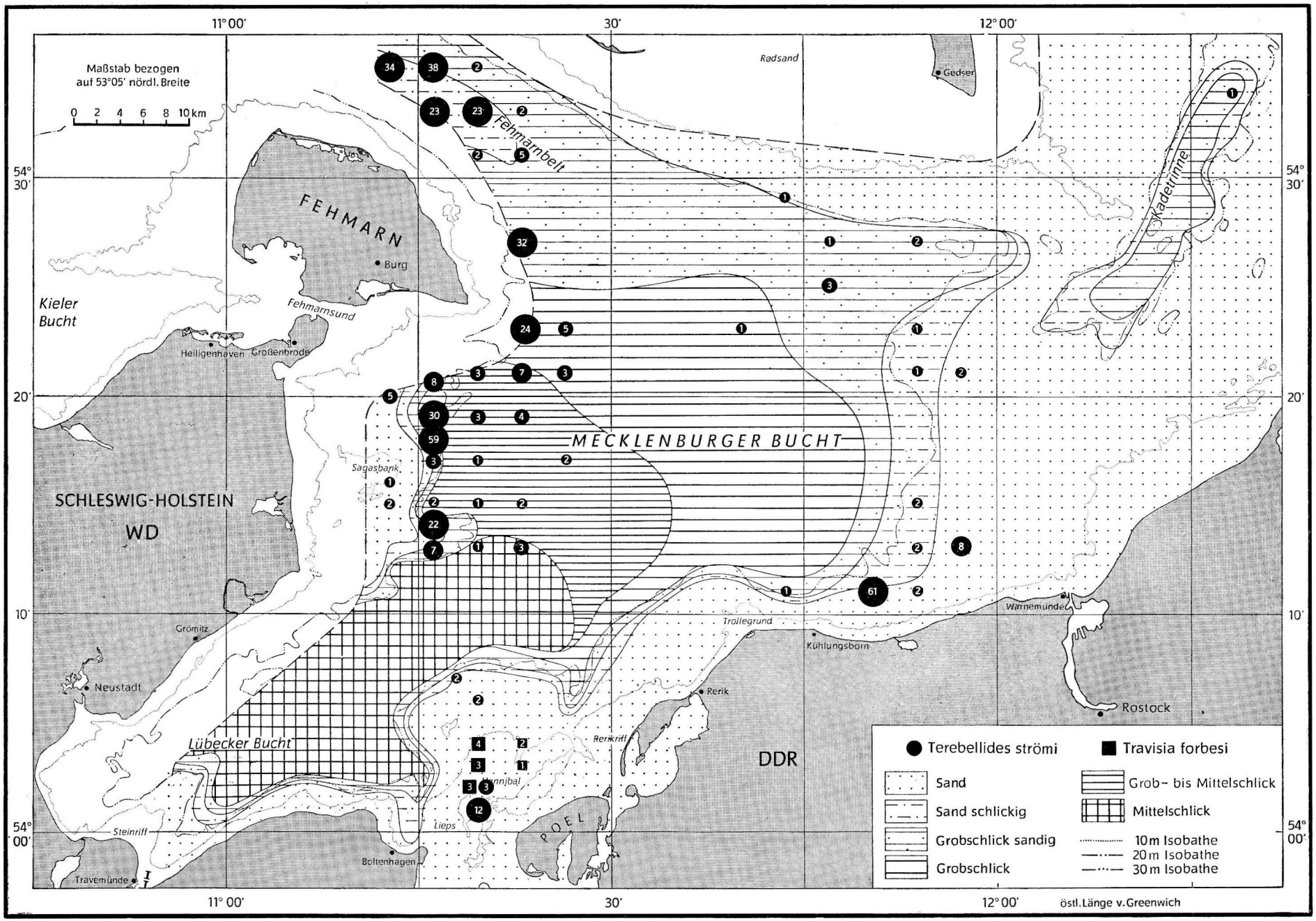

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Steinriff
Travemünde
Boltenhagen
Lieps
POEL
Hannibal
Rerik
Rerikriff
DDR
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
54° 30'
20'
10'
54° 00'
Terebellides strömi
Travisia forbesi
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10m Isobathe
20m Isobathe
30m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 9

und stets vertreten war *Diastylis rathkei*. Er ist das auffälligste Faunenelement dieser Sedimentmodifikation. Auf dem Schlick mit Kiesanteil vor der Sagasbank war auch *Ophiura albida* im Jahr 1962 zahlreich vertreten.

b) Grob-Mittelschlick

Das Sediment schließt sich nach Südwesten an den Grobschlick an und bedeckt den Zentralteil der Bucht bis vor die schleswig-holsteinische Küste.

Diese Modifikation des Schlicks zeigt im Westen des Areals zu dem vorher beschriebenen Gebiet einige Besonderheiten, die sich in der Besiedlung ausdrücken. Bemerkenswert ist die Verbreitung einiger Arten, die im Grobschlick fehlen, z. B. von *Terebellides*, *Nephthys* und *Ophiura*. Die Arten sind deutlich auf ein Gebiet vor der Küste beschränkt, das mit der 22-m-Linie etwa abschließt. Die rostbraune Schicht auf dem Sediment wurde nur in diesem Areal festgestellt. Mit dieser mehr oder weniger starken Schicht wird besonders der Endofauna eine bessere Möglichkeit der Besiedlung gegeben. Das Vorhandensein dieser Oxydationsschicht geht anscheinend auf eine küstenparallele Strömung, die aus dem Fehmarnbelt kommt und dieses Gebiet mit salzreichem, sauerstoffhaltigem Wasser gut versorgt, zurück. Es ermöglicht offenbar den schnellen Ablauf der sauerstoffzehrenden Umsetzungen an der Sedimentoberfläche und den Tieren eine ausreichende Atmung über das ganze Jahr. So wurde hier 1962 eine starke Population von *Ophiura albida* angetroffen, die allerdings danach nicht mehr nachgewiesen werden konnte. Es ist anzunehmen, daß ihr Rückgang mit dem kalten Winter 1962/63 zusammenhängt.

Bemerkenswert ist auch die Verbreitung der beiden *Nephthys*-Arten auf diesem Sediment, während sie auf Grobschlick fehlten. Dafür trat in diesem Sediment *Scoloplos armiger* vollständig zurück, der im anderen verbreitet war. *Scoloplos* scheint sandige Sedimente zu bevorzugen und nicht in den reinen Schlick zu gehen, während bei *Nephthys* wahrscheinlich der Sauerstoff und die gutoxydierte Schlickoberfläche den begrenzenden Faktor darstellen. Interessant ist auch die Beschränkung von *Terebellides strömi* auf dieses Gebiet. Der Polychaet muß hier Bedingungen vorfinden, die im Gegensatz zu den anderen Arealen, sehr günstig sind.

Das Epipelos ähnelt weitgehend dem des Grobschlicks. *Harmothoe sarsi*, *H. imbricata* und *Eteone longa* kommen vereinzelt vor. Die Mollusken der Epifauna sind nur durch *Musculus discors*, *M. niger* sowie durch *Buccinum* und *Neptunea* vertreten, die allerdings nur selten zu finden waren. *Gastrosaccus spinifer* ist der einzige Krebs des Epipelos. Im Endopelos spielt unter den Polychaeten *Terebellides strömi* die bestimmende Rolle. Mir *Aricidea suecica*, *Paraonis gracilis*, *Ampharete grubei* und *Paraonis gracilis* treten wiederum Arten auf, die auch im weiter vorn beschriebenen Schlick vorhanden waren. Sie sind im Untersuchungsgebiet gemein, wenn auch mit geringer Abundanz. Neu treten *Disoma multisetosum* und *Artacama proboscidea* in diesem Gebiet auf. Beide Polychaeten wurden selten gefunden. Unter den Muscheln ist *Abra alba* am häufigsten.

Cyprina islandica ist ebenfalls auf allen Stationen zu finden, aber nur in wenigen Exemplaren. Es handelte sich durchweg um große Tiere. *Macoma calcarea*, *M. baltica*, *Mya truncata* und *Aloides gibba* traten nur sehr vereinzelt auf. Auch hier fehlen die Astarten, offensichtlich wegen des weichen Sediments. Das vagile Endopelos setzte sich aus *Nephthys ciliata*, *N. caeca* und *Capitella capitata* zusammen. Eine starke Verbreitung zeigt *Diastylis rathkei* auf diesem Sediment. Wie bereits erwähnt, wurde 1962 in diesem Gebiet *Ophiura albida* in großer Abundanz gefunden. Von den Priapuliden wurde lediglich *Halicryptus spinulosus* vereinzelt angetroffen. Der übrige Teil des Areals folgt der allgemeinen Einschätzung, daß im Gebiet mit der Zunahme der Feinheit des Sediments die Dichte der Besiedlung abnimmt. Es nimmt auch in der Besiedlung eine Mittelstellung zwischen Grob- und Mittelschlick ein.

Abb. 9

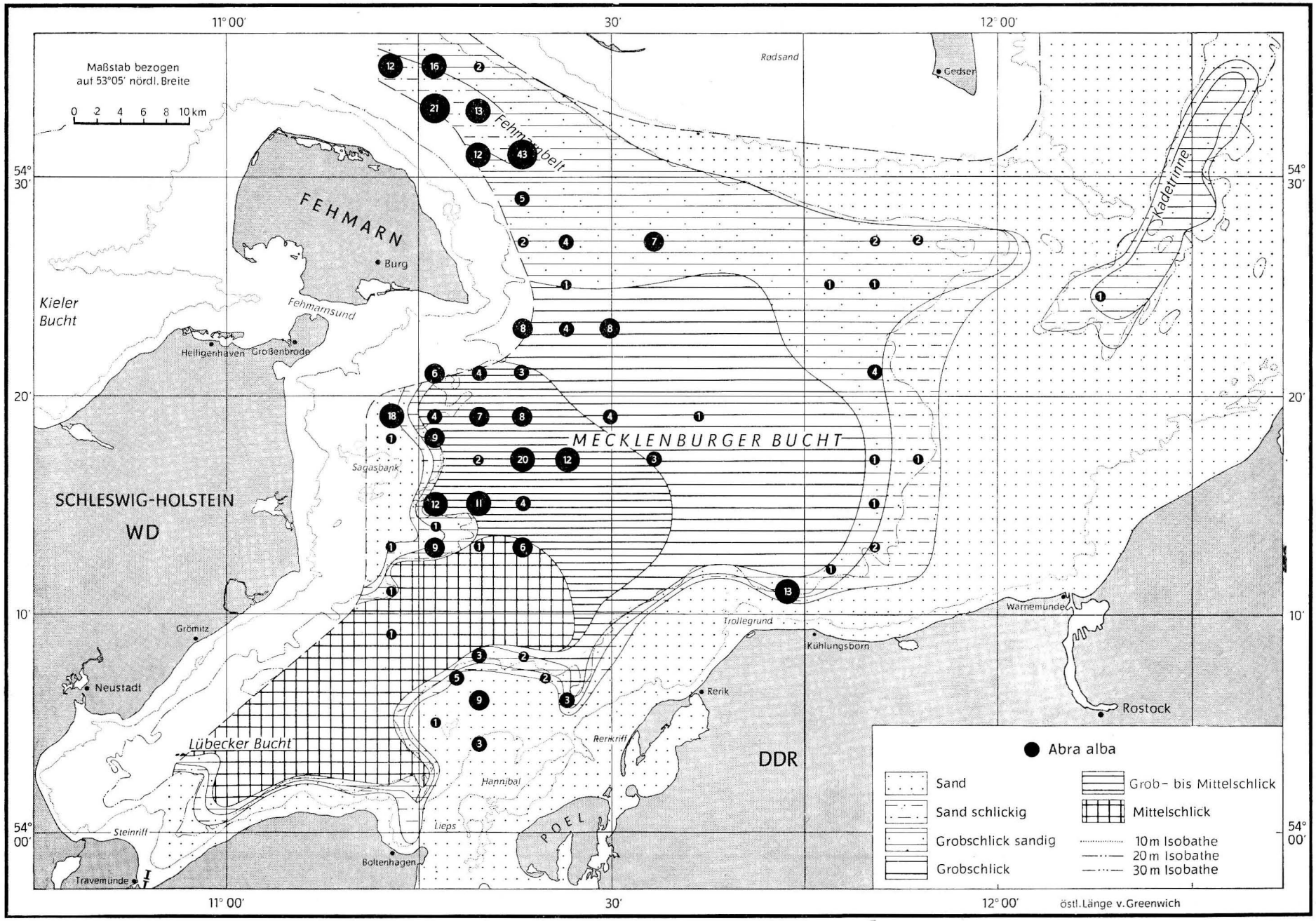

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhafen
Großenbrode
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Steinriff
Travemünde
Boltenhagen
Lieps
Hannibal
Rerik
Rerikriff
POEL
DDR
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
54° 30'
20'
10'
54° 00'
Abra alba
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 10

Abb. 10

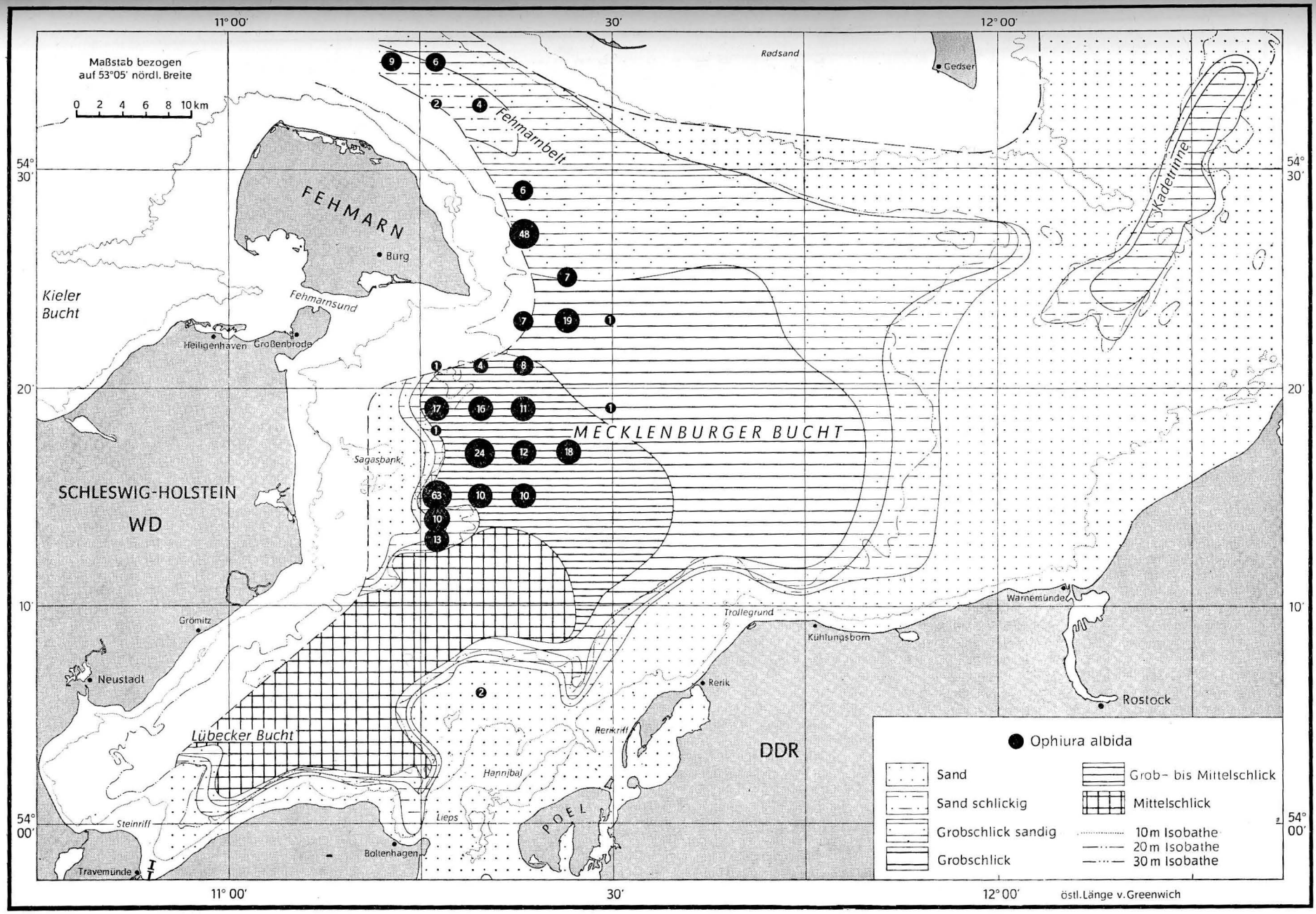

11° 00′
30′
12° 00′
Maßstab bezogen
auf 53°05′ nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
54° 30′
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
20′
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
10′
Grömitz
Trollegrund
Warnemünde
Kühlungsborn
Neustadt
Rerik
Rostock
Lübecker Bucht
Rerikriff
DDR
Hannibal
54° 00′
Steinriff
Lieps
POEL
Boltenhagen
Travemünde
Ophiura albida
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10m Isobathe
20m Isobathe
30m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 11

Stetigkeit einiger Arten	Mittel-Grobschlick, untersucht wurden 21 Stationen	
Abra Alba	52%	11/21
Terebellides strömi	52%	11/21
Ophiura albida	52%	11/21
Nephthys ciliata	52%	11/21
Cyprina islandica	43%	9/21
Macoma baltica	29%	6/21
Macoma calcarea	19%	4/21
Capitella capitata	19%	4/21
Aricidea suecica	14%	3/21
Disoma multisetosum	10%	2/21
Priapulus caudatus	5%	1/21
Halicryptus spinulosus	5%	1/21
Ampharete acutifrons	5%	1/21
Scoloplos armiger	5%	1/21

c) Mittelschlick

Das Sediment der Lübecker Bucht und das des Übergangsteils von der Mecklenburger Bucht zur Lübecker Bucht, also dem der Rinne zwischen dem Dahmeshöved und dem Hannibal vorgelagerten Gebiet, unterscheidet sich nicht nur in seiner äußeren Erscheinungsform, sondern auch in seiner Zusammensetzung von dem der Mecklenburger Bucht.

Zunächst vollzieht sich von dem Zentralteil der Mecklenburger Bucht in die Lübecker Bucht hinein eine allmähliche Verschiebung der Hauptfraktion des Schlicks vom Grobschluffanteil (0,06—0,02 mm) zum Mittelschluff (0,02—0,006 mm). Daneben liegen auch die feineren Fraktionen in der Lübecker Bucht in größerer Menge vor. Das Sediment ist in der Lübecker Bucht also feiner. Die Wassergehalte liegen dementsprechend höher, stets zwischen 70—75%. Das Sediment ist reicher an organischer Substanz, die Werte schwanken in der Lübecker Bucht zwischen 6—8%, in der Mecklenburger Bucht zwischen 4—6%. RUDOLPH 1965 stellte ebenfalls eine deutliche Anreicherung von Spurenelementen, z. B. Kupfer und Blei, gegenüber der Mecklenburger Bucht fest.

Rein äußerlich erscheint die, das schwarze, nach H_2S riechende Sediment bedeckende Detritusschicht in der Lübecker Bucht flockiger und lockerer als in der Mecklenburger Bucht. Diese Beobachtungen wurden besonders bei Tauchgängen gemacht, die der Verfasser im Gebiet selbst vornahm. Schwebte der Taucher etwa 2 m unbeweglich über dem Grund und machte nur eine leichte Handbewegung, so genügte diese, um das Sediment aufzuwirbeln.

Besonderes Interesse galt dem Gebiet der Lübecker Bucht deshalb, weil bei den dreijährigen Benthosuntersuchungen mit der üblichen Bodengreifermethode kein makroskopisches Benthos festgestellt werden konnte. Im Gebiet der Lübecker Bucht lagen 15 Stationen, von denen bei jedem Besuch jeweils 3 Bodengreiferproben entnommen wurden. Es wurde also zunächst angenommen, daß in diesem Gebiet derart ungünstige Milieubedingungen herrschen müssen, daß sie ein Leben am Grund ausschließen. Untersuchungen des Sauerstoffgehalts des Wassers im Frühjahr ergaben wenige Dezimeter über dem Sediment aber immer Sättigungswerte um 70%. So war kaum zu erwarten, daß der Sauerstoff limitierend wirkt, obwohl eingeschränkt werden muß, daß eine Probenentnahme direkt über oder im Sediment nicht möglich war. Kompliziert wurden die Verhältnisse dadurch, daß sowohl LENZ 1884 als auch HAGMEIER 1926 für die Lübecker Bucht Makrobenthos angegeben hatten. Leider waren durch mangelhafte Stationsangaben die Positionen dieser Autoren nicht aufzusuchen, jedoch garantieren die eigenen Stationen in diesem Gebiet durchaus eine sichere Aussage. Beide stellten eine Fauna fest, die in der Zusammensetzung etwa der der Mecklenburger Bucht von heute entspricht. Von HAGMEIER ist bekannt, daß er mit einem ähnlichen Greifer, also mit vergleich-

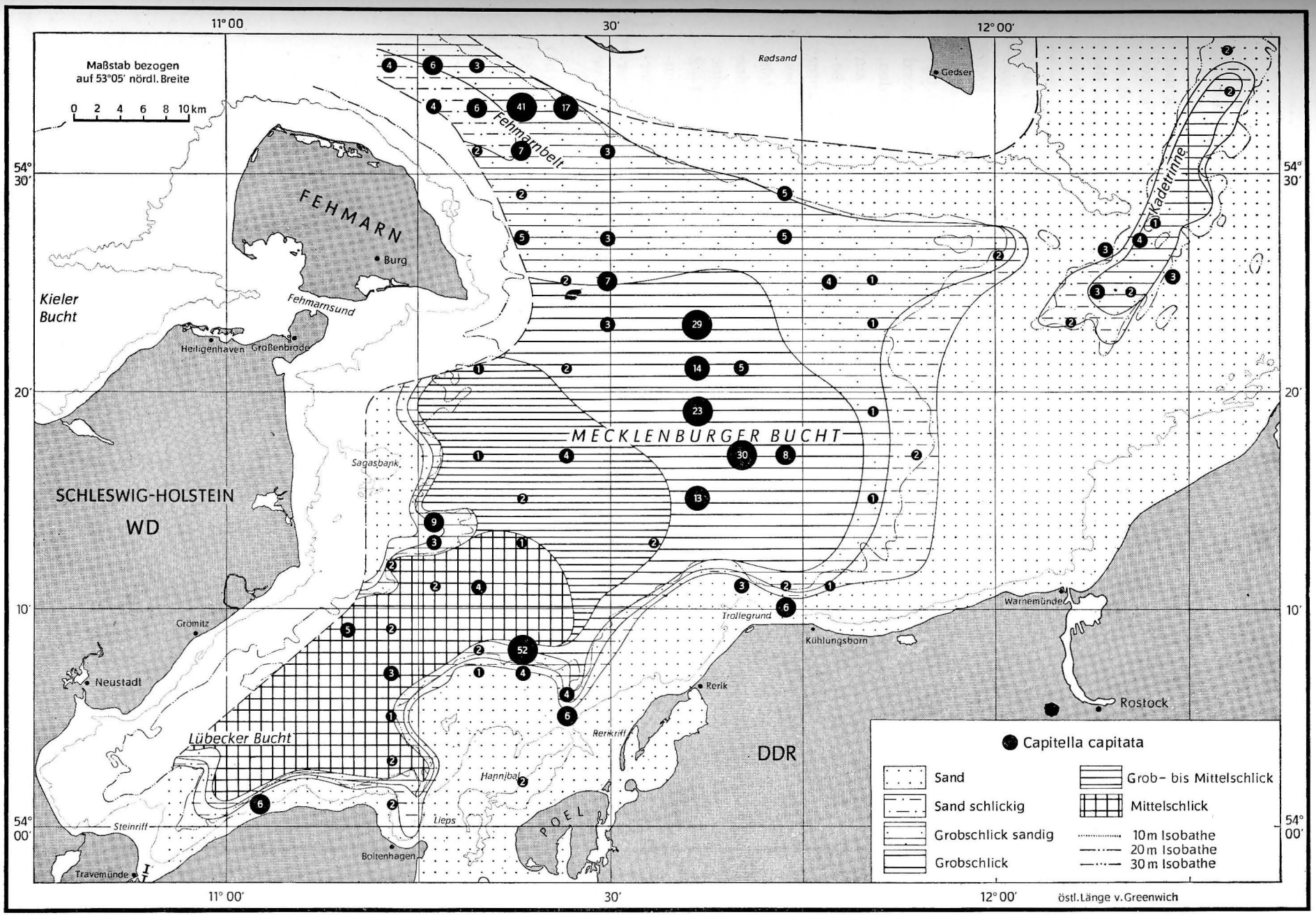

11° 00
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
54° 30'
20'
10'
54° 00'
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
Kadetrinne
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Steinriff
Travemünde
Boltenhagen
Lieps
Hannibal
Rerik
Rerikriff
DDR
POEL
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rostock
Capitella capitata
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 12

barer Methodik, arbeitete. Offensichtlich muß also in den letzten 40 Jahren eine deutliche Verschlechterung der Lebensbedingungen vor sich gegangen sein. Eine Erklärung dafür ließe sich schlecht finden, wenn man nicht den Einfluß des Menschen, d. h. die Einleitung von Abwässern, dazu heranzieht. Es ist bekannt (KÄNDLER 1953), daß durch die Stadt Lübeck und ihre Industrie erhebliche Mengen von Abwässern in die Trave und damit in die Lübecker Bucht gelangen. Allerdings dürfte ihre Wirkung kaum ausreichen, ein Seegebiet direkt zu schädigen. Die aufbereiteten Abwässer können jedoch zu einer Eutrophierung führen, die eine Erhöhung der Produktivität des Planktons und damit eine Steigerung der Sedimentation und stärkere Zehrungsvorgänge in Sedimentnähe zur Folge hat.

Um diese widersprüchlichen Faktoren genauer zu prüfen, wurden im Sommer 1965 auf sämtlichen Stationen noch einmal Greiferproben entnommen und zusätzlich Tauchuntersuchungen durchgeführt. Zunächst muß gesagt werden, daß die Greiferproben erneut kein Makrobenthos enthielten. Bei den Tauchabstiegen wurde allerdings dann eine, wenn auch extrem verarmte, Weichbodenfauna gefunden. Sie setzte sich aus 5 Arten zusammen: *Cyprina islandica, Harmothoe imbricata, H. sarsi, Eteone longa* und *Diastylis rathkei*. Während *Harmothoe* spec., *Eteone* und *Diastylis* auf dem lockeren Detritus liegend angetroffen wurden, steckte *Cyprina* entgegen ihrer sonstigen Lebensgewohnheit tief im Sediment. Sie saß am tiefsten Punkt eines bis zu 5 cm tiefen Trichters. Bei jedem Ausstoßen des Atemwassers beförderte sie eine Wolke von Detritus mit heraus. Sie hielt also auf diese Weise ihren Trichter rein. Bemerkenswert ist, daß nur große Cyprinen gefunden wurden. Es läßt darauf schließen, daß es jungen Tieren nicht oder nur sehr selten gelingt, in dem lockeren Sediment zu siedeln und zu leben. Anders ist es auch nicht zu erklären, daß z. B. *Abra alba* oder andere kleine Muscheln fehlen. Die Dichte der Besiedlung war außerordentlich gering. Es kam etwa eine Muschel auf 2 bis 3 m². Die Polychaeten und *Diastylis* waren etwas zahlreicher, etwa 1—2 Tiere pro m². Bei dieser Abundanz nimmt es natürlich nicht wunder, daß bei der angewendeten Probenentnahme die Tiere nicht erfaßt wurden. Während des Tauchens wurden außerdem in Grundnähe Wasserproben entnommen. Die anschließende Untersuchung ihres Sauerstoffgehalts ergab im August durchweg Sättigungswerte um 40%. Die Sauerstoffverhältnisse im Sediment sind also schlechter als in der darüber liegenden Wasserschicht.

Wenn sich auch die nach der Auswertung der Greiferproben angenommene Abiose nicht bestätigen ließ, so liegt dennoch ein Gebiet vor, das einen extremen Lebensraum darstellt. Anscheinend spielt dabei die lockere Detritusschicht die begrenzende Rolle, darauf deutet die Anwesenheit von *Harmothoe* und *Eteone* hin, die durch ihren flachen Habitus auch auf weichstem Sediment existieren können. Andererseits schließt ihre Anwesenheit zeitweiligen Sauerstoffschwund und das Austreten des H_2S-Spiegels aus dem Sediment nicht aus, da alle drei gute Schwimmer sind und auch unter normalen Verhältnissen Ausflüge ins Pelagial unternehmen. Von *Cyprina* und *Diastylis* ist bekannt, daß sie Sauerstoffmangel durchaus einige Zeit ertragen. Bemerkenswert ist weiterhin, daß sich alle 5 Arten über pelagische Larven vermehren. Dadurch ist eine Neubesiedlung in kürzester Zeit möglich. Um die Verhältnisse in diesem Seegebiet eindeutig bestimmen zu können, sind Untersuchungen nötig, durch die auch jahreszeitlich bedingte Veränderungen erfaßt werden können. Außerdem muß die Tatsache berücksichtigt werden, daß bei starken Nordostwinden, die genau in die Bucht hineinstehen, bei diesem verhältnismäßig flachen Gewässer (24 m) eine Durchmischung bis zum Grund auftritt. Dadurch kann die lockere Detritusschicht aufgewirbelt und abgeräumt werden, so daß der H_2S-Horizont ansteht. Im Vergleich zu den Ergebnissen HAGMEIERS 1926, denen eine gleiche Probenentnahme zugrunde liegt, haben sich die Lebensbedingungen deutlich verschlechtert, es wäre interessant, zu verfolgen, ob sich die Verarmung des Benthos in den nächsten Jahren auch in die Mecklenburger Bucht fortsetzt.

In der folgenden Tabelle ist die Beziehung der im Gebiet gefundenen Benthosorganismen zum Sediment zusammenfassend dargestellt. Dabei stellen die senkrechten Spalten die ein-

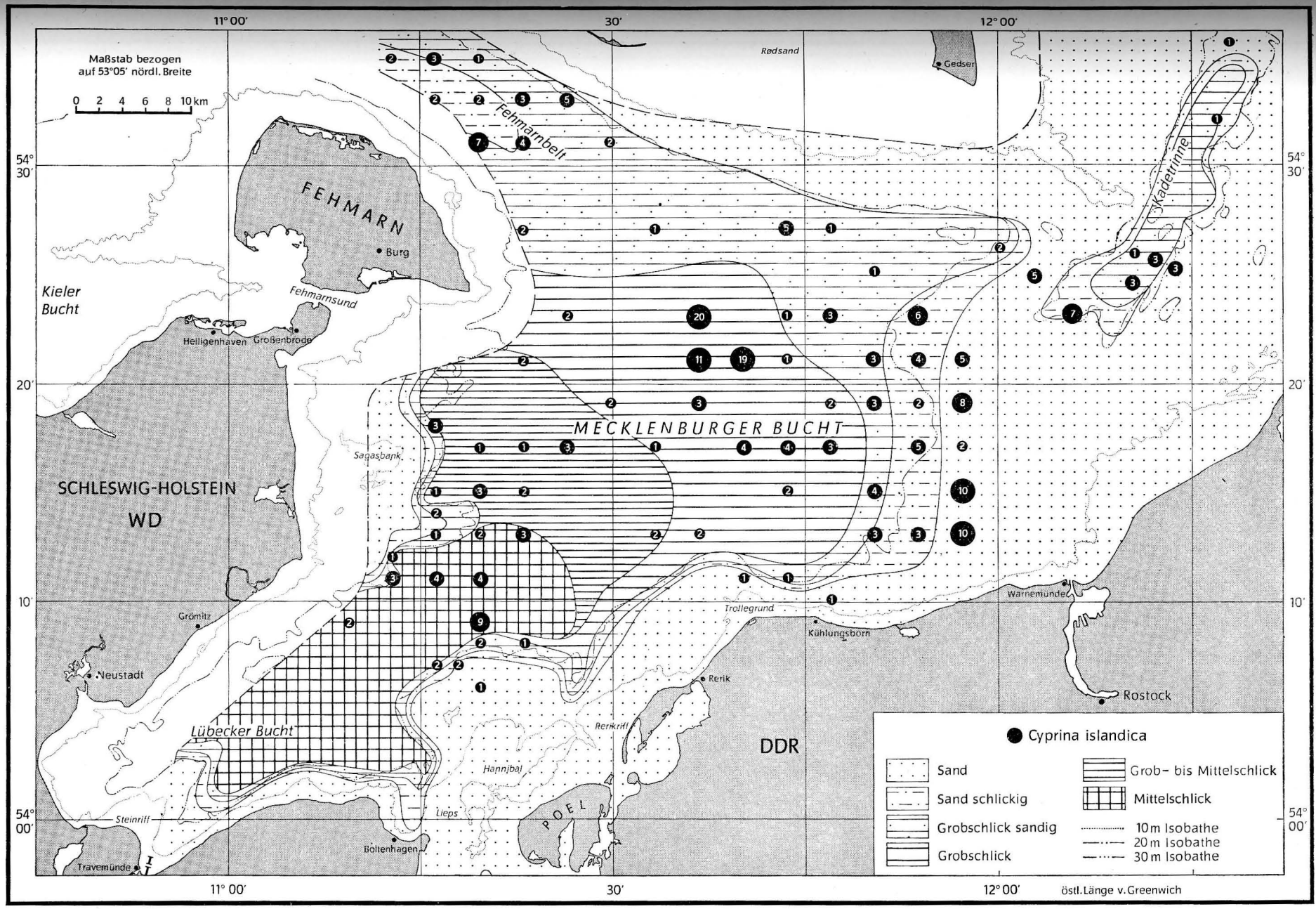

11° 00′
30′
12° 00′
Maßstab bezogen
auf 53°05′ nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
54° 30′
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
20′
MECKLENBURGER BUCHT
Saqasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
10′
Grömitz
Neustadt
Trollegrund
Warnemünde
Kühlungsborn
Rerik
Rostock
Lübecker Bucht
Rerikriff
DDR
Hannibal
Lieps
POEL
54° 00′
Steinriff
Boltenhagen
Travemünde
Cyprina islandica
Sand
Sand schlickig
Grobschlick sandig
Grobschlick
Grob- bis Mittelschlick
Mittelschlick
10 m Isobathe
20 m Isobathe
30 m Isobathe
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 13

Art	gS	mS	fS	skS	sSK	GSK	M-GSK	MSK
Harmothoe sarsi	+	+	+	+	+	+	+	+
H. imbricata	+	+	+	+	+	+	+	+
Anaitides mucosa	+	+	+	+	+	+	+	
Eteone longa	+	+	+	+	+	+	+	+
Castilia punctata		+	+					
Pygospio elegans	+	+	+ +	+				
Spio filicornis		+	+	+				
Aricidea suecica		+	+	+	+			
Polydora ciliata		+						
Arenicola marina	+	+	+	+				
Ophelia limacina	+ +	+						
Travisia forbesi	+							
Amphicteis gunneri					+	+	+	
Pectinaria koreni			+	+ +	+ +	+		
Paraonis gracilis				+	+	+	+	
Ampharete grubei				+	+	+	+	
Euchone papillosa				+	+	+	+	
Disoma multisetosum				+	+	+	+	+
Rhodine loveni				+	+			
Terebellides strömi				+ +	+ + +	+	+ +	
Neoamphitrite figulus				+	+			
Artacama proboscidea					+	+	+	
Scoloplos armiger	+	+	+	+ +	+ +	+		
Nephthys ciliata	+	+	+ +	+ +	+ +		+	
N. caeca	+	+	+	+	+		+	
Capitella capitata			+	+ +	+ +	+	+	+
Stylarioides plumosus					+	+		
Chaetozone setosa					+	+		
Nereis diversicolor	+							
Scalibregma inflatum					+			
Lacuna divaricata	+	+						
Rissoa inconspicua	+	+						
Onoba striata					+	+		
Retusa obtusata					+			
Hydrobia stagnorum	+ +	+ +	+	+				
H. ulvae	+ + +	+ + +	+	+				
Littorina obtusata	+	+	+	+				
L. littorea	+	+	+	+				
Buccinum undatum				+	+	+	+	
Neptunea antiqua						+	+	
Nassa reticulata						+	+	
Mytilus edulis	+	+	+	+	+			
Cardium edule	+	+	+					
C. fasciatum		+	+	+	+			
Astarte borealis			+	+ + +	+			
A. montagui			+	+ +	+			
A. elliptica			+	+ +	+			
Musculus discors				+	+	+	+	
M. niger				+	+	+	+	
Nucula nucleus			+	+				
Mya arenaria	+	+	+ +	+	+			
M. truncata			+	+	+	+		
Macoma baltica	+	+ +	+ + +	+ + +	+ +	+		
M. calcarea				+	+	+	+	+
Cyprina islandica			+	+ +	+ +	+	+	+
Montacuta bidentata			+	+ +	+ +	+		
Abra alba				+	+ +	+	+ +	

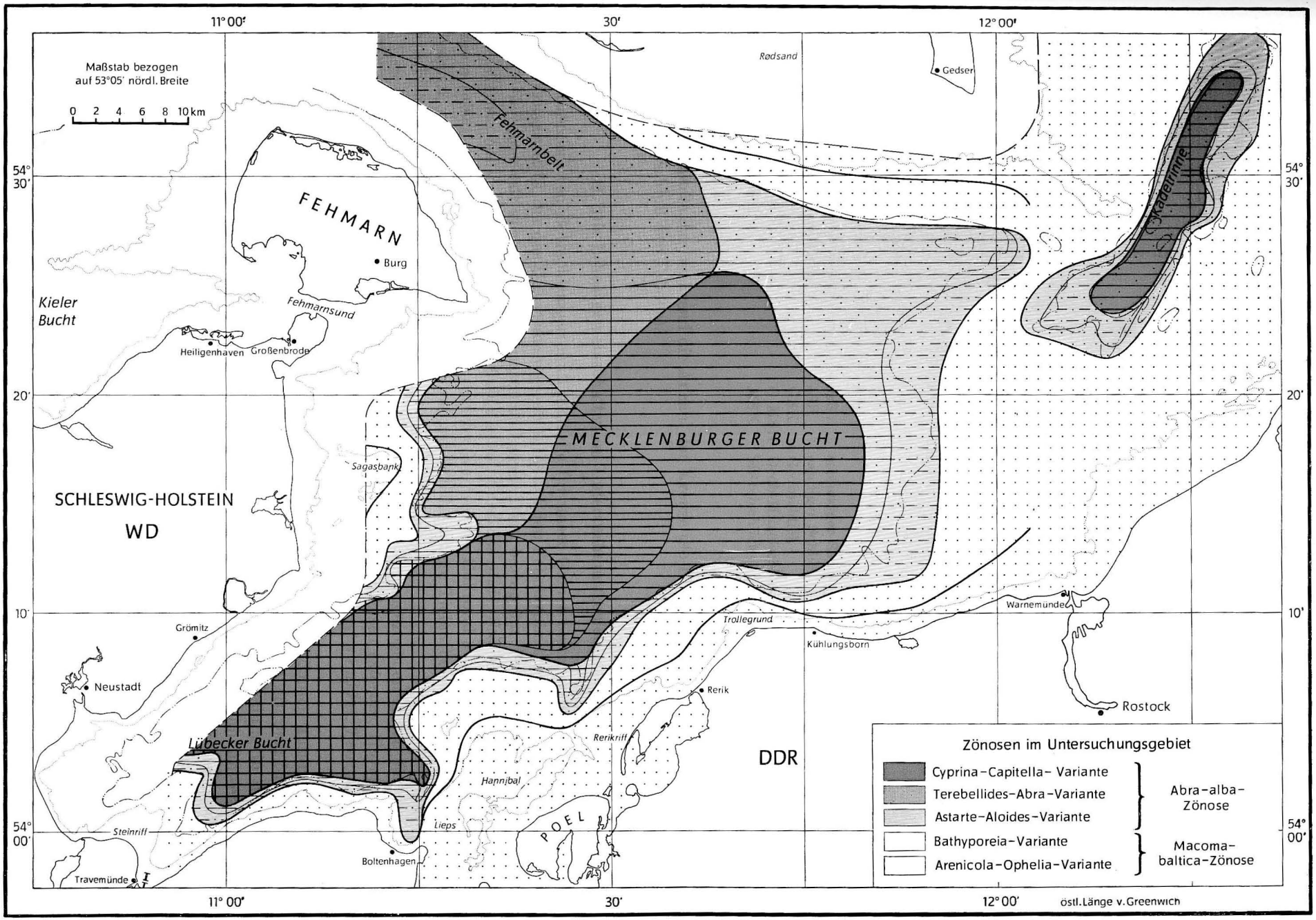

11° 00'
30'
12° 00'
Maßstab bezogen
auf 53°05' nördl. Breite
0 2 4 6 8 10 km
Rødsand
Gedser
Fehmarnbelt
Kadetrinne
54° 30'
FEHMARN
Burg
Kieler
Bucht
Fehmarnsund
Heiligenhaven
Großenbrode
20'
MECKLENBURGER BUCHT
Sagasbank
SCHLESWIG-HOLSTEIN
WD
10'
Grömitz
Neustadt
Lübecker Bucht
Trollegrund
Kühlungsborn
Warnemünde
Rerik
Rostock
Rerikriff
DDR
Hannibal
Steinriff
Lieps
POEL
54° 00'
Boltenhagen
Travemünde
Zönosen im Untersuchungsgebiet
Cyprina-Capitella- Variante
Terebellides-Abra-Variante
Astarte-Aloides-Variante
Abra-alba-Zönose
Bathyporeia-Variante
Arenicola-Ophelia-Variante
Macoma-baltica-Zönose
östl. Länge v. Greenwich

Abb. 14

Art	gS	mS	fS	skS	sSK	GSK	M-GSK	MSK
Scrobicularia plana	+	+	+	+	+	+		
Aloides gibba	+	+	+	+	+	+	+	
Saxicava arctica			+					
Cultellus pellucidus			+					
Priapulus caudatus				+	+	+	+	
Halicryptus spinulosus			+	+	+	+	+	+
Crangon crangon	++	++	+	+				
Gastrosacceus spinifer	+	+	+	+	+	+		
Idothea baltica	+							
Bathyporeia pilosa		+	++	+				
Jaera albifrons	+							
Phoxocephalus holbölli			+	+				
Pontoporeia pilosa			+	+				
Corophium volutator		+	+	+				
Diastylis rathkei				+	++	++	++	+
Asterias rubens		+	+	+	+	+	+	
Ophiura albida					++	+	++	

+	vereinzelt	skS	schlickiger Sand
++	stets mehrere Tiere	sSK	sandiger Schlick
+++	zahlreich	GSK	Grobschlick
gS	Grobsand	G-MSK	Grob-Mittelschlick
mS	Mittelsand	MSK	Mittelschlick
fS	Feinsand		

zelnen o. a. Sedimente dar, während die Anzahl der Kreuze die Häufigkeit der Art wiedergibt (Erklärung am Schluß der Tabelle).

6. Die Lebensgemeinschaften im Untersuchungsgebiet

Bei biozönotischen Betrachtungen muß man die für unser Gebiet bestehende Aufstellung von Petersen 1913, der das Untersuchungsgebiet bis auf den Fehmarnbelt unter der Macoma-baltica-Gemeinschaft zusammenfaßt, zugrunde legen. Dazu bewog ihn der Fakt, daß Tiere, wie *Macoma baltica*, *Mya arenaria*, *Hydrobia ulvae*, *Cardium edule*, *Scoloplos armiger*, *Corophium volutator* oder *Pygospio elegans*, die in der Nordsee im Eulitoral auf Weichböden vorkommen, in der Ostsee neben dem Sublitoral wesentlich größere Tiefen besiedeln. Der Fehmarnbelt gehört zur Abra-Gemeinschaft.

Remane 1940 betont, daß nicht die von Petersen 1913 herangezogenen Arten für das Gebiet typisch sind, sondern Spezies, wie *Macoma calcarea*, *Mesidothea entomon*, *Harmothoe sarsi* und besonders im westlichen Teil dazu (also in der Beltsee) *Diastylis rathkei*, *Terebellides strömi* und *Aricidea suecica*.

Im folgenden wird versucht, die Fauna der einzelnen Sedimente zu Zönosen zusammenzufassen. Für die Sande soll als übergeordnete Biozönose der Begriff der *Macoma-baltica*-Gemeinschaft erhalten bleiben. Für das gesamte Gebiet erscheint die Einteilung in diese Gemeinschaft ungerechtfertigt, für die flachen, sandigen Teile ist sie aber weiterhin anwendbar. Zwar bietet sich mit der Bearbeitung des Mesopsammon sicher eine detailliertere und sicherere Unterteilung an, da dieser Teil der Fauna aber unberücksichtigt blieb, müssen lediglich Makrofaunen-Elemente zur Charakterisierung herangezogen werden.

Es soll zwischen zwei Varianten unterschieden werden. Siehe Abb. 14

1. die *Arenicola-Ophelia*-Variante
2. die *Bathyporeia*-Variante

Zu 1. Diese Variante besiedelt den Grob- und Mittelsand. Sie wird charakterisiert durch das Vorhandensein und Dominieren der beiden namengebenden Tiere *Arenicola marina* und *Ophelia limacina*. Dazu gesellen sich, allerdings nur auf Grobsand, *Travisia forbesi*, massenhaft *Hydrobia ulvae*, weniger zahlreich *H. stagnorum* und *Littorina littorea* sowie *L. obtusata*. Mit *Mytilus edulis* kann ein für diese Variante untypisches Tier zahlreich vorkommen. *Macoma baltica*, *Mya arenaria* und *Cardium edule* vervollständigen das Bild. Sie sind aber nie in großer Abundanz vorhanden.

Weiterhin sind mit *Scoloplos armiger*, *Nephthys caeca*, *N. ciliata*, *Harmothoe sarsi*, *H. imbricata*, *Eteone longa*, *Nereis diversicolor*, *Pygospio elegans*, *Crangon crangon*, *Gastrosaccus spinifer* und vereinzelt *Bathyporeia pilosa* weitere euryöke Tiere vertreten. REMANE 1940 benennt die etwa entsprechende Gemeinschaft in der Kieler Bucht *Halamohydra*-Zönose. Er stützt sich bei der Charakterisierung fast ausschließlich auf die Mikrofauna, die im großen Sandlückensystem vorherrscht.

Zu 2. Die *Bathyporeia*-Variante umfaßt die Feinsande, die sich in der Tiefe an die gröberen Sande anschließen. In diesem Sediment treten die Amphipoden, unter ihnen besonders *Bathyporeia pilosa*, hervor. Neben ihr wurden noch *Phoxocephalus holbölli* und *Pontoporeia* spec. bestimmt. Die Epifauna zeigt neben *Mytilus edulis* auch *Astarte borealis*, *A. montagui* und *A. elliptica*. Die Polychaeten sind mit den euryöken Tieren *Harmothoe sarsi* und *H. imbricata*, *Eteone longa* und *Anaitides mucosa* vertreten. Das Endopsammon wird bei den Muscheln in der Reihenfolge ihrer Abundanz durch *Macoma baltica*, *Cardium edule*, *Mya arenaria*, *Corbula gibba* und vereinzelt durch *Cardium fasciatum*, *Cultellus pellucidus* und *Saxicava arctica* gebildet. Die Polychaeten des Endopsammon sind durch *Aricidea suecica*, *Spio filicornis*, *Pygospio elegans* und *Pectinaria koreni* vertreten. *Arenicola* kommt nur vereinzelt vor.

Das vagile Endopsammon zeigt die euryöken Arten *Nephthys ciliata*, *N. caeca*, *Scoloplos armiger* und *Capitella capitata*. Diese Variante wäre etwa mit der *Bathyporeia-Haustorius*-Zönose der Nordsee und der *Turbanella-hyalina*-Zönose, die REMANE für die Kieler Bucht aufstellte, zu vergleichen, obwohl, wie REMANE schreibt, beide nicht identisch sind. *Bathyporeia pilosa* ist ebenfalls in beiden Zönosen die Charakterart. Daneben führt REMANE eine Reihe von Mikrofaunenelementen an, die nicht bestätigt werden konnten. Im Biotop gibt es jedoch Übereinstimmung mit der Kieler Bucht.

Die Weichbodengebiete, zu denen ich neben der Schlickregion auch die schlickigen Sand- und sandigen Schlick-Biotope zählen möchte, zeichnen sich wegen ihrer tieferen Lage und der geringen Tiefenunterschiede im Gebiete durch gleitende Übergänge aus. Andererseits sind die Unterschiede, sowohl im Sediment als auch in der Besiedlung, vom schlickigen Sand bis zum Mittelschlick groß. Die Fauna nimmt über verschiedene Zwischenstufen in der Arten- und Individuenzahl vom schlickigen Sand, als dem reichsten Biotop, zum Mittelschlick mit stark verarmter Besiedlung, deutlich ab.

Wie schon bei den Sandbiozönosen, möchte ich auch hier an der von PETERSEN für den Fehmarnbelt aufgestellten *Abra-alba*-Gemeinschaft festhalten. Das Biotop muß aber auf die für das Gebiet gefundenen oben benannten Sedimente ausgedehnt werden. Dieses Vorgehen ist einmal dadurch begründet, daß der Einteilung von PETERSEN 1913 historische Bedeutung zukommt und in der Literatur allgemein für die Beltsee als Einheit erscheint. Dafür spricht weiterhin, und hierauf liegt das Hauptaugenmerk, daß das Artgefüge in den Hauptelementen übereinstimmt. Schon REMANE 1940 betont, daß die tieferen Teile der Beltsee mit ihrer Besiedlung eine Zwischenstellung zwischen der *Abra-alba*-Gemeinschaft und der arktischen, für das Arkona-Becken angegebenen *Macoma-calcarea*-Gemeinschaft einnehmen. REMANE 1940 stellt für die Kieler Bucht zwei Weichbodenzönosen heraus. Erstens die *Corbula*-Zönose auf „grauem bis gelbgrauem, oft sanduntermischten Boden (Gyttja) in geringen Tiefen 6—15 (20) m" (REMANE 1940 I a, S. 146) mit *Corbula gibba*, *Pectinaria koreni*, *Cultellus pellucidus*, dann gemeinsam auf dunklem Mud (REMANE) *Ophiura albida*, *Scrobicularia plana*, *Abra alba*,

Cyprina islandica, Terebellides strömi, Euchone papillosa, Nephthys spec., *Harmothoe sarsi, Scoloplos armiger, Montacuta bidentata, Macoma baltica* und *Diastylis rathkei*. Zweitens die *Laophonte-horrida*-Zönose in tieferen Mulden mit dunklerem, mud-artigem Schlamm. Die Zönose zeichnet sich gegenüber der vorigen durch eine artenärmere Makrofauna aus. Häufig sind noch *Cyprina islandica, Macoma calcarea*, die *Astarte*-Arten, *Terebellides strömi, Harmothoe sarsi* und *Nephthys* spec.. Als Charakterart wird *Onoba striata* angeführt. Bei Auftreten von Sauerstoffmangel und H_2S im Boden oder der bodennahen Schicht entsteht eine verarmte Zönose, die sich aus gegen diese Faktoren widerstandsfähigsten Arten, wie *M. calcarea, M. baltica, Halicryptus spinulosus, Priapulus candatus, Harmothoe sarsi, Scoloplos armiger, Capitella capitata* und *Diastylis rathkei*, zusammensetzt. Remane 1940 betont selbst die Ähnlichkeit seiner *Corbula*-Zönose mit der *Abra-alba*-Community Petersens. Weiterhin stellt die *Laophonte-horrida*-Zönose im wesentlichen eine verarmte Stufe der anderen Gemeinschaft dar.

Die Macoma-calcarea-Zönose (Thornson 1957) mit *M. calcarea, Astarte borealis, M. baltica Scoloplos armiger, Priapulus caudatus, Terebellides strömi, Harmothoe sarsi* und *Diastylis rathkei* zeigt auch gewisse Ähnlichkeit mit der *Abra-alba*-Zönose, nur, daß die benennende Muschel fehlt und auch einige Elemente zurückgetreten sind. Es erschien nach genauer Analyse der eigenen Befunde, als auch der genannten Literatur, zweckmäßig, die *Abra-alba*-Zönose für das Gebiet zu untergliedern in (siehe Abb. 14)

1. die *Astarte-Aloides*-Variante,
2. die *Terebellides-Abra*-Variante und
3. die *Cyprina-Capitella*-Variante.

Zu 1. Sie umfaßt im wesentlichen die sandigen Schlicke und schlickigen Sande im Gebiet, mit Ausnahme des Areals im Fehmarnbelt. Hierbei handelt es sich um die produktivste Biozönose. Einmütig treten die drei Astarten *A. borealis, A. montagui* und *A. elliptica* hervor. Hinzu kommen von den Mollusken *Aloides gibba* in geringer Abundanz und sehr zahlreich die euryöke *Macoma baltica. Mya arenaria, Cardium edule, Cardium fasciatum, Montacuta bidentata, Abra alba* und *Cyprina* sind relativ häufig vertreten, sehr selten kamen dagegen *Macoma calcarea* und *Mya truncata* vor.

Bei den Polychaeten überwiegt das vagile Endopelos. *Nephthys ciliata, Nephthys caeca, Scoloplos armiger* und *Capitella capitata* sind zahlreich. Daneben kommen *Pectinaria koreni, Spio filicornis, Aricidea suecica, Harmothoe sarsi* und *H. imbricata, Terebellides strömi* und *Ampharete grubei* vor. *Halicryptus spinulosus* und *Priapulus caudatus* sowie *Diastylis rathkei* vervollständigen das Bild.

Ein Vergleich dieser Variante mit der *Corbula*-Zönose Remanes liegt nahe. Nur liegt das Biotop hier tiefer, bei 16—20 m. Von den typischen Arten scheint im Gebiet *Aloides* nicht so häufig zu sein, dagegen treten die Astarten in dieser Variante stärker hervor, während Remane 1940 sie für seine *Laophonte-horrida*-Zönose angibt, die man eher mit der hier zu beschreibenden *Terebellides-Abra*-Variante vergleichen könnte.

Zu 2. Das Gebiet dieser Lebensgemeinschaft zieht sich aus dem Fehmarnbelt um Fehmarn herum, vor der schleswig-holsteinischen Küste entlang bis zum Ausgang der Lübecker Bucht, d. h., es umfaßt die schlickigen Sande und sandigen Schlicke des Fehmarnbelts und des den westlichen Teil beim Schlick unter Mittel- bis Grobschlick beschriebenen Areals. Es erstreckt sich von der 20-m-Linie bis in etwa 22 m Tiefe. Neben den beiden namengebenden Arten, die charakteristisch sind, fällt das vereinzelte Vorkommen der Astarten und das von *Scoloplos armiger* nur im nordwestlichen Fehmarnbelt auf.

Typisch für die Zönose ist das Auftreten einiger Polychaeten: *Paraonis gracilis, Ampharete grubei, Neoamphitrite figulus, Artacama proboscidea, Disoma multisetosum* und *Euchone papillosa*. Daneben sind *Nephthys caeca* und *Nephthys ciliata* vorhanden. Zum vagilen Endo-

pelos gehören *Capitella capitata* und *Halicryptus*. *Diastylis rathkei* kommt wie in der *Astarte*-Variante vor. Außerdem gehören *Macoma calcarea* (selten), *Abra alba*, *Cyprina islandica*, *Aloides gibba* und im Fehmarnbelt *Montacuta bidentata* und *Nucula tenuis* (vereinzelt) zu dieser Variante. Auf diese Variante war *Ophiura albida* beschränkt.

Zu 3. Das Areal dieser Variante umfaßt die Schlickgebiete des Zentralteils der Mecklenburger Bucht, der Lübecker Bucht und der Kadetrinne. Die Gemeinschaft ist an Makrofaunenelementen sehr verarmt. Charakterisiert wird dieses Biotop durch *Cyprina islandica*, *Abra alba*, einzelne *Aloides gibba*, *Harmothoe sarsi*, *Capitella capitata*, *Diastylis rathkei* und *Disoma multisetosum*.

Die Einteilung dieser Variante scheint gerechtfertigt, obwohl die vorkommenden Arten auch in der *Terebellides-Abra*-Variante vertreten sind. Die Besiedlung und die Sedimentunterschiede machen aber eine Trennung zwischen der 2. und 3. Variante erforderlich.

Die Zönose der Lübecker Bucht ist sowohl in bezug auf die Arten als auch auf die Individuenzahl extrem verarmt. Ihren Charakterformen *Cyprina islandica* und *Diastalis rathkei* entsprechend, erfolgte eine Zuordnung zu dieser Variante.

7. Schlußbetrachtungen

Der ästuarine Charakter des Untersuchungsgebietes prägt das Gesicht der Fauna und Flora. Die großen, durch extreme Wetterlagen erzeugten Milieuschwankungen, denen das Benthos ausgesetzt ist, wirken limitierend und ermöglichen es nur euryhalinen Organismen, den Lebensraum zu erobern. Die Fauna und Flora stellt eine verarmte Gemeinschaft von vorwiegend marinen Formen dar. Das Gebiet zeigt bei den meisten Arten gegenüber der Kieler Bucht (KÜHLMORGEN-HILLE 1963) eine deutliche Individuenabnahme und ebenfalls einen Rückgang der Artenzahl. Während das Zurücktreten von marinen Vertretern natürlich ist, zeigt die Individuenabnahme doch an, daß die Kombination der abiotischen und biotischen Faktoren den Tieren in manchen Teilen die Schranken setzt. Salzgehaltsschwankungen von $10-15^0/_{00}$ an der Oberfläche und selbst um $10^0/_{00}$ am Boden erklären die fast allgemeinen Submergenzerscheinungen der Siedler des Gebietes. Nur in größeren Tiefen bleiben die Organismen einigermaßen vor derartigen Milieuveränderungen verschont. Mit diesem Absteigen bedeutender Faunenelemente erwächst für sie selbst die Schwierigkeit, sich auf ein im marinen Bereich nicht oder selten besiedeltes Substrat umzustellen. Damit im Zusammenhang steht die große Bedeutung der Larven und besonders der planktischen Larven. Die Larve, die die Besiedlung eines für die Art ungewohnten Substrats vornimmt, vollzieht damit eine Handlung „unter Zwang", die in den meisten Fällen sicher mit einem Verkümmern oder dem Tod endet, oder aber der selektierende Sinn, in Beziehung auf das Sediment (THORSON), wurde von den dort zitierten Autoren doch überschätzt. Wie BANSE 1955 schreibt, befindet sich der größte Teil der Larven, die aus dem Kattegat mit dem Tiefenwasser in unser Gebiet wandern, nach dem langen Transport kurz vor der Metamorphose oder haben diese im Wasser bereits beendet, so daß es nach Verlust der Fähigkeit des Schwebens zu einem „Larvenregen" kommt. In diesem Falle gibt es für die Tiere nur noch ein „Entweder — oder". Die Verfrachtung der Larven, die, wie zu ersehen, einen stark vom Zufall beeinflußten Charakter trägt, führt neben anderen Möglichkeiten zu den Fluktuationen der Arten. Betroffen sind die Spezies, die einmal planktotrophe Larven erzeugen, deren Existenz andererseits im Gebiet von dem larventragenden Einstrom abhängig ist, da sie sich im Gebiet, der Grenze ihrer Verbreitung, nicht mehr zu reproduzieren vermögen (*Ophiura albida*, *Nucula nucleus* u. a.). Mit diesen beschriebenen Tatsachen müßte man die eingangs der Arbeit gestellte Frage nach sedimenttypischen Tieren verneinen. Die Untersuchungen haben aber gezeigt, daß es diese Bindung an bestimmte Sedimente im Gebiet für eine Reihe von Arten (*Ophelia*, *Travisia*, *Astarte*, *Terebellides* u. a.) in gewissen Grenzen gibt.

Neben einer Reihe von Tieren, die eurytop sind (s. Tabelle), wie z. B. *Harmothoe* spec., *Anaitides mucosa*, *Eteone longa*, *Nephthys* spec., *Asterias rubens*, *Gastrosaccus spinifer* und *Halicryptus spinulosus*, gibt es Arten, die klastische Sedimente oder Weichboden bevorzugen. Für die Sande seien *Pygospio elegans*, *Spio filicornis*, *Ophelia limacina*, *Travisia forbesi*, *Arenicola marina*, *Hydrobia* spec., *Cardium edule*, *Mya arenaria*, *Macoma baltica*, *Bathyporeia pilosa*, *Crangon crangon*, *Phoxocephalus holbölli* und *Pontoporeia pilosa* genannt. *Scoloplos armiger* und *Pectinaria koreni* sind Sandanzeiger. Solange sandige Bestandteile im Schlick nachzuweisen sind, wurden sie gefunden. Reiner Schlick blieb unbesiedelt. Für Weichböden erscheinen *Amphicteis gunneri*, *Paraonis gracilis*, *Ampharete grubei*, *Euchone papillosa*, *Terebellides strömi*, *Artacama proboscidea*, *Disoma multisetosum*, *Capitella capitata*, *Onoba striata*, *Macoma calcarea*, *Abra alba*, *Astarte* spec., *Cyprina islandica*, *Montacuta bidentata*, *Musculus* spec., *Diastylis rathkei* und *Ophiura albida* als typische Vertreter.

Die Abhängigkeit bestimmter Faunenelemente vom Sediment ermöglichte eine Zusammenfassung zu sedimenttypischen Zönosen. Dabei ließ sich eine Übereinstimmung mit den Einheiten von Remane 1940 und Petersen 1913 feststellen. Es wurde bewußt darauf verzichtet, durch Aufstellung neuer Zönosen, die im wesentlichen mit denen der o. g. Autoren übereinstimmen, neue Namen zu bringen.

Wenn von Sedimentbindung gesprochen wird, so muß man sicher die Frage stellen: Ist dieses Ergebnis nicht nur scheinbar und verdeckt andere, anscheinend im Hintergrund stehende, aber viel wichtigere Faktoren? In gewisser Weise muß man wirklich die primäre Bedeutung des Sediments einschränken und die für das Gebiet typische Kombination aller wirksamen Faktoren, die schließlich auch in der Struktur des Sediments zum Ausdruck kommen, dafür setzen. Die Rolle des Salzgehalts innerhalb dieser Kombination wurde bereits erwähnt, tritt aber in der Beziehung Salzgehalt — Tiefe — Strömung auch auf. Wie im hydrographischen Teil ausgedrückt, bestehen im Gebiet enge Verbindungen zwischen Wasserbewegung — Tiefe — Relief — Sediment. Diese sind natürlich auch noch in anderen Richtungen wirksam, z. B. in bezug auf die für die Besiedlung wichtigen Sauerstoffverhältnisse im Sediment und in seiner unmittelbaren Nähe im Wasserkörper. Diese Umsetzungen im Sediment und ihre Wirkung auf die Besiedlung sind problematisch. Gegenwärtig lassen sich nur mehr oder weniger hypothetische, durch wenige Faktoren belegte Schlußfolgerungen zur Charakterisierung heranziehen. Eingehendere Untersuchungen waren z. T. aus methodischen Gründen, Größe des Untersuchungsgebietes und bisher unvollkommene Technik der ungestörten Probenentnahme, noch nicht möglich. Es handelt sich bei der feineren Determinierung der Sedimente sicher um vorliegende Mikroschichtungen, die mit den in der Meereskunde üblichen Entnahmegeräten noch nicht zu erfassen sind. Auf dem Wege der Klärung dieser Vorgänge wird es sicher möglich sein, scheinbare Zufälligkeiten der Besiedlung bestimmter Sedimente, wie sie sich im Untersuchungsgebiet besonders bei den Schlicken offenbaren, zu erklären. Allerdings erhebt sich in diesem Zusammenhang auch die Forderung nach eingehenderen autökologischen Studien bestimmter Arten, ohne die eine Anwendung der gewonnenen Daten nutzlos wäre.

8. Literatur

Augener, H., Beitrag zur Polychaetenfauna der Ostsee. Z. Morphol. Ökol. Tiere **11** (1928) S. 102—104; Atlas der Bodenbeschaffenheit des Meeres (Südliche Ostsee). Bearbeitet von der Deutschen Seewarte.

Banse, K., Über das Verhalten von meroplanktischen Larven in geschichtetem Wasser. Kieler Meeresforsch. **11** (1955).

Barnes, H., Oceanography and Marine Biology, London 1960.

Boettger, C. R., Basomatophora in Grimpe-Wagler TNO **9** : b_2 : 241—478 (1940).

Braun, M., Faunistische Untersuchungen in der Bucht von Wismar. Arch. Ver. d. Freund. f. Naturgesch. Mecklbg. **42** (1888).

BUCHANAN, J. B., The bottom fauna communities and their sediment relationsships. Oikos **14** (1963) S. 154–175.

CASPERS, H., Der Biozönose- und Biotopbegriff vom Blickpunkt der marinen und limnischen Synökologie. Biol. Zbl. **69** (1950) S 43–63.

DIETRICH, G., Die natürlichen Regionen von Nord- und Ostsee auf hygrographischer Grundlage. Kiel. Meeresforsch. **7** (1950) S. 35–69.

DIETRICH, G. und KALLE, K., Allgemeine Meereskunde. Gebr. Bornträger, Berlin 1957.

DIETRICH, G. und WEIDEMANN, H., Strömungsverhältnisse in der Lübecker Bucht. Die Küste, Arch. f. Forsch. u. Technik an Nord- u. Ostsee **1/2** (1952).

FORSMAN, B., Notes of the invertebrate fauna of the Baltic. Ark. Zool. n. S. **9** (1956) 17, S. 389–419.

FRIEDRICH, H., Polychaeta. In: Grimpe-Wagler TNO **6b** (1932) S. 1–200.

GAJEVSKAJA, N. S., Bestimmungsbuch der Fauna und Flora der nördlichen Meere der UdSSR. Moskau 1948 (in Russisch).

HAAS, F., Lamellibranchia. In: Grimpe-Wagler TNO **9d** (1926) S. 1–96.

HAGMEIER, A., Die Arbeiten mit dem Petersen-Bodengreifer auf der Ostseefahrt April 1925. Ber. Dtsch. wiss. Komm. Meeresforschg. NF **2** (1926) S. 92–95.

HAGMEIER, A., Die Bodenfauna der Ostsee im April 1929. Ber. Dtsch. wiss. Komm. Meeresforschg. **5** (1929) S. 3.

HOLME, N. A., The biomass of the bottom fauna in the English Channel of Plymouth. J. mar. biol. Ass. **32** (1953) S. 1–50.

JAECKEL, S., Zur Ökologie der Molluskenfauna in der westlichen Ostsee. Schr. naturw. Ver. Schlesw.-Holst. **26** (1952) S. 18–50.

JÖRGENSEN, C. B., Lamellibranchia. Medd. Komm. Danm. Fisk-og Havunders, Vol. **4**, Ser. Plankton pp (1946) S. 277–311.

JONES, N. S., Marine bottom communities. Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 25 (1950) S. 283–313.

KÄNDLER, R., Hydrographische Untersuchungen zum Abwasserproblem in den Buchten und Förden der Ostküste Schleswig-Holsteins. Kiel. Meeresforsch. **9**; (1953) 2, S. 176–200.

KOLP, O., Die Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung. Beiträge zur Meereskunde **17/18** (1966).

KRAUSE, H. R., Die biologische Kartierung des westlichen Juister Watts im Sommer 1950. Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1950.

KRAUSE, H. R., Die biologische Wattkartierung im ostfriesischen Raum. Arbeiten aus der Forschungsstelle Norderney Nr. 1955.

KRÜGER, P., Cirripedia. In: Grimpe-Wagler TNO: **X, d** (1941) S. 1–40.

KÜHLMORGEN-HILLE, G., Die jahreszeitlichen Veränderungen in der Bodenfauna der Kieler Bucht. Diss. Kiel 1963.

LENZ, H., Die wirbellosen Tiere der Travemünder Bucht. Ber. Komm. z. wiss. Unters. dtsch. Meere 1884.

LINDROTH, A., Die Assoziationen der marinen Weichböden. Zool. Bidrag Uppsala **15/16** (1935).

LÖWE, F.-K., Quantitative Benthosuntersuchungen in der Arkonasee. Mitt. zool Mus. Berlin **39** (1963) 2, S. 247–349.

MEYER, H. A. und MÖBIUS, K., Die Fauna der Kieler Bucht. Bd. I u. II, Leipzig 1865/1871.

MICHAELSEN, W., Oligochaeta. In: Grimpe-Wagler TNO **6, c_1** (1927) S. 1–44.

MOORE, H. B., Marine Ecology. New York 1958.

MÖBIUS, K., Die wirbellosen Tiere der Ostsee. Jhr. Ber. Komm. wiss. Unters. dtsch. Meere Kiel 1873.

MULICKI, Z., Ecology of the more important Baltic invertebrates. Prace morskiego Inst. Ryb. **9** (1957) S. 313–379.

MÜLLER, C. D., Biologische und sedimentologische Untersuchung des Capeler Wattes. Forschungsstelle Norderney Jahresbericht 1957, **9** (1958).

MÜLLER, C. D., Fauna und Sediment in der Leybucht. Biologisch-bodenkundliche Wattenuntersuchung mit Stellungnahme zur Landgewinnung Forschungsstelle Norderney. Jahresbericht 1959, **11** (1960).

NIERSTRAZZ, H. u. a., Isopoda. In: Grimpe-Wagler TNO **10**; c_2 (1930) S. 57–172.

REISH, J., A discussion of the importance of the screen size in washing quantitative marine bottom samples. Ecology **40**, (1959) 2, S. 307–309.

REMANE, A., Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- u. Ostsee. In: Grimpe-Wagler TNO: **1a** (1940) S. 1–238.

REMANE, A., Das Vordringen limnischer Tierarten in das Gebiet der Nord- u. Ostsee. Kiel. Meeresforsch. **7** (1950) 2, S. 5–23.

REMANE, A., Die Brackwassersubmergenz und die Umkomposition der Zönosen in Belt- und Ostsee. Kiel. Meeresforsch. **11** (1955) S. 59–73.

Rudolph, H., Sedimentpetrographische Untersuchungen von rezenten Sedimenten der westlichen Ostsee (Mecklenburger und Lübecker Bucht). Dissertation Rostock 1965.

Petersen, C. G., Valuation of the sea II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeographie. Rep. Danish Biol. Stat. **21** (1913).

Petersen, C. G. J., The Seabottom and its production of fish-Food Rep. Danish. Biol. Stat. 1918, Kopenhagen 1918.

Petersen, C. G. J., and Boysen Jensen, P., Valuation of the Sea. I. Animal life on sea bottom, its food and quantity. Rep. Danish. Biol. Stat. 25, Kopenhagen 1911.

Pratje, O., Einführung in die Geologie der Nord- und Ostsee. In: Grimpe-Wagler TNO; **Id** (1931) S. 1 bis 44.

Schulz, E., Einführung in die Hydrographie der Nord- und Ostsee. In: Grimpe-Wagler TNO $\mathbf{1d_2}$ (1922) S. 45—88.

Schulz, S., Faunistisch-ökologische Untersuchungen des Benthos in der Mecklenburger Bucht (Westliche Ostsee). Dissertation Greifswald 1966.

Segerstrale, S., Baltic Sea. Geol. Soc. America **67** (1957) S. 751—800.

Segerstrale, S., Fluctuations in the abundance of benthic animals in the Baltic area. Comment. biol. **23** (1960) 9, S. 1—9.

Segerstrale, S., Investigations on Baltic populations of the bivalve Macoma baltica. Comment. biol. **23** (1960) 2, S. 1—72.

Stephensen, K., Amphipoda. In: Grimpe-Wagler TNO **10**; **f** (1929) S. 1—188.

Stresemann, E., Exkursionsfauna. Berlin 1957.

Thorson, G., Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. Medd. Danm. Fisheri Ser. Plankton **4** (1946) 1, S. 1—523.

Thorson, G., Zur jetzigen Lage der marinen Bodentier-Ökologie. Verh. dtsch. Zool. Ges. in Wilhelmshaven (1951) S. 276—327.

Thorson, G., Bottom communities Geol. Soc. Amerika **67** (1957) S. 461—534.

Wattenberg, H., Entwurf einer natürlichen Einteilung der Ostsee. Kiel. Meeresforsch. **6** (1949) S. 10—17.

Zenkevitsch, L. A., Biology for the Seas of the USSR. London 1963.

Ziegelmeyer, E., Die Muscheln (Bivalvia) der deutschen Meeresgebiete. Helgol. wiss. Meeresunters. **6** (1957) 1, S. 11—51.

Zimmer, C., Mysidacea. In: Grimpe-Wagler TNO **10**; (1933) 93, S. 29—69.

Zur Makrofauna des Eulitorals bei Hiddensee

Von Albert Kosler[1])

Zusammenfassung: Es wird über die Zusammensetzung der Makrofauna des Vierendehlgrundes, einer nur wenige Dezimeter unter Wasser liegenden, flachen Sandbank, berichtet und damit ein Beitrag zur Erforschung des Makrobenthos im eulitoralen Bereich vor der Insel Hiddensee geliefert. Die qualitative Untersuchung der Makrofauna des der Südspitze der Insel Hiddensee vorgelagerten Vierendehlgrundes ergab 66 Arten, davon 67% marine, 22,5% brackische, 3% holeuryhaline sowie 7,5% limnische Arten. Nach der Darstellung der horizontalen Verbreitung wird auf die Beziehung zwischen Bodenfauna und Sediment eingegangen. Ökologisch läßt sich das Untersuchungsgebiet in einem artenarmen Bereich fein- bis mittelkörnigen Sandes mit *Bathyporeia pilosa* und einen Bereich schwach schlickigen Feinsandes mit einer artenreichen Lebensgemeinschaft gliedern. Beim Vergleich mit der Fauna des der südlichen Nordseeküste vorgelagerten Wattenmeeres läßt sich die *Bathyporeia*-Biozönose in die Scoloplos-Assoziation (Jepsen 1965 u. a.) eingliedern, während die im Feinsandbereich des Vierendehlgrundes angetroffene Lebensgemeinschaft einen eigenen Charakter aufweist.

Seite

1. Topographie des Untersuchungsgebietes 56
2. Hydrographie des Untersuchungsgebietes 57
3. Methodik 59
4. Sedimentanalysen 60
5. Artenliste 61
6. Brackwassercharakter der Bodenfauna des Vierendehlgrundes 62
7. Horizontale Verbreitung der Bodenfauna 64
8. Beziehungen zwischen Fauna und Sediment 70
9. Diskussion 71
10. Anhang — Tabellen 1—8 73
11. Literatur 80

1. Topographie des Untersuchungsgebietes

Der Vierendehlgrund liegt südlich der Insel Hiddensee. Er reicht im Westen bis an das Fahrwasser der Nordansteuerung Stralsund (Gellenstrom, Barhöfter Rinne, Vierendehlrinne) und wird im Osten durch das von Leps (1933) als Nordrinne bezeichnete Fahrwasser nach den Häfen der Insel Hiddensee begrenzt.

Von Nordwesten hat die offene See über den Gellenstrom Zutritt zum Untersuchungsgebiet. Im Südwesten schließt sich die Prohner Wiek und im Südosten der Kubitzer Bodden an. Das im Nordosten angrenzende südliche Becken des Schaproder Boddens wird von Seifert (1933) als Ummanzer Bodden und von Leps (1933) als Gänsewerder Bucht bezeichnet. Nördlich des Vierendehlgrundes findet sich der als Gellen bezeichnete, südlichste Teil von Hiddensee mit vorgelagerten kleinen Inseln.

Es handelt sich beim Vierendehlgrund um eine weitflächige Sandbank in geringer Wassertiefe von etwa 1—5 dm. Bei den durchgeführten Untersuchungen galt die 0,5-m-Tiefenlinie als Grenze, während die 2-m-Tiefenlinie als äußerste Grenze des Vierendehlgrundes angesehen wurde. Von dort erfolgt ein rascher Abfall nach den Fahrwassern auf 4—6 m Tiefe (Abb. 1).

[1]) Hydrozoologische Abteilung der Biologischen Forschungsanstalt Hiddensee, Abt.-Leiter Prof. Dr. Rolf Keilbach.

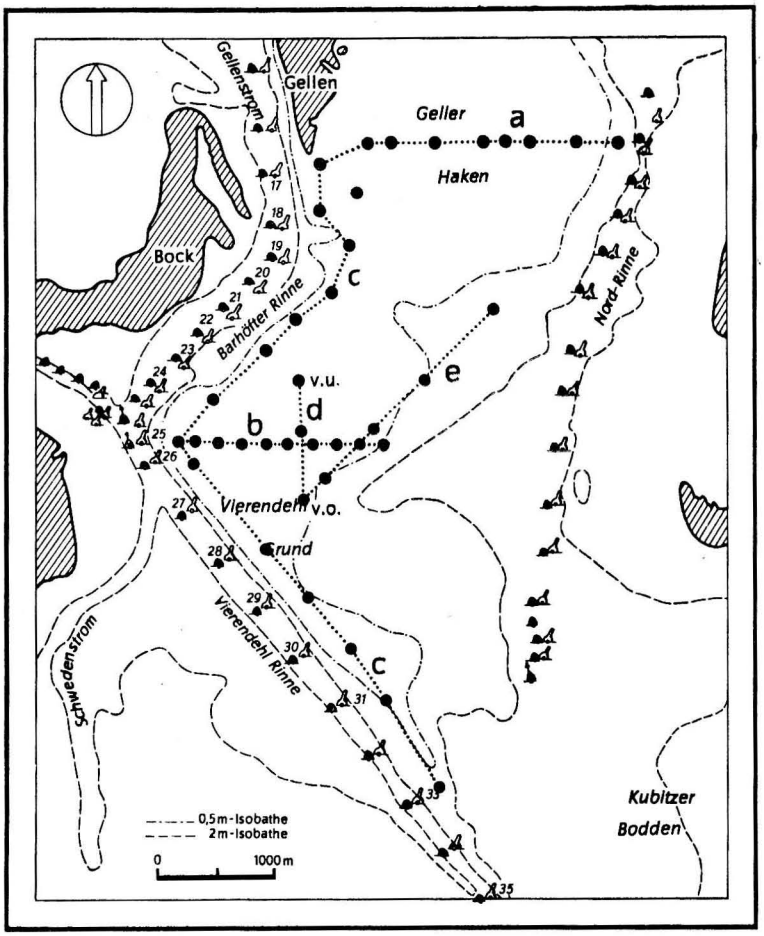


Abb. 1

Der Vierendehlgrund gliedert sich in einen nördlichen, als Geller Haken bezeichneten Teil und den „Vierendehlgrund" im engeren Sinne. Auf letzterem stehen das Vierendehl-Ober- und -Unterfeuer. Zwischen dem Geller Haken und dem „Vierendehlgrund" befinden sich flache Rinnen mit Wassertiefen von 0,3—0,5 m, die den Charakter von Prielen aufweisen. In ihnen sammelt sich bei sinkendem Wasserspiegel das ablaufende Wasser. Bei steigendem Wasserspiegel erfolgt von den Rinnen her die Überflutung des Untersuchungsgebietes.

Die nur etwa 1 dm unter Wasser liegenden, flachsten Teile des Vierendehlgrundes befinden sich südöstlich der Südspitze des Gellen und gegenüber Barhöft an der Vierstromecke. Diese erhielt ihren Namen nach den dort zusammentreffenden 4 Fahrwassern (Barhöfter Rinne, Barther Strom, Vierendehlrinne und Schwedenstrom). Ein weiterer, besonders flacher Bezirk mit 0,2 m Wassertiefe ist etwa 400 m östlich der Tonne 30 der Vierendehlrinne gelegen. Nach Osten erfolgt auf einer Strecke von etwa 2000 m ein allmählicher Abfall bis —0,5 m NN. An der Westkante des flachen Gebietes kann schon nach 50 m eine Wassertiefe von 0,5 m erreicht werden.

2. Hydrographie des Untersuchungsgebietes

Die hydrographischen Verhältnisse im Bereich des Vierendehlgrundes und der angrenzenden Gewässer wurden in einer Dissertation von Leps (1933) dargelegt. Er befaßte sich eingehend mit Stromverlauf, Salzgehalt und Wasserstandsschwankungen. Da eigene Untersuchungen im wesentlichen gleiche Verhältnisse erkennen ließen, kann auf die Arbeit von Leps verwiesen werden.

2.1. Strömungen

Die Strömungen sind im Untersuchungsgebiet ausschließlich von Windrichtung und Windstärke abhängig. Es überwiegen sowohl nach der Stärke als auch nach der Häufigkeit westliche Winde (Tab. 1), während Süd- und Südostwinde meist kurzfristig und mit geringer Stärke auftreten. Nord- und Nordostwinde können stürmisch sein, sind aber selten von langer Dauer, während anhaltende Ostwinde im Winter und Frühjahr nur in wenigen Fällen Sturmstärke erreichen.

Ab Windstärke 4 Bft. wird der Stromverlauf beeinflußt. Westwinde rufen einen Einstrom durch den Gellenstrom und die Vierendehlrinne in den Strelasund und durch die „Priele" des Vierendehlgrundes in den südlichen Schaproder Bodden hervor. Nordwest-, Nord- und Nordostwinde bewirken im Gellenstrom und in der Nordrinne eine starke Südströmung, die sich bis in das Stralsunder Fahrwasser fortsetzt. Bei Ost-, Südost-, Süd- und Südwestwinden erfolgt ein Ausstrom sowohl durch die Nordrinne als auch durch den Gellenstrom.

2.2. Wasserstandsschwankungen (Abb. 1, 2, 3 und Tab. 1)

Die im Bereich des Vierendehlgrundes besonders auffallenden Wasserstandsschwankungen gehen nicht immer den durch Wind bedingten Ein- und Ausstromlagen konform. Der windbedingte Stau in der Gellen Bucht wird von den Spiegelschwankungen der Ostsee überlagert. So kann z. B. der Wasserspiegel bei auflandigem Westwind und gleichzeitigem Einstrom sinken, während eine geringe Drehung des Windes auf WNW genügt, um bei anhaltendem Einstrom zu einem Anstieg des Wasserspiegels zu führen. LEPS schreibt: „Die Grenze zwischen Fallen und Steigen des Wassers bei Winden aus dem westlichen Quadranten liegt zwischen W und WNW, während WzN, der im allgemeinen bereits einen Anstieg einleitet, noch störenden Beeinflussungen unterworfen ist. Die entsprechende Grenze bei Winden aus dem östlichen Quadranten liegt zwischen SO und OSO, während SO_2O noch eine Mittelstellung einnimmt." Der vor allem im Winter und Frühjahr anhaltende, reine Ostwind führt zunächst trotz Ausstroms zum Steigen des Wasserspiegels und erst später zum Absinken desselben.

Der maximale Wasserstand während der Untersuchungen erreichte am 12. 12. 1961 542 cm am Pegel Barhöft, während am 9. 4. 1963 nur 446 cm gemessen wurden (NN = 500 cm).

Die Wasserstandsänderungen gehen oft sehr schnell vor sich. So wurde beispielsweise am 17. 11. 1961 ein Wasserspiegelanstieg von etwa 10 cm innerhalb einer Stunde bei NW 5 bis 6 Bft. beobachtet.

2.3. Salzgehalt

Im Untersuchungsgebiet ist der Salzgehalt von den Strömungen abhängig. Bei Einstrom aus westlicher Richtung ist in der Regel mit einer Erhöhung des Salzgehaltes zu rechnen, während bei nach Süden gerichtetem Einstrom und bei Ausstrom der Salzgehalt erniedrigt wird.

Die vom Verfasser gewonnenen Salinitätswerte sind Tab. 1 zu entnehmen. Auf Grund des durch Titration ermittelten Chloridgehaltes wurde nach den Tabellen in CZENSNY (1960) der Gesamtsalzgehalt errechnet.

Zahlreiche Werte liegen über dem von LEPS (1933) mit 8,53‰ angegebenen Maximalwert. Das läßt ein Ansteigen des Salzgehaltes in den letzten 30 Jahren vermuten. Das arithmetische Mittel aller Werte ergibt einen Salzgehalt von 9,79‰. Von SCHWARZ (1960) wurde von der Westküste von Hiddensee ein maximaler Wert von 17,2‰ mitgeteilt, während die Salzgehaltswerte an den Stationen Gellen und Bock nach Angaben von SCHWARZ zwischen 6,99 und 9,50‰ (Gellen) sowie 6,35 und 11,46‰ (Bock) variierten. Auch diese Werte lassen erkennen, daß das von LEPS bezeichnete Maximum von 8,53‰ sehr wohl überschritten werden kann.

HUPFER (1962) belegte eine Salzgehaltserhöhung des Oberflächenwassers in der Beltsee in der Periode von 1931 bis 1960, gegenüber der Periode von 1901 bis 1930. Es ist wahrscheinlich,

daß entsprechende Veränderungen auch im hier besprochenen Gebiet vor sich gingen. Der Nachweis hierfür wäre im Untersuchungsgebiet nur durch eingehende Untersuchungen zu erbringen.

Nach dem Venice-System (CASPERS 1959) ist der Vierendehlgrund in die (mixo-) mesohaline Zone ($\pm$18 bis $\pm 5^0/_{00}$) einzuordnen. Die Grenze zwischen alpha-mesohalinem und beta-mesohalinem Bereich bei $\pm 10^0/_{00}$ wird im Untersuchungsgebiet gerade erreicht.

3. Methodik

Die Fahrten nach dem Vierendehlgrund in den Jahren 1961 bis 1963 wurden mit dem 12-m-Kutter „Planktonfischer" der Biologischen Forschungsanstalt Hiddensee durchgeführt. Wegen der geringen Wassertiefe wurden die Wege auf dem Vierendehlgrund zu Fuß und mit einem kleinen Schlauchboot zurückgelegt, das für den Gerätetransport und das An- und Abbooten benötigt wurde. Bei genügend hohem Wasserstand konnte ein kleines Ruderboot benutzt werden.

Die auf den Profillinien *a*—*e* gelegenen Stationen sind in Abb. 1 verzeichnet. Profil *a* führte von der Südspitze des Gellen aus nach Osten. Aus technischen Gründen wurde die Anfangsstation dieses Profils nach Süden auf die erste Sandbank gegenüber der Tonne 17 des Gellenstroms verlegt. Dieser Punkt entsprach zugleich der nördlichsten Station des Profils *c*. Die nächste Station auf Profil *a* lag genau 400 m ostwärts in Höhe der Gellen-Südspitze. Das Profil *a* war 2600 m lang und endete an der Ostkante des Geller Hakens gegenüber der Tonne *Q* der Nordrinne.

Profil *b* verlief von Tonne 25 an der Vierstromecke ebenfalls in östlicher Richtung. Es endete nach 1800 m an der 0,5-m-Tiefenlinie.

Profil *c* verlief auf einer Nord—Süd-Linie entlang der Westkante des Vierendehlgrundes. Die Proben auf diesem Profil wurden gegenüber den Tonnen, diesseits der 0,5-m-Tiefenlinie entnommen.

Profil *d* lag auf der Verbindungslinie zwischen dem Vierendehl-Ober- und -Unterfeuer (V.O. und V.U.). Unmittelbar an beiden Feuern wurden ebenfalls Proben eingebracht.

Profil *e* verlief vom V.O. in nordöstlicher Richtung an der Ostkante des Vierendehlgrundes entlang. Es endete gegenüber der Tonne *U* der Nordrinne.

Die Einmessung der Stationen erfolgte mit Hilfe fester Landmarken und der beiden Leuchtfeuer. Die Entfernungen wurden in Schritten gemessen (5 Schritt = 4 m).

Die Probennahmen erbrachten vom 3. 5. bis 12. 12. 1961 insgesamt 108 Greiferproben von 44 Stationen. Die Salzgehaltswerte und die Wasserstandsmessungen stammen dagegen aus einer dreijährigen Untersuchungsperiode von 1961 bis 1963, deren Daten der Tab. 1 sowie den Abb. 2 und 3 zu entnehmen sind.

Die Anzahl der Proben pro Station war unterschiedlich. Es wurde mindestens eine zweimalige Entnahme, die erste im Frühsommer und die zweite im Herbst, angestrebt. Auf Profil *a* wurden zweimal, auf Profil *b* dreimal und auf Profil *d* fünfmal Proben entnommen. Infolge der Ausdehnung von etwa 7 km konnten auf Profil *c* nur an den wichtigsten Stationen mehr als einmal Proben entnommen werden.

Zur Entnahme der Proben diente ein EKMAN-Bodengreifer. Bei der manuellen Bedienung des Gerätes war die Arbeitsweise des Greifers gut zu kontrollieren. Von einer Grundfläche von 15 $\times$ 15 cm ausgehend, drang der EKMAN-Bodengreifer stets 10 cm tief in den Meeresgrund. Ein einwandfreies Schließen der Greiferbacken konnte in jedem Falle erreicht werden.

Die Proben wurden an Ort und Stelle durch ein Sieb von 1 mm Maschenweite gegeben und der Siebrückstand in eine weiße Schale gespült. Die dem Sieb noch anhaftenden Tiere, z. B. Oligochaeta, wurden mittels einer Pinzette entnommen und dem Siebrückstand hinzugefügt. Dieser wurde anschließend in 250-m*l*-Gläser geschüttet und mit Formalin konserviert. Auf

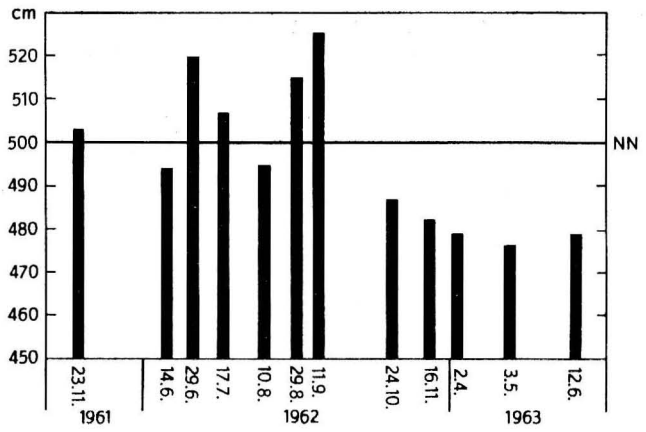


Abb. 2

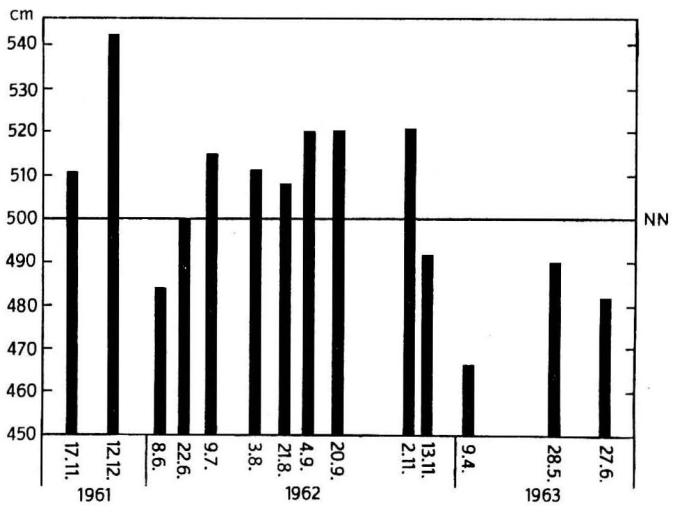


Abb. 3

diese Weise konnten nur die größeren Formen des Zoobenthos erfaßt werden, die das Epi- und Endopsammal (REMANE 1951) besiedeln, während die Sandlückenfauna (Mesopsammal) durch das Sieb hindurch gespült wurde.

Bei der Untersuchung im Labor wurden die Siebrückstände in flache Glasschalen gebracht und das Benthos unter dem Binokular (SM XX Zeiss Jena) bei 6,3facher Vergrößerung ausgelesen, bestimmt und gezählt.

4. Sedimentanalysen

Zur Untersuchung der Sedimentverteilung auf dem Vierendehlgrund wurden 1965 auf 6 Profilen $A-F$, die in 500 m Entfernung voneinander in West—Ost-Richtung verliefen, Proben entnommen (Abb. 4). Der Anfangspunkt des nördlichsten Profils A lag 40 m ostwärts der Südspitze des Gellen. Auf den Profilen A und B betrug der Abstand der Entnahmepunkte 200 m und auf den Profilen $C-F$ jeweils 500 m.

Die Kornzusammensetzung der insgesamt eingebrachten 34 Sedimentproben wurde im Institut für Meereskunde Warnemünde untersucht (Abb. 5).

Der überwiegende Teil der Sedimentbedeckung des Vierendehlgrundes bestand aus schwach schlickigem Feinsand (f) mit Anteilen der Fraktion 0,1—0,2 mm von etwa 80% sowie der

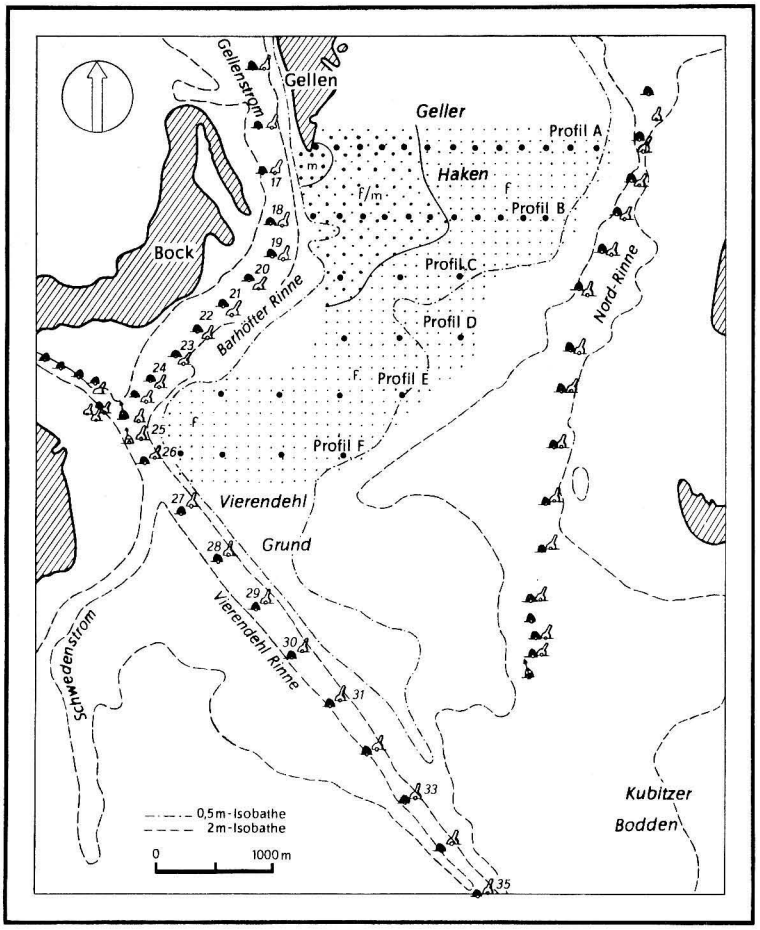


Abb. 4

Fraktion 0,06—0,1 mm von etwa 10—15% und der Kornarten unter 0,06 mm bis zu 2%. Die mittlere Kornverteilung und Variationsbreite dieses Sandes ist aus Abb. 5 zu ersehen.

Im nordwestlichen Teil des Vierendehlgrundes wurde fein- bis mittelkörniger Sand (f/m) mit Anteilen der Fraktionen 0,1—0,2 mm und 0,2—0,4 mm im Verhältnis von etwa 2:1 angetroffen. Dieser Sand wies keinen Schlickanteil auf.

Mittelkörniger Sand (m) mit einer Beimengung von Grobsand (gb) fand sich nur unmittelbar vor der Südspitze des Gellen. Dieser Sand enthielt einen Gewichtsanteil der Mittelsandfraktion 0,2—0,4 mm von 65% und darüber sowie einen Anteil der Grobsandfraktion 0,6—1,0 mm von etwa 10%.

5. Artenliste

Die Aufstellung berücksichtigt alle im Untersuchungsgebiet angetroffenen Arten.

5.01. Hydrozoa

Laomedea (Gonothyrea) lovéni (Allman) 1859

5.02. Turbellaria

Mehrere, nicht näher bestimmte Arten konnten beobachtet werden.

5.03. Nemertini

Prostoma obscurum Schultze 1851

Lineus ruber O. F. Müller 1774 ?

Diese Art konnte nicht einwandfrei bestimmt werden. Nur zwei Exemplare lagen vor (s. a. Friedrich 1960).

5.04. Nematodes

Auch hier konnte die nähere Bestimmung nicht erfolgen.

5.05. Gastropoda
Theodoxus fluviatilis (L.)
Zippora membranacea (ADAMS) 1797
Hydrobia ulvae (PENNANT) 1777
H. ventrosa (MONTAGU) 1803
Potamopyrgus jenkinsi (E. A. SMITH) 1889
Littorina saxatalis (OLIVI)
Embletonia pallida ALDER & HANCOCK 1855
Lymnaea ovata (DRAPARNAUD) 1805

5.06. Bivalvia
Mytilus edulis L.
Cardium edule L.
C. exiguum GMELIN
Macoma baltica (L.)
Mya arenaria L.

5.07. Polychaeta
Harmothoe sarsi KINBERG 1865
Eteone longa (FABRICIUS)1780
Nereis diversicolor O. F. MÜLLER 1776
Pygospio elegans CLARAPÊDE 1863
Polydora ciliata (JOHNSTON) 1838
Streblospio shrubsoli (BUCHANAN) 1890
Arenicola marina L.
Alkmaria rominji HORST 1919
Manayunkia aestuarina (BOURNE) 1883
Fabricia sabella (EHRENBERG) 1837

5.08. Oligochaeta
Paranais litoralis (O. F. MÜLLER) 1784
Nais elinguis O. F. MÜLLER 1773
Pachydrilus lineatus (O. F. MÜLLER) 1771
Clitellio arenarius (O. F. MÜLLER) 1776
Limnodrilus heterochaetus MICHAELSEN 1924
Peloscolex benedeni (UDEKEM) 1855
Tubifex costatus (CLAPARÊDE) 1863

5.09. Crustacea

5.09.1. Cirripedia
Balanus improvisus DARWIN 1851

5.09.2. Mysidacea
Neomysis vulgaris (THOMPSON) 1828
Praunus flexuosus (O. F. MÜLLER) 1788

5.09.3. Amphipoda
Gammarus locusta (L.) sensu SARS 1895
G. oceanicus SEGERSTRÅLE 1947
G. salinus SPOONER 1947
G. zaddachi SEXTON 1912 sensu SPOONER 1947
Melita palmata (MONTAGU) 1804
Calliopius laeviusculus (KRÖYER) 1838
Bathyporeia pilosa LINDSTRÖM 1855
Microdeutopus gryllotalpa COSTA 1853
Leptocheirus pilosus ZADDACH 1844
Corophium volutator (PALLAS) 1766
C. lacustre VANHÖFFEN 1911 (Einzelfund)

5.09.4. Isopoda
Idotea viridis (SLABBER) 1778
Cyathura carinata (KRÖYER)
Sphaeroma hookeri LEACH
S. rugicauda LEACH
Jaera albifrons LEACH

5.09.5. Tanaidacea
Heterotanais oerstedi (KRÖYER)

5.09.6. Decapoda
Leander adspersus (RATHKE) 1843
Crangon crangon (L.)
Carcinus meanas (L.)

5.10. Insecta
Haemonia mutica FABRICIUS
Acentropus niveus OLIV.
Diptera larv. undet.
Chironomidae larv.

5.11. Bryozoa
Membranipora crustulenta (PALLAS) 1766

5.12. Osteichthyes
Siphonostoma typhle (L.)
Nerophis ophidion L.
Gasterosteus aculeatus L.
Pomatoschistus minutus (PALLAS) 1769
Scophthalmus maximus (L.)
Pleuronectes platessa L.
Platichthys flesus (L.)

6. Brackwassercharakter der Makrofauna des Vierendehlgrundes

Aus den Angaben des Salzgehaltes geht hervor, daß der Vierendehlgrund ein Brackwassergebiet mixo-mesohalinen Charakters darstellt. Es ist also mit einer zwar artenarmen, aber individuenreichen Brackwasser-Fauna zu rechnen. Erwartungsgemäß enthält die vorstehende Artenliste drei verschiedene ökologische Gruppen: euryhaline Meerestiere, euryhaline Süßwassertiere und stenohaline Brackwassertiere. Den größten Anteil stellen mit

44 Arten die marinen Tiere, Brackwasserformen sind mit 15 Arten vertreten, während die fünf limnischen Arten den geringsten Teil ausmachen.

Der marine Anteil entspricht im wesentlichen den aus den Gewässern um Hiddensee bekannten Arten (SEIFERT 1933 und 1939, KOSLER 1962). Neu sind zwei Polychaeten: *Eteone longa* (Errantia) und *Polydora ciliata* (Sedentaria). Ersterer ist innerhalb der Ostsee bisher nur aus dem als Beltsee bezeichneten Teil bekannt und wohl mit den hier gefundenen drei Exemplaren als Gast für unser Gebiet anzusehen. Von *P. ciliata* wurden wiederholt mehrere Exemplare gefunden.

Die marinen Oligochaeten *Peloscolex benedeni* und *Clitellio arenarius* verdienen besondere Beachtung. *P. benedeni*, in der Ostsee sonst nur in größeren Tiefen vorkommend, ist durch mindestens drei Funde belegt. Hingegen ist *C. arenarius* im Norden des Gebietes, auf dem Geller Haken in geringer Wassertiefe (bis 0,2 m) regelmäßig (bis zu 20 Ind./Probe) anzutreffen.

Ein anderer Teil der marinen Arten war in der Ostsee bisher nur aus Tiefen über einen Meter bekannt. Diese Tiere besiedeln, wie z. B. *Bathyporeia pilosa* und *Pygospio elegans*, hier schon die flachsten Stellen um 0,1 m Wassertiefe.

Zu den Brackwasserarten des Vierendehlgrundes gehören:

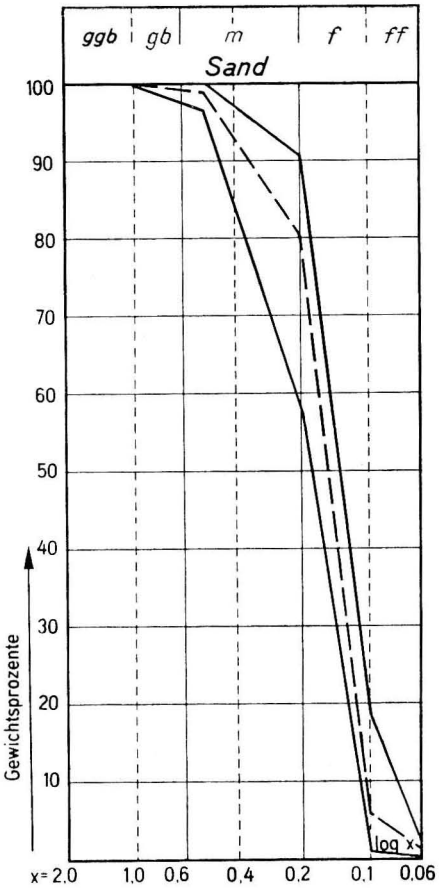


Abb. 5

Prostoma obscurum,
Hydrobia ventrosa,
Potamopyrgus jenkinsi,
Streblospio shrubsoli,
Alkmaria rominji,
Manayunkia aestuarina,
Limnodrilus heterochaetus,
Leptocheirus pilosus,
Corophium lacustre,
Idotea viridis,
Sphaeroma hookeri,
S. rugicauda,
Heterotanais oerstedi,
Haemonia mutica,
Platichthys flesus.

H. ventrosa ist bei weitem die bedeutendste Art, sowohl in bezug auf Regelmäßigkeit des Auftretens (Tab. 2) als auch in bezug auf die Populationsdichte bzw. die Abundanz. *P. obscurum*, *S. shrubsoli*, *M. aestuarina*, *S. hookeri* und zum Teil *I. viridis* sind ebenfalls nicht selten in den Proben und erreichen größere Individuenzahlen. Alle anderen Formen (ausgenommen die Flunder, die nicht quantitativ zu erfassen war) treten mehr oder weniger vereinzelt auf.

Die Vertreter der Süßwasser-Fauna in unserem Gebiet sind:

Theodoxus fluviatilis,
Lymnaea ovata,
Paranais litoralis,
Nais elinguis,
Acentropus niveus.

Außer *P. litoralis* sind alle limnischen Arten von geringer Bedeutung, sowohl in bezug auf das Vorkommen in den Proben (Konstanz, Tab. 2), als auch in der Anzahl. Das verwundert nicht, da ja die Süßwasserfauna im allgemeinen an sehr konstante, meist streng lenitische Lebensräume angepaßt ist. Auch CASPERS (1949), der die Tierwelt im Elbeaestuar untersuchte, stellte fest, daß nur sehr wenige limnische Arten in das Süß- und Brackwasserwatt hineingehen und dort eine hohe Besiedlungsdichte aufweisen können. Dem Vierendehlgrund ist wegen der Wasserstandsschwankungen ein „Watten-Charakter" zu eigen. Allerdings treten diese Schwankungen unperiodisch und nur vom Wind abhängig auf. Als letzte ökologische Gruppe sind noch die beiden holeuryhalinen Arten *Gasterosteus aculeatus* und *Pachydrilus lineatus* zu nennen.

Insbesondere der letztere ist als stark euryhalin in jeder Beziehung bekannt. Dieser Wurm besiedelt alle aquatilen Lebensräume, von reinem Leitungswasser bis zu hyperhalinen Binnengewässern. Auch in Jauche wurde er gefunden (UDE 1929). Sein zahlenmäßig bedeutendes Vorkommen auf dem Vierendehlgrund entspricht also durchaus der Erwartung. Auch der Stichling (*G. aculeatus*) ist aus Süß-, Brack- und Meerwasser bekannt.

Vergleicht man den Anteil der besprochenen ökologischen Gruppen an der Gesamt-Artenzahl (in Prozent) mit den entsprechenden Zahlen von SEIFERT (1939), so ist die starke Reduzierung der Süßwasserarten zugunsten der Brackwasserarten auffällig. Die Gründe dafür wurden bereits erörtert, auch SEIFERT erwartete solche Ergebnisse (Tab. 3).

Zusammenfassend kann man die Bodenfauna des Vierendehlgrundes als Brackwasserfauna mit hohem marinen und sehr geringem limnischen Anteil charakterisieren. Der Einfluß der im Norden angrenzenden Ostsee macht sich unmittelbar geltend.

7. Horizontale Verbreitung der Bodenfauna des Vierendehlgrundes

Mit Hilfe von Greiferproben, die auf den Profillinien a—e entnommen wurden, ergab sich ein Überblick über die Verbreitung des Zoobenthos auf dem Vierendehlgrund. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden hier dargestellt.

7.1. Profil a (Abb. 1 und 6)

Profil a, an der Westkante gegenüber Tonne 17 des Gellenstromes beginnend und genau östlich der Gellen-Südspitze an der Nordrinne endend, hat seinen höchsten Punkt (0,05 m) unmittelbar am Anfangspunkt. Dann fällt das Terrain nach 400 m auf etwa 0,2 m, eine der prielartigen Abflußrinnen querend, steigt nach 200 m wieder auf 0,15 m an, um dann mehr oder weniger gleichmäßig abfallend, nach 2200 m vom Ausgangspunkt, eine Wassertiefe von 0,25 m zu erreichen. Danach fällt es stärker ab und erreicht am Ende, kurz vor der Nordrinne, die 0,5 m Linie.

Die erste Bereisung am 8. 8. 61 begann an der Ostkante. Alle 400 m wurde je eine Greiferprobe entnommen und die Wassertiefe gemessen. Lediglich die letzte Station auf dieser Reise ist nur 200 m von der vorhergehenden entfernt (400 m vom angenommenen Nullpunkt). Auf Abb. 6 sind die erhaltenen Werte als ausgefüllte Säulen dargestellt. Die Darstellung im Säulendiagramm empfahl sich, da Zwischenwerte fehlen und nicht ohne weiteres durch einen geschlossenen Linienzug zu überbrücken sind.

Die nächste Bereisung erfolgte am 23. 11. 61 und begann an der Westkante beim Punkt Null. Es folgten Proben in 400, 1000 und 1600 m Abstand. Diese Werte, als schraffierte Säulen dargestellt, enthält Abb. 6 ebenfalls. Einzelproben, durch leere Säulen dargestellt, liegen vom 9. 6. 61 für die Station 600 m östlich des Nullpunktes, und vom 24. 8. und 23. 10. 61 für den östlichen Endpunkt (bei Tonne *Q*) an der Nordrinne vor.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Fauna bei weitem nicht gleichmäßig verteilt ist. An den ersten Punkten (0 und 400 m) finden wir nur sehr wenige Arten in geringer Häufigkeit, während ab 600 m der Artenbestand und auch die Abundanz der einzelnen Arten sprunghaft zunehmen. Lediglich eine Art, nämlich *Bathyporeia pilosa*, ist auf die ersten beiden Stationen beschränkt und kommt weiter östlich nicht mehr vor. Falls *Arenicola marina* durch den Bodengreifer erfaßbar wäre, würde sich das gleiche Bild ergeben. Die letzten der für diese Art charakteristischen Kothäufchen sind in 500 m Abstand von der Südspitze des Gellens in Richtung Osten zu finden. Mit *B. pilosa* vergesellschaftet sind sehr wenige Arten, vor allem *Nereis diversicolor* und *Hydrobia ventrosa*, die eine gewisse Bestandsdichte aufweisen. *H. ulvae*, *Macoma baltica*, *Mya arenaria*, *Cardium edule* und *Pachydrilus lineatus* sind jeweils nur durch Einzelindividuen und spärlich vertreten. Bei den Muscheln handelt es sich ausschließlich um juvenile Exemplare. Das von *B. pilosa* besiedelte Gebiet ist dem Angriff der freien Ostsee unmittelbar ausgesetzt und durch die Brandung dauernden Umlagerungen unterworfen.

Östlich von diesem „*Bathyporeia*-Sand" nehmen Arten- und Individuenzahlen rasch zu, die Gesamt-Individuenzahlen der einzelnen Proben verzehnfachen sich, während sich die Artenzahl verdoppelt. Bei *N. diversicolor* und *H. ventrosa* sinken die Individuenzahlen in Richtung Osten wieder etwas ab, nachdem sie zwischen 600 und 1400 m ihr Maximum erreichen. *Pygospio elegans* scheint im flachsten Gebiet bei 600 m die größte Zahl/Probe zu erreichen. Nach Osten hin nimmt die Individuenzahl ständig ab. Bei *Corophium volutator* ist vor allem der jahreszeitliche Unterschied von Bedeutung. Im Sommer sind recht hohe Individuenzahlen festzustellen, während die Spätherbstproben ganz geringe Werte bringen. Die Populationsdichte ist auch im flachsten Bezirk am größten und nimmt dann zur Tiefe hin ab. Die Oligochaeten schließlich verhalten sich ähnlich; im tieferen Wasser läßt die Wohndichte nach, obgleich die Arten noch vorhanden sind. *P. lineatus* speziell scheint bei 600 m seine größte Dichte zu haben, ähnlich wie der Polychaet *P. elegans*. *Clitellio arenarius*, ein Tubificide, tritt ausschließlich hier zwischen 0,15 m und 0,25 m Wassertiefe auf, mit bis zu 20 Individuen pro Probe. Er wurde an keiner anderen Stelle des Vierendehlgrundes gefunden.

Interessant ist noch das zahlenmäßig größere Auftreten des kleinen Polychaeten *Fabricia sabella*. Dieser Sabellide ist eigentlich mehr als Schlickbewohner oder Phytalform bekannt, kommt hier aber auf bewuchsfreiem Sand vor. Wiederholt wurde er in *Pygospio*-ähnlichen Sandröhren gefunden.

Alle auf diesem Profil gefundenen Muscheln waren juvenil und zahlenmäßig nicht von Bedeutung.

7.2 Profil *b* (Abb. 1 und 7)

Profil *b* beginnt im Westen in der Vierstromecke gegenüber der dortigen Tonne 25, bei 0,40 m Wassertiefe. Nach 50 m Distanz erreicht es seinen höchsten Punkt bei 0,03 m unter NN. Das Niveau sinkt von da an stetig, nach 1800 m am Endpunkt auf 0,5 m.

Die Bereisung dieses Profils erfolgte insgesamt dreimal, am 25. 7., 29. 8. und 17. 11. 61. Bis auf die beiden westlichsten haben alle Stationen untereinander einen Abstand von 200 m. Die weißen Säulen des Diagramms (Abb. 7) entsprechen den Werten des 25. 7., die schwarzen den vom 29. 8. Die Werte von 17. 11. sind punktiert dargestellt. Auf Grund höheren Wasser-

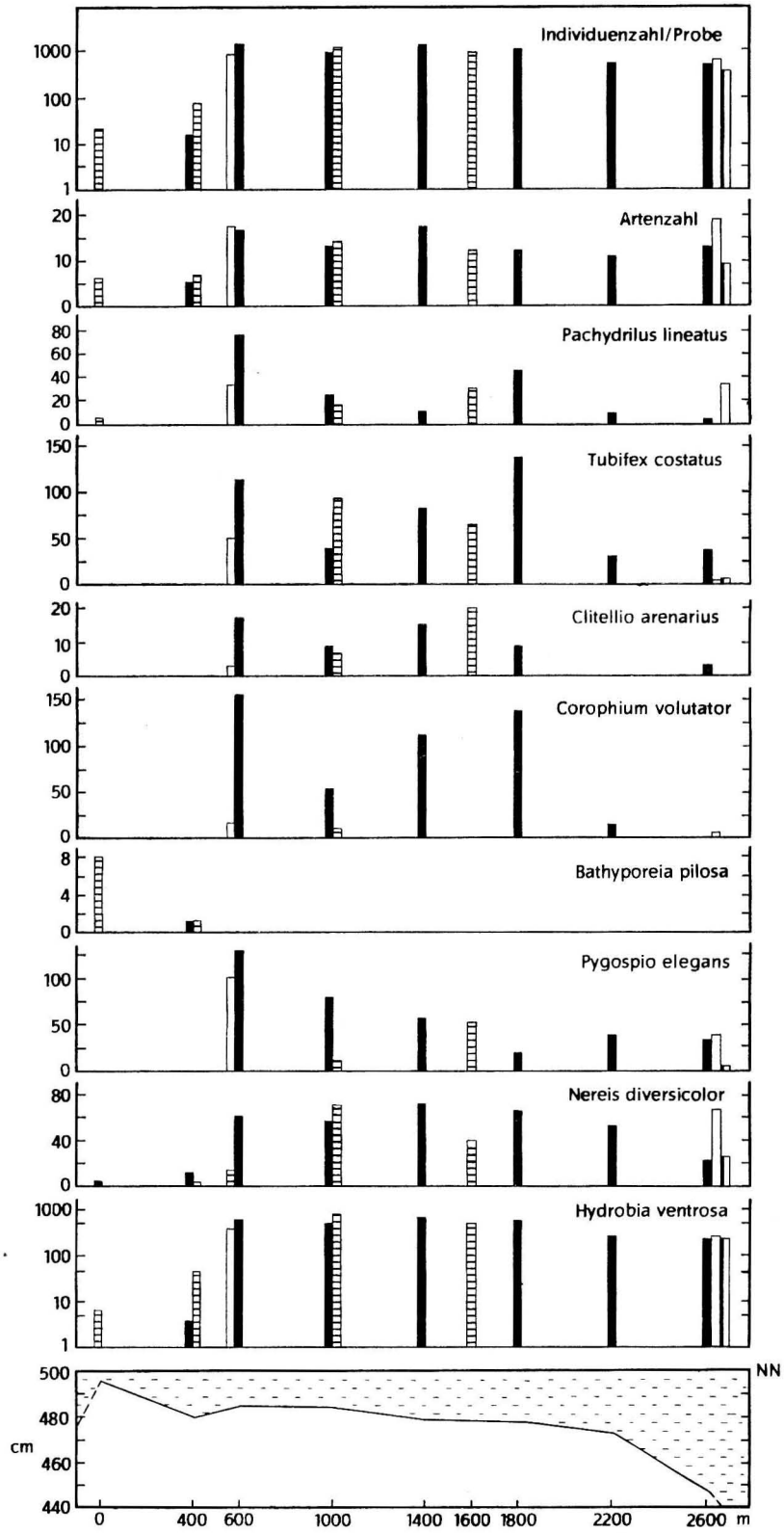

Individuenzahl/Probe
1000
100
10
1
Artenzahl
20
10
0
Pachydrilus lineatus
80
60
40
20
0
Tubifex costatus
150
100
50
0
Clitellio arenarius
20
10
0
Corophium volutator
150
100
50
0
Bathyporeia pilosa
8
4
0
Pygospio elegans
100
50
0
Nereis diversicolor
80
40
0
Hydrobia ventrosa
1000
100
10
1
NN
500
480
cm
460
440
0
400
600
1000
1400
1600
1800
2200
2600
m

Abb. 6

standes an den beiden letzten Terminen konnten die östlichsten Stationen nur einmal bereist werden.

Ähnlich wie bei Profil *a* sind auch hier die beiden ersten Stationen arm an Arten und Individuen. In größerer Zahl tritt hier, neben den *Hydrobia*-Arten, eigentlich nur *N. diversicolor* auf. Alle übrigen Arten sind, gemessen an den Werten der anderen Stationen des Profils, nur spärlich vertreten. Nur der Nemertine *Prostoma obscurum* macht eine Ausnahme, als er nahezu gleichmäßig in geringer Individuenzahl über das ganze Profil verbreitet ist. Nach den ersten 200 m steigt die gesamte Individuenzahl in den Proben wiederum auf den 10fachen Wert, während die Artenzahl etwa um die Hälfte zunimmt. *H. ulvae* zeigt den höchsten Wert an der tiefsten Station, während sie sonst mehr oder weniger gleichmäßig verteilt scheint. *H. ventrosa* erreicht bei 1000 m ihre maximale Abundanz und bleibt in der gleichen Größe auch an den weiter östlich gelegenen Stationen vorherrschend. *N. diversicolor* und auch *P. elegans* sind am stärksten auf dem mittleren Gebiet, zwischen 0,10 und 0,25 m Wassertiefe, vertreten. Die tieferen Gebiete werden wie auf Profil *a* von diesen beiden Arten geringer besiedelt. Entgegengesetzt verhält sich *Streblospio shrubsoli*, der erst ab 0,25 m Tiefe überhaupt in Erscheinung tritt und dann zur größeren Tiefe hin noch zunimmt. Eine Erklärung hierfür gibt der mit der Tiefe zunehmende Schlickgehalt und Pflanzenwuchs. *S. shrubsoli* ist mehr als Schlickform bekannt, während *P. elegans* für Sandgebiete typisch ist (Hempel 1957). Bei *C. volutator* fällt wiederum der jahreszeitliche Unterschied am stärksten auf. Die Sommerproben zeigen sehr hohe Werte, während in den Proben vom 17. 11. diese Art nur sehr gering vertreten ist. Beziehungen zur Wassertiefe sind aus den sehr stark schwankenden Werten nicht abzulesen. Von den Oligochaeten zeigt *Tubifex costatus* ein etwa gleichmäßiges Auftreten über das ganze Profil hinweg, während *P. lineatus* und *Paranais litoralis* in den flachsten Bezirken ihr Maximum haben. Im Gegensatz zu den Juli- und Augustwerten treten diese beiden im November stark zurück. Auch die Nematoden haben im flachsten Bereich die größte Dichte in den Greiferproben. Wie bereits im methodischen Teil erläutert, wurden aber längst nicht alle Nematoden erfaßt. *Cyathura carinata* ist ebenfalls wie *S. shrubsoli* nur in den tieferen Regionen zu finden.

7.3. Profil *c* (Abb. 1 und 8)

Profil *c*, die längste Profillinie dieser Untersuchungen (etwa 7000 m Länge), läuft entlang der Westkante des Vierendehlgrundes nach Süden, beginnend in der Nähe der Südspitze des Gellens. Der Anfangspunkt entspricht dem Anfangspunkt von Profil *a*. Die Proben wurden immer genau westlich der einzelnen Tonnen der verschiedenen Abschnitte des Fahrwassers nach Stralsund in der Nähe der 0,5-m-Linie des Vierendehlgrundes entnommen. Es war nicht möglich, alle Stationen dieser Profillinie an einem Termin aufzusuchen. Deshalb variieren die Entnahmedaten und auf Grund der verschiedenen Wasserstände auch die Wassertiefen. Im Säulendiagramm sind alle Werte, die auf mehr als einer Probe beruhen, als ausgefüllte Säulen dargestellt, während die leeren Säulen Einzelwerte repräsentieren. Am schwächsten besiedelt ist offensichtlich das nördliche Ende des Profils in der Gegend des Gellenstromes. Hier finden wir in größerer Anzahl nur *B. pilosa*. Andere Arten, bis auf *P. lineatus*, sind nur spärlich vertreten. Dieses vornehmlich von *B. pilosa* besiedelte Gebiet wurde schon bei Profil *a* besprochen. Es steht in einem gewissen Gegensatz zu dem Hauptteil des Profils, dem *B. pilosa* praktisch fehlt, und der sich durch größeren Artenreichtum und sehr viel größere Individuenzahlen auszeichnet. Auch *Arenicola marina*, der im einzelnen nicht erfaßt wurde, ist vor allem in diesem Gebiet beobachtet worden. Seine Besiedlungsdichte konnte nur geschätzt werden und beträgt maximal 2—3 Individuen pro Quadratmeter. Weiter südlich, im Gebiet der Barhöfter Rinne, nehmen dann Individuen- und Artenzahlen rasch zu. An der Vierstromecke gegenüber Barhöft (Tonne 24—26) sinken die Individuenzahlen noch einmal ab, während an der Tonne 25 auch die Artenzahl sehr klein ist. Hier liegt das Mittel

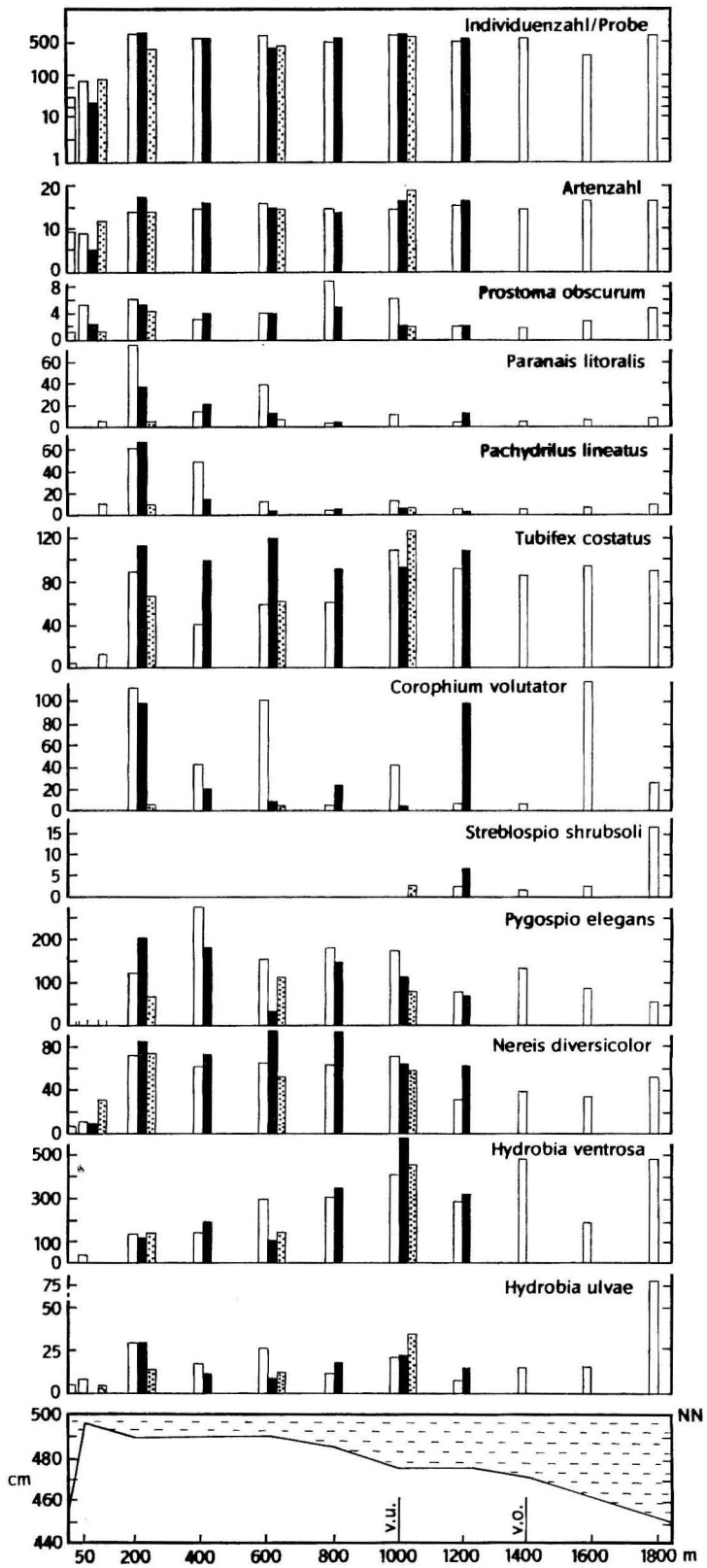

Individuenzahl/Probe
500
100
10
1
Artenzahl
20
10
0
Prostoma obscurum
8
4
0
Paranais litoralis
60
40
20
0
Pachydrilus lineatus
60
40
20
0
Tubifex costatus
120
80
40
0
Corophium volutator
100
80
60
40
20
0
Streblospio shrubsoli
15
10
5
0
Pygospio elegans
200
100
0
Nereis diversicolor
80
40
0
Hydrobia ventrosa
500
300
100
0
Hydrobia ulvae
75
50
25
0
500
480
460
440
cm
NN
V.U.
V.O.
50
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800 m

Abb. 7

von insgesamt zwölf Proben vor. Für die Anfangspunkte des Profils *b* sind entsprechend niedrige Werte nachgewiesen worden. Eine Erklärung hierfür ist in der geringen Wassertiefe zu sehen, die das Gebiet oft trockenfallen läßt.

Weiter nach Süden nimmt die Fauna an Stärke wieder zu. Hier findet sich dann auch, da das Terrain überhaupt abfällt, eine gewisse Vegetation, die weiter nach Süden an Dichte zunimmt. Ausgesprochene Phytalformen, wie *Idotea viridis*, *Jaera albifrons*, *Gammarus* spec., *Microdeutopus gryllotalpa* und *Zippora membranacea* treten teilweise in größerer Zahl auf, und auch Schlickbewohner, wie *Streblospio shrubsoli* und *Alkmaria rominji* finden ausreichende Lebensbedingungen. Die *Hydrobia*-Arten sind wohl am zahlreichsten im Gebiet der Vierendehlrinne. Nur *Corophium volutator* bringt ähnlich hohe Individuenzahlen hervor.

Die Maximalwerte des Profils *c* fast aller Arten liegen in den Gebieten, die durch ein Auseinanderlaufen der 0,5-m- und der 2-m-Linie (Abb. 1) gekennzeichnet sind. Hier fällt das Terrain relativ langsam zur Fahrrinne hin ab. Auch die Strömung ist geringer. Das beeinflußt die Entwicklung der Bodenfauna günstig und führt zu entsprechenden hohen Individuen und Artenzahlen.

7.4. Profil *d* (Abb. 1)

Profil *d* stellt die Verbindungslinie zwischen Vierendehl-Oberfeuer und Vierendehl-Unterfeuer dar. Die Proben wurden jeweils an den Leuchtfeuern und etwa in der Mitte zwischen diesen entnommen. Von Mai bis Oktober 1961 erfolgte die Probenahme monatlich.

Die geringste Wassertiefe ist am V.U. gegeben (0,15 m), während an der mittleren Station 0,25 m und am V.O. 0,40 m Wassertiefe bei NN zu finden sind. Auf eine graphische Darstellung der gezählten Werte konnte verzichtet werden, da Tab. 7 genügend Aussagekraft besitzt.

Arten- und Individuenzahlen sind beim V.U. am geringsten. Das Artenspektrum ist

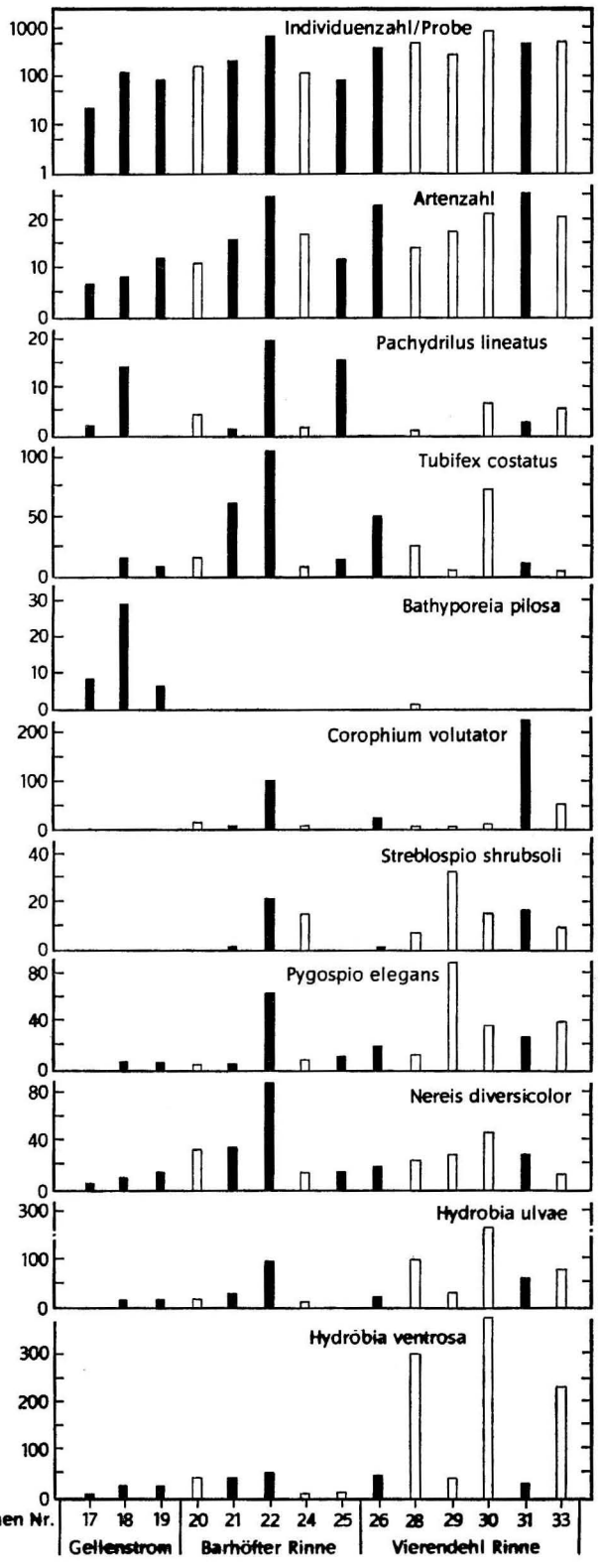


Abb. 8

bei allen Stationen das gleiche, bis auf Phytalformen, die am V.U. und an der mittleren Station fehlen. *S. shrubsoli*, als schlickliebende Art, tritt praktisch nur am V.O. häufiger auf. Die Individuenzahlen je Probe von *H. ventrosa* nehmen mit der Wassertiefe etwas zu, auch bei *C. volutator* ist dieser Effekt zu bemerken. Entgegengesetzt verhält sich *P. litoralis*, während der größte Teil der Arten ziemlich gleichmäßig über das Profil verteilt zu sein scheint.

7.5. Profil *e* (Abb. 1)

Profil *e* geht vom V.O. aus entlang der 0,5-m-Linie in nordöstlicher Richtung. Es endet am Geller Haken in der Höhe der Tonne *O* der Nordrinne. Als Markierungspunkte dienten außerdem die Leuchtfeuer und die Nordspitze der Insel Heuwiese.

Die mittleren Stationen liegen alle auf 0,5 m Wassertiefe, V.O. auf 0,40 m und der Endpunkt jenseits der 0,5-m-Linie auf 0,60 m. Da die Zahl der Proben für die einzelnen Stationen unterschiedlich ist, werden in der Tabelle nur Mittelwerte angegeben. Auf eine graphische Darstellung wurde hier ebenfalls verzichtet.

Während die Artenzahlen wenig variieren, nehmen die Individuenzahlen von Süd nach Nord etwas ab. Vor allem *H. ventrosa* zeigt dies deutlich. Eine gewisse Zunahme in südlicher Richtung ist bei *S. shrubsoli* festzustellen, während die anderen Arten mehr oder weniger unregelmäßige Schwankungen zeigen. *P. elegans*, *Tubifex costatus*, *P. litoralis* und *C. volutator* haben ihr Maximum in den mittleren Stationen, während *Mya arenaria* dort ein Minimum hat. Im großen und ganzen ist aber dieses Profil als gleichmäßig besiedelt zu betrachten.

8. Beziehungen zwischen Fauna und Sediment

Der Vierendehlgrund läßt sich aus den vorliegenden Untersuchungen in zwei faunistisch unterschiedene Bezirke gliedern. Im Nordwesten des Gebietes finden wir östlich des Gellenstromes einen ca. 0,5 km² großen Bezirk, der von dem Amphipoden *B. pilosa* besiedelt wird. Während im übrigen Gebiet diese Art praktisch fehlt, entwickelt sie hier eine teilweise recht beträchtliche Populationsdichte. Ebenfalls ausschließlich in diesem Gebiet sind die Kothäufchen des Polychaeten *A. marina* zu finden, der vom Bodengreifer nicht erfaßt wird. Andere hier vorkommende Arten sind vor allem *H. ventrosa*, *N. diversicolor* und *P. lineatus*. Dieser erste Bezirk kann als „*Bathyporeia*-Sand" dem ganzen übrigen Vierendehlgrund gegenübergestellt werden. Dort finden wir außer *B. pilosa* und *A. marina* alle aufgeführten Arten in oftmals großer Populationsdichte. Regionale Unterschiede sind vor allem in Abhängigkeit von der mittleren Wassertiefe zu erkennen. Zunehmende Wassertiefe hat ein Ansteigen der Arten- und Individuenzahlen zur Folge.

Ein Vergleich der faunistischen Ergebnisse mit den Ergebnissen der Korngrößenanalysen zeigt, daß die Lebensgemeinschaft des *Bathyporeia*-Sandes sich nur auf feinem bis mittleren Sand (f/m) vorfindet und auch die gröbsten Sedimente (m/ggb) besiedelt. Das reine Feinsandgebiet (f) wird von *B. pilosa* und *A. marina* gemieden, während hier alle anderen Arten in oft großer Zahl gedeihen.

Hieraus kann man entnehmen, daß die Zusammensetzung des Sedimentes ausschlaggebend für die faunistische Besiedlung ist. Die Sedimentzusammensetzung ihrerseits ist von der Bewegung des Wassers und dem durch sie verursachten Sedimenttransport und der Sedimentablagerung abhängig. Zum Gebiet des *Bathyporeia*-Sandes hat die freie Ostsee verhältnismäßig leichten Zugang und bewirkt entsprechend starke Wasserbewegungen, die zu einem Abtransport der feineren Bestandteile führen und somit die Zusammensetzung des Sedimentes beeinflussen. Das übrige Gebiet ist demgegenüber geschützt vor dem offenen Angriff der See, was sich im Überwiegen des Feinsandes im Sediment äußert.

9. Diskussion

Die im letzten Abschnitt erörterten Beziehungen zwischen Sediment und Fauna geben Anlaß, mit entsprechenden Untersuchungen in anderen Gebieten zu vergleichen.

Während über das Eulitoral der Ostsee eine entsprechende Untersuchung nur von BRENNING (1964) vorliegt, ist über das Eulitoral der Nordsee, das Wattenmeer, ein recht umfangreiches Schrifttum veröffentlicht worden (THAMDRUP 1935, WOHLENBERG 1937, LINKE 1939, SMIDT 1951, MÜLLER 1957, JEPSEN 1965 u. a.). Die Autoren kommen dabei im allgemeinen von der Analyse des Sediments zur Beschreibung der vorgefundenen Biozönosen. *Bathyporeia* wird von allen Autoren auf reinem, lockeren Sand gefunden, bei LINKE und MÜLLER in der *Scoloplos*-Variation und bei JEPSEN in der entsprechenden *Scoloplos*-Assoziation. Die hierfür namengebende Art *Scoloplos armiger* tritt infolge Brackwassersubmergenz bei Hiddensee erst in 10—12 m Wassertiefe auf. Auch HOLME (1949), der im Ex-Aestuar (Kanal) arbeitete, und BRENNING finden *Bathyporeia* auf reinem, lockeren Sand. Der *Bathyporeia*-Sand des Vierendehlgrundes läßt sich also ohne weiteres zur *Scoloplos*-Assoziation (nach JEPSEN) stellen, wobei die namengebende Art, bedingt durch die mixo-mesohalinen Verhältnisse, dort nicht vorkommt. Die Anwesenheit des Polychaeten *A. marina* macht wahrscheinlich, daß wir es hier mit der *Arenicola*-Variante (JEPSEN) der *Scoloplos*-Assoziation zu tun haben. Die relativ einheitliche Besiedlung des *Bathyporeia*-Sandes läßt aber diese Untergliederung nicht erforderlich scheinen.

Im reinen Feinsandgebiet des Vierendehlgrundes leben folgende Vertreter der eigentlichen Wattenfauna: *Macoma baltica, Mya arenaria, Cardium edule, Hydrobia ulvae, Corophium volutator, Nereis diversicolor* und *Pygospio elegans* in größerer Abundanz. Von diesen sieben Arten fehlt *C. volutator* als einzige Art auf dem *Bathyporeia*-Sand vollkommen. Die anderen sechs Arten sind zumindest gelegentlich dort zu finden. Offenbar schließen sich auf dem Vierendehlgrund *C. volutator* und *B. pilosa* gegenseitig aus. Sie wurden nicht nebeneinander gefunden. Zu den eigentlichen Wattentieren gesellen sich auf dem Vierendehlgrund in großer Abundanz und Konstanz die Brackwasserschnecke *H. ventrosa* und der Oligochaet *T. costatus*. *H. ventrosa* ist gegenüber der eigentlichen Wattschnecke *H. ulvae* sehr viel häufiger und scheint diese, da sie ja die gleiche Lebensweise hat, in der Biozönose zum großen Teil zu vertreten. Im Wattenmeer ist *H. ventrosa* bisher praktisch nicht nachgewiesen worden, bis auf eine Vermutung LINKES, der einzelne Tiere nach der äußeren Form zu *H. stagnalis* (= *H. ventrosa*) gehörig annahm. *T. costatus* wird gelegentlich im Wattenmeer (SMIDT 1951) gefunden, ist dort aber von geringer Bedeutung. Auf dem Vierendehlgrund hingegen ist er wesentlicher Bestandteil der Biozönose des Feinsandgebietes.

Versucht man, diese Lebensgemeinschaft in die Assoziationen des Wattenmeeres einzugliedern, so ist das schwieriger als beim *Bathyporeia*-Sand. Die sieben Vertreter der Wattenfauna auf dem Vierendehlgrund kommen in den verschiedensten Besiedlungstypen des Wattenmeeres vor.

Nach SMIDT, dessen Angaben von JEPSEN im wesentlichen bestätigt werden, verhalten sich die einzelnen Arten wie folgt: *Nereis diversicolor* ist unter den verschiedensten Bedingungen zu finden, liebt aber besonders schlickigen Sand in mittlerer Lage. *P. elegans* kommt auch auf verschiedenen Böden vor, mit deutlicher Bevorzugung sandigen und gemischten Bodens. Im allgemeinen ist *P. elegans* auf den höheren Watten zu finden, kann aber auch im tieferen Gebiet größere Populationen bilden. *H. ulvae* bevölkert hauptsächlich die oberste Wattenzone, während Jungtiere auch in den tieferen Gebieten häufiger sein können. *H. ulvae* ist auch gegen stärkere Wasserbewegung empfindlich. *C. edule* ist ziemlich unabhängig vom Bodengrund, meidet aber die oberen Bezirke ganz deutlich. Offenbar braucht sie als Suspensionsfresser längere Wasserbedeckung. *M. arenaria* ist auch vom Untergrund unabhängig, braucht aber, ähnlich wie *Cardium edule*, längere Wasserbedeckung, sie meidet deshalb das

oberste Gebiet. *M. baltica* kommt auf allen Wattengebieten vor und zeigt keine eindeutige Häufung in irgendeinem Bereich. *C. volutator* bewohnt geschützte, geringer Wasserbewegung ausgesetzte Gebiete, die lagebeständig sind. Die Bodenart ist von untergeordneter Bedeutung. Höher gelegene Gebiete werden offensichtlich bevorzugt, wenn auch im tieferen Gelände geringe Bestände zu finden sind.

Die günstigsten Lebensverhältnisse findet hiernach wohl *P. elegans*, der ja auch in allen Proben zahlreich ist. *N. diversicolor* ist auf die Bodenart nicht so festgelegt, während sich die Verbreitung der Muscheln mehr nach der mittleren Wassertiefe bzw. der Wasserbedeckungszeit richtet. Für *C. volutator* bietet der geschützte Bezirk des Feinsandes auf dem Vierendehlgrund genügend Lagebeständigkeit, die sein Vorkommen erklären. Die *Hydrobia*-Arten sind vor stärkerer Wasserbewegung geschützt und können deshalb in großer Zahl gedeihen. Typisch für dieses Areal scheint außerdem *T. costatus* zu sein, der auf dem *Bathyporeia*-Sand hingegen nur in geringer Zahl und nicht überall zu finden ist.

In den Gesellschaften des Wattenmeeres tritt *P. elegans* besonders zahlreich in der *Pygospio*-Variation nach LINKE, der *Arenicola*-Variation nach MÜLLER und den *Arenicola*- und *Scoloplos*-Assoziationen nach JEPSEN auf. Eine genaue Zuordnung der Fauna des Feinsandes des Vierendehlgrundes zu diesen Gesellschaften ist aber nicht möglich. Die Besiedlungsart wird am besten als eigene Gemeinschaft mit den Charakterarten *P. elegans* und *T. costatus* und den Begleitern *C. volutator*, *N. diversicolor*, *H. ulvae*, *H. ventrosa*, *M. arenaria*, *C. edule*, *M. baltica*, *P. lineatus*, *P. litoralis* dem *Bathyporeia*-Sand gegenübergestellt. Unterteilen läßt sich dieses Gebiet nur nach der Wassertiefe im Sinne von THAMDRUP (1935) in einen oberen (inneren) Gürtel bis 25 cm Wassertiefe, mit vielen kleinen Formen (*C. volutator*, *P. elegans*, *H.* spec.), und einen unteren (äußeren) Gürtel mit mehr als 25 cm Wassertiefe, in dem die Muscheln ihr Hauptverbreitungsgebiet haben. Der oberste Bezirk um 0,0 m Wassertiefe (Vierstromecke) ist arten- und individuenarm und entspricht dem inneren Grenzgebiet THAMDRUPS. Über 0,5 m Wassertiefe hinaus nimmt insbesondere die Artenzahl weiter zu, offenbar weil dieses Gebiet ständig vom Wasser bedeckt ist. Auch BRENNING (1964) stellte nur Mischgesellschaften fest.

10. Anhang

TABELLE 1
Salzgehalt und Windrichtung an fünf Stationen des Vierendehlgrundes
A = Ausstrom; *E* = Einstrom

Station	1	2	3	4	5	Strom	Wind
17. 11. 61					10,72	*E*	NW 5–6
23. 11. 61	8,86					*A*	SE 2–3
12. 12. 61		7,60				*A*	E 3–4
3. 8. 62			10,01	8,96	10,59	*A*	W 0–1
10. 8. 62	8,95	10,17				*A*	S 5–6
21. 8. 62			9,29	8,48	10,75	*A*	S-SE 2–3
29. 8. 62	14,00	11,40				*A*	SW-W 2–6
4. 9. 62			10,59	10,59	10,86	*A*	S-SW 2–3
11. 9. 62	12,86	11,98				*E*	W-NW 5–6
20. 9. 62			10,86	11,56	10,95	*E*	W-NW 2–3
24. 10. 62	10,07	10,37				*A*	SW 3–4
2. 11. 62			9,92	9,61	10,37	*A*	0–1
13. 11. 62				8,21	8,21	*A*	SE 1–2
16. 11. 62	8,77	9,36				*E*	NW-W 3–6
28. 5. 63					7,45	*A*	NE-E 3–4
12. 6. 63	9,05					*A*	SW-W 4–5
27. 6. 63					9,55	*A*	SW-W 4–3
17. 9. 63	10,50	8,50	10,05		9,10	*A*	SE 0–1
8. 11. 63	9,85	8,15	7,80		8,15	*A*	SW 6
19. 11. 63	10,25	9,25	8,65		9,40	*E*	SW 6–3
Mittelwerte	10,32	9,90	9,42	9,57	9,63	Gesamtmittel 9,79	

TABELLE 2
Zusammensetzung der Bodenfauna des Vierendehlgrundes nach ökologischen Gruppen
M = marin; *L* = limnisch; *B* = Brackwasser-; *H* = holeuryhalin

	M	*L*	*B*	*H*	Artenzahl
Vierendehlgrund insg.	67	7,5	22,5	3	66
Nur Bodengreiferproben	59	11	28	3	47
SEIFERT 1939 (Hiddenseer-Bodden)	64	20	16	—	61

TABELLE 3
Konstanz der Arten der Bodenfauna des Vierendehlgrundes in den Bodengreiferproben
M = marin; *L* = limnisch; *B* = Brackwasser-; *H* = holeuryhalin

Turbellaria		6,5%	*Harmothoe sarsi*	*M*	0,9%	*Calliopius laevius.*	*M*	1,9%
Nematodes		78,7%	*Nereis diversicolor*	*M*	99,1%	*Bathyporeia pilosa*	*M*	18,5%
Prostoma obscurum	*B*	58,3%	*Pygospio elegans*	*M*	88,9%	*Microdeutopus gryll.*	*M*	6,5%
Lineus ruber	*M*	0,9%	*Streblospio shrubs.*	*B*	35,2%	*Corophium volutator*	*M*	69,5%
Theodoxus fluv.	*L*	2,8%	*Alkmaria rominji*	*B*	6,4%	*C. lacustre*	*B*	0,9%
Zippora membranac.	*M*	13,0%	*Manayunkia aest.*	*B*	22,2%	*Idotea viridis*	*B*	18,5%
Hydrobia ulvae	*M*	93,6%	*Fabricia sabella*	*M*	23,1%	*Cyathura carinata*	*M*	29,6%
H. ventrosa	*B*	100,0%	*Paranais litoralis*	*L*	63,0%	*Sphaeroma hookeri*	*B*	4,6%
Potamopyrgus jenk.	*B*	22,2%	*Nais elinguis*	*L*	7,4%	*S. rugicauda*	*B*	1,9%
Littorina saxatilis	*M*	3,7%	*Pachydrilus lineat.*	*H*	75,0%	*Jaera albifrons*	*M*	6,4%
Embletonia pallida	*M*	0,9%	*Clitellio arenarius*	*M*	7,4%	*Heterotanais oerst.*	*B*	13,0%
Mytilus edulis	*M*	12,0%	*Peloscolex benedeni*	*M*	1,9%	*Haemonia mutica*	*B*	2,8%
Cardium edule	*M*	61,1%	*Tubifex costatus*	*M*	88,9%	*Acentropus niveus*	*L*	0,9%
Macoma baltica	*M*	76,9%	*Gammarus* spec.	*M*	13,0%	*Chironomidae larv.*		36,1%
Mya arenaria	*M*	79,6%	*Melita palmata*	*M*	0,9%			

TABELLE 4

Verteilung der wichtigsten Arten (Anzahl/Probe) von Profil *a*

Entfernung in m		0	400	600	1000	1400	1600	1800	2200	2600
	a)	—	8. 8.	8. 8.	8. 8.	8. 8.	—	8. 8.	8. 8.	8. 8.
Entnahmedaten	b)	23. 11.	23. 11.	—	23. 11.	—	23. 11.	—	—	24. 8.
	c)	—	—	9. 6.	—	—	—	—	—	23. 10.
Wassertiefe in m		0,05	0,20	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,50
Hydrobia ulvae	a)	—	0	10	3	3	—	7	2	71
	b)	1	12	—	48	—	1	—	—	45
	c)	—	—	38	—	—	—	—	—	0
H. ventrosa	a)	—	4	619	543	798	—	551	311	257
	b)	6	45	—	844	—	561	—	—	329
	c)	—	—	397	—	—	—	—	—	252
Potamopyrgus jenkinsi	a)	—	0	4	0	4	—	0	0	14
Cardium edule	a)	—	0	0	0	2	—	0	0	9
	b)	0	2	—	13	—	1	—	—	12
	c)	—	—	3	—	—	—	—	—	0
Macoma baltica	a)	—	1	3	0	1	—	0	0	0
	b)	1	2	—	6	—	0	—	—	0
	c)	—	—	4	—	—	—	—	—	0
Mya arenaria	a)	—	0	2	1	3	—	0	1	6
	b)	0	8	—	13	—	3	—	—	5
	c)	—	—	7	—	—	—	—	—	0
Manayunkia aestuarina	a)	—	0	1	0	3	—	0	0	0
Nereis diversicolor	a)	—	10	60	57	70	—	66	53	24
	b)	3	2	—	70	—	41	—	—	69
	c)	—	—	13	—	—	—	—	—	27
Pygospio elegans	a)	—	0	128	79	56	—	20	41	36
	b)	0	0	—	11	—	53	—	—	43
	c)	—	—	99	—	—	—	—	—	4
Fabricia sabella	a)	—	0	24	6	5	—	8	11	0
	b)	0	0	—	1	—	24	—	—	5
	c)	—	—	2	—	—	—	—	—	3
Paranais litoralis	a)	—	0	3	5	6	—	20	5	0
	b)	0	0	—	1	—	1	—	—	3
	c)	—	—	88	—	—	—	—	—	3
Pachydrilus lineatus	a)	—	0	76	25	10	—	46	10	3
	b)	2	0	—	10	—	29	—	—	0
	c)	—	—	32	—	—	—	—	—	33
Clitellio arenarius	a)	—	0	16	8	14	—	8	0	3
	b)	0	0	—	6	—	19	—	—	0
	c)	—	—	2	—	—	—	—	—	0
Tubifex costatus	a)	—	0	116	43	84	—	140	33	41
	b)	0	0	—	96	—	67	—	—	5
	c)	—	—	51	—	—	—	—	—	10
Bathyporeia pilosa	a)	—	1	0	0	0	—	0	0	0
	b)	8	1	0	0	—	0	—	—	0
	c)	—	—	0	—	—	—	—	—	0
Corophium volutator	a)	—	0	153	50	109	—	135	15	0
	b)	0	0	—	8	—	0	—	—	5
	c)	—	—	14	—	—	—	—	—	1

Tabelle 4 (Fortsetzung)

Entfernung in m		0	400	600	1000	1400	1600	1800	2200	2600
	a)	—	8. 8.	8. 8.	8. 8.	8. 8.	—	8. 8.	8. 8.	8. 8.
Entnahmedaten	b)	23. 11.	23. 11.	—	23. 11.	—	23. 11.	—	—	24. 8.
	c)	—	—	9. 6.	—	—	—	—	—	23. 10.
Wassertiefe in m		0,05	0,20	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20	0,25	0,50
Nematodes	a)	—	0	8	8	3	—	6	4	2
	b)	0	0	—	1	—	4	—	—	5
	c)	—	—	26	—	—	—	—	—	3
Gesamt-	a)	—	16	1224	829	1179	—	1010	486	468
Individuenzahlen	b)	20	72	—	1130	—	820	—	—	558
	c)	—	—	770	—	—	—	—	—	336
Artenzahl	a)	—	5	16	13	17	—	12	11	13
	b)	6	7	—	14	—	12	—	—	19
	c)	—	—	—	17	—	—	—	—	9

TABELLE 5

Verteilung der wichtigsten Arten von Profil *b* (Anzahl/Probe)

Entfernung in m		0	50	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
Wassertiefe in m		0,40	0,03	0,10	0,10	0,10	0,15	0,25	0,25	0,30	0,40	0,50
Prostoma obscurum	27. 7.	1	5	6	3	4	9	6	2	2	3	5
	29. 8.	—	2	5	4	4	5	3	3	—	—	—
	17. 11.	—	1	4	—	0	—	3	—	—	—	—
Hydrobia ulvae	25. 7.	5	9	28	17	25	10	18	6	13	13	75
	29. 8.	—	0	27	10	7	16	20	13	—	—	—
	17. 11.	—	4	12	—	11	—	33	—	—	—	—
H. ventrosa	25. 7.	5	35	130	139	289	296	394	270	471	172	465
	29. 8.	—	6	114	193	104	336	574	300	—	—	—
	17. 11.	—	9	131	—	182	—	439	—	—	—	—
Cardium edule	25. 7.	0	1	3	3	1	1	1	2	1	2	26
	29. 8.	—	0	9	8	4	5	6	23	—	—	—
	17. 11.	—	0	2	—	2	—	2	—	—	—	—
Macoma baltica	25. 7.	1	0	10	5	5	5	14	10	6	4	4
	29. 8.	—	0	9	3	3	4	12	3	—	—	—
	17. 11.	—	1	0	—	4	—	11	—	—	—	—
Mya arenaria	25. 7.	2	0	0	3	3	1	4	16	4	1	12
	29. 8.	—	0	15	4	1	25	7	6	—	—	—
	17. 11.	—	2	4	—	6	—	12	—	—	—	—
Nereis divers.	25. 7.	6	10	72	62	62	61	70	30	36	31	48
	29. 8.	—	9	83	71	95	93	62	60	—	—	—
	17. 11.	—	28	74	—	52	—	55	—	—	—	—
Pygospio elegans	25. 7.	6	5	120	278	149	179	176	81	124	81	50
	29. 8.	—	0	203	178	32	145	112	63	—	—	—
	17. 11.	—	8	63	—	112	—	77	—	—	—	
Streblospio shrub.	25. 7.	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	16
	29. 8.	—	0	0	0	0	0	0	6	—	—	—
	17. 11.	—	0	0	—	0	—	3	—	—	—	—

Tabelle 5 (Fortsetzung)

Entfernung in m Wassertiefe in m		0 0,40	50 0,03	200 0,10	400 0,10	600 0,10	800 0,15	1000 0,25	1200 0,25	1400 0,30	1600 0,40	1800 0,50
Manayunkia aest.	25. 7.	0	0	0	2	0	1	2	1	1	0	0
	29. 8.	—	0	0	1	0	1	1	0	—	—	—
	17. 11.	—	0	0	—	2	—	3	—	—	—	—
Paranais litoralis	25. 7.	1	2	76	14	38	1	11	4	4	6	9
	29. 8.	—	0	36	21	12	3	1	13	—	—	—
	17. 11.	—	4	2	—	6	—	0	—	—	—	—
Pachydrilus lin.	25. 7.	0	0	59	49	11	1	6	4	0	1	8
	29. 8.	—	1	66	14	2	3	4	1	—	—	—
	17. 11.	—	9	8	—	0	—	6	—	—	—	—
Tubifex costatus	25. 7.	3	2	88	39	57	59	108	90	84	94	88
	29. 8.	—	0	110	98	118	91	92	108	—	—	—
	17. 11.	—	12	65	—	61	—	123	—	—	—	—
Nais elinguis	25. 7.	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
	29. 8.	—	0	16	4	1	0	0	0	—	—	—
	17. 11.	—	0	0	—	0	—	0	—	—	—	—
Corophium volut.	25. 7.	0	0	112	43	103	2	41	5	4	116	26
	29. 8.	—	0	97	19	7	23	3	97	—	—	—
	17. 11.	—	0	2	—	2	—	1	—	—	—	—
Cyathura carinata	25. 7.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	29. 8.	—	0	0	0	0	0	1	7	—	—	—
	17. 11.	—	0	0	—	0	—	3	—	—	—	—
Nematodes	25. 7.	0	1	176	30	56	25	59	31	19	11	5
	29. 8.	—	0	134	82	12	21	27	17	—	—	—
	17. 11.	—	3	16	—	25	—	13	—	—	—	—
Gesamt-Ind.-Zahl	25. 7.	30	70	902	689	818	652	914	554	772	544	870
	29. 8.	—	19	940	712	403	771	937	723	—	—	—
	17. 11.	—	82	391	—	472	—	791	—	—	—	—
Artenzahl	25. 7.	9	9	14	15	16	15	15	16	15	17	17
	29. 8.	—	5	17	16	15	14	17	17	—	—	—
	17. 11.	—	12	14	—	15	—	19	—	—	—	—

TABELLE 6

Verteilung der wichtigsten Arten auf der Profillinie *c* (Anzahl/Probe)

Tonne Nr.	17	18	19	20	21	22	24	25	26	28	29	30	31	33
Wassertiefe in m	0,05	0,10	0,50	0,45	0,50	0,65	0,75	0,05	0,40	0,50	0,80	0,60	0,70	0,75
Anzahl der Proben	6	3	4	1	2	2	1	12	2	1	1	1	2	1
Hydrobia ulvae	1	14	16	17	31	97	15	4	26	104	38	271	71	85
H. ventrosa	6	26	26	42	43	56	10	14	53	312	49	388	38	245
Potamopyrgus jenk.	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	10	2
Zippora membranacea	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	4	1	1
Theodoxus fluviat.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
Littorina saxatalis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Cardium edule	0	1	1	5	4	18	2	0	4	0	0	2	5	34
Macoma baltica	1	1	1	5	4	10	1	1	5	5	2	7	3	1
Mya arenaria	0	0	2	16	9	11	9	2	5	17	15	14	4	13
Nereis diversicolor	3	9	14	33	35	89	14	15	8	24	31	49	30	15
Pygospio elegans	0	6	4	3	4	64	9	11	20	14	89	37	29	41
Streblospio shrubs.	0	0	0	0	1	21	15	0	1	7	32	15	16	9
Fabricia sabella	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2	1
Alkmaria rominji	0	0	0	1	0	1	3	0	0	0	0	4	4	0
Paranais litoralis	0	0	1	0	5	12	0	2	134	0	1	0	0	0
Pachydrilus lineatus	2	14	1	4	1	20	2	16	2	1	0	7	3	6
Tubifex costatus	0	15	9	17	62	107	11	17	53	30	6	76	13	2
Prostoma obscurum	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0	0	0	0	1
Bathyporeia pilosa	8	29	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corophium volutator	0	0	0	12	2	102	6	1	20	1	1	12	225	52
Nematodes	0	0	1	0	4	25	1	2	0	5	1	0	0	2
Chironomidae larv.	0	0	1	6	4	5	0	1	3	1	0	0	1	2
Gesamt-Ind.-Zahl	20	114	82	156	210	688	105	86	106	527	293	954	495	526
Artenzahl	6	8	12	11	16	25	18	12	17	14	18	22	26	21

TABELLE 7

Profil *d*. Durchschnittliche Individuen- und Artenzahlen

Station	V.U.	Zwischen-station	V.O.
Wassertiefe in m	0,15	0,25	0,40
Anzahl der Proben	6	5	5
Hydrobia ulvae	20	11	30
H. ventrosa	84	254	333
Potamopyrgus jenkinsi	0	0	4
Zippora membranacea	0	0	1
Littorina saxatilis	1	0	0
Cardium edule	2	3	3
Macoma baltica	4	7	3
Mya arenaria	2	11	6
Nereis diversicolor	38	35	25
Pygospio elegans	22	97	20
Streblospio shrubsoli	1	1	45
Manayunkia aestuarina	0	1	1
Fabricia sabella	1	0	1
Paranais litoralis	13	7	2
Pachydrilus lineatus	1	1	2
Tubifex costatus	45	61	50
Prostoma obscurum	3	6	3
Corophium volutator	1	45	42
Cyathura carinata	1	1	7
Nematodes	9	20	4
Gesamt-Individuenzahlen	245	561	586
Artenzahlen	21	19	27

TABELLE 8

Profil *e*. Durchschnittliche Individuen- und Artenzahlen

Station	*a*	*b*	*c*	*d*
Wassertiefe in m	0,50	0,50	0,50	0,60
Anzahl der Proben	3	1	1	2
Hydrobia ulvae	56	8	24	21
H. ventrosa	326	447	130	184
Potamopyrgus jenkinsi	1	2	2	1
Littorina saxatalis	0	0	0	3
Cardium edule	14	7	4	6
Macoma baltica	4	6	5	4
Mya arenaria	9	3	3	10
Nereis diversicolor	35	43	58	45
Pygospio elegans	28	72	14	11
Streblospio shrubsoli	12	3	6	20
Manayunkia aestuarina	3	3	0	0
Paranais litoralis	1	0	62	1
Pachydrilus lineatus	2	4	2	1
Tubifex costatus	37	113	103	29
Prostoma obscurum	1	2	0	1
Corophium volutator	4	108	22	5
Cyathura carinata	11	0	0	1
Chironomidae larv.	1	1	1	0
Nematodes	1	4	4	3
Gesamt-Individuenzahlen	545	828	440	356
Artenzahlen	20	17	15	21

a = Ostkante in Höhe der Nordspitze der Insel Heuwiese,
b = Ostkante zwischen V.O. und V.U.
c = Ostkante in Höhe des V.U.
d = Ostkante gegenüber Tonne *U* der Nordrinne

11. Literatur

BRENNING, U., Untersuchungen über die Fauna des Eulitorals der Insel Langenwerder (Wismar-Bucht) unter besonderer Berücksichtigung der Biologie von *Arenicola marina* L. Dissertation, Rostock 1964.

CASPERS, H., Ökologische Untersuchungen über die Wattentierwelt im Elbe-Aestuar. Verh. dt. Zool. Kiel (1949) S. 350–359.

CASPERS, H., Vorschläge einer Brackwassernomenklatur („The Venice System"). Int. Rev. Hydrobiol. **44** (1959) S. 313–316.

CZENSNY, R., Wasser-, Abwasser- und Fischereichemie. Berlin 1960.

DUNCKER, G. und LADIGES, W., Die Fische der Nordmark. Hamburg 1960.

FRIEDRICH, H., Bemerkungen über die Gattung *Micrura* EHRENBERG 1831 und zur Klassifikation der Heteronemertinen nebst vorläufigem Bestimmungsschlüssel. Veröffent. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven **7** (1960) S. 48–62.

HOLME, N. A., The fauna of sand and mud banks near the mouth of the Exe-Estuary. J. marin. biol. Ass. U. K. **28** (1949) S. 189–237.

HUPFER, P., Meeresklimatische Veränderungen im Gebiet der Beltsee seit 1900. Veröff. geophys. Inst. Univ. Leipzig **17** (1962) S. 355–512.

JEPSEN, U., Die Struktur der Wattenbiozönosen im Vormündungsgebiet der Elbe. Arch. Hydrobiol./Suppl. **29.2** (1965) S. 252–370.

KOLP, O., Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee. Warnemünde 1962 (Tabelle).

KOSLER, A., Die Bodenfauna der Gewässer um Hiddensee. Wiss. Z. E.-M.-A.-Univ. Greifswald 11, Math.-nat. Reihe **1/2** (1962) S. 57–64.

KOSLER, A., Die Bodenfauna des Vierendehlgrundes. Dissertation, Greifswald 1964.

LEPS, W., Salzgehalt und Stromverhältnisse in den Binnengewässern westlich Rügens. Dissertation, Greifswald 1933.

LINKE, O., Die Biota des Jadebusenwattes. Helgol. Wiss. Meeresunters. **1** (1939) S. 201–348.

MÜLLER, C.-D., Biocoenotisch-ökologische Untersuchung verschiedener Wattengebiete an der deutschen Küste. (Unter besonderer Berücksichtigung des Sedimentes und einem Hinweis auf die Untersuchungsergebnisse für die Praxis). Dissertation, Gießen 1957.

REMANE, A., Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. Die Tierwelt der Nord- und Ostsee, Band 1, a1–a238, 1957.

REMANE, A., Die Besiedlung des Sandbodens im Meere und die Bedeutung der Lebensformtypen für die Ökologie. Verh. dt. Zool. Ges. (1951) S. 327–357.

REMANE, A., Die Brackwasser-Submergenz und die Umkomposition der Coenosen in Belt und Ostsee. Kiel. Meeresforsch. **11** (1955) S. 59–73.

SCHWARZ, S., Hydrographisch-meteorologische und biologische Beobachtungen in den Brackgewässern um Hiddensee. Int. Revue Hydrobiol. **45** (1960) S. 327–338.

SEIFERT, R., Beiträge zur Kenntnis der Bodenfauna der Gewässer um Hiddensee. Mitt. naturw. Ver. Neuvorpom. **60** (1933) S. 1–21.

SEIFERT, R., Die Zusammensetzung der Bodenfauna der Hiddenseer Boddengewässer. Mitt. naturw. Ver. Neuvorpom. **67** (1939) S. 1–33.

SMIDT, E. L. B., Animal production in the Danish Waddensea. Medd. Komm. Danm. Fisk. Havunders., Fiskeri **11** (1951) 6, S. 1–151.

THAMDRUP, H. M., Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage. Medd. Komm. Danm. Fisk. Havunders., Fiskeri **10** (1935) 2.

UDE, H., Oligochaeta. Die Tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile (Dahl) **15** (1929) S. 1–132.

WOHLENBERG, E., Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgol. Wiss. Meeresunters. **1** (1937) S. 1–92.

Seegrunduntersuchungen im westlichen Teil der Oder-Bucht

Von Georg Neumann und Günter Bublitz

Zusammenfassung: Im westlichen Teil der Oder-Bucht wurden Kartierungsarbeiten des Seegrundes durchgeführt. Untersuchungsgeräte und -verfahren werden beschrieben. Die Ergebnisse sind auf Karten (Sediment- und Schwermineralverteilung) und in Kurven (Durchschnittssummenlinien und Variationsbreite) dargestellt. Unter Berücksichtigung der Sedimentverteilung und der schwermineralanalytischen Ergebnisse können Rückschlüsse auf Umlagerungsvorgänge und die Herkunft des Materials gezogen werden.

Inhalt

		Seite
1.	Einführung	82
1.1.	Geographische Lage	82
1.2.	Morphologie	82
1.2.1.	Der küstennahe Bereich	82
1.2.2.	Der küstenferne Bereich	83
1.2.3.	Die Oder-Bank	84
1.3.	Wind- und Strömungsverhältnisse	85
1.4.	Geologische Verhältnisse	85
2.	Untersuchungsmethoden und Ergebnisse	86
2.1.	Arbeitsmethoden auf See	87
2.1.1.	Bodengreifer	87
2.1.2.	Sondierungsrohr	88
2.1.3.	Vibrationsstechrohr	88
2.1.4.	Tauchereinsätze	89
2.1.5.	Echolote	89
2.1.6.	Ortung	89
2.2.	Arbeitsmethoden im Labor	89
2.2.1.	Siebanalyse	89
2.2.2.	Schweretrennung	90
2.3.	Darstellung der Untersuchungsergebnisse	90
2.3.1.	Karten	91
2.3.2.	Kurven	91
2.4.	Mikroskopische Untersuchung	92
3.	Untersuchungsergebnisse	92
3.1.	Die Sedimentverteilung	93
3.2.	Beschreibung der Sedimente	94
3.2.1.	Steine und Blöcke	94
3.2.2.	Grobsand	94
3.2.3.	Mittelsand	95
3.2.4.	Feinsand	97
3.2.5.	Schluff	98
3.2.6.	Schlick	99
3.3.	Schwermineralverteilung	99
3.4.	Beschreibung der Schwermineralien	101

4. Deutung der Untersuchungsergebnisse 103
4.1. Das Verhältnis Oberflächensediment zu Morphologie und Untergrund 103
4.2. Beziehungen zwischen Korngröße, Sortierung und Schwermineralanteil 104
4.3. Rezente Umlagerungsvorgänge 105
5. Schlußbemerkungen 107

1. Einführung

Die genaue Kenntnis der Verteilung der Sedimente auf dem Meeresgrund, die durch eine detaillierte Kartierung gewonnen wird, ist Voraussetzung für die Lösung spezieller wissenschaftlicher und ökonomischer Fragen.

Bereits seit einem Zeitraum von über 10 Jahren werden von der Abteilung Meeresgeologie und Küstenforschung des Instituts für Meereskunde, Warnemünde, Arbeiten zur Oberflächenkartierung des Seegrundes der westlichen und südlichen Ostsee durchgeführt.

Die von O. KOLP 1954 begonnenen Kartierungsarbeiten stellen eine Weiterführung und Verbesserung der in den Jahren vor dem zweiten Weltkrieg vorgenommenen meeresgeologischen Untersuchungen dar.

Diese in der Arbeitsmethodik und in den Untersuchungsverfahren wesentlich verfeinert fortgeführten Arbeiten fanden ihre erste Darstellung in einem Entwurf einer neuartigen Meeresgrundkarte für das Seegebiet Darßer Ort bis Hiddensee (O. KOLP, 1956).

Die neueren Untersuchungsmethoden auf See und im Labor bedurften einer verbesserten Darstellung der Sedimente (KOLP, 1962).

Diese Verfahren fanden auch bei der Weiterführung der Kartierungsarbeiten im östlichen Anschlußgebiet, dem Arkona-Becken und der Oderbucht, ihre Anwendung. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich ausschließlich mit den im Westteil der Oderbucht gewonnenen Erkenntnissen.

1.1. Geographische Lage

Das Untersuchungsgebiet — der westliche Teil der Oderbucht — ist der Südausläufer der Arkona-See im Sinne WATTENBERGS (1949).

Die Küste SE-Rügens und die Untiefenzone zwischen Rügen und Usedom mit den Inseln Greifswalder Oie und Ruden begrenzen die Oderbucht im Westen; den südlichen Abschluß bilden die Inseln Usedom und Wolin (Wollin). Die Ost- und Nordgrenze des Arbeitsgebietes war durch den von der Seekarte 3019 des Seehydrographischen Dienstes der DDR erfaßten Teil der Oderbucht festgelegt (Abb. 1).

1.2. Morphologie

Die unterschiedliche Anordnung der morphologischen Formen im Küsten- und Seegebiet des bearbeiteten Raumes gestattet eine Unterteilung des submarinen Reliefs in 3 verschiedene Zonen:

den küstennahen Bereich oberhalb der 10-m-Tiefenlinie,
den küstenfernen Bereich unterhalb der 10-m-Tiefenlinie,
die Oderbank.

1.2.1 Der küstennahe Bereich

Die Übersichtskarte (Abb. 1) läßt im Seegebiet vor den Küsten Rügens und Usedoms und der dazwischen gelagerten Untiefenzone (Boddenrandschwelle — Oier Riff — Peenemünder Haken) zahlreiche Bänke und Steingründe erkennen. Diese submarinen Aufragungen, von denen das Damm-Riff und der Steintrendel vor Rügen, Stein-Grund, Gänse-Grund und Usedomer Steintrendel vor der Untiefenzone zwischen SE-Rügen und Usedom und die Zinnowitz-,

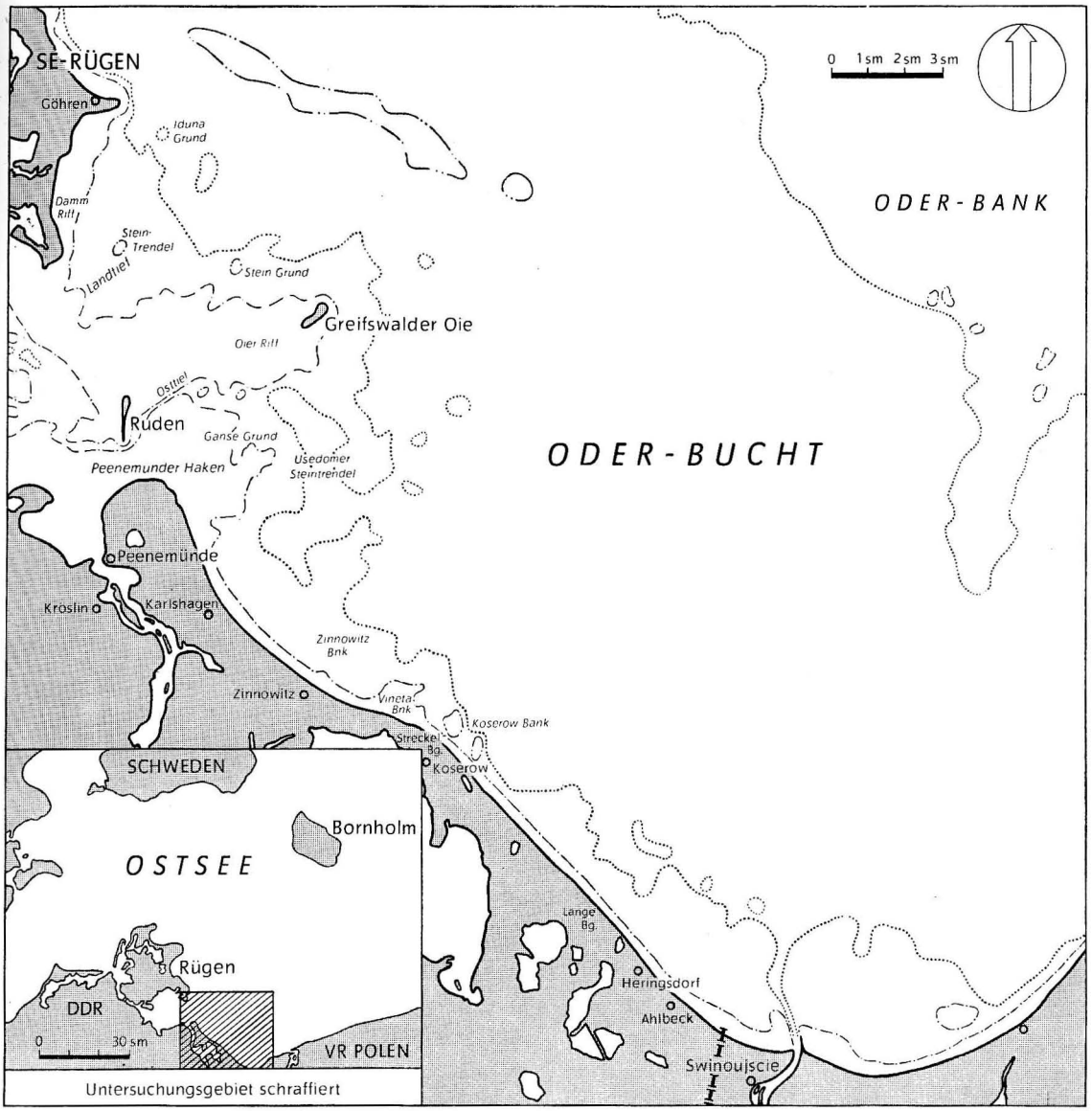


Abb. 1. Das Untersuchungsgebiet

Vineta- und Koserow-Bank vor Usedom die bekanntesten sind, treten nur in einer Zone oberhalb der 10-m-Tiefenlinie auf. Der Verlauf dieser Tiefenlinie charakterisiert die unterschiedliche Neigung der Schorre und deutet die morphologische Ausbildung der Küste an. Vor Steilufern, z. B. vor dem Streckelberg, dem Lange-Berg und dem Nordperd bei Göhren, nähert sie sich dem Festland, während sie vor Flachküsten weiter seewärts verläuft.

Die Boddenrandschwelle — nach DWARS (1960) eine submarine Aufragung, die den Greifswalder Bodden von der Ostsee trennt —, das Oier Riff und der Peenemünder Haken bilden zwischen Rügen und Usedom eine Untiefenzone, deren höchste Erhebungen die Inseln Greifswalder Oie und Ruden sind. Dieses Schwellengebiet wird von zwei Rinnen mit Tiefen über 5 m — dem Ost- und Landtief — durchschnitten.

1.2.2. Der küstenferne Bereich

Der sich unterhalb der 10-m-Tiefenlinie anschließende Meeresbereich zeigt keine großen Reliefunterschiede. Die Zone, deren Tiefe auf Seekarten um 14 m angegeben ist, durchzieht

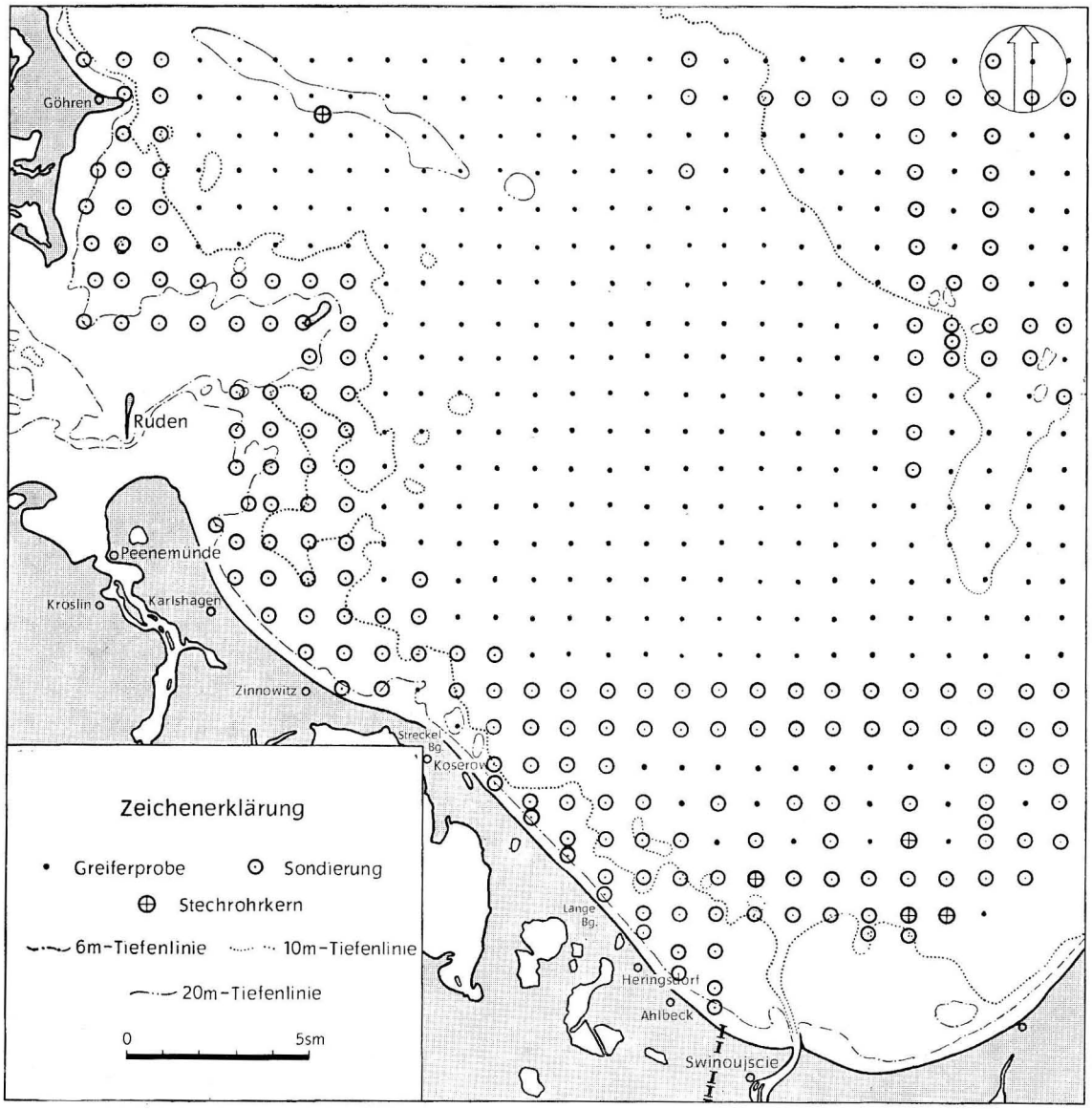


Abb. 1a. Stationskarte

das Arbeitsgebiet in nordwest-südöstlicher Richtung und wird im NE durch die Oderbank begrenzt. Eine 20 m tiefe Rinne durchbricht im Norden die morphologische Gleichförmigkeit des Meeresbodens.

1.2.3. Die Oderbank

Die Oderbank ist die größte submarine Erhebung in der Oderbucht; ihr Nordteil mit einer E—W-Ausdehnung von mehr als 15 sm verjüngt sich nach S zu einem weit vorspringenden Ausläufer von ein bis zwei Seemeilen Breite. Nach der Tiefenkarte von B. SCHULZ (1956) steigt diese Untiefe im Süden von der 12-m- bis zur 6-m-Isobathe steil an und fällt nach N flach ab; in vereinzelten kleineren Bereichen ist die Wassertiefe noch geringer.

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Seekarte 3019 erfaßt nur den südlichen Teil der Oderbank (s. Abb. 1).

1.3. Wind- und Strömungsverhältnisse

Seegang und Strömung beeinflussen formgestaltend den Meeresboden und spielen bei folgenden geologischen Vorgängen eine entscheidende Rolle:

Abtragung
Transport
Zerkleinerung
Selektion
Sedimentation

Während der Seegang beim Transport von untergeordneterem Einfluß ist, hat die Strömung eine weit größere Bedeutung; beide Faktoren zusammen bilden in unseren Meeresgebieten — abgesehen vom küstennahen Raum — die Haupttriebkräfte bei den Umlagerungsprozessen.

Im Seegebiet der Oderbucht wirkt die windabhängige Triftströmung allein oder zusammen mit der Welle umlagernd auf das Sediment und kann von der durch Salzgehalts- und Temperaturveränderungen hervorgerufenen Strömung verstärkt oder abgeschwächt werden. Langjährige Wind- und Strommessungen würden somit Rückschlüsse auf die Haupttransportrichtung, die räumliche Anordnung und die Kornverteilung der Sedimente zulassen, wenn daneben noch die morphologische Situation des Untersuchungsgebietes Berücksichtigung findet.

Der Jahresdurchschnitt der auf der Greifswalder Oie über einen Zeitraum von 13 Jahren durchgeführten Windmessungen, die uns freundlicherweise von der Seewetterdienststelle Warnemünde zur Verfügung gestellt wurden, beträgt für Winde aus dem Sektor NW—W—SW um 44%.

Der von diesen Winden um West erzeugte Oberflächenstrom setzt in östliche Richtungen; östliche Winde rufen einen NW-Strom hervor (Jahresdurchschnitt: über 31%). Ähnliche Darstellungen finden sich auch im Polnischen Fischerei-Atlas (Rutkowicz und Klimaj, 1962); es dominieren „constant surface currents" in Richtungen um Ost. Angaben über Tiefenströmungen sind in diesem Kartenwerk weiter nicht vorhanden.

Sporadische und keinesfalls statistisch gesicherte Messungen der Tiefenstromverhältnisse, die von Mitarbeitern des Instituts für Meereskunde, Warnemünde durchgeführt wurden, deuten im Untersuchungsgebiet eine Hauptstromrichtung in südöstlicher bzw. östlicher Richtung an; ausgenommen sind die an Nord- und Südwinde gebundenen Strömungen.

Auf diese in NW- und SE-Richtung dominierenden Strömungen mit ihrer sowohl bei den Oberflächen- als auch bei den Tiefenströmen vorhandenen Hauptkomponente nach E—SE ist die Morphologie des Meeresbodens und der Verlauf der Küste sicher nicht ohne Einfluß.

1.4. Geologische Verhältnisse

In den Randgebieten im Westen und Süden des bearbeiteten Ausschnittes der Oderbucht führten verstärkte Oszillationen des Gletscherrandes zur intensiven Formgestaltung der jungweichselzeitlichen Ablagerungen. Bedingt durch das tektonische Hochgebiet Rügen—Bornholm (Heck, 1963) und die Tiefenzone im Oderraum — die sogenannte Oderlinie (V. Bubnoff, 1953; Lauterbach, 1953/54) — erfuhren die randlichen Ablagerungen des letzten unser Festland erreichenden Gletschervorstoßes, der nordrügenschen Staffel H (K. Richter, 1937), eine unterschiedliche Scharungsdichte der Unterstaffeln. Von Westen nach Osten, das heißt von Rügen nach Usedom, nähern sich die einzelnen Unterstaffeln und überdecken sich im Osten teilweise gegenseitig (H. Kliewe, 1963).

Die Rügensche Stauchstaffel H — untergliedert in fünf Teilstaffeln (H_I bis H_V, Kliewe, 1966) — ist im Gegensatz zu den mehr geschlossenen und einheitlicheren randlichen Bildungen älterer Vorstöße durch lappige Auflösung des Gletscherrandes auf engstem Raume, unter-

schiedliche Vorstoßtiefe der Einzelloben, tief ausgeschürfte schmale Zungenbecken und durch intensives Stauch- und Stapelgefüge (LUDWIG, 1954/55; NEUMANN, 1965) gekennzeichnet.

So ist der SE-rügensche Inselkern — ein Gebiet mit stärkster Reliefenergie — gegliedert in mehrere schmale um E—W streichende Höhenzüge aus pleistozänen Sanden und Geschiebemergel mit dazwischengelagerten holozänen Strandwällen, Dünen und humosen Anlandungssedimenten (HECK, 1957) als Produkt derartiger randlicher Gletschertätigkeit hoher Intensität aufzufassen (DWARS, 1960).

Das sich anschließende Untiefengebiet (nach DWARS, 1960: Boddenrandschwelle) bis zur Greifswalder Oie und von dort über die Steingründe vor Usedom bis zum Koserower Inselkern wird als submariner Verlauf der von Rügen nach Usedom ziehenden Stauchendmoränenzone angesehen (v. BÜLOW, 1928; K. RICHTER, 1933; DWARS, 1960; KLIEWE, 1960, 1963, 1966).

Vom Streckelberg — im Bereich der heutigen Uferschutzmauer — erstreckt sich diese Eisrandzone über das Höft und weiter in mehreren Loben durch Mittelostusedom. Hier nähert sich die Stauchstaffel *H* den Eisrandlagen des Stadiums *G*.

Während die jüngste nordrügener Teilstaffel (H_V) „. . . nur noch an den Außenrändern der drei nordostrügenschen und in den ihnen vorgelagerten submarinen Untiefen . . .“ (H. KLIEWE, 1966) und in dem SE-Rügen und Usedom verbindenden Schwellenbereich erkannt wurde (H. KLIEWE, 1963) (G. NEUMANN, 1965), lassen sich im weiter seewärts gelegenen Gebiet ohne direkte Untersuchungen die Lage und der Verlauf jüngerer Endmoränenzonen nur vermuten.

So legt G. MÜNNICH (1936) den Verlauf der Nordrügenschen Staffel *H* im Submarin über die Greifswalder Oie bis zur Oderbank und vermutet „. . . ihre östliche Fortsetzung eventuell vor der pommerschen Küste . . .“, während K. RICHTER (1937) diesen Moränenzug mit den Endmoränen von Rügenwalde und Gardersee (Ostpommern) in Verbindung bringt.

Bei H. KLIEWE (1963) dagegen verlaufen „submarine Endmoränenanhäufungen am Rande des abnehmenden Oder-Gletscherstromes“ (d. h. jünger als H_V) von den westlichen Ausläufern der Oderbank über deren Südspron zu den Untiefen im Mündungsgebiet der Dzwina (Dievenow). Weitere Moränenhäufungen werden im nordöstlichen Teil der Oderbank und den sich östlich anschließenden Untiefen vermutet.

Die pleistozänen Ablagerungen werden im bearbeiteten Ausschnitt der Oderbucht von holozän umgelagerten Sanden überdeckt. Nur gelegentlich — vor allem im küstennahen Raum — wird diese Sanddecke von Geschiebemergelaufragungen oder deren Abrasionsprodukten durchbrochen.

2. Untersuchungsmethoden und Ergebnisse

Gegenstand meeresgeologischer Untersuchungen werden in dieser Arbeit Morphologie, Sedimentbedeckung, die Genese der Sedimente und der Untergrund sein; der Untergrund nur insofern, als Beziehungen des Meeresbodens (Form und Sediment) zum Untergrund und zum Festland zu finden sind. Berücksichtigt werden müssen ebenfalls die Faktoren, die formgestaltend und selektierend das Sediment und den Meeresboden beeinflussen.

Mit diesen Untersuchungen werden keineswegs alle, sondern nur einzelne Bereiche der Meeresgeologie erfaßt, während z. B. alle historischen Faktoren weniger Berücksichtigung finden werden.

Voraussetzung jeder meeresgeologischen Untersuchung ist eine genaue Tiefenkarte. Für den westlichen Teil der Oderbucht standen die Seekarte 3019 im Maßstab 1:100000 und die Tiefenkarte von B. SCHULZ (1956) im Maßstab 1:300000 zur Verfügung.

Während auf der Seekarte nur Tiefenkoten dargestellt sind, gibt die Karte von SCHULZ mit ihren Isobathen von zwei zu zwei Metern einen wesentlich besseren Einblick in die Morpho-

logie des Untersuchungsgebietes. Jedoch ist auch diese auf der Grundlage der Deutschen Admiralitätskarte entworfene Darstellung nicht genau genug und für die Ausdeutung kleinerer morphologischer Einheiten zu kleinmaßstäblich.

Die für die Oderbucht vorliegenden Ergebnisse der Untersuchungsfahrten der Deutschen Seewarte aus den Jahren 1937 bis 1939 (PRATJE, 1948) geben wegen des sehr groß gewählten Stationsabstandes (5 sm und mehr) nur einen allgemeinen Überblick über die Verteilung der Sedimente; so werden beispielsweise für das Arbeitsgebiet nur „Sand" und „Kies" ausgeschieden, ohne die Veränderungen der Kornzusammensetzung im sandigen Sediment zu berücksichtigen, was andererseits auch zu Schwierigkeiten in den Fragen der Grenzlegung bei einem derartig großen Stationsabstand führen würde.

Neben diesen 1948 veröffentlichten Ergebnissen standen noch die Karte Dornbusch bis Scholpin, westlicher Teil aus dem Atlas der Bodenbeschaffenheit des Meeres 1:300000 (Deutsche Seewarte), und die Sedimentkarte des Polnischen Fischereiatlas (RUTKOWICZ und KLIMAJ, 1962) im gleichen Maßstab, die auf obengenannte Darstellungen aufgebaut zu sein scheint, zur Verfügung.

Auch diese beiden Karten machen keine verbesserten Aussagen über die Verteilung der Sedimente, sondern unterscheiden nur „wahrscheinliche" und „mögliche" Steinvorkommen, „Sand" und „Kies".

Es machte sich daher eine detaillierte Kartierung mit geringeren Probenabständen und verfeinerter Abgrenzung und Darstellung der Sedimente erforderlich (O. KOLP, 1962).

2.1. Arbeitsmethoden auf See

Die Zielsetzung der Kartierung des Meeresbodens ähnelt der Oberflächenkartierung des Flachlandes, jedoch kommen andere Methoden bei den Außenarbeiten zur Anwendung, da der das Sediment überlagernde Wasserkörper mit den unterschiedlichsten Hilfsmitteln überwunden werden muß.

Bei der Durchführung der Aufgaben in der Oderbucht kamen folgende Geräte zum Einsatz:

1. Bodengreifer, verbesserter Typ „VAN VEEN"
2. Sondierungsrohr (O. KOLP, 1957)
3. Vibrationsstechrohr (W. SCHMIDT und O. KOLP, 1965)
4. Leichte und Schwere Tauchgeräte
5. Echograph, Typ Atlas und ELAC.

Die Arbeiten wurden mit dem Forschungsschiff „Professor Otto Krümmel" der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin — Forschungsgemeinschaft — in den Jahren 1962 bis 1964 durchgeführt. Zu jener Zeit war das Schiff noch nicht mit einem Decca-Navigator ausgerüstet. Die Ortsbestimmung der Stationspunkte mußte mit Hilfe von nachts gelegten und nach Festfeuern eingemessenen Tonnen durch Koppeln vorgenommen werden.

2.1.1. Bodengreifer

Für die Probenentnahme in Sandgebieten eignet sich nicht jeder Bodengreifer; so erfaßt z. B. der Greifer nach GROBA-VOLLBRECHT eine zu kleine Fläche und dringt nicht tief genug in das Sediment ein. Bei mit Strömungs- oder Wellenrippeln bedecktem Seegrund kann dadurch z. T. entmischtes Material erfaßt werden.

Der für unsere Arbeiten verwendete und in der Aufhänge- und Schließvorrichtung (Abb. 2) verbesserte VAN-VEEN-Bodengreifer erfaßt eine Fläche von etwa 0,1 m² und dringt selbst bei festem sandigem Seegrund mehr als ein Dezimeter tief in das Sediment ein. Von der gewonnenen Probe wird etwa 1 kg bis zur Analyse in Probenkisten aufbewahrt.

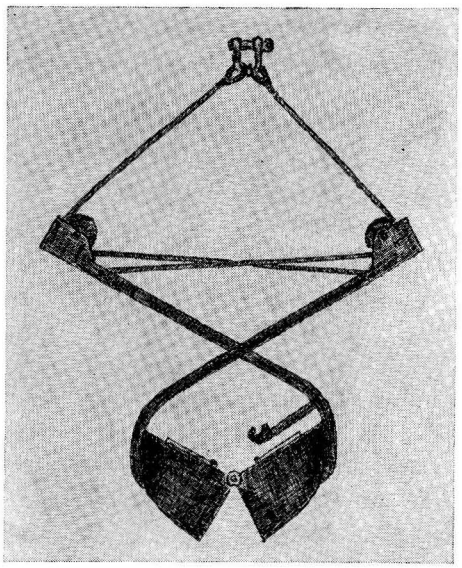


Abb. 2. Bodengreifer

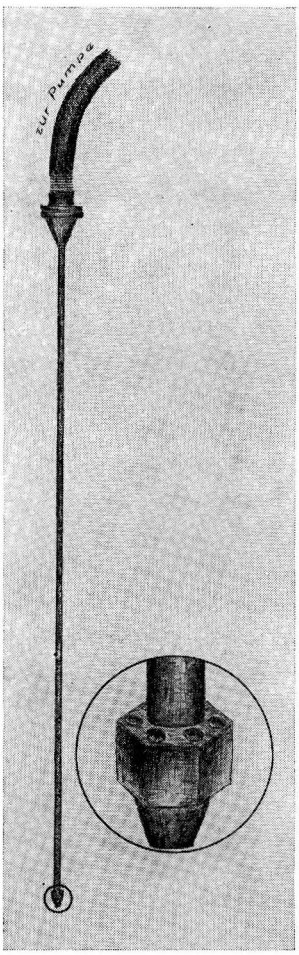


Abb. 3. Sondierungsrohr

2.1.2. Sondierungsrohr

Zur Erkundung der Mächtigkeit weicher Sedimente (pelitische und psammitische Lockergesteine), wie Schlamm, Schlick, Ton, Sand und z. T. auch sandiger Geschiebemergel, fand das Sondierungsrohr nach KOLP (1957) Verwendung (Abb. 3). Es handelt sich um bis zu 6 m lange Gasrohre, mit denen, zusammengestückt, eine Spültiefe bis zu 12 m erreicht wurde. Sie werden an die Feuerlöschanlage des Wasserfahrzeuges oder an tragbare Pumpen angeschlossen; es wird mit Druck zwischen 2 und 10 atü gearbeitet und das Sediment bis zu mehreren Metern Tiefe durchteuft. Eine Bestimmung der durchfahrenen Schichten kann der Taucher an Hand des Spülgutes treffen. Probenmaterial der unteren festen Schichten findet sich in dem mit Bohrungen versehenem Spülkopf. Mit dieser Arbeitsmethode kann zwar kein durchlaufendes Profil gewonnen werden, jedoch sind Aussagen über das Sediment, die Mächtigkeit, fazielle Veränderungen und die Lagerungsverhältnisse möglich. Im Arbeitsgebiet wurden etwa 200 Sondierungen durchgeführt, deren Lage auf Abb. 1a dargestellt ist.

2.1.3. Vibrationsstechrohr

Gestattete das obengenannte Verfahren nur das Sediment zu durchteufen, so ist durch den Einsatz des Vibrationsstechrohres die Gewinnung von Kernmaterial gegeben. Das Gerät arbeitet nach dem Prinzip der Kolbenlote und wird durch einen Vibrator in den Meeresgrund hineingetrieben (W. SCHMIDT und O. KOLP, 1965). Die Probenmenge (Kernlänge: 4,20 m; Durchmesser etwa 5 cm) reicht aus, um die verschiedensten sedimentpetrographischen und mikropaläontologischen Untersuchungen durchführen zu können.

2.1.4. Tauchereinsätze

Bei den Sondierungsarbeiten mußten schwere Helmtaucher eingesetzt werden, die zwar durch das Gewicht des Tauchgerätes unbeweglicher, jedoch für schwere Unterwasserarbeiten besser geeignet sind als leichte Taucher mit autonomen Geräten. Die Erkundung des Seegrundes, Messungen an morphologischen Einheiten und Spülarbeiten an diesen Formen, Einsätze mit dem Unterwasserschlitten (G. NEUMANN, 1965) und photographische Aufnahmen führen leichte Taucher durch. Die Probenentnahme an submarinen Hängen muß ebenfalls von Tauchern durchgeführt werden, da der Einsatz des Bodengreifers nicht die erforderliche Genauigkeit hinsichtlich der Lage der Entnahmepunkte gewährleistet. Zum größten Teil wurden die Unterwasserarbeiten von den Verfassern ausgeführt; dadurch ist eine bessere Beurteilung der submarinen Verhältnisse gegeben, als sie von Berufstauchern vorgenommen werden kann.

2.1.5. Echolote

Für die Ermittlung der Wassertiefe an den Stationen und über den Profilen standen eine Atlas-Echolotanlage und ein Elac-Echograph zur Verfügung. Die Atlas-Anlage ist ein reines Vermessungslot für den Flachwasserbereich, während der Elac-Echograph einerseits für größere Tiefen Verwendung findet, andererseits — bedingt durch die Frequenz der Schallimpulse — weiche Sedimente (Schlick, Ton, Torf usw.) „durchschallt" und deren Oberfläche anzeigt.

Die Wassertiefen werden bei beiden Geräten nach der graphischen Anzeigemethode als waagerechte Tiefenkurve aufgezeichnet, so daß das wiedergegebene Profil den natürlichen Seegrundverhältnissen entspricht.

2.1.6. Ortung

In der ersten Zeit mußten die Stationspunkte nach ausgelegten und eingemessenen Tonnen durch Koppeln ermittelt werden. Durch die Verwendung des Decca-Navigator-Systems wurde eine präzise Bestimmung des eigenen Standortes zu jeder Zeit möglich. Decca-Ketten (ein Hauptsender mit drei sternförmig angeordneten Nebensendern in etwa 200 km Entfernung) strahlen dauernd unmodulierte Langwellen aus, die von den Stationen an Bord empfangen und angezeigt werden. Auf Spezialkarten mit Hyperbeln (Linien gleicher Laufzeitdifferenz) wird der Standort des Schiffes schnell bestimmt.

2.2. Arbeitsmethoden im Labor

Die im Seemeilenabstand entnommenen Oberflächenproben des Meeresgrundes ließen im bergfeuchten Zustand bei der Ansprache an Bord nur bei makroskopisch sichtbaren Unterschieden und eindeutig bestimmbaren Proben eine Abgrenzung verschiedener Sedimenttypen zu. Alle feineren Untergliederungen und die genaue Zusammensetzung der Proben im Hinblick auf die prozentualen Anteile der einzelnen Fraktionen konnten erst nach Durchführung der Analysen im sedimentpetrographischen Labor des Instituts für Meereskunde vorgenommen werden. Als Vorbehandlung für die verschiedenen Arbeitsgänge wurden die Proben bei 65 °C getrocknet und geviertelt.

2.2.1. Siebanalyse

Die Siebungen erfolgten mit nach dem Vibrationsprinzip arbeitenden Siebmaschinen des VEB Labortechnik Ilmenau. Die Wahl der Siebe entsprach den für marine Sedimente von

KOLP (1962) vorgeschlagenen Grenzen für eine Feinunterteilung der Sandfraktion. Danach sind unterteilt:

Von 2,0	—1,0	mm Korndurchmesser sehr grober Sand
Von 1,0	—0,63	mm Korndurchmesser grober Sand
Von 0,63	—0,2	mm Korndurchmesser mittlerer Sand
Von 0,2	—0,1	mm Korndurchmesser feinerer Sand
Von 0,1	—0,063	mm Korndurchmesser sehr feiner Sand

Die Ergebnisse der Untersuchung P. SCHNEIDERHÖHNS (1953) über die Festlegung der Siebdauer wurden in unseren Labors berücksichtigt. Nach 15—20 Minuten Siebung und einem leichten Nachschütteln mit der Hand war eine ausreichende Trennung des Materials erreicht, und die Fraktionen konnten ausgewogen werden.

2.2.2. Schweretrennung

Das Abtrennen der Schwermineralien von den leichten Bestandteilen der Proben erfolgte in Scheidetrichtern. Als Schwereflüssigkeit stand Bromoform mit einer Dichte von 2,89 g je cm^3 zur Verfügung.

Nach dem Waschen der Schwermineralien mit Tetrachlorkohlenstoff wurden sie auf einen Objektträger gebracht, der vorher mit einer 0,5% Gelatinelösung bestrichen und dann getrocknet wurde. Eine Mischung von 1 Teil Aceton und 2 Teilen Wasser löste die fest gewordene Gelatineschicht an und gewährleistete nach dem Trocknen bei 70 °C einen verhältnismäßig festen Sitz der Schwermineralkörner (Methode nach C. E. MARSHALL und C. D. JEFFRIES 1945 bei RUDOLPH 1965).

2.3. Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Neue und verbesserte Untersuchungsmethoden der Sedimente des Meeresgrundes erfordern eine verfeinerte Wiedergabe der Ergebnisse. So gestattet die detailliertere Darstellung der Korngemische nach KOLP (1962) eine wesentlich bessere Ausdeutung der von PRATJE (1948) beschriebenen Sedimentzonen. Die Untergliederung der Übergänge zwischen verschiedenen Nachbarfraktionen durch die Verwendung von mehreren Zwischenstufen mit unterschiedlichen oder fast gleichen Anteilen von zwei Fraktionen zeigt die Entmischung der Sedimente

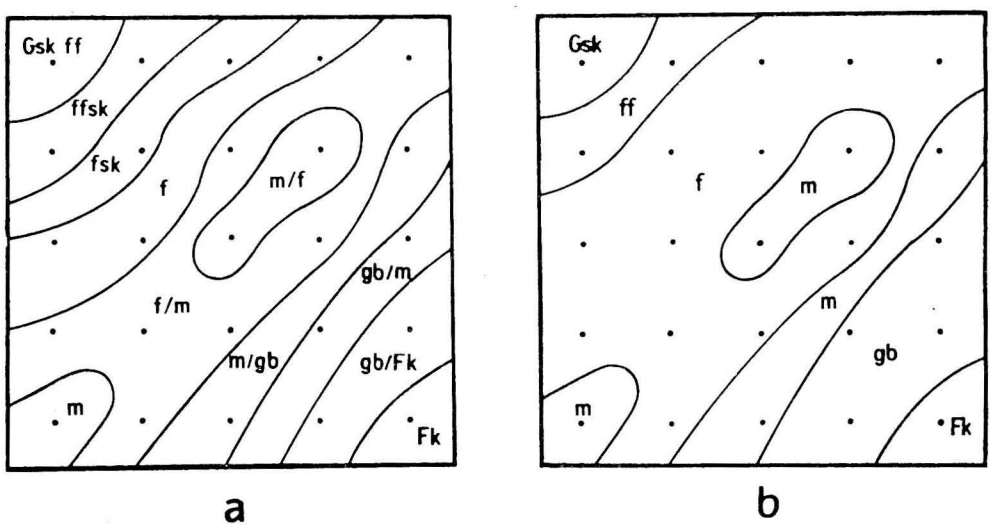


Abb. 4. Darstellungsverfahren
a) nach KOLP (1962), b) nach DIN 4022

durch verschiedene dynamische Vorgänge und läßt die allmähliche Verlagerung einzelner Kornbereiche deutlich werden. Sprünge und plötzlicher Wechsel in der Abfolge der Korngemische werden erfaßt und lassen genetische Ausdeutungen zu oder morphologische Besonderheiten erkennen.

2.1.3. Karten

Bei der in dieser Arbeit wiedergegebenen Verteilung der Sedimente wurden Verallgemeinerungen, Zusammenfassungen mehrerer Zwischenstufen der Darstellung nach KOLP vorgenommen (Abb. 4), die die für die Oderbucht typischen Verhältnisse der Sedimentverteilung am Meeresgrund besser berücksichtigen und die flächenhafte Verbreitung und Erstreckung der Hauptfraktionen deutlicher zur Geltung bringen.

Folgende Zwischenstufen von Korngemischen nach KOLP werden, der DIN 4022 entsprechend, zusammengefaßt und durch Punktsignaturen voneinander unterschieden:

ff	sehr feiner Sand	0,1 —0,063	
ff/f	ca. 60% ff/30% f		
f/ff	ca. 60% f/30% ff		f Feinsand 0,2—0,063
f	feiner Sand	0,2 —0,1	
f/m	ca. 60% f/30% m		
m/f	ca. 60% m/30% f		
m	mittlerer Sand	0,63—0,2	m Mittelsand 0,63—0,2
m/gb	ca. 60% m/30% gb		
gb/m	ca. 60% gb/30% m		
gb	grober Sand	1,0 —0,63	
gb/ggb	ca. 60% gb/30% ggb		gb Grobsand 2,0—0,63
ggb/gb	ca. 60% ggb/30% gb		
gbg	sehr grober Sand	0,2 —0,1	

Bei den Korngrößenklassen Kies (63—2,0 mm) und Schluff (0,063—0,002 mm) sind Haupt- und Nachbarfraktionen ebenfalls zusammengefaßt und beide Sedimente nicht weiter untergliedert dargestellt. Steinvorkommen werden in der Karte der Sedimente nicht berücksichtigt.

Für Schwermineralien steht noch keine international gebräuchliche Symbolik zur Verfügung; die Signaturen für den Schwermineralgehalt und für einzelne Mineralien sind den Legenden der Karten zu entnehmen.

2.3.2. Kurven

Für die Darstellung und Umrechnung der Ergebnisse in Kurven und Kenngrößen mußten Verfahren gefunden werden, die bei einem einheitlichen sandigen Sediment geringe Unterschiede des Mineral- und Kornbestandes deutlich hervorheben.

Eine der häufigsten Darstellungsmethoden von Korngemischen, die auch in dieser Arbeit angewendet wurde, ist die Summenkurve. Ihr Verlauf ist für ein Sediment charakteristisch und läßt beim Vergleich mit anderen Analysen genetische Rückschlüsse zu (SINDOWSKI, 1957).

Die Siebergebnisse der Proben gleicher Kornzusammensetzung und gleichen Vorkommens wurden zu Durchschnittssummenlinien zusammengefaßt und daraus die für das Sediment typischen Kennzahlen entnommen; außerdem erfolgte eine Darstellung der Streuung der Proben innerhalb eines Vorkommens durch die Variationsbreite. Sie eignet sich besonders zum Vergleich größerer Sedimentkomplexe, bei deren Kartierung eine große Anzahl von Proben anfällt; dabei muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Variationsbreite von der Anzahl der Proben abhängig ist. Die Kurven in der Darstellung der Variationsbreite sind keine Summenlinien, sondern setzen sich aus Teilen der Summenkurven zusammen.

Die aus der Summenlinie entnommenen Kennwerte ermöglichen eine Berechnung der Sortierung, für die TRASK, 1932, folgende Formel vorschlug:

$$S_0 = \sqrt{Q_3/Q_1}\,.$$

Unter Sortierung versteht man die Anreicherung von Körnern gleicher Größe. Die „ideale" Sortierung hätte ein Sediment, bei dem alle Körner den gleichen Durchmesser zeigen. Mit der Siebanalyse kann dieser Fall aber nicht erfaßt werden, da die höchste Meßgenauigkeit nur das Intervall zwischen zwei Sieben ist.

TRASK (1932) berücksichtigt allerdings bei der Berechnung der Sortierung nur den Kurvenbereich zwischen den beiden Quartilen und läßt die Nebengemengteile, die aber für Aussagen über die Länge des Transportweges und die Häufigkeit der Umlagerung wesentlich sind, außer acht. Aus diesem Grunde wurde zusätzlich der Sortierungsgrad nach SINDOWSKI (1938) berechnet.

$$S_{si} = \frac{3H + N - 100}{100}$$

H = Hauptfraktion
N = vorhergehende und nachfolgende Fraktion von der Hauptfraktion.

$$H \to 100 \qquad S_{si} \to 2\,.$$

Mit dieser Formel ist die Sortierung leicht und schnell ohne den Weg über die Kurve aus der Siebanalyse zu ermitteln. Der Nachteil dieser Methode besteht darin, daß eine Änderung der Siebintervalle H und N folglich auch den Sortierungskoeffizienten beeinflußt.

Für die Korngrößenbestimmung wurde bei allen Proben der gleiche Siebsatz verwendet, deshalb ist eine Berechnung des Sortierungskoeffizienten nach SINDOWSKI (1938) zulässig.

2.4. Mikroskopische Untersuchung

Die Gelatinepräparate haben gegenüber Einbettungsmitteln aus Kanadabalsam oder Kunstharzen den Vorteil, daß die Immersionsflüssigkeit häufig gewechselt werden kann. Durch Ablösen des Deckgläschens ist es möglich, die Flüssigkeit mit Tetrachlorkohlenstoff abzuspülen und eine andere aufzutragen. Dadurch wird die Mineralbestimmung an Hand der Lichtbrechung wesentlich erleichtert. Die genaue Bestimmung erfolgte nach Kornform, Farbe und, sofern möglich, nach dem optischen Charakter. Für diese Arbeiten stand ein Polmi A vom VEB Carl Zeiß Jena zur Verfügung. Die Schwermineralbestimmung erfolgte nur an der Fraktion 0,2—0,1 mm. Die Untersuchung dieser Fraktion wird von vielen deutschen Sedimentpetrographen vorgeschlagen, weil in diesem Kornbereich die meisten Schwermineralien vorkommen. Unter Verwendung eines Kreuztisches gelangten alle Körner zur Auszählung, die die Fadenkreuzmitte passierten.

3. Untersuchungsergebnisse

Die im westlichen Teil der Oderbucht lagernden sandigen und kiesigen Sedimente sind Aufarbeitungsprodukte glazialer und postglazialer Ablagerungen, deren heutige Verteilung am Meeresgrund auf verschiedene bis in die Gegenwart wirkende dynamische Prozesse zurückzuführen ist.

Der Karte der Sedimentverteilung liegt eine Oberflächenprobenentnahme zugrunde; alle gewonnenen Ergebnisse und Schlüsse können sich daher nur auf die Sedimentoberfläche beziehen.

3.1. Die Sedimentverteilung (Abb. 5)

In der Oderbucht ist das Vorkommen verschiedener Sedimente weitgehend an morphologische Einheiten gebunden. Die petrographische Ausbildung der Ablagerungen läßt in Verbindung mit dem Relief 3 verschiedene Zonen erkennen:

Der küstennahe Bereich oberhalb der 10-m-Tiefenlinie wird fast ausschließlich von grob- und mittelsandigen Sedimenten eingenommen, die auf den Untiefen den Geschiebemergel teilweise überlagern und hier von Steinen und Blöcken durchragt werden. Geschlossene Stein- und Blockvorkommen vor Usedom und Rügen (in der Karte nicht dargestellt) verhindern eine weitere Zerstörung des pleistozänen Untergrundes.

Feinere Sedimente (sandiger Schlick) treten nur in örtlichen Senken auf.

Im sich anschließenden Bereich unterhalb der 10-m-Tiefenlinie lagert hauptsächlich Feinsand; Mittelsand findet sich nur vor Usedom und nordöstlich der Greifswalder Oie.

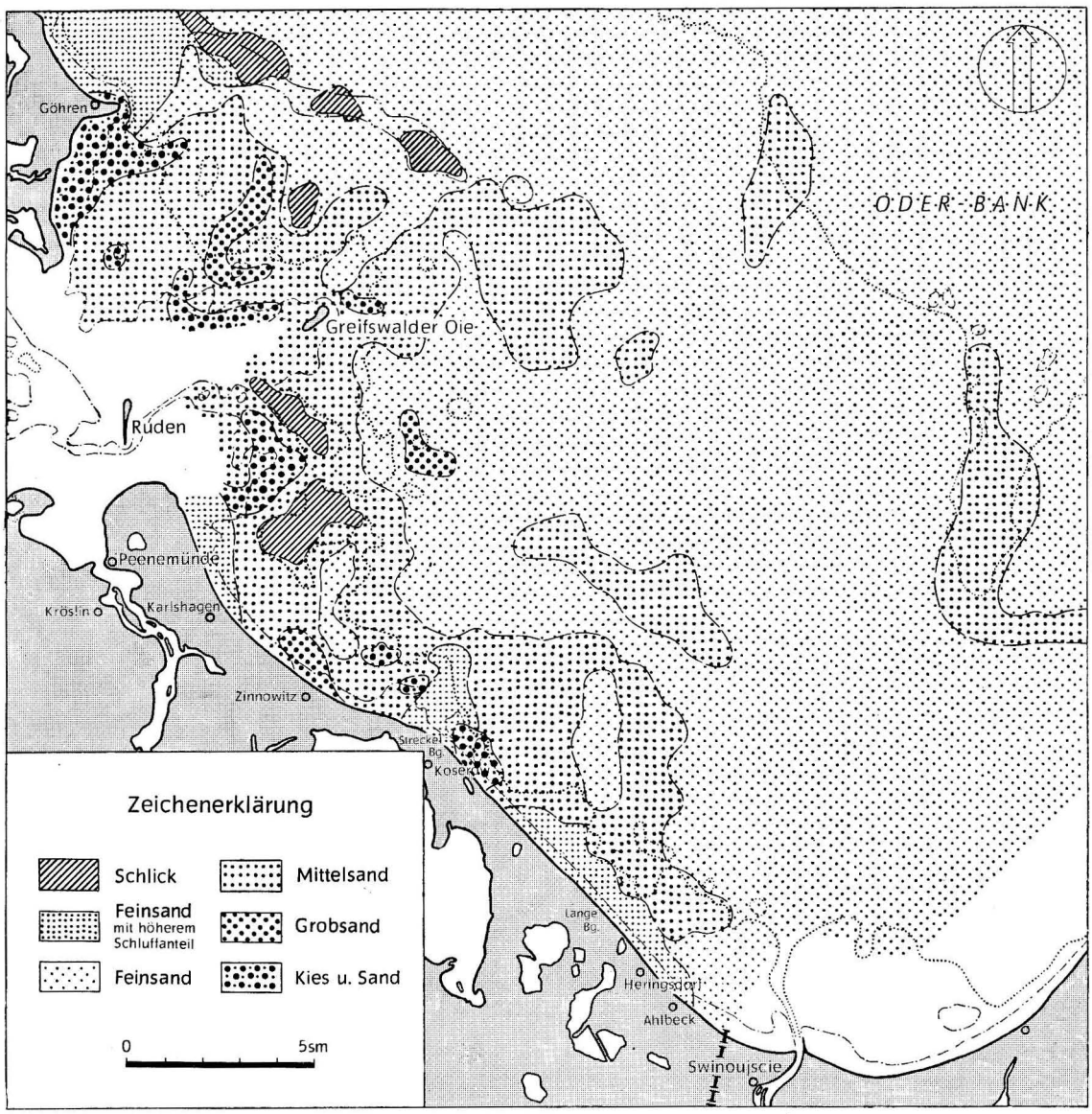


Abb. 5. Verteilung der Sedimente

In den tiefsten Stellen der sich vor SE-Rügen erstreckenden Rinne — vermutlicher Verlauf der Uroder — kommt sandiger Schlick vor.

Der vom Kartenausschnitt erfaßte Teil der Oderbucht besteht oberflächlich aus Feinsand, der sich nur durch seine hellere Farbe vom südwestlich vorgelagerten Feinsandgebiet unterscheidet.

Der Südsporn und ein kleineres Vorkommen am SW-Hang der Oderbank werden von Mittelsand eingenommen.

3.2. Beschreibung der Sedimente

Im Untersuchungsraum treten fast ausschließlich sandige Sedimente auf; nur auf den den Küsten vorgelagerten Untiefen wurden Kies, Steine und Blöcke kartiert. In Rinnen und kleineren Senken lagern schlickige Sedimente.

3.2.1. Steine und Blöcke

Stein- und Blockvorkommen im Küstenvorfeld von Usedom und Rügen sind an Geschiebemergelrücken gebunden. Diese von SE-Rügen über die Greifswalder Oie nach Usedom verlaufende Aufragungszone wurde während der Nacheiszeit erniedrigt, die feineren Bestandteile ausgewaschen und gröberen Komponenten relativ angereichert; ein Prozeß, der so lange währte, bis eine genügend dichte Block- und Steinbedeckung den weiteren Abtrag verhinderte. Die vielfach als Reste „Vinetas" angesehenen Steingründe vor Usedom (in BURKHARDT, 1935) lieferten Material für verschiedene See- und Hafenbauten (BLÜTHGEN, 1952). Wurden früher nur Teile dieser zwischen Rügen und Usedom gelegenen Untiefenzone mit ihrem Stein- und Blockvorkommen als Moränenreste angesehen (v. BÜLOW, 1829, 1952; DWARS, 1960; SCHUCHARD, 1926; WERNICKE, 1930), so spricht KLIEWE (1960) dieses Gebiet als durchgehende sich an der Greifswalder Oie in zwei Loben gabelnde Stauchenmoränenzone des Oderinselgletschers an.

Die vereinzelt oder in dichten Packungen lagernden Steine und Blöcke bis zu mehreren Metern Durchmesser sind meist mit Muscheln oder Algen bewachsen und häufig von einer millimeterstarken, sehr feinkörnigen rezenten Sedimentlage überzogen, die bei stürmischen Wetterlagen wieder abgetragen wird.

3.2.2. Grobsand

Reiner Grobsand in größerer flächenhafter Ausdehnung kommt im Untersuchungsgebiet nicht vor; gewöhnlich handelt es sich um mit gröberen und feineren Komponenten gemischtes schwer zu transportierendes Material — ein Auswaschungsprodukt der Geschiebemergelbänke und vom Meer angeschnittenen Kliffs. Die einzelnen Felder liegen vor Rügen, bei der Greifswalder Oie und vor Usedom (Abb. 5). Der durch die Variationsbreite dargestellte unterschiedliche Charakter einzelner Proben und die schlechte Sortierung (Abb. 6a—c) zeigen ein Sediment, das weder weit transportiert, noch häufig umgelagert wurde. Die Medianwerte nehmen von Rügen nach Usedom ab, das bedeutet einen Übergang des Grobsandes in einen grobsandigen Mittelsand. Dieser Wechsel in der Zusammensetzung des Sediments läßt jedoch noch keine Rückschlüsse auf eine vorherrschende Transportrichtung zu. Die Vorkommen haben keinerlei Beziehung zueinander; ihre Zusammensetzung ist ausschließlich abhängig von dem in der Nähe anstehenden pleistozänen Material. Grobsand und Kies sind, bedingt durch die Korngröße der Schwerminerale im Ursprungsgestein, praktisch schwermineralfrei. Der relativ hohe Schwermineralgehalt von durchschnittlich 0,88%, bei einer Streuung von 2,2 bis 0,4%, deutet darauf hin, daß das leichtmineralische Äquivalent zu den Schwermineralien auf Grund seiner Korngröße schneller umgelagert wird.

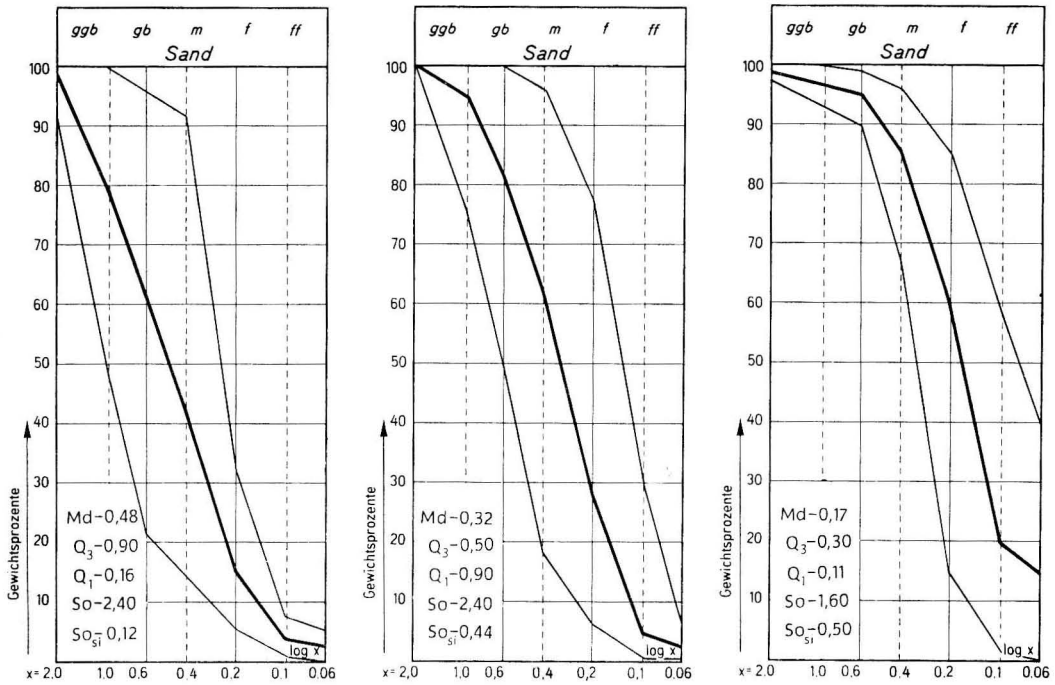


Abb. 6a—c. Durchschnittssummenlinien und Variationsbreite des Grobsandes
a) vor Rügen, b) bei der Greiswalder Oie, c) vor Usedom

Bei den Oberflächensedimenten der westlichen Ostsee erfolgt nach KOLP (1956) und WALGER (1966) bei sinkendem Medianwert vom Grob- zum Mittelsand eine Abnahme des Gesamtschwermineralgehalts, der im Feinsandbereich wieder steigt. Diese Verhältnisse lassen sich auch auf weiter östlich gelegene Seegebiete ausdehnen. So nimmt bei den drei Grobsandvorkommen in der Oderbucht der Mittelsandanteil von N nach S zu; gleichzeitig fällt der Maximalwert des Schwermineralgehalts von 2,2% vor Rügen, über 1,1% vor der Greifswalder Oie, bis auf 1,0% vor Usedom.

3.2.3. Mittelsand

Die Mittelsandvorkommen im Untersuchungsgebiet werden wegen ihrer unterschiedlichen petrographischen Ausbildung und ihrer Lage in 6 Feldern unterschieden:

Vorkommen (Abb. 5)	
SE-Rügen	Zentralteil
südl. der Oie	Südsporn Oderbank
Usedom	SW-Hang Oderbank

Eine Mittelsandzone erstreckt sich, teilweise unterbrochen von gröberen und feineren Sedimenten, von SE-Rügen über die südlich der Greifswalder Oie gelegenen Untiefen entlang der Küste Usedoms bis in die Nähe der Swinemündung.

Von den Mittelsandablagerungen im Zentralteil der Oderbucht hat nur das südlich der Rinne vor Rügen gelegene einen schmalen Anschluß an die Mittelsandvorkommen im näheren Seegebiet der Oie.

Voneinander völlig unabhängig sind die Mittelsandgebiete auf dem Südsporn der Oderbank und die kleinere Lagerstätte am SW-Hang. Die Farbe des Sandes ist braun, auf der Oderbank durch das Fehlen der Limonithäutchen weißlich hell.

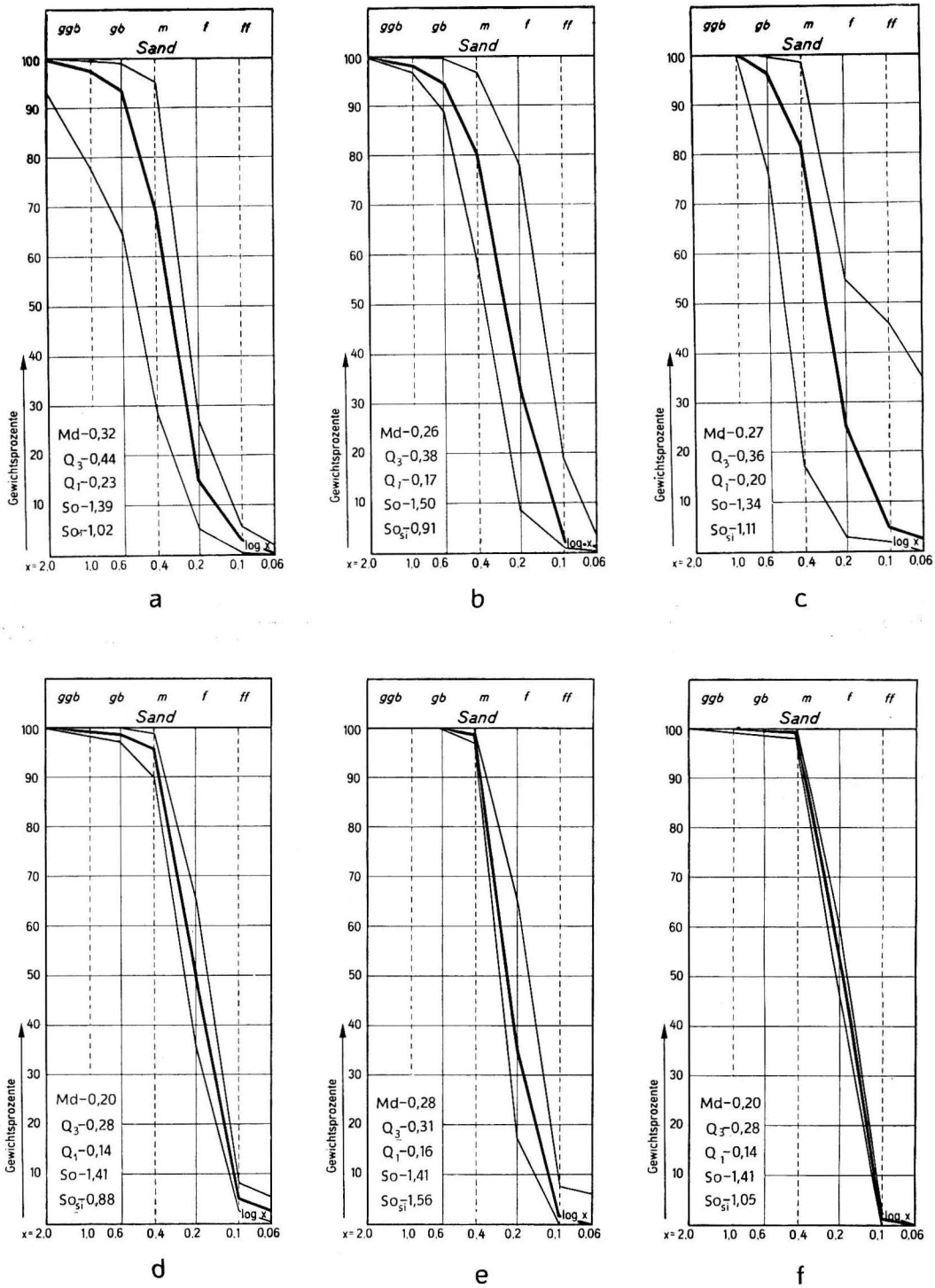


Abb. 7a—f. Durchschnittssummenlinien und Variationsbreite des Mittelsandes

a) vor SE-Rügen, b) südlich der Oie, c) vor Usedom, d) im Zentralteil, e) auf dem S-Sporn der Oderbank, f) am SW-Hang der Oderbank

Bei der Betrachtung der Summenkurven hebt sich deutlich die große Variationsbreite des Mittelsandes vor Rügen, im Seegebiet der Oie und vor Usedom hervor. Die Sortierung dieser Vorkommen ist schlecht (Abb. 7a—c). Grob- und Feinsand ist in unterschiedlicher Menge in diesen Lagerstätten vorhanden. Im Gebiet vor Usedom kommt außerdem ein hoher Schluffanteil hinzu. Der Schluffanteil ist auf in der Nähe ausstreichende Tonlagerstätten zurückzuführen. Die Fein- und Grobsandbeimengungen lassen geringe Umlagerung und kurzen Transportweg vermuten. Der Mittelsand dieser den Küsten vorgelagerten Vorkommen scheint wegen seiner zonaren Anordnung um pleistozäne Kerne auf eine Herkunft aus diesem Material hinzudeuten. Damit sind auch die auf einen kurzen Transportweg hinweisenden Nebengemengteile zu erklären.

Im Gegensatz dazu zeigt sich bei den Vorkommen im Zentralteil (Abb. 7d), daß der Mittelsand wegen seiner geringeren Grobsand- und höheren Feinsandanteile einen längeren Transportweg zurückgelegt hat.

Um aus dem nahezu einheitlichen Sediment auf der Oderbank (Abb. 7e, f) auch geringere Unterschiede in der Kornzusammensetzung zu erfassen, wurden die sehr stark zum Feinsand tendierenden Mittelsandvorkommen abgegrenzt und auf der Karte als „Mittelsand" dargestellt.

Nach der Korngröße wäre das nördliche Vorkommen ein Mittel-Feinsand, das südliche ein feinsandiger Mittelsand. Möglicherweise ist die Entstehung dieser stark feinsandigen Mittelsandfelder auf Strömungseinflüsse zurückzuführen.

Der Schwermineralgehalt der küstennahen Vorkommen schwankt zwischen 3,9—0,3%. Die Sande auf der Oderbank sind schwermineralarm. Obwohl der Mittelsand des Zentralteils der Oderbucht in der Korngröße dem des Südwesthanges der Oderbank nahezu gleicht (s. Kennwerte) (Abb. 7d, f), hat der Sand im Zentralteil einen durchschnittlichen Schwermineralgehalt von 1,03%, im Gegensatz zur Oderbank von nur 0,42%.

3.2.4. Feinsand

Unterhalb der 10-m-Tiefenlinie durchzieht ein Feinsandgebiet den Untersuchungsraum von SE nach NW. Es wird im Westen von gröberen Ablagerungen und den Küsten Rügens und Usedoms vorgelagerten Untiefen, im NE durch die Feinsandaufragung der Oderbank begrenzt. Das mit Ausnahme der Oderbank unterhalb der 10-m-Tiefenlinie lagernde Sediment ist ockerfarben. Die Sortierung zeigt kaum Unterschiede. Eine Aufgliederung in verschiedene Felder ist nur durch die Variationsbreite möglich. Danach lassen sich folgende Feinsandbereiche abgrenzen (s. Abb. 8a—c):

Rinne vor Rügen
Zentralzone
Oderbank

Dem Feinsand der östlich Rügen verlaufenden Rinnenzone sind — im Gegensatz zu den übrigen Feinsandgebieten — außer Schluff Grobsand und Kies beigemischt. Der Kiesanteil kann bis zu 5% betragen. Die Herkunft der gröberen Gemengteile könnte durch die nahe Lage pleistozäner Kerne erklärt werden.

Bei einigen Proben der sich von SE nach NW erstreckenden zentralen Feinsandzone kann der Mittelsandanteil bis zu 40% betragen. Diese Proben liegen in den Randgebieten der weit in den Feinsand hineinragenden Mittelsandvorkommen. Gröbere und feinere Beimengungen sind von untergeordneter Bedeutung; ihr Anteil übersteigt nie 4 Gew.-%.

Der Feinsand der Oderbank unterscheidet sich von den anderen Gebieten durch seine geringe Variationsbreite; Grobsand- und Schluffanteil liegen unter 1%. Der Vergleich der Kennwerte, die der durchschnittlichen Summenkurve entnommen wurden, zeigt ihre geringe Aussagemöglichkeit für diese Feinsandgebiete, da diese Werte nur den Bereich zwischen den

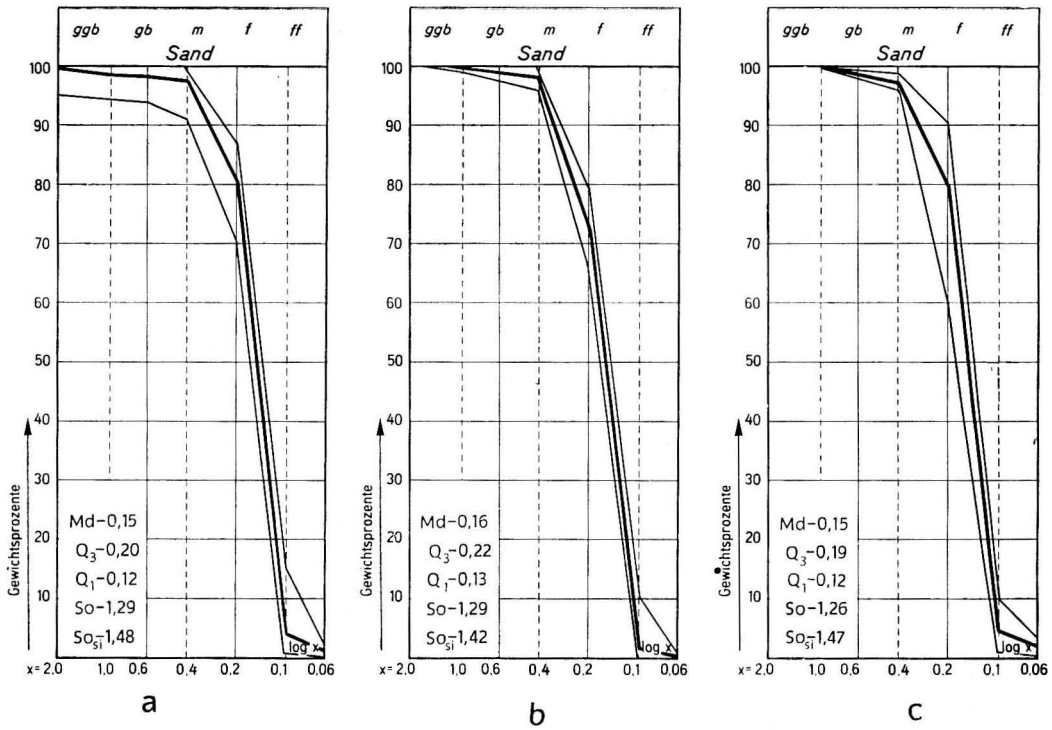


Abb. 8a—c. Durchschnittssummenlinien und Variationsbreite des Feinsandes
a) im Rinnengebiet vor Rügen, b) in der Zentralzone, c) auf der Oderbank

Quartilen erfassen. Aber gerade die Nebengemengteile, die selten 25% übersteigen, ermöglichen eine genetische Ausdeutung der Kurven.

Die Herkunft des Feinsandes, der die weitaus größte Fläche des Untersuchungsgebietes einnimmt und stellenweise eine Mächtigkeit von über 10 m erreicht, kann nicht allein durch die Abrasion der submarinen Bänke und durch die Zerstörung der vom Meer angeschnittenen Kliffs erklärt werden. Es müßten andere Liefergebiete als die angrenzenden Festländer zur Verfügung gestanden haben. So vermutet KOLP (1967) die Herkunft des Materials aus Schwemmsanden der Bornholmphase.

Der durchschnittliche Schwermineralgehalt des Feinsandes liegt bei 0,88%, die Werte schwanken zwischen 4,8% und 0,1%. Die höchsten Schwermineralanteile wurden aus Proben des Nordteils der Oderbank ermittelt. Weiter nördlich im vom Kartenausschnitt nicht erfaßten Gebiet der Oderbank zeigen die Schwermineralanreicherungen bis zu 35% schon Seifencharakter. Bleiben diese hohen Einzelwerte unberücksichtigt, so ist der Feinsand der Oderbank schwermineralarm. In diesem Falle beträgt der durchschnittliche Gehalt nur 0,35%. Die gleiche Schwermineralarmut ist bei dem auf der Oderbank lagernden Mittelsand festzustellen. Bei abnehmender Entfernung von den pleistozänen Kernen steigt bei den anderen Feinsandvorkommen der Schwermineralgehalt. So beträgt z. B. in der Nähe der Greifswalder Oie der durchschnittliche Schwermineralanteil 1,54%, vor der Swinemündung wegen größerer Entfernung vom Liefergebiet dagegen nur 0,9%.

3.2.5. Schluff

Reiner Schluff kommt im Untersuchungsgebiet nicht vor. Abgesehen von Einzelproben mit Schluffanteilen um 55% findet sich dieses feinkörnige Sediment nur als größere Beimengung in den Feinsandgebieten vor Rügen und Usedom. Hier sind die verhältnismäßig hohen Schluffbestandteile auf am Seeboden oder an den Kliffs angeschnittene ältere Tonvorkommen zurückzuführen.

Nach Kolp (1966) tritt Schluff „. . . in der westlichen und südlichen Ostsee als marines Sediment nicht in Erscheinung", sondern findet sich nur im Untergrund und beeinflußt mit seinem Kornbestand gelegentlich die Oberflächensedimente. Im Küstenraum tritt zu dieser Erkenntnis noch die Frage der Stabilität der Korngemische hinzu; es muß angenommen werden, daß hier ein in der Umlagerung befindliches Sediment kartiert wurde, zumal die Schluffanteile im Feinsand mit zunehmender Tiefe immer geringer werden. Der Schwermineralgehalt mit 2,4—0,8% ist im Schluff verhältnismäßig hoch.

3.2.6. Schlick

In dem Rügen östlich vorgelagerten Rinnengebiet und im seewärtigen Raum vor Nordwestusedom werden kleinere Flächen des Seegrundes von Schlick eingenommen. Nur Einzelproben in den Zentralteilen dieser kleinen Mulden- und Rinnengebiete erreichen mit nahezu 70% den höchsten Schlickanteil; in Richtung der Randgebiete dieser Vorkommen spielen sandige Einflüsse in der Kornzusammensetzung der Schlickablagerungen eine immer größere Rolle und gehen schließlich in schlickigen Sand über. Die Mächtigkeit des Schlicks ist gering; er ist in bergfeuchtem Zustand sehr weich und von olivgrauer Farbe. Die Schwermineralanteile schwanken zwischen 1,6% und 0,3%. Der Schwermineralgehalt in diesen feinkörnigen Sedimenten ist vermutlich auf den hohen Feinsandanteil zurückzuführen.

In der Oderbucht lagern zur Hauptsache verschiedenkörnige Sande, denen im küstennahen Raum gröbere und in Rinnen- oder lokalen Senkengebieten feinere Sedimente von untergeordneter räumlicher Ausdehnung eingeschaltet sind.

3.3. Schwermineralverteilung

In den letzten Jahrzehnten haben Schwermineralien als Indikatoren von Materialumlagerungen an der Küste und im küstennahen Seegebiet an Bedeutung verloren und wurden von Luminoforen und radioaktiven Stoffen verdrängt. Letztere gestatten jedoch im Hinblick auf geologische Zeiträume nur Aussagen über kurzfristige Situationen, während der Sedimentbewegung. Bei Untersuchungen, die sich mit Genese und Morphologie fossilfreier klastischer Sedimente und deren Umlagerungsvorgängen über einen längeren Zeitraum befassen, bleibt die Schwermineralanalyse auch heute noch eins der entscheidendsten Hilfsmittel. Bisher wurden in der Ostsee derart großräumige Arbeiten nur in der Beltsee von Kolp (1956) durchgeführt.

Im Nord- und Ostseegebiet können Leitminerale (Correns, 1947) wegen des hauptsächlich aus pleistozänen Ablagerungen und deren Aufbereitungsprodukten bestehenden Untergrundes kaum erwartet werden; so ließen die Untersuchungen der Schwermineralführung in der Oderbucht sehr schnell erkennen, daß hier kein Mineral als Indikator einer Transportrichtung herangezogen werden kann.

Im Gegensatz zum Schwermineralgehalt in Sanden der westlichen Ostsee und der Nordsee bei 0,5% (Streuung 0,1—2,5%) liegt im Untersuchungsgebiet der durchschnittliche Anteil mit 0,9% (Streuung 0,03—4,8%) verhältnismäßig hoch. Die in Abb. 9 dargestellte Verteilung des Gesamtschwermineralgehalts zeigt eine Anreicherungszone, die sich vom Mündungsgebiet der Swine über die Usedom vorgelagerten Untiefen bis in den Raum SE-Rügens erstreckt. Hier liegen die Gesamtanteile zwischen einem und zwei Prozent, selten darüber. Anders verhält es sich, wenn man nur den Schwermineralgehalt der Fraktion 0,2—0,1 mm in diesem Gebiet betrachtet (Abb. 10). Die Schwermineralien dieser Fraktion konzentrieren sich im Untiefengebiet zwischen Rügen und Usedom; sie finden sich in den gröberen Sedimenten der Abrasionszone und überschreiten gelegentlich 4%. Im Zentralteil des Untersuchungsraumes werden Mineralien dieser Korngröße fast nicht gefunden. Sie bevorzugen nur die Zone mit

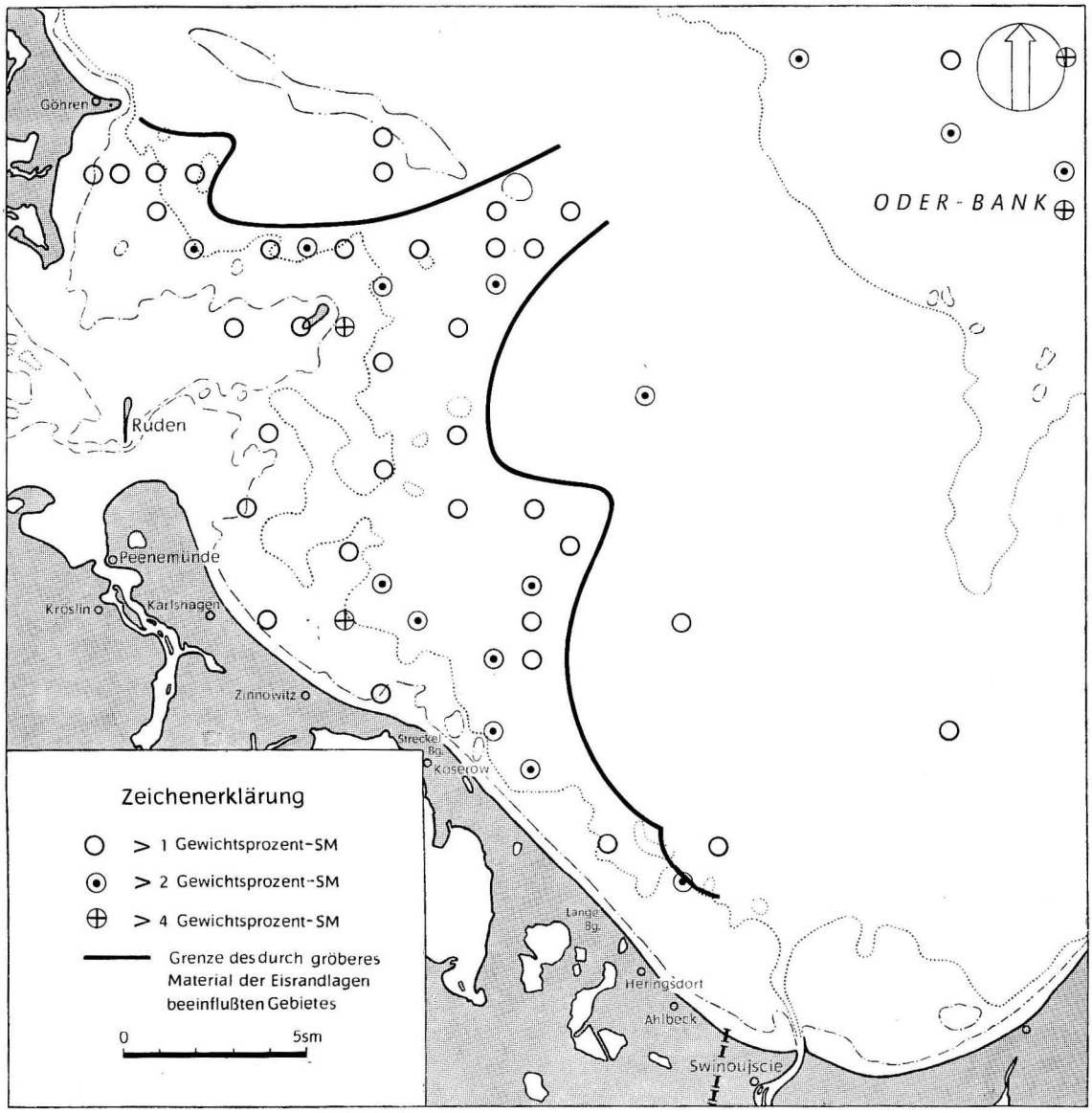


Abb. 9. Schwermineral-Gesamtgehalt
(nicht dargestellt sind die Stationen, deren Gehalt unter 1% liegt.)

gröberen Restsedimenten, Steinen und Blöcken, die dem Verlauf submariner Eisrandlagen (KLIEWE, 1960) entspricht.

Die Verteilung von Hornblende und Granat (Abb. 11) scheint wegen der unterschiedlichen Kornform und Dichte auf Umlagerungsvorgänge (DECHEND, 1950; OTTO, 1953; BRAND, 1955) zu deuten; danach dominiert Granat mit seiner kugligen Gestalt und höheren Dichte auf den Abrasionsfeldern in den Mittelsandablagerungen, während sich Hornblende in den Sedimentationsräumen im Feinsand anreichert.

Die Sedimente der Oderbank sind schwermineralarm; Einzelproben erreichen hier die im gesamten Untersuchungsgebiet höchsten Schwermineralanteile von fast seifenähnlichem Charakter. Bei Vergleichen und Auswertungen scheiden jedoch diese Proben aus, da sie genetisch verschieden von den anderen Ablagerungen zu deuten sind.

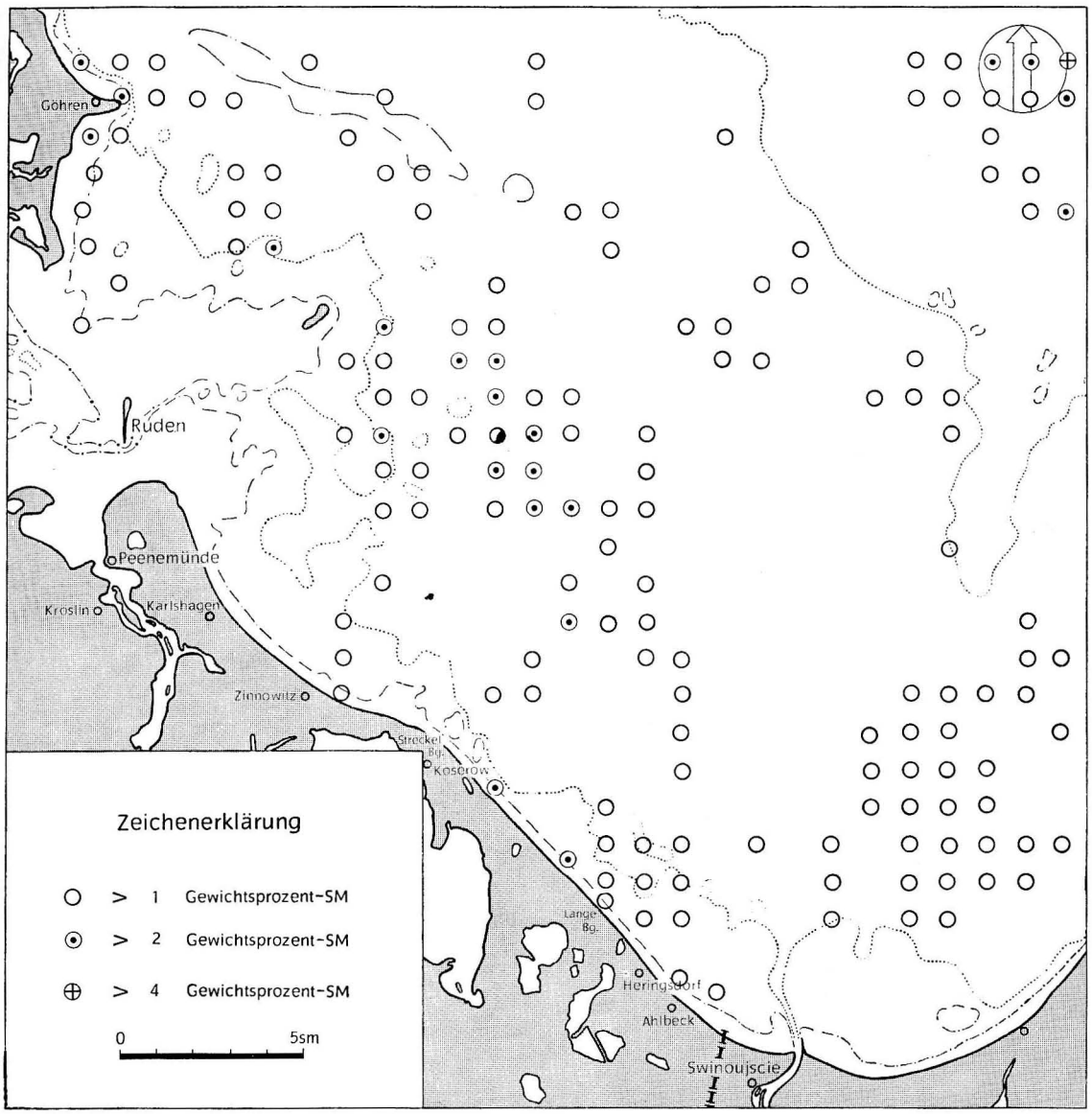


Abb. 10. Schwermineralgehalt der Fraktion 0,2—0,1 mm

3.4. Beschreibung der Schwermineralien

Die qualitative Zusammensetzung der Schwerminerale im Untersuchungsgebiet ist nahezu einheitlich. In jeder Probe sind bis auf wenige Ausnahmen alle untersuchten Mineralarten zu finden. Den Hauptanteil der nicht opaken Schwermineralien mit etwa 70% bilden Granat, Hornblende, Epidot und Augit; die übrigen zwischen 0 bis 4% zeigen keine besonderen Merkmale, die auf lokale Einflüsse schließen lassen. Unter „Sonstige" fallen die unbestimmbaren Minerale und Einzelvertreter wie Sillimanit, Topas, Olivin usw.

Granat, einer der häufigsten Vertreter der Schwermineralien in der Oderbucht, zeigte keine gut erhaltene Kristallform, sondern lag nur in kaum gerundeten Bruchstücken vor. Die Farbe schwankt zwischen hellrosa und rotbraun; Einschlüsse oder angeätzte Flächen waren selten. Einzelvertreter der Granatgruppe wurden nicht bestimmt. Mit zum Granat sind wegen ihrer Seltenheit die Vertreter der Spinellgruppe gerechnet worden. Durchschnittliches Vorkommen: 34%; Schwankungen zwischen 57,9%—4,5%.

Von der *Amphibol*-Gruppe tritt als häufigster Vertreter die gemeine Hornblende in plattiger Ausbildung, grün oder durch Eisenabscheidungen schwarzgefärbt, auf. Seltener ist die braune basaltische Hornblende. Durchschnittliches Vorkommen: 31,3%; Schwankungen zwischen 45,9%—20,1%.

Für *Epidot* ist die „zeisiggrüne" Eigenfarbe charakteristisch. Die Körner sind gut gerundet. Ein weiterer Vertreter dieser Gruppe fand sich in dem Klinozoisit mit seiner anormalen blauen Interferenzfarbe. Durchschnittliches Vorkommen: 10,9%; Schwankung zwischen 15,1% bis 5,2%.

Turmalin tritt länglich gestreckt oder kugelrund auf; die länglichen Körner zeigen starken Pleochroismus von hell- bis dunkelbrauner Farbe. Turmalin in gerundeter Form ist konoskopisch eindeutig bestimmbar. Durchschnittliches Vorkommen: 3,16%; Schwankungen zwischen 6,1%—5,2%.

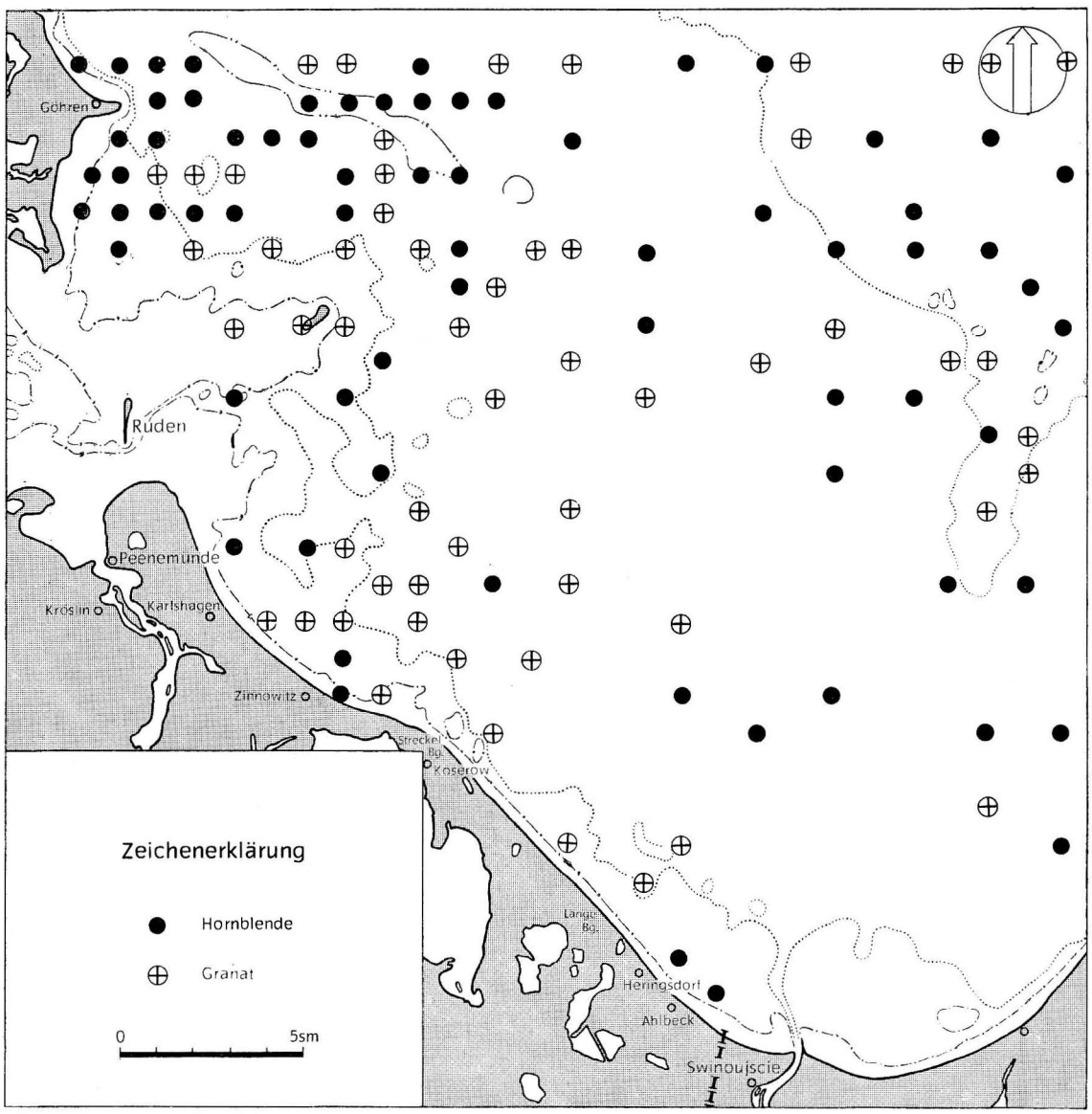


Abb. 11. Hornblende-Granat-Verhältnis
(Darstellung der örtlich führenden Schwermineralien)

Zirkon kommt mit hellen, seltener bräunlichen Farben von gut ausgebildeten Kristallen mit pyramidalen und prismatischen Flächen über zerbrochene Formen mit prismatischen Flächen und scharfen Kanten bis zu ovalen Körnern vor; letztere überwiegen in den Sanden des Arbeitsgebietes. Durchschnittliches Vorkommen: 2,62%; Schwankungen zwischen 5%—1%.

Rutil erscheint wegen der starken Eiseneinschlüsse oft als „opak" und ist nur an den Rändern an seiner braunroten Eigenfarbe zu erkennen. Er kommt in verschiedenen Formen vor; gut erhaltene Flächen sind selten. Durchschnittliches Vorkommen: 0,7%; Schwankungen zwischen 1,3%—0,4%.

Die monoklinen *Pyroxene* sind bei grünlicher Färbung von den Hornblenden schwer zu unterscheiden. Man erkennt sie an den charakteristischen Spaltrissen, der Auslöschungsschiefe und den starken Interferenzfarben. Die rhombischen Vertreter kommen seltener vor. Nach Kleinsorge (1937) soll Augit gegenüber Hornblende chemisch instabil sein; möglicherweise ist das der Grund seines verhältnismäßig geringen Anteils in den Sanden der Ostsee. Durchschnittliches Vorkommen: 4,9%; Schwankungen zwischen 9,0%—3,4%.

Disthen mit seiner Spaltbarkeit nach 100 und 010 kommt in länglich gestreckter Form und sehr selten vor. Durchschnittliches Vorkommen: 1,2%; Schwankungen zwischen 1,8% bis 0,7%.

Staurolith ist eindeutig an seiner gelbbraunen Farbe und dem starken zwischen gelb und gelbbraun wechselnden Pleochroismus zu erkennen. Die Körner sind unregelmäßig begrenzt; Eiseneinschlüsse kommen oft vor. Durchschnittliches Vorkommen: 2,3%; Schwankungen zwischen 2,7%—1,5%.

Wegen ihres unbedeutenden Anteils wurden Sillimanit, Olivin, Andalusit und Glimmer zu den „Sonstigen" gezählt, da ihr geringer Gehalt in der Gesamtzusammensetzung der Schwermineralien in der Oderbucht bei der Ausdeutung der Umlagerungsvorgänge ohnehin kaum von Bedeutung ist.

4. Deutung der Untersuchungsergebnisse

Die Ergebnisse der submarinen Oberflächenkartierung des Seegrundes in der Oderbucht geben die flächenhafte Verteilung der Sedimente im Untersuchungsraum wieder und gestatten in Verbindung mit den schwermineralanalytischen Untersuchungen und der Auswertung der Echogramme eine Deutung der rezenten, an bodennahe Strömungen gebundenen Umlagerungsvorgänge.

Diese Vorgänge sind jedoch derart komplexer Natur und von verschiedenen Faktoren abhängig oder beeinflußt, daß eine Aufgliederung nötig erscheint. So mögen Oberflächensediment, Morphologie und Untergrund einerseits, Korngröße, Sortierungsgrad und Schwermineralanteil andererseits im Hinblick auf ihr Verhältnis untereinander und ihre Beziehungen zu den Umlagerungsvorgängen geklärt werden. Von untergeordneter Bedeutung bei dieser Untersuchung ist der Wind und seine indirekte Einwirkung auf das Sediment über die winderzeugte Strömung. Es kann nicht Aufgabe dieser Arbeit sein, irgendwelche Augenblickssituationen während einer bestimmten Wind- oder Stromrichtung zu erfassen, sondern es muß vielmehr das Ziel sein, Besonderheiten und Merkmale im Sediment herauszufinden, die für eine dominierende Richtung der die Umlagerung bewirkenden Bodenströmung über einen längeren Zeitraum der Entwicklung des Untersuchungsgebietes sprechen — Charakteristika, die sich in den Ablagerungen widerspiegeln.

4.1. Das Verhältnis Oberflächensediment zu Morphologie und Untergrund

Die Verteilung der Oberflächensedimente ist abhängig von Morphologie und Untergrund. Im Gebiet pleistozäner Aufragungen zwischen Rügen und Usedom — das ist die küstennahe Zone oberhalb der 10-m-Tiefenlinie — findet sich gröberes Material vom Mittelsand bis zu

Blöcken. In diesem Raum verläuft eine der vermutlich durch das präpleistozäne Relief bedingten, die Inseln Rügen und Usedom berührenden Teilstaffeln der Nordrügen-Ostusedomer Staffel *H* (KLIEWE, 1965); inwieweit sich auch im Submarin weitere Untergliederungen in Teilstaffeln treffen lassen, kann noch nicht entschieden werden. Jedoch waren diese untermeerischen pleistozänen Aufragungen mit ihrem Geschiebereichtum von ausschlaggebender Bedeutung für die in diesem Gebiet und seinen Randzonen lagernden Oberflächensedimente.

Mit dem Meeresspiegelanstieg bis zum gegenwärtigen Niveau geriet das Aufragungsgebiet zwischen Rügen und Usedom mit zunehmendem Maße in den Abrasionsbereich und wurde abgetragen; dieser Vorgang währte so lange, bis große Teile dieser Untiefen durch ihre Stein- und Blockpackungen einen weiteren Angriff auf ihre Kerne verhinderten. Dabei sind die feineren Korngrößen fortgeführt und mittlere Fraktionen (z. B. Grob- und Mittelsand) in der Nähe abgelagert worden. Es läßt sich im Normalfall bei der Kartierung der Oberflächensedimente mit zunehmender Entfernung von den Abrasionsflächen, die nicht immer — wie im vorliegenden Fall — auch morphologisch in Erscheinung treten müssen, eine Verfeinerung des Korns feststellen. Das bedeutet andererseits, daß in ebenen Gebieten ohne besondere morphologische Kennzeichen Flächen mit gröberen Fraktionen auf pleistozäne Ablagerungen im nahen Untergrund hinweisen können.

Im Zentralteil, dem küstenfernen sich unterhalb der 10-m-Tiefenlinie anschließenden Bereich finden sich keine großen Reliefunterschiede und auch keine Kennzeichen in der Sedimentverteilung, die für oberflächennah im Untergrund lagernde Eisrandlagen oder pleistozäne Aufragungen sprechen.

Die größte submarine Erhebung — die Oderbank — scheint kein einheitliches Ganzes darzustellen. Während sich der Nordteil aus glaziären Sanden der Bornholmphase, „. . . die im frühen Postglazial zu Binnendünen aufgeweht wurden" (KOLP, 1967), aufbaut, kann die Bildung des Südsporns erst nach dem älteren Atlantikum erfolgt sein, da die im Odermündungsraum und unter der südlichen Oderbank von DEECKE (1906) erbohrte Cardienschicht der im Greifswalder Bodden im gleichen Niveau untersuchten und als Sediment des älteren Atlantikums bestimmten Cardienablagerung (KOLP, 1967), entspricht. Für die Sedimentationsvorgänge bis in die Gegenwart hat in diesem Gebiet also nur sandiges Material annähernd gleicher Kornzusammensetzung zur Verfügung gestanden, das durch mehrfache Umlagerung seine heutigen sedimentologischen Charakteristika erhielt. Die Form des in einen Sporn auslaufenden Südteils der Oderbank mag strömungsbedingte Ursachen haben und ihrerseits den Verlauf von Bodenströmungen beeinflussen, so wie umgekehrt die Bodenströmung nicht ohne Einwirkung auf den Sedimenthaushalt des Südsporns ist.

4.2. Beziehungen zwischen Korngröße, Sortierung und Schwermineralanteil

Im Untersuchungsgebiet gestatten — neben der Wechselwirkung Morphologie — Strömung und den Einflüssen des Untergrundes — die Beziehungen zwischen Korngröße, Sortierung und Schwermineralanteil Rückschlüsse auf dynamische Vorgänge an der Sedimentoberfläche und auf die Genese des bearbeiteten Ausschnitts der Oderbucht.

Auf den Abrasionsflächen sind Kiese und Blöcke, vermischt mit geringem Mittelsandanteil, angereichert; der Gehalt der dem Mittelsand äquivalenten Schwermineralkorngröße von 0,2—0,1 mm ist in diesen Gebieten verhältnismäßig hoch (Abb. 10). Während sich die Hauptmenge des Mittelsandes an seeseitigen Hängen der Aufragungszone ablagert, werden die feineren Fraktionen mit ihrem Schwermineralbestand tiefer gelegenen Sedimentationsräumen zugeführt.

Grundsätzlich läßt sich eine Abnahme der Korndurchmesser mit zunehmender Entfernung vom Liefergebiet bei gleichzeitiger Verbesserung der Sortierung durch Selektion der jeweils feineren Bestandteile feststellen. In zonarer Anordnung nach ihrer Korngröße dominieren

auf den Untiefen zwischen Usedom und Rügen und in ihren Randgebieten Schwermineralien der Fraktion 0,2—0,1 mm, während in der Übergangszone zum Feinsand die Hauptmenge der Schwermineralien kleiner als 0,1 mm angereichert ist.

Das Material der landseitigen Hänge gelangt in den küstenparallelen Längstransport, wobei Mittelsand und der Großteil der Schwermineralien dem Strande zugeführt und an besonders günstigen Stellen zum Aufbau oder zur Regenerierung von Seifen verwendet werden (Ückeritz, Zinnowitz).

Die Feinsande der Oderbank und des Zentralteils — abgesehen von den randlichen Übergangszonen zum Mittelsand nahe der Untiefen — sind schwermineralarm und gut sortiert; in Richtung der Bänke steigt der Schwermineralgehalt im Feinsand, das bedeutet, daß hier nicht die Oderbank, sondern nur die Untiefen vor Rügen und Usedom als Liefergebiet in Frage kommen.

Die auf der Oderbank lagernden Feinsande haben ihr Schwermineralkonzentrat in den nördlichen, vom Kartenausschnitt nicht erfaßten Teil der Untiefe abgesetzt; das führte zu seifenähnlichen Anreicherungen (bis zu 30% Schwermineralanteile), während der von der Seekarte erfaßte Teil der Oderbank, bis auf Einzelproben im Norden, schwermineralarm ist.

Unter Berücksichtigung von Korngröße, Sortierung und Schwermineralgehalt lassen sich die Oberflächensedimente des Untersuchungsgebietes einteilen in schlecht sortierte, relativ schwermineralreiche Vorkommen im Gebiet der Untiefen zwischen Rügen und Usedom oberhalb der 10-m-Tiefenlinie und in gut sortierte, schwermineralarme Ablagerungen im Zentralteil und auf der Oderbank.

4.3. Rezente Umlagerungsvorgänge (Abb. 12)

Seit dem jüngeren Postglazial, mit dem Ansteigen des Meeresspiegels von — 10 m NN auf das heutige Niveau, gelangten die vor Usedom und Rügen gelegenen Untiefen mit zunehmendem Maße in den Einflußbereich von Strömung und Welle, die gleichfalls die nach Kolp (1967) im frühen Postglazial zu Binnendünen aufgewehten Schwemmsande der Bornholmphase im Oderbankgebiet angriffen und umlagerten.

Die bis in die Gegenwart hinein auf das Sediment wirkenden hydrologischen Faktoren müßten sich in der Verteilung der Sedimente widerspiegeln und Haupttransportrichtungen — vielfach durch untergeordnete Einflüsse verschleiert — erkennen lassen.

Allein die Morphologie zeichnet die Hauptrichtung der bodennahen Strömung nach NW oder SE vor. Vereinzelte Tiefenstrommessungen in diesem Gebiet ergaben gleiche Ergebnisse mit dominierender SE- bzw. E-Richtung. Der nach SE verlaufende Strom ist an westliche Winde gebunden. Der Durchschnitt, der über einen Zeitraum von 13 Jahren durchgeführten Messungen beträgt für Winde aus westlicher Richtung nahezu 50%. Für den westlichen Teil der Oderbucht bedeutet das einen vorherrschend nach SE setzenden Strom, dessen Einfluß neben den auch aus anderen Richtungen auf die Ablagerungen am Meeresgrund einwirkenden Strömungen in der Verteilung der Sedimente zu erkennen ist.

Bevor sich der heutige sedimentologische Zustand in der Oderbucht eingestellt hatte, kam es zur Ablagerung von Feinsanden, deren Herkunft aus dem nördlichen Bereich der heutigen Oderbank angenommen wird. Die Feinsande lagerten sich in den tiefer gelegenen Teilen der westlichen Oderbucht ab und bauten den nach Deecke (1905) über einen Cardienhorizont (etwa —14 m NN) liegenden Südsporn der Oderbank auf. In beiden Gebieten — auf der Oderbank und im Zentralteil des Untersuchungsraumes — lagern Feinsande annähernd gleicher Schwermineralarmut (Oderbank = 0,35%; Zentralteil = 0,5%), gleichen Sortierungsgrades (Oderbank = 1,27; Zentralteil = 1,26) und gleicher Kornzusammensetzung (Oderbank = Md = 0,15, Zentralteil = Mg = 0,15). In den westlichen Randbereichen dieser mit der Oderbank gleichen Zone wird die Zusammensetzung der Feinsande durch das von den Bänken

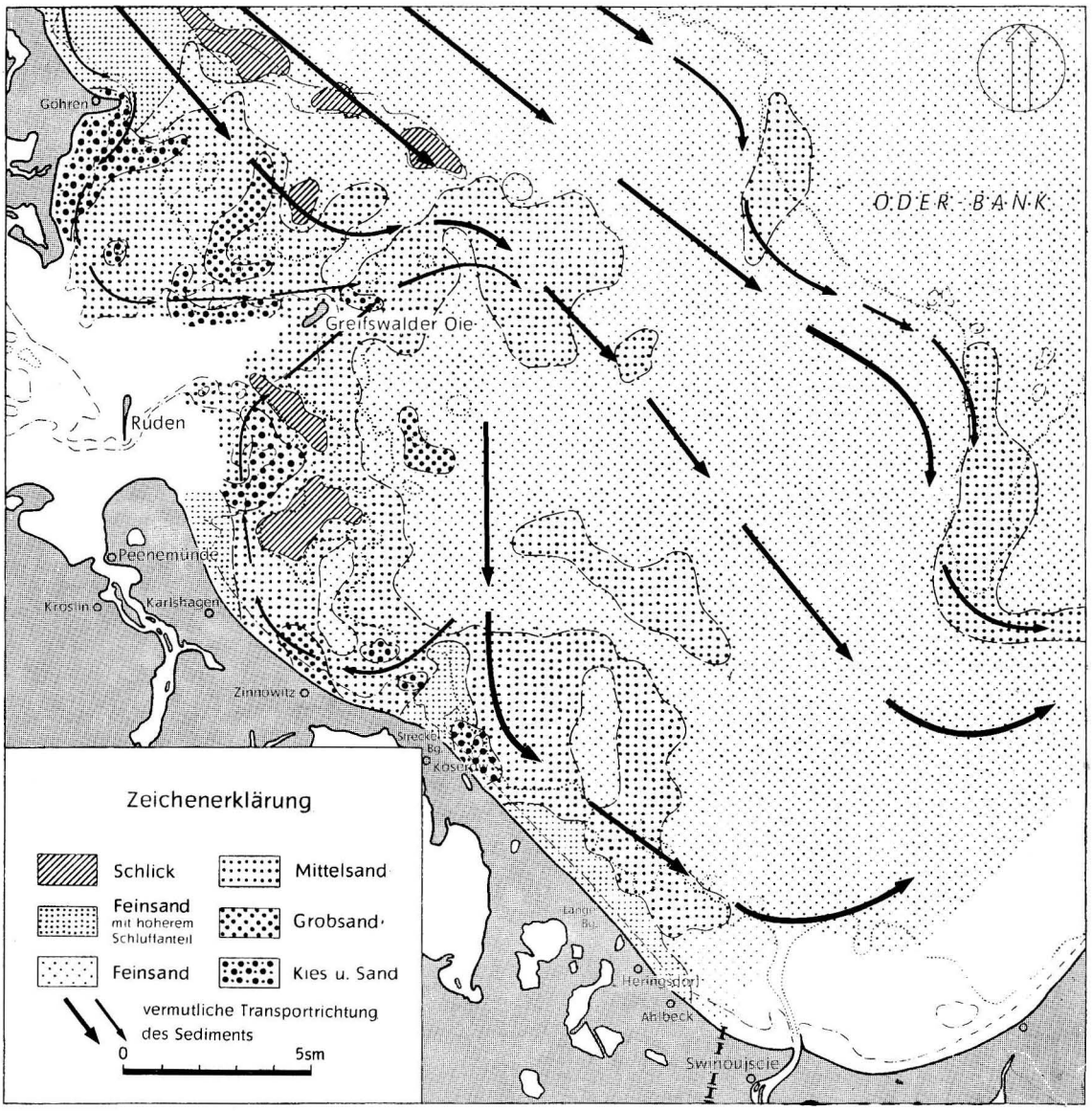


Abb. 12. Darstellung der bevorzugten Sedimenttransportrichtungen
(starke Pfeile — Haupttransport, schwache Pfeile — Transport von untergeordneter Bedeutung)

stammende Abrasionsmaterial beeinflußt; d. h., hier mischen sich hochselektierte Feinsande mit dem Abbruchsmaterial der Kliffs und den Aufbereitungsprodukten der den Inseln vorgelagerten und allmählich abgebauten Untiefen. Diese Durchmischungszone mit den Materialien verschiedener Herkunft ist nicht mehr sehr breit. Die größte Menge des Abbruchmaterials von den Untiefen wird küstenparallel nach SE in das Mündungsgebiet der Swine transportiert oder zum Aufbau des Strandes von Usedom verwendet. Nur ein unbedeutender Teil wird nach NW in Richtung Peenemünder Haken verfrachtet.

Die bevorzugte Richtung nach SE der bodennahen Strömung läßt sich auch in der Sedimentverteilung erkennen. So deuten z. B. die Formen der Mittelsandvorkommen auf dem Südsporn der Oderbank, im Seegebiet vor Usedom und die südlich des Rinnengebietes vor Rügen gelegenen Ablagerungen auf diese Hauptstromrichtung hin. Es wäre denkbar, daß der küstennah vor SE-Rügen setzende Bodenstrom durch das Untiefengebiet der Bodenrand-

schwelle nach NE umgelenkt wird und gröberes Material (z. B. Mittelsand) in NE-Richtung transportiert; gleiche Vorgänge könnten sich bei Bodenströmungen in Richtung W vor dem Untiefengebiet zwischen NW-Usedom und der Greifswalder Oie abspielen und ebenfalls eine nach NE gerichtete Umlagerung erzeugen. Dieser nach NE im Seegebiet der Greifswalder Oie gerichtete Materialtransport wird südlich der Rinne vor Rügen von SE-Strömungen beeinflußt. Die Wirkung der Hauptstromrichtung (SE) führt zu einem Umbiegen des Materialstromes nach SE und zu einer Auffächerung der Mittelsandablagerungen in dieser Richtung (Abb. 12). Der weitere Verlauf der Hauptstromrichtung (SE) scheint sich durch die Mittelsandablagerungen auf dem Südsporn der Oderbank zu belegen. In diesem Gebiet deutet das sich in schmaler Zone nach E erstreckende Mittelsandvorkommen auf ein Umbiegen des Stromes nach E oder NE. Die Form dieser Mittelsandflächen betont die dominierende SE-Richtung im Untersuchungsgebiet und unterstreicht gleichzeitig den untergeordneten Einfluß von Strömungen aus anderen Richtungen.

Neben der Korngrößenverteilung lassen sich durch die schwermineralanalytischen Ergebnisse rezente Umlagerungsvorgänge deuten. So zeigt sich die Verlagerung der Sedimente im Seegebiet der Greifswalder Oie nach NE durch die in gleicher Richtung transportierte, dem Mittelsand äquivalente Korngröße der Schwermineralfraktion 0,2—0,1 mm (Abb. 10). Diese Fraktion bevorzugt in ihrer Ablagerung nur den vom NE-Transport vorgegebenen Raum; das nach SE gerichtete Umschwenken des Materialstromes zeigt sich in der Anreicherung von Schwermineralien der Fraktion kleiner als 0,1 mm. Die aus den Aufbereitungsprodukten der Untiefen vor Usedom stammenden Schwermineralien werden in geringem Maße in Richtung Zentralteil — das entspricht der schmalen Durchmischungszone der Sedimente der Oderbank und der Aufragungen — oder nach NW zum Aufbau schwacher Strandseifen vor Zinnowitz transportiert. Eine weitere Verfrachtung nach NW scheint nicht stattzufinden, da hier weder am Strand noch im Seegebiet eine Anreicherung zu beobachten ist. Die Hauptmenge gelangt nach SE zur teilweisen Regenerierung der mehrfach abgebauten Seifen von Ückeritz und in den Mündungsraum der Swine (Abb. 12). Gegen einen von E stammenden Transport, der die Anreicherung der Schwermineralien im Swine-Mündungsgebiet verursacht haben könnte, spricht das Fehlen von Strandseifen auf Wolin (Wasmund 1938) und der Bänke im Küstengebiet.

Durch die Sedimentverteilung und die schwermineralanalytischen Untersuchungen kann im Arbeitsgebiet nur eine nach SE setzende Hauptstromrichtung erfaßt werden; andere Richtungen von untergeordneter Bedeutung sind aus den Untersuchungsergebnissen nicht nachzuweisen.

5. Schlußbemerkungen

Im von der Seekarte 3019 erfaßten Gebiet der Oderbucht wurden Grundproben in Seemeilenabstand entnommen und die Verteilung der Oberflächensedimente — unterschieden nach ihrer Korngröße — dargestellt. Durchschnittssummenkurven, die Variationsbreite sich in der Kornzusammensetzung ähnelnder Sedimentkomplexe und der Schwermineralbestand wurden ermittelt und graphisch oder in Karten wiedergegeben.

Die Untersuchungen führten zu folgendem Ergebnis:

1. Kenntnis der Verteilung der Oberflächensedimente und ihrer Kennwerte auf Grund siebanalytischer Untersuchungen.
2. Kenntnis der Verteilung der Schwermineralien.
3. Abnahme der Korndurchmesser vom Liefergebiet bei gleichzeitiger Verbesserung der Sortierung.
4. Der auf den küstennahen Untiefen mit dem groben Restsediment angetroffene Fein- und Mittelsand kann als temporäres Sediment angesehen werden.

5. Die Mittelsandablagerungen, die sich als zusammenhängende Zone von Rügen nach Usedom erstrecken, sind Abrasionsprodukte der submarinen Aufragungen.
6. Die Feinsande der Oderbank und des Zentralteils sind genetisch gleich und werden in der Nähe der Untiefen von den Abrasionsprodukten der pleistozänen Aufragungen beeinflußt.
7. Der Schwermineralgehalt im Untersuchungsgebiet stammt aus den abgebauten oder in Aufbereitung befindlichen pleistozänen Ablagerungen, die im küstennahen Raum erschlossen sind.
8. Der geringe Schwermineralgehalt der südlichen Oderbank und des Zentralteils läßt einen langen Transportweg oder mehrfache Umlagerung vermuten.
9. Sedimentverteilung und schwermineralanalytische Ergebnisse deuten im Untersuchungsgebiet auf Umlagerungsvorgänge, die vorherrschend Richtungen um SE bevorzugen.

Oben angeführte Ergebnisse und Schlußfolgerungen beziehen sich nur auf die Sedimentoberfläche des Arbeitsgebietes im westlichen Teil der Oderbucht; weitere Untersuchungen sind für die Klärung verschiedener noch offenstehender Fragen unter Einbeziehung von Stechrohrkernen für die Deutung des nahen Untergrundes und seiner dynamischen Vorgänge in jüngster geologischer Vergangenheit erforderlich.

Literatur

BLÜTHGEN, J., Greifswalder Oie und Ruden. Petermanns Geograph. Mitt., Erg.-H. Nr. **248** (1952),

BRAND, G., Sedimentpetrographische Untersuchungen zum Erkennen der Sandwanderungsvorgänge am Strand, im Flachwasser und dem daran anschließenden Seegebiet. Meyniana **4** (1955).

BUBNOFF, S. v., Über die Smaländer Erdnaht. Geol. Rundschau **41** (Sonderband) (1953).

BURKHARDT, Die Jagd nach Vineta. Swinemünde 1935.

BÜLOW, K. v., Rügens erdgeschichtlicher Werdegang. Natur- und Kulturdenkmäler der Insel Rügen. IX, Bergen 1928.

BÜLOW, K. v., Abriß der Geologie von Mecklenburg. Berlin 1952.

CORRENS, C. W., Leitminerale im Golf von Guinea. Nachrichten der Akademie der Wissenschaften in Göttingen, Math.-physik. Klasse **1** (1947).

DECHEND, W., Sedimentpetrologische Untersuchungen zur Frage der Sedimentumlagerungen im Watt Nordfrieslands. Dtsch. Hydrographische Zeitschrift **3** (1950).

DEECKE, W., Die Oder-Bank, N von Swinemünde. 9. Jb. d. Geogr. Ges. Greifswald (1903/1905), Greifswald 1905.

DWARS, F. W., Beiträge zur Glazial- und Postglazialgeschichte Südostrügens. Im Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität Kiel, Kiel 1960.

HECK, H.-L., Geologische Karte des Norddeutschen Flachlandes. Einheitsblatt 10, Stralsund-Bergen a. R.—Barth, Berlin 1957.

HECK, H.-L., Zur Unterfläche des Quartärs in Mecklenburg. Ber. d. Geol. Ges. i. d. DDR **8** (1966), H. 516.

KLIEWE, H., Die Insel Usedom. Berlin 1960.

KLIEWE, H., Über küstennahe Endmoränen des spätglazialen Oder-Gletscherstromes. Report of the VIth International Congress on Quaternary, Warszawa, 1961. Vol. III, Lódź 1963.

KLIEWE, H., Das Pommersche Stadium nördlich des Mecklenburgischen Grenztales. In: Die Weichseleiszeit. Berlin 1965.

KLIEWE, H., Die jungweichselglaziale Formung Südrügens. In: Kurzreferate und Exkursionsführer zum 6. Treffen der Sektion Quartärgeologie. Berlin 1966.

KLIEWE, H., Quartärmorphologische Prinzipien und Probleme in Küstengebieten pleistozäner Vergletscherung in den Mittelbreiten. Beispiel: Vergleich Südschwedens mit Nordmecklenburg. Wiss. Veröffentlichungen d. Inst. f. Länderkunde, N. F. **23/24** (1966).

KOLP, O., Ein Beitrag zur Methodik der Kartierung küstennaher Sandgebiete an Hand des Beispiels des Seegebietes zwischen Darßer Ort und Hiddensee. Ann. f. Hydrographie **7** (1956).

KOLP, O., Neue Geräte des Seehydrographischen Dienstes für die Untersuchung der Sandverfrachtung der ufernahen Zone. Ann. für Hydrographie **9** (1957).

KOLP, O., Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee. Warnemünde 1962.

KOLP, O., Sedimente der westlichen und südlichen Ostsee und ihre Darstellung. Beiträge zur Meereskunde **17/18** (1966).

Kolp, O., Rezente Fazies der westlichen und südlichen Ostsee. Petermanns Geographische Mitteilungen **1** (1966).

Kolp, O., Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Bornholm-Mulde seit dem Spätglazial. Petermanns Geographische Mitteilungen **3** (1967).

Kolp, O. und Schmidt, W., Beschreibung und Ergebnisse der Erprobung eines im Auftrage des Instituts für Meereskunde Warnemünde gebauten Vibrationsstechrohres 4700/1. Beiträge zur Meereskunde **12/14** (1965).

Lauterbach, R., Rhenotype Strukturen im Bilde geologisch-geophysikalischer Untersuchungsergebnisse Mitteleuropas. Ber. d. Geol. Ges. i. d. DDR **7** (1962) H. 3.

Ludwig, A., Eistektonik und echte Tektonik in E-Rügen (Jasmund). Wissenschaftl. Ztschr. d. E.-Moritz-Arndt-Univ. Greifswald, Math.-natur. Reihe **IV** (1954/55) Nr. 3/4.

Münnich, G., Quantitative Geschiebeprofile aus Dänemark und Norddeutschland mit besonderer Berücksichtigung Vorpommerns. Abh. a. d. Geolog.-paläont. Inst. d. Univ. Greifswald **15** (1936).

Neumann, G., Stapelgefüge im Raum zwischen Südost-Rügen und der Insel Ruden. Beiträge zur Meereskunde **12/14** (1965).

Otto, W., Sedimentpetrographische Untersuchungen an der Küste der inneren Lübecker Bucht. Die Küste **1** (1953).

Pfeiffer, H., Schwermineral-Seifen in der südlichen Ostsee. Baltica **2** (1965).

Pratje, O., Die Bodenbedeckung der südlichen und mittleren Ostsee und ihre Bedeutung für die Ausdeutung fossiler Sedimente. Deutsche Hydrographische Zeitschrift **1** (1948) H. 2/3.

Richter, K., Gefüge und Zusammensetzung des Norddeutschen Jungmoränengebietes. Abh. aus dem Geol. Paläontolog. Institut d. Univ. Greifswald **11** (1933).

Richter, K., Die Eiszeit in Norddeutschland. Berlin 1937.

Rufolph, K.-H., Sedimentpetrographische Untersuchungen von rezenten Sedimenten der westlichen Ostsee (Mecklenburger und Lübecker Bucht). Dissertation, Rostock 1965.

Rutkowicz, St. und Klimaj, A., Fishing Atlas of the Southern Baltic. Gdynia 1962.

Schneiderhöhn, P., Untersuchungen zur Siebanalyse von Sanden und Darstellungen ihrer Ergebnisse. N. Jb. Mineral. **85** (1953).

Schuchardt, C., Arkona, Rethra, Vineta. Berlin 1926.

Schulz, B., Hydrographische Untersuchungen in der Ostsee 1925—1938 mit dem Reichsforschungsdampfer „Poseidon". Ergänzungsheft z. Dtsch. Hydr. Z., Reihe B, **1** (1956).

Trask, P. D., Origin and environment of source sediments of petroleum. Gulf Publishing Co., Houston (Texas) 1932.

Walger, E., Untersuchung zum Vorgang der Transportsonderung von Mineralen am Beispiel von Strandsanden der westlichen Ostsee. Meyniana **16** (1966).

Wasmund, E., Die Schwerminerallagerstätten der deutschen Küsten. Geol. Rundschau **29** (1938).

Wattenberg, H., Entwurf einer natürlichen Einteilung der Ostsee. Kieler Meeresforschungen **VI** (1949).

Wernicke, W., Die Küste der Inseln Usedom und Wollin vom Peenemünder Haken bis zum Swinhöft. 1. Beih. z. 47./48. Jb. d. Pomm. Geogr. Ges., Greifswald (1929/30).

Verwendete Karten: Atlas der Bodenbeschaffenheit des Meeres. 4. Lieferung, südliche Ostsee, Blatt 113a u. 113b; 1 : 300000.

Fishing atlas of the Southern Baltic, Blatt Nr. 5, Gdynia 1962.

Geologische Karte des Norddeutschen Flachlandes. Einheitsblatt 10 1 : 100000.

Seekarte 3019 des Seehydrographischen Dienstes der DDR; 1 : 100000.

Mikroplankton aus dem Fischton von Stevns-Klint auf Seeland

Von Dieter Lange

Zusammenfassung: Aus dem Fischton (Dan) von Stevns-Klint auf Seeland wird Mikroplankton beschrieben. Die untersuchten Exemplare gehören zu 18 Arten von Dinoflagellaten und Hystrichosphaerideen der Gattungen *Gonyaulax, Gymnodinium, Peridinium, Broomea, Deflandrea* und *Palaeocystodinium* bzw. *Hystrichosphaera, Hystrichosphaeridium, Cordosphaeridium* und *Pterospermopsis*. Die Species *Broomea seelandica* und *Deflandrea danica* sowie die Form *Deflandrea* sp. A werden neu beschrieben.

I. Einleitung

In den letzten dreißig Jahren wurde eine große Anzahl paläontologischer Arbeiten veröffentlicht, in denen fossiles Mikroplankton aus allen Formationen (Präkambrium bis Pleistozän) und in weltweiter Verbreitung beschrieben wurde. Durch die Untersuchungen von Deflandre, Lejeune-Carpentier in den dreißiger und vierziger Jahren sowie die Publikationen von O. Wetzel (1953, 1961), W. Wetzel (1952, 1955) und Alberti (1959, 1961) wurden die Grundlagen für den heutigen Kenntnisstand über das Mikroplankton der oberkretazischen Meere im europäischen Raum geliefert. Zum anderen gaben die Arbeiten von Pastiels (1948), Gocht (1952, 1955), Klumpp (1953), Elsenack (1954), Maier (1959), Gerlach (1961) und Brosius (1963) einen Einblick in die Planktonlebewelt der tertiären Meere in Mitteleuropa. Die vorliegenden Untersuchungen sollen die Arbeiten O. Wetzels und W. Wetzels fortsetzen und einen weiteren Beitrag zur Kenntnis des danzeitlichen Planktons liefern.

Auf Grund der heute vorliegenden zahlreichen Faunenanalysen wird von etlichen Autoren immer stärker die Anschauung vertreten, daß die Grenze Maastricht/Dan zugleich den sehr markanten Schnitt zwischen Kreide und Tertiär darstellt. Deshalb gewinnt die allseitige paläontologische Bearbeitung dieser Sedimente für die Entwicklung der kanäozoischen Fauna und Flora große Bedeutung.

II. Herkunft des untersuchten Materials

Die bearbeiteten Proben wurden im Fischton am Stevns-Klint bei der Lokalität Höjerup an der Ostküste der dänischen Insel Seeland von Herrn Doz. Dr. habil. W. Krutzsch entnommen (Abb. 1). Die etwa 12 km lange Steilküste bildet eine der Typuslokalitäten des Dan im baltischen Raum. Für die Überlassung des Materials möchte der Verfasser herzlich danken.

Der Fischton stellt nach Rosenkrantz (1966) die Basalschicht des Dan dar. Er wird am Stevns-Klint von der Schreibkreide (Bryozoenkreide) mit Knollenflinten des Maastricht unterlagert und geht allmählich in den hangenden Cerithiumkalk über (Abb. 2).

Der Cerithiumkalk wurde nach der Sedimentation an der Oberfläche durch Abrasion zu einer völlig ebenen Fläche abradiert, die sich zu einem „hardground" verfestigte und später vom Bryozoenkalk mit Knollenflinten überlagert wurde.

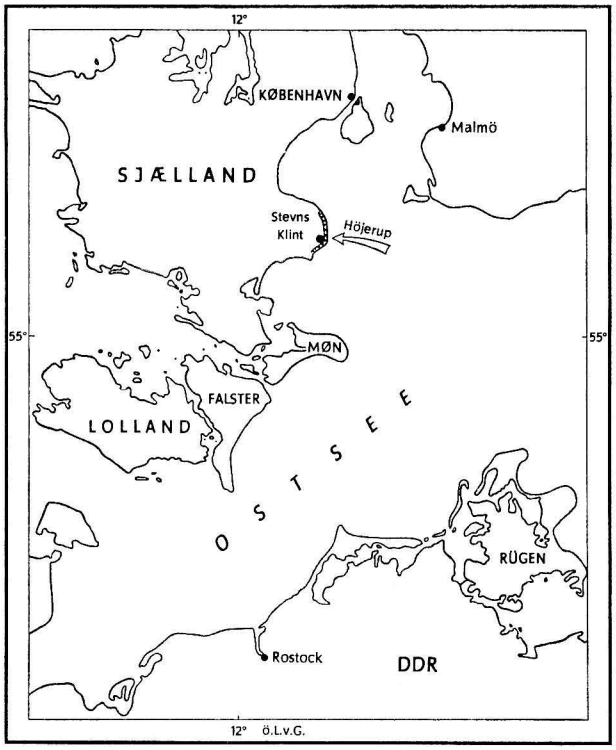


Abb. 1. Lage des Fundpunktes Höjerup an der Steilküste von Stevns-Klint.

Abb. 2. Detail aus dem „hardground" im Liegenden des Bryozoenkalkes am Stevns-Klint (nach ROSENKRANTZ 1966).

a — Schreibkreide (Bryozoenkreide) mit Knollenflintlagen; b — verhärtete Schreibkreide mit Bryozoenkalkausfüllungen; c — Fischton, links in eine Fuge übergehend; d — Cerithiumkalk mit Bryozoen-Ausfüllungen; e — Bryozoenkalk mit Flintlagen.

Der Fischton bildet am Kliff von Stevns-Klint etwa 100 m lange girlandenförmige Lagen und erreicht in den tieferen Teilen des Beckens eine Mächtigkeit von rund 20 cm. An den Beckenrändern keilt er aus und wird durch eine mehr oder weniger deutliche Fuge ersetzt. Nach ROSENKRANTZ (1966) lassen sich die Fischtonbecken als Vertiefungen des Meeresbodens zwischen den Bryozoenriffen am Ende des Maastricht erklären.

III. Arbeitsmethodik

Die mikroskopischen Arbeiten wurden mit dem Durchlichtmikroskop Nfpk/2 vom VEB Carl Zeiß Jena ausgeführt. In den meisten Fällen war eine Vergrößerung von 200- bis 600fach ausreichend. Bei der Untersuchung einzelner Strukturen und feiner Fortsätze wurden Vergrößerungen bei Ölemersion bis zu 1600fach benutzt.

Durch das Einschalten der Lichtfilter „Hellblau" (BG 33/2) sowie „Gelbgrün" (VG 9/2 und 4) in den Strahlengang konnte die Kontrastwirkung erhöht werden. Sehr zarte Objekte wurden mit der Phasenkontrasteinrichtung untersucht.

Die Vermessung der Exemplare erfolgte mit einem geeichten Okularmikrometer. Alle Abmessungen sind in μ angegeben. Die Werte sind wie folgt aufgeführt:
Länge des Panzers (Länge der Innenkapsel): Breite des Panzers (Breite der Innenkapsel).
Die Mikroaufnahmen wurden mit einem Miflex-Grundkörper und einer aufgesetzten Exakta Varex angefertigt. Die benutzten Projektive tragen die Bezeichnungen K 6,3 : 1 bzw. K 4,1 : 1. Alle Aufnahmen wurden mit dem *ORWO*-Dokumentenfilm (6 DIN) ausgeführt. Die Belichtungszeiten lagen zwischen 2 und 30 s.

Die untersuchten Präparate werden im Zentralen Geologischen Institut Berlin unter den Nummern 11924/1—5 und 11925/1—3 aufbewahrt.

IV. Systematischer Teil

Klasse ***DINOPHYCEAE*** PASCHER

Familie Gonyaulacidae LINDEMANN 1928

Gattung *Gonyaulax* DIESING 1866

Gonyaulax cf. *wetzeli* LEJEUNE—CARPENTIER 1939

Tafel II Fig. 6

1939 *Gonyaulax wetzeli* — LEJEUNE-CARPENTIER, S. 526, Abb. 1, 2.
1955 *Gonyaulax* cf. *wetzeli* — LEJEUNE-CARPENTIER-DEFLANRE & COOKSON, S. 255, Taf. 1, Fig. 3.

Erörterung: Die vorliegenden Exemplare sind beschädigt bzw. stark verfaltet, so daß die in der Diagnose gegebene Täfelung sehr schwer zu erkennen ist. Der schmale Randsaum ist nur im Bereich des Antapex erhalten. Die spiralig verlaufende Äquatorialfurche ist um 1 bis 2 Furchenbreiten versetzt und wird von stark hervortretenden, teilweise gezähnelten Leisten eingefaßt. Die Membran des Panzers ist fein granuliert.
Anzahl der Exemplare: 12.
Maße (Durchschnitt 10 Exempl.): 87 : 75.
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Ober-Kreide: Onepeh-Station (Neu-Südwales, Austr.); „Senon": In Feuerstein-Geschieben, Eutin (Schleswig-Holstein); Dan: Stevns-Klint (Seeland).

Familie Gymnodiniaceae (BERG) SCHÜTT 1896

Gattung *Gymnodinium* STEIN 1878

emend. KOFOLD & SWEZY 1921

Gymnodinium cf. *nelsonense* COOKSON 1956

Tafel II Fig. 9

1956 *Gymnodinium nelsonense* n. sp. — COOKSON, S. 183, Taf. 1, Fig. 8—11.
1958 *Gymnodinium nelsonense* COOKSON 1956 — COOKSON & EISENACK, S. 26, Taf. 1, Fig. 8.

1965 *Gymnodinium nelsonense* COOKSON 1956 — STANLEY, S. 223—224, Taf. 22, Fig. 7.
1967 *Gymnodinium nelsonense* COOKSON 1956 — DRUGG, S. 12, Taf. 1, Fig. 4, 5.
1967 *Gymnodinium* aff. *G. nelsonense* COOKSON 1956 — DRUGG, S. 12, Taf. 1, Fig. 6.

Erörterung: Die Exemplare aus dem Fischton unterscheiden sich von den in der Literatur abgebildeten Formen durch den gedrungenen Umriß des Körpers, zum anderen ist die Längsfältelung der sehr fein granulierten Membran nicht so deutlich ausgeprägt. Der Gürtel teilt die Zelle in zwei annähernd gleich große Hälften. Apex und Antapex sind breit gerundet.

Anzahl der Exemplare: 2.
Maße: 59:51.
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Oberkreide: Nelson Bore, Victoria (Australien); Campan und Unter-Maastricht: Korojon Calcarenite (Austalien); Maastricht: Escarpado Canyon (Kalifornien); Maastricht/Dan Grenze: Escarpado Canyon; Dan: Stevns-Klint (Seeland); Paläozän: Süd Dakota.

Familie Peridiniaceae EHRENBERG

Gattung *Peridinium* EHRENBERG 1832

Peridinium basilium DRUGG 1967

Tafel II Fig. 8 und 11

1967 *Peridinium basilium* n. sp. — DRUGG, S. 13, Taf. 1, Fig. 9—11, Taf. 9, Fig. 1a—b.

Erörterung: Die untersuchten Formen besitzen einen abgeflachten Panzer mit fünfeckigem Umriß. Die Epithek läuft in ein kurzes, distal abgestumpftes Apikalhorn, die Hypothek in zwei unterschiedlich gestaltete Antapikalzipfel aus. Der schmale Gürtel ist deutlich eingetieft und wird von glatten bis schwach gezähnelten Leisten eingefaßt. Die Täfelung ist bei den einzelnen Exemplaren mehr oder weniger deutlich ausgeprägt. Sie entspricht dem von DRUGG abgebildetem Tabulationsschema. Allerdings ist das Erkennen der Felder durch eine Verfaltung der Membran oft sehr erschwert. Die einzelnen Platten sind an der Oberfläche kräftig gestreift und granuliert.

Anzahl der Exemplare: 7.
Maße (Durchschnitt 5 Exempl.): 119:107.
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Maastricht/Dan: Escarpado Canyon (Kalifornien); Dan: Escarpado Canyon (Kalifornien), Stevns-Klint (Seeland).

Familie Podolampaceae LINDEMANN 1928

Gattung *Broomea* ALBERTI 1961

Broomea seelandica n. sp.

Tafel II und III, Fig. 10 und 3

Holotypus: Das im Präparat Nr. 11924/5 aufbewahrte und auf Tafel III, Figur 3 abgebildete Exemplar.
Locus typicus: Höjerup, Stevns-Klint (Seeland).
Stratum typicum: Dan.

Diagnose: Der Panzer ist abgeflacht, sein Umriß ist oval bis rautenförmig. Die Epithek läuft in ein mehr oder weniger langes, am freien Ende abgestumpftes oder leicht zugespitztes Apikalhorn aus. Die größere Hypothek besitzt nur einen kleinen reduzierten Antapikalzipfel. Unter dem Apex liegt ein quadratisches bis rechteckiges, abgerundetes Pylom. Die Membran ist fein granuliert.

Zusätze: Eine sehr flach eingetiefte Querfurche ist nur bei einigen Formen randlich zu beobachten. Sie trennt die bedeutend größere Hypothek von der fast rechtwinkligen Epithek. Von den anderen Arten der Gattung unterscheidet sich *Broomea seelandica* durch den Umriß des Körpers und die Ausbildung der Fortsätze.

Anzahl der Exemplare: 6.
Maße des Holotypus: 106:71.
Maße (Durchschnitt 6 Exempl.): 104:74.
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Stevns-Klint (Seeland).

Familie Deflandreaceae EISENACK 1954

Gattung *Deflandrea* EISENACK 1938

Deflandrea cretacea COOKSON 1956

Tafel I, Fig. 1—5

1956 *Deflandrea cretacea* n. sp. — COOKSON, S. 184, Taf. 1, Fig. 1—5.
1967 *Deflandrea cretacea* COOKSON 1956 — DRUGG, S. 16, Taf. 2, Fig. 17, 18.

Erörterung: *Deflandrea cretacea* ist mit über 100 Exemplaren die am häufigsten auftretende Art in den untersuchten Präparaten. Sie ist weltweit (Australien, Amerika, Europa) verbreitet.

Der Umriß der Panzer ist sehr variabel. Er kann einem langgestreckten bzw. gedrungenen Rhombus mehr oder weniger angepaßt sein. Bei einigen Exemplaren ist ein Apikalhorn als kleiner Zipfel angedeutet. Die Antapikalhörner fehlen ganz. Dicht unter dem Apex befindet sich bei fast allen Formen eine sehr kleine kreisförmige Öffnung, welche sich durch einen wulstartigen Ring deutlich von der granulierten Membran des Panzers abhebt. Ein trapezförmiges Pylom ist bei allen Exemplaren vorhanden.

Anzahl der Exemplare: 112.
Maße (Durchschnitt 50 Exempl.): 114 (74):97 (89).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Ober-Kreide: Nelson Bore, Victoria (Australien); Maastricht bis Dan: Escarpado Canyon (Kalifornien); Dan: Stevns-Klint (Seeland).

Deflandrea danica n. sp.

Tafel I, Fig. 6

1967 *Deflandrea* sp. D — DRUGG, S. 19, Taf. 2, Fig. 19.

Holotypus: Das im Präparat Nr. 11924/2 aufbewahrte und auf Tafel I, Figur 6 abgebildete Exemplar:
Locus typicus: Höjerup, Stevns-Klint (Seeland).
Stratum typicum: Dan.

Diagnose: Der Panzer ist abgeflacht, sein Umriß (ohne Fortsätze) erscheint kreisförmig bis schwach elliptisch. Die Epi- und Hypothek sind gleich groß. Die Epithek endet in einem langen, deutlich vom Panzer abgesetzten Apikalhorn. Die Hypothek besitzt zwei mehr oder weniger stark divergierende, spitz auslaufende, schmale Antapikalfortsätze. Die Querfurche verläuft zirkulär und ist nur an den Seitenrändern deutlich sichtbar. Unter dem Apex befindet sich ein langgestrecktes, rechteckiges Pylom. Die zarte Innenkapsel liegt dem Außenrand des Panzers sehr eng an.

Zusätze: Für die Species sind der kreisrunde bis schwach ovale Umriß des Körpers sowie die Ausbildung der Fortsätze charakteristisch. Die Membran des Panzers ist fein granuliert.

Im Gegensatz zu dem von DRUGG (1967) aus dem Dan Kaliforniens beschriebenem Exemplar besitzen die Formen von Stevns-Klint keine Längsfurche.

Anzahl der Exemplare: 7.
Maße des Holotypus: 151 (80):80 (78).
Maße (Durchschnitt 7 Exempl.): 155 (81):83 (80).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Stevns-Klint (Seeland).

Deflandrea denticulata ALBERTI 1959

Tafel II, Fig. 4 und 5

? 1948 *Peridinium* cf. *galeatum* LEJEUNE-CARPENTIER (pro parte) — PASTIELS, S. 50, Taf. 5, Fig. 17—20.
1959 *Deflandrea denticulata* n. sp. — ALBERTI, S. 102—103, Abb. 1.

Erörterung: Das im Fischton von Stevns-Klint gefundene Exemplar zeigt gute Übereinstimmung mit den von ALBERTI und PASTIELS abgebildeten Formen aus dem Alttertiär der Sowjetunion, der DDR und Belgiens. Besonders deutlich sind der gezähnelte Außenrand des Panzers und die bedornten Leisten längs der tief eingesenkten Äquatorialfurche zu erkennen. Die kaum eingeschnittene Längsfurche verläuft ventral zwischen den beiden spitz zulaufenden Antapikalzipfeln. Der gesamte Panzer ist mit bis zu 1 μ langen Dornen besetzt, die im Bereich des Apikalhorns besonders dicht gestellt sind. Unter dem Apex liegt ein großes Schlüpfloch, das dem von *Deflandrea phosphoritica* ähnlich ist.

Anzahl der Exemplare: 1.
Maße: 108 (50):65 (63).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Stevns-Klint (Seeland); Paläozän bis tiefstes Unter-Eozän: Geb. Wolgograd (Sowjetunion); Unter-Eozän: Belgien (?); Bohrung Oebisfelde (DDR).

Deflandrea diebeli ALBERTI 1959

Tafel I, Fig. 7—9

1959 *Deflandrea diebeli* n. sp. — ALBERTI, S. 99—100, Taf. 9, Fig. 18—21.
1963 *Deflandrea diebeli* ALBERTI 1959 — GORKA, S. 29, Taf. 4, Fig. 6—8.
1967 *Deflandrea* cf. *D. diebeli* ALBERTI 1959 — DRUGG, S. 16—17, Taf. 2, Fig. 6.

Erörterung: Die Species *Deflandrea diebeli* ist mit mehr als 50 Exemplaren häufig im untersuchten Material vorhanden. Die für die Art charakteristischen langen Hornfortsätze sind bei allen Individuen deutlich ausgebildet. Die Membran des Panzers ist fein granuliert und zeigt bei einigen Formen eine feine Längsfältelung. Dicht unter dem Apex befindet sich stets ein trapezförmiges Pylom. Eine Furchenbildung konnte nicht beobachtet werden.

Anzahl der Exemplare: 56.
Maße (Durchschnitt 50 Exempl.): 212 (78):63 (58).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Oberes „Senon": Bohrung Oebisfelde (DDR); Maastricht: Rügen (DDR); Kasimierz (Polen); Escarpado Canyon (Kalifornien); Dan: Escarpado Canyon; Stevns-Klint (Seeland).

Deflandrea cf. *obscura* DRUGG 1967

Tafel I, Fig. 10

1967 *Deflandrea obscura* n. sp. — DRUGG, S. 17, Taf. 2, Fig. 8, 9, Taf. 9, Fig. 5

Erörterung: Die untersuchten Formen unterscheiden sich von den kalifornischen Exemplaren der Moreno-Formation durch das Fehlen der dorsalen Tabulation. Allerdings ist der

gesamte Panzer in Längsfalten gelegt, so daß eine eventuelle Täfelung der Membran sehr schwer zu erkennen wäre. Die Längsfurche verläuft ventral deutlich eingetieft auf der Hypothek, während die sehr schmale Querfurche nur in der Nähe der Seitenränder angedeutet ist.

Anzahl der Exemplare: 3.
Maße (Durchschnitt 3 Exempl.): 56 (49):50 (48).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Maastricht: Escarpado Canyon (Kalifornien); Dan: Escarpado Canyon; Stevns-Klint (Seeland).

Deflandrea sp. A

Tafel II, Fig. 7

Erörterung: Der Panzer ist im Umriß oval und wird von einer sehr zarten, stark verfalteten Membran umgeben. Vom Körper sind ein langes, schmales Apikalhorn und zwei divergierende, distal zugespitzte Antapikalfortsätze deutlich abgesetzt. Der Innenraum wird von einer großen, ovalen Kapsel eingenommen, so daß nur die Hörner ausgespart sind. Die flach eingetiefte Querfurche verläuft zirkulär. Eine kaum eingeschnittene Längsfurche zieht sich auf der Hypothek von der antapikalen Begrenzlinie bis zur Äquatorialfurche. Unter dem Apex liegt ein großes quadratisches Pylom.

Das untersuchte Exemplar ist der Species *Deflandrea diebeli* sehr ähnlich, unterscheidet sich aber von dieser Art durch den großen Innenkörper, das quadratische Pylom und die deutliche Furchenbildung.

Anzahl der Exemplare: 1.
Maße: 143 (70):50 (49).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Stevns-Klint (Seeland).

Familie Dinoflagellata incertae sedis

Gattung *Palaeocystodinium* ALBERTI 1961

Palaeocystodinium golzowense ALBERTI 1961

Tafel III, Fig. 1 und 6

1961 *Palaeocystodinium golzowense* n. gen. et. sp. — ALBERTI, S. 20, Taf. 7, Fig. 10—12, Taf. 12, Fig. 16.

1965 *Palaeocystodinium golzowense* ALBERTI 1961 — STANLEY, S. 225, Taf. 23, Fig. 1—2.

Erörterung: Der spindelförmige Panzer ist dorsoventral abgeflacht und endet in zwei spitz auslaufende, hornartige Fortsätze. Der äußeren Hülle liegt ein elliptischer Innenkörper sehr eng an. Bei einigen Exemplaren zieht sich die Kapsel bis in die Anhänge hinein. Unter dem Apex befindet sich ein leicht abgerundetes, trapezförmiges Pylom.

Anzahl der Exemplare: 11.
Maße (Durchschnitt 10 Exempl.): 222 (101):51 (50).
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Stevns-Klint (Seeland); Paläozän: Süd-Dakota (USA); Ober-Eozän: Bohrung Conow (DDR); Mittel-Oligozän: Bohrungen Freienwalde, Schönewalde und Golzow (DDR); Ober-Oligozän: Bohrung Blönsdorf (DDR).

Ordnung ***HYSTRICHOSPHAERIDEA*** EISENACK

Familie Hystrichosphaeridae O. WETZEL 1933

Gattung *Hystrichosphaera* O. WETZEL 1933

Hystrichosphaera crassipellis DEFLANDRE & COOKSON 1955

Tafel III, Fig. 2

1955 *Hystrichosphaera crassipellis* n. sp. — DEFLANDRE & COOKSON, S. 265, Fig. 20, Taf. 6, Fig. 2—3.

1959 *Hystrichosphaera crassipellis* Deflandre & Cookson — Maier, S. 302, Taf. 28, Fig. 7.
1961 *Hystrichosphaera crassipellis* — Deflandre & Cookson 1955 — Gerlach, S. 177, Taf. 27, Fig. 5.
1967 *Hystrichosphaera crassipellis* Deflandre & Cookson 1955 — Drugg, S. 23, Taf. 4, Fig. 1.

Erörterung: Der Zentralkörper ist kugelig und wird von einer sehr derben Membran umgeben. Seine Oberfläche wird durch feine Leisten in polygonale Felder geteilt. Die Fortsätze sind zart und distal gegabelt bzw. mehr oder weniger aufgespalten.

Anzahl der Exemplare: 15.
Maße (Durchschnitt 15 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 54.
Durchmesser gesamt: 72.
Länge der Anhänge: 9—13.

Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Escarpado Canyon (Kalifornien), Stevns-Klint (Seeland); Unter-Eozän: Princetown Member of the Dilwyn Clay, Victoria (Australien); Mittel-Oligozän: Innien (Nordwestdeutschland); Unter- bis Mittel-Miozän: Hoerstgen und Rehden (Norddeutschland).

Gattung *Hystrichosphaeridium* Deflandre 1937
restr. Eisenack 1958

Hystrichosphaeridium complex (White) Deflandre 1946
Tafel III, Fig. 9 und 10

1842 *Xanthidium tubiferum complex* — White, S. 39, Taf. 4, Fig. 11.
1946 *Hystrichosphaeridium complex* (White) — Deflandre, S. 111.
1955 *Hystrichosphaeridium complex* (White) Deflandre — Deflandre & Cookson, S. 270, Taf. 1, Fig. 9 und 10.
1959 *Hystrichosphaeridium complex* (White) Deflandre — Maier, S. 316, Taf. 32, Fig. 1.
1967 *Hystrichosphaeridium complex* (White) Deflandre 1946 — Drugg, S. 26, Taf. 4, Fig. 14.

Erörterung: Der Zentralkörper ist kugelig und wird von einer granulierten Hüllmembran umgeben. Die hohlen, schlanken Fortsätze sind distal unregelmäßig ausgezackt.

Anzahl der Exemplare: 26.
Maße (Durchschnitt 20 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 39.
Durchmesser gesamt: 91.
Länge der Anhänge: 16—26.

Stratigraphische und regionale Verbreitung: Kreide: Frankreich; Unter-Kreide: Neu-Süd-Wales (Austr.); Ober-Kreide: Gingin (Westaustr.); ? Nelson Bore, Victoria (Austr.); Dan: Escarpado Canyon (Kalif.), Stevns-Klint (Seeland); Mittel-Oligozän: Rheinland und Norddeutschland.

Hystrichosphaeridium stellatum Maier 1959
Tafel III, Fig. 4

1959 *Hystrichosphaeridium stellatum* n. sp. — Maier, S. 320—321, Taf. 33, Fig. 3 und 4.
1962 *Hystrichosphaeridium stellatum* Maier — Cookson & Eisenack, S. 492, Taf. 4, Fig. 14.
1964 *Hystrichosphaeridium stellatum* Maier — Manum & Cookson, S. 14—15, Taf. 3, Fig. 4.
1967 *Hystrichosphaeridium stellatum* Maier 1959 — Drugg, S. 27, Taf. 4, Fig. 11.

Erörterung: Die untersuchten Formen aus dem Fischschiefer lassen die von MAIER beschriebene faserige Struktur der Hüllmembran nicht erkennen. Die freien Enden der breiten und schmalen Fortsätze sind trichterförmig erweitert und mehr oder weniger zerschlitzt.

Anzahl der Exemplare: 9.
Maße (Durchschnitt 9 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 42.
Durchmesser gesamt: 92.
Länge der Anhänge: 20—29.

Stratigraphische und regionale Verbreitung: Unter-Kreide (?Alb): Graham Island (Arkt. Kanada), Alb: Westaustr.; Alb bis Cenoman: Westaustr.; Santon bis Unter-Campan: Graham Island (Arkt. Kanada); Dan: Escarpado Canyon (Kalif.), Stevns-Klint (Seeland); Mittel-Oligozän: Norddeutschland; Mittel-Miozän: Norddeutschland.

Hystrichosphaeridium tubiferum (EHRENBERG) DEFLANDRE 1937

Tafel III, Fig. 11

1838 *Xanthidium tubiferum* — EHRENBERG, Taf. 1, Fig. 16.
1933 *Hystrichosphaera tubifera* (EHRENBERG) — O. WETZEL, S. 40, Taf. 4, Fig. 16.
1937 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG) — DEFLANDRE, S. 69, Taf. 13, Fig. 2, 4, 5.
1948 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG) DEFLANDRE — PASTIELS, S. 38, Taf. 3, Fig. 1 und 2.
1952 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHR.) rest. LEJEUNE-CARPENTIER 1940 — W. WETZEL, S. 398, Abb. 10
1961 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG) — GERLACH, S. 184, Taf. 28, Fig. 2.
1963 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG 1838) — BROSIUS, S. 38, Taf. 8, Fig. 4, Abb. 2 (6a—c).
1964 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG 1838) — LANGE, S. 17, Taf. 1, Fig. 1—4, Taf. 35, Abb. 1.
1965 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHR.) DEFLANDRE — STANLEY, S. 232, Taf. 25, Fig. 7 bis 12.
1967 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG) DEFLANDRE 1937 — DRUGG, S. 27, Taf. 5, Fig. 1, 2.
1967 *Hystrichosphaeridium tubiferum* (EHRENBERG) DEFLANDRE — WILSON, S. 67, Fig. 40.

Erörterung: Der kugelige oder leicht ellipsoide Panzer wird von einer granulierten oder mit winzigen Dörnchen besetzten Membran umgeben. Das distale Ende der tubenförmigen Fortsätze ist kaum merklich erweitert und wird von zahlreichen gekrümmten Häkchen begrenzt, die nochmals in zwei bis drei feine Spitzen aufgespalten sein können. Der größte Teil der untersuchten Exemplare besitzt durch abgerundete Pylome geöffnete Theken.

Anzahl der Exemplare: 27.
Maße (Durchschnitt 25 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 42.
Gesamtdurchmesser: 104.
Länge der Anhänge: 23—32.

Stratigraphische und regionale Verbreitung: Kreide: Frankreich, in baltischen Feuersteinen; Übergang Maastricht/Dan: Escarpado Canyon (Kalifornien); Dan: in Feuersteinen aus Norddeutschland, Escarpado Cyanon (Kalif.), Stevns-Klint (Seeland); Paläozän: Süd Dakota (USA); Paläozän bis Oligozän: Minna Bluff Material (Antarktis); Eozän: Black Island (Antarktis), Belgien; Ober-Eozän: Bohrungen Nedlitz und Schönewalde (DDR); Mittel-Oligozän: Emsland (Nordwestdeutschland); Ober-Oligozän: Emsland (Nordwestdeutschl.), Kasseler Meeressand; Mittel-Miozän: Emsland.

Gattung *Gordosphaeridium* Eisenack 1963

Cordosphaeridium inodes (Klumpp) Eisenack 1963
Tafel III, Fig. 5

1953 *Hystrichosphaeridium inodes* n. sp. — Klumpp, S. 391, Taf. 18, Fig. 1, 2.
1955 *Hystrichosphaeridium inodes* Klumpp — Deflandre & Cookson, S. 277, Taf. 8, Fig. 7.
1961 *Hystrichosphaeridium inodes* Klumpp 1953 — Gerlach, S. 186, Taf. 28, Fig. 4, 5.
1963 *Hystrichosphaeridium inodes* Klumpp 1953 — Brosius, S. 40, Taf. 5, Fig. 5.
1963 *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp) — Eisenack, S. 261, Taf. 29, Fig. 3.
1964 *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp 1953) — Lange, S. 30, Taf. 5, Abb. 2—3.
1965 *Hystrichosphaeridium inodes* Klumpp 1953 — Stanley, S. 231, Taf. 25, Fig. 1—6.
1967 *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp) Eisenack 1963 — Drugg, S. 28, Taf. 5, Fig. 8, 9.

Erörterung: Die Theka ist mehr oder weniger kugelig. Die Faserstruktur der Hüllmembran ist besonders an den basalen Ansatzstellen der Protoberanzen zu erkennen. Die Ausbildung der Anhänge ist sehr variabel. Neben kurzen gedrungenen Fortsätzen treten lange, schlanke auf, zum anderen sind die distalen Enden unterschiedlich trichterförmig erweitert und am äußeren Rand mehr oder weniger tief eingeschlitzt. Pylome treten als kreisrunde oder langgestreckte Öffnungen auf.

Anzahl der Exemplare: 7.
Maße (Durchschnitt 5 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 71.
Gesamtdurchmesser: 118.
Länge der Anhänge: 22—25.

Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Excarpado Canyon (Kalif.), Stevns-Klint (Seeland); Paläozän: Süd Dakota (USA); Unter-Eozän: Princetown Member of Dilwyn Clay, Viktoria (Australien); Ober-Eozän: Schleswig-Holstein, Bohrungen Nedlitz und Schönewalde (DDR); Mittel- bis Ober-Oligozän: Emsland (Norddeutschl.), Kasseler Meeressand; Mittel-Miozän: Emsland.

Cordosphaeridium divergens (Eisenack) Eisenack 1963
Tafel III, Fig. 7 und 8

1938 *Hystrichosphaeridium* sp. — Eisenack, S. 185, Abb. 3.
1954 *Hystrichosphaeridium divergens* n. sp. — Eisenack, S. 67, Taf. 9, Fig. 13—16.
1963 *Cordosphaeridium divergens* (Eisenack 1954) — Eisenack, S. 262, Taf. 29, Fig. 4.
1964 *Cordosphaeridium divergens* (Eisenack 1954) — Lange, S. 33—36, Taf. 4, Abb. 1—4.

Erörterung: Der Zentralkörper der im Fischschiefer gefundenen Formen ist kugelig und wird von einer derben, zweischichtigen Membran umgeben. Die schlanken Fortsätze werden aus den Fibrillen der äußeren Lage aufgebaut. Sie sind distal in mehrere, oft nur zwei bis drei Spitzen gespalten. Die untersuchten Exemplare besitzen alle eine polygonale Öffnung als Pylom.

Anzahl der Exemplare: 14.
Maße (Durchschnitt 10 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 146.
Gesamtdurchmesser: 94.
Länge der Anhänge: 28—33.

Stratigraphische und regionale Verbreitung: Dan: Stevns-Klint (Seeland); Ober-Eozän: Phosphoritknollen des Samlandes (Sowjetunion), Bohrungen Nedlitz und Schönewalde (DDR).

Familie Pterospermopsidae EISENACK 1954

Gattung *Pterospermopsis* W. WETZEL 1952

Pterospermopsis danica W. WETZEL 1952

Tafel III, Fig. 1 und 6

1933 Doppelhülle mit gürtelartigem Außenstück — O. WETZEL, S. 20, Taf. 3, Fig. 22.
1952 *Pterospermopsis danicam.* g. n. sp. — W. WETZEL, S. 412, Taf. A, Fig. 16, Abb. 16.
1959 *Pterospermopsis* cf. *danica* W. WETZEL — MAIER, S. 295, Abb. 4.
1967 *Pterospermopsis danica* W. WEZTEL 1952 — DRUGG, S. 34, Taf. 6, Fig. 10.

Erörterung: Die kugelige Zentralkapsel wird von einem breiten Flügelsaum umgeben. Die derbe Membran des Zentralkörpers ist stark granuliert und hebt sich durch die dunklere Färbung deutlich von dem zarteren Randsaum ab. Bei einigen Formen ist die Flügelmembran in einen abgestumpften Zipfel ausgezogen. Die Exemplare aus dem Fischschiefer besitzen ein fünfeckiges oder abgerundet trapezförmiges Pylom.

Anzahl der Exemplare: 18.
Maße (Durchschnitt 15 Exempl.): Durchmesser der Kapsel: 56.
Gesamtdurchmesser: 120.
Stratigraphische und regionale Verbreitung: Ober-Kreide: In baltischen Feuersteinen; Maastricht: Escarpado Canyon (Kalif.); Dan: In Feuersteinen Norddeutschl., Escarpado Canyon, Stevns-Klint (Seeland); Ober-Oligozän: Norddeutschland.

Literatur

ALBERTI, G., Zur Kenntnis der Gattung *Deflandrea* EISENACK (Dinoflag.) in der Kreide und im Alttertiär Nord- und Mitteldeutschlands. Mitt. Geol. Staatsinst. Hamburg **28** (1959) S. 93—105.

ALBERTI, G., Zur Kenntnis mesozoischer und alttertiärer Dinoflagellaten und Hystrichosphaerideen von Nord- und Mitteldeutschland sowie einigen anderen europäischen Ländern. Palaeontographica A **116** (1961) S. 1—58.

BROSIUS, M., Plankton aus dem nordhessischen Kasseler-Meeressand (Oberoligozän). Z. deutsch geol. Ges. **114** (1963) S. 32—56.

COOKSON, I. C., Additional Microplankton from Australian Late Mesozoic and Mesozoic and Tertiary Sediments. Austr. J. mar. freshw. Res. **7**, (1956) S. 183—191.

COOKSON, I. C. und EISENACK, A., Microplankton from Australian and New Guinea Upper Mesozoic sediments. Proc. roy. Soc. Victoria **70** (1958) S. 19—78.

COOKSON, I. C. und EISENACK, A., Microplankton from Australian Cretaceous sediments. Micropaleontology **2** (1960) S. 1—18.

COOKSON, I. C. und EISENACK, A., Upper Mesozoic Microplankton from Australia and New Guinea. Paleontology, **2** (1960) S. 243—261.

COOKSON, I. C. und EISENACK, A., Tertiary Microplankton from the Rottnest Island Bore, Western Australia. J. roy. Soc. W. Austr. **44** (1961) S. 39—47.

COOKSON, I. C. und EISENACK, A., Some Cretaceous and Tertiary Microfossils from Western Australia. Proc. roy. Soc. Victoria **75** (1962) S. 269—273.

DEFLANDRE, G., Microfossiles des silex crétacés. II. Flagellés incertae sedis. Hystrichosphaeridés. Sarcodinés Organismes divers. Ann. Paléont. **26** (1937) S. 51—103.

DEFLANDRE, G., Remarquessur la systematique des Hystrichosphères. C. R. Soc. Géol. Fr. **7** (1946) S. 110—111.

DEFLANDRE, G., Dinoflagellés fossiles. In P. P. Grassé, „Traité de Zoologie". **1** (1) (1952) S. 391—404.

DEFLANDRE, G. und COOKSON, I. C., Fossil microplankton from Australian Late Mesozoic and Tertiary sediments. Austr. J. mar. freshw. Res. **6** (1955) S. 242—313.

DRUGG, W. S., Palynology of the Upper Moreno Formation. (Late Cretaceous Paleocene) Escarpado Canyon California. Palaeontographica B **120** (1967) S. 1—71.

Tafelerklärungen I—III

Tafel I

Fig. 1—5. *Deflandrea cretacea* Cookson
Fig. 6. *Deflandrea danica* n. sp. Holotypus
Fig. 7—9. *Deflandrea diebeli* Alberti
Fig. 10. *Deflandrea* cf. *obscura* Drugg

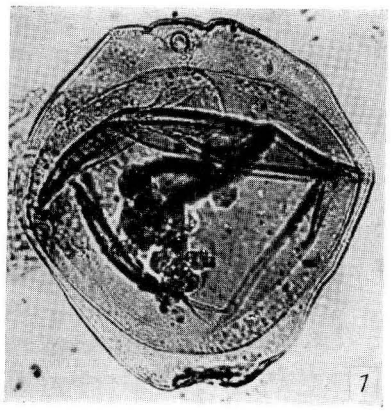
Tafel II

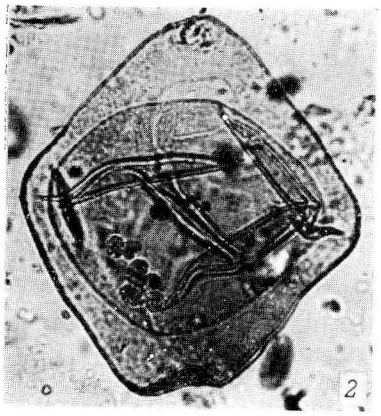
Fig. 1—3. *Palaeocystodinium golzowense* Alberti
Fig. 4, 5. *Deflandrea denticulata* Alberti
Fig. 7. *Deflandrea* sp. A
Fig. 8, 11. *Peridinium basilium* Drugg
Fig. 9. *Gymnodinium* cf. *nelsonense* Cookson
Fig. 10. *Broomea seelandica* n. sp. Paratypus

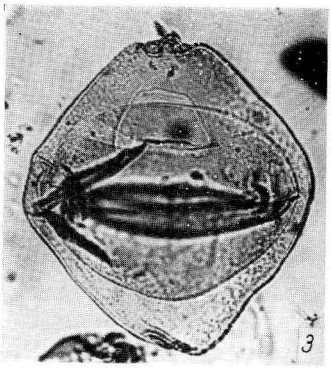
Tafel III

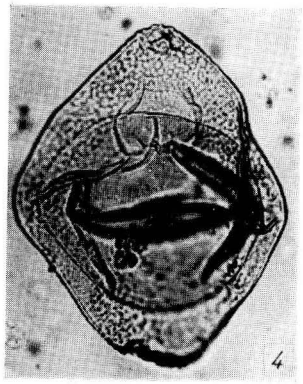
Fig. 1, 6. *Pterospermopsis danica* W. Wetzel
Fig. 2. *Hystrichosphaera crassipellis* Deflandre & Cookson
Fig. 3. *Broomea seelandica* n. sp., Holotypus
Fig. 4. *Hystrichosphaeridium stellatum* Maier
Fig. 5. *Cordosphaeridium inodes* (Klumpp) Eisenack
Fig. 7, 8. *Cordosphaeridium divergens* (Eisenack)
Fig. 9, 10. *Hystrichosphaeridium complex* (White) Deflandre
Fig. 11. *Hystrichosphaeridium tubiferum* (Ehrenberg) Deflandre

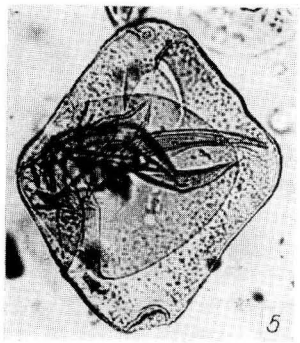
TAFEL I

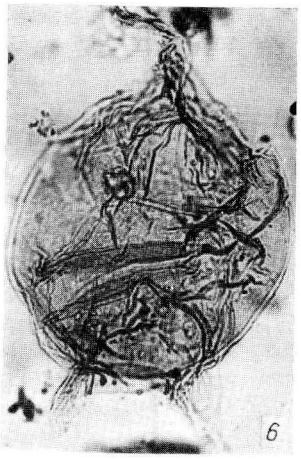

1


2

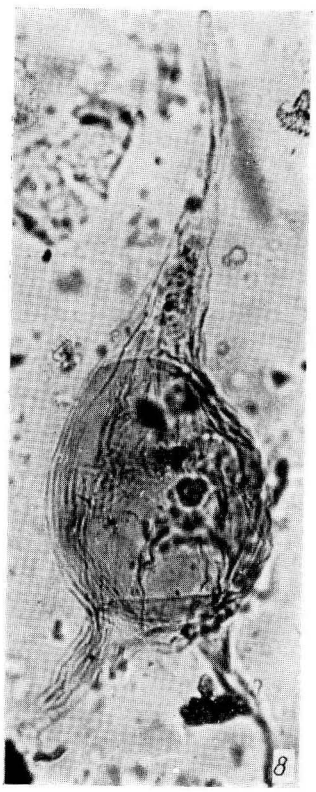

3


4

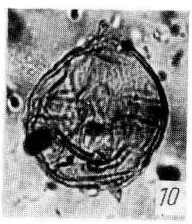

5

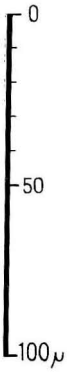

6

7


8

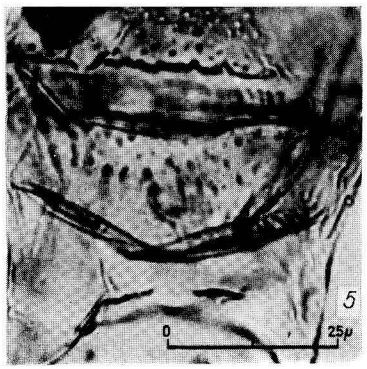
9

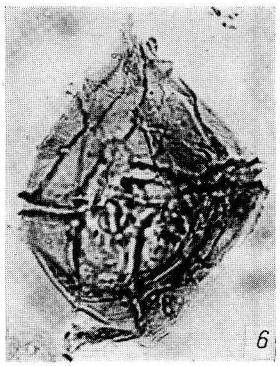

10



1

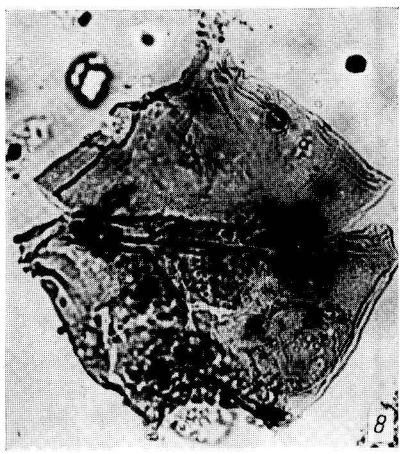
4


0
25µ
5


6

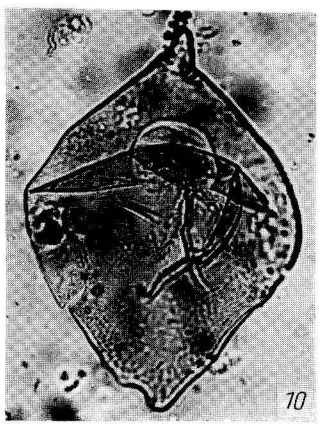
3

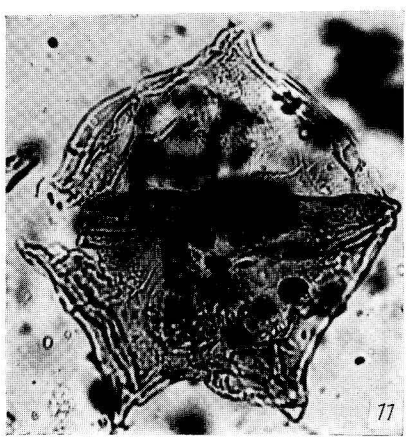
7

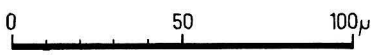

8

2

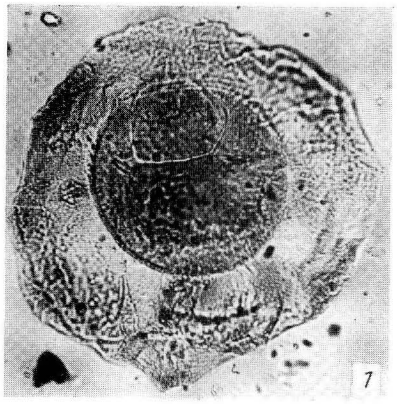
9

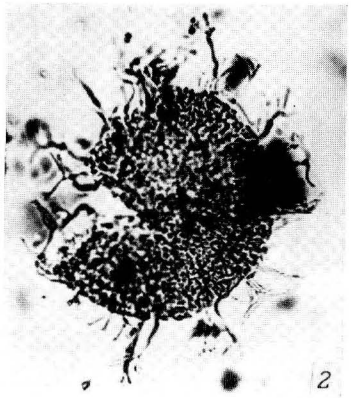

10

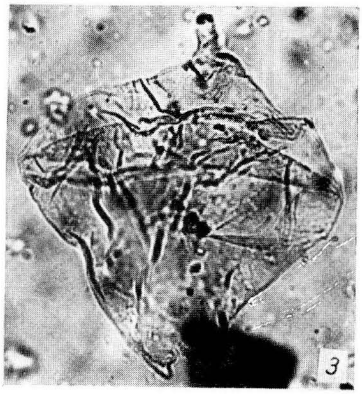

11

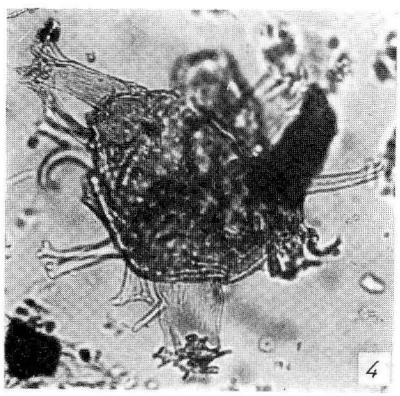

0
50
100µ

TAFEL III

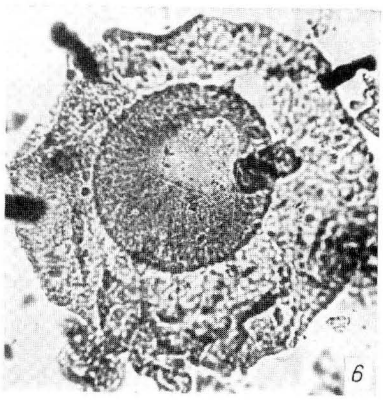

1


2


3

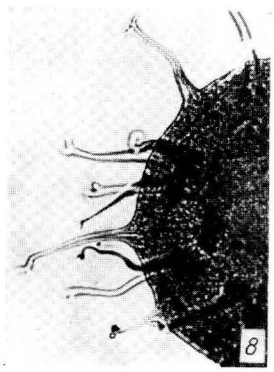

4

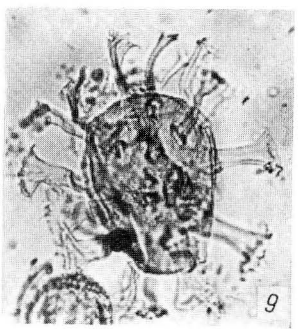
5

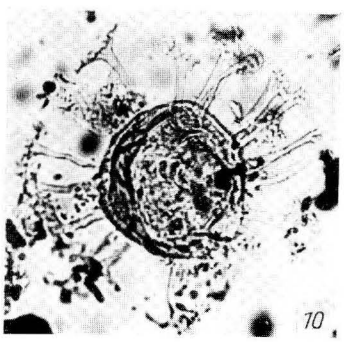

6

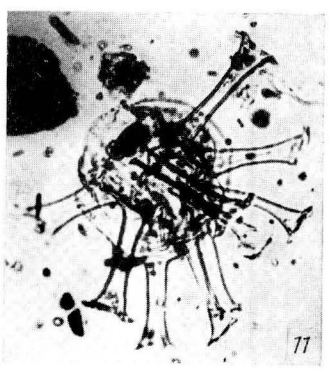
0 50 100μ

7


8


9


10


11

Ehrenberg, C. G., Über das Massenverhältnis der jetzt lebenden Kieselinfusorien und über ein neues Infusorien-Konglomerat als Polierschiefer in Jastraba in Ungarn. K. Akad. Wiss. Berlin (aus dem Jahre 1836) Berlin 1838, S. 109—136.

Eisenack, A., Die Phosphoritknollen der Bernsteinformation als Überlieferer tertiären Planktons. Schr. phys.-ökon. Ges. Königsberg (Pr.) **70** (1938) S. 181—188.

Eisenack, A., Mikrofossilien aus Phosphoriten des samländischen Unter-Oligozäns und über die Einheitlichkeit der Hystrichosphaerideen. Palaeontographica (A) **105** (1954) S. 49—95.

Eisenack, A., Einige Erörterungen über fossile Dinoflagellaten nebst Übersicht über die z. Z. bekannten Gattungen. N. Jb. Geol. Pal., Abh. **112** (1961) S. 281—324.

Eisenack, A., *Cordosphaeridium* n. g., ex *Hystrichosphaeridium*, Hystrichosphaeridea. N. Jb. Geol. Pal., Abh., **118** (1963) S. 260—265.

Eisenack, A., Hystrichosphären. Biological Reviews **38** (1963) S. 107—139.

Eisenack, A., Katalog der fossilen Dinoflagellaten, Hystrichosphären und verwandten Mikrofossilien. Bd. **I**, Stuttgart 1964.

Evitt, W. R., Observations on the morphology of fossil dinoflagellates. Micropaleontology **7** (1961) S. 385 bis 421.

Gerlach, E., Mikrofossilien aus dem Oligozän und Miozän Nordwestdeutschlands unter besonderer Berücksichtigung der Hystrichosphaerideen und Dinoflagellaten. N. Jb. Geol. Pal. **112** (1961) S. 143 bis 228.

Gocht, H., Hystrichosphaerideen und andere Kleinlebewesen aus Oligozänablagerungen Nord- und Mitteldeutschlands. Z. Geologie **1** (1952) S. 301—320.

Klumpp, B., Beitrag zur Kenntnis der Mikrofossilien des mittleren und oberen Eozäns. Palaeontographica (A) **103** (1953) S. 377—406.

Krutzsch, W., Die Mikroflora der Geiseltalbraunkohle. Teil 3: Süßwasserdinoflagellaten aus subaquatisch gebildeten Blätterkohlenlagen des mittleren Geiseltales. Hall. Jb. Mitteldtsch. Erdg. **4** (1962) S. 40—45.

Lange, D., Plankton (Hystrichosphaerideen und Dinoflagellaten) aus dem Ober-Eozän der Bohrungen Nedlitz 1E (NE Magdeburg), Schönewalde 1/56 (Südbrandenburg), Huywald D 3 (Subherzyn) und des Fundpunktes Latdorf (NNE Bernburg). Unveröffentlichte Diplomarbeit, Halle 1964.

Lejeune-Carpentier, M., L'étude microscopique des silex, Areoligera: Nouveau genre d'Hystrichospaeridée (Sixième note). Ann. Soc. géol. Belg. **62** B (1939) S. 163—174.

Maier, D., Planktonuntersuchungen in tertiären und quartären marinen Sedimenten. N. Jb. Geol. Pal. **107** (1959) S. 278—340.

Manum, S., Some Dinoflagellates and Hystrichosphaerida from the Lower Tertiary of Spitzbergen. Nytt. Mag. f. Bot. **8** (1960) S. 17—25.

Manum, S., Some new species of *Deflandrea* and their probable affinity with Peridinium. Reprint from Norsk Polarinstitut-Arbok 1962, Oslo 1963. S. 55—67.

Manum, S. und Cookson, I. C., Cretaceous mikroplankton in a sample from Grahamisland, arktic Canada; collected during the second „Fram"-Expedition (1898—1902). With notes on mikroplankton from the Hassel Formation, Ellef Ringnes Island. — Skrifter utgitt av Det Norske Viderskaps-Akademi I Oslo; I Mat.-Naturv. Klasse. Ny Serie Nr. **17** (1964) S. 1—36.

Matthes, H. W., Einführung in die Mikropaläontologie. Leipzig 1956.

Pastiels, A., Contribution àl'étude des microfossiles de l'Eocen Belge. Mém. royal d'hist. nat. de Belgique **109** (1948) S. 1—77.

Rosenkrantz, A., Die Senon/Dan Grenze in Dänemark. Ber. deutsch. Ges. geol. Wiss. A **11** (1966) S. 721—727.

Sarjeant, W. A. S. und Churchill, D. M., Fossil Dinoflagellates and Hystrichosphaeres in Australian Freshwater Deposits. Nature **194** (1962) S. 1094.

Stanley, E. A., Upper Cretaceous and Paleocene plant microfossils and Paleocene dinoflagellates and hystrichosphaerids from northwestern South Dakota. Bull. Amer. Paleont. **49** (222) (1965) S. 179 bis 384.

Wetzel, O., Die in organischer Substanz erhaltenen Mikrofossilien des baltischen Kreidefeuersteins. Palaeontographica **77/78** (1933) S. 141—186; 1—110.

Wetzel, O., Die Mikropaläontologie des Heiligenhafener Kieseltones (Obereozän). 27. Jb. Niedersachs. Geol. Ver., 1935.

Wetzel, W., Beitrag zur Kenntnis des dan-zeitlichen Meeresplanktons. Geol. Jb. **66** (1952) S. 391—419.

Wilson, G. J., Some new species of lower tertiary Dinoflagellates from McMurdo Sound, Antarctica. New Zealand Journal of Botany, Vol. **5**, Nr. 1, S. 57—83, 1967.

Pollenanalytische Untersuchungen an einem Bohrkern der südlichen Doggerbank

Von Karl-Ernst Behre und Burchard Menke

Zusammenfassung: Ein Stechrohrkern vom Boden der südlichen Doggerbank (Nordsee) wurde auf Pollen und Makrofossilien hin untersucht. Der an der Basis der holozänen Schichtenfolge liegende Torf entstand im jüngeren Präboreal unter Süßwasserbedingungen. *Betula* und *Pinus* waren vorherrschend, lokal auch *Salix*. Durch eine marine Transgression wurde der obere Teil des Torfes erodiert. Das −46 m-Niveau dürfte vom Meeresspiegel an dieser Stelle zwischen 7000 und 6500 v. u. Z. überschritten worden sein. Es folgen im Hangenden marine Sedimente, die im mittleren Boreal zunächst unter ruhigen Bedingungen in Küstennähe abgelagert wurden. Das Vegetationsbild zu dieser Zeit ist vergleichbar mit dem des Festlandes und Mittelenglands.

Summary: A core from the slope of the southern Dogger-Bank (North Sea) was investigated as to pollen and macrofossils. At the basis of the Holocene sequence a peat lies which was formed under fresh water conditions in the younger Preboreal. *Betula* and *Pinus* were dominant, so was *Salix* in some places. By a marine transgression the upper part of the peat was eroded. The sea presumably reached the −46 m-level at this place between 7000 and 6500 B. C. Then follow marine sediments from the middle of the Boreal period which were deposited near the coast under calm conditions. The vegetational picture of that time is similar to that of the continent and Middle England.

A. Einleitung

Das Gebiet der Nordsee ist vegetationsgeschichtlich noch weitgehend unbekannt. Ob und wo hier einschlägige Kenntnisse erworben werden konnten, blieb bisher weitgehend dem Zufall überlassen. Bis vor wenigen Jahren standen für die paläobotanische Untersuchung dieses Gebietes lediglich die beim Fischfang mit heraufgebrachten Torfproben zur Verfügung, die mehrfach bearbeitet wurden (Reid 1913, Whitehead 1920, Erdtman 1924 u. 1925, Vermeer-Louman 1934, Godwin 1943, Jelgersma 1961 u. a.). Diese Proben hatten zumeist den Nachteil, daß die lithostratigraphische Lage nicht erkennbar war und der genaue Fundort und seine Tiefe nur ungefähr ermittelt werden konnten.

Mit der Entwicklung von Unterwasserbohrgeräten, insbesondere von Vibrationsstechrohren, stehen jetzt bessere Hilfsmittel zur Verfügung. Die folgende Untersuchung wurde durchgeführt an einem von Dr. O. Kolp (Warnemünde, Institut für Meereskunde) am 24. 4. 64 an dem Südabfall der Doggerbank erbohrten Stechrohrkern. Die geographische Position ist 54° 46,1′ N und 3°27,7′ E, die Wassertiefe beträgt 43,0 m. Die Verfasser möchten Herrn Dr. Kolp auch an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Materials danken.

B. Die Petrographie

Der Stechrohrkern reicht im Liegenden bis in das Pleistozän. An der Basis der holozänen Schichtfolge ist Torf ausgebildet. Im einzelnen ist das Profil folgendermaßen aufgebaut (vgl. hierzu Taf. 1, Fig. 1—4):

Einzelkern-Nr. von ... bis (cm)	Tiefe im Kern in cm (0 = 43,0 m Wassertiefe)	Schichtdicke (cm)	Sediment (1) = *Macoma baltica* (2) = *Hydrobia* (3) = *Mytilus edulis* K = Kalk
2806–2815: 0–217,3	0 –205,0	205,0	Feinsand mit Molluskenresten, unten z. T. tonig und mit humosen Schlieren. KK.
	205,0–205,3	0,3	Feinsandiger Ton. KK.
	205,3–212,0	6,7	Toniger Sand, ungeschichtet mit scharf begrenzten hellen Sand- und vereinzelt Humusflecken. Stark gestört. KK.
	212,0–218,0	6,0	Feinsand, hell, mit bis zu 3 mm starken Humusbändern und Torfgeröllen. KK.
2805: 217,3–237,9	218,0–238,0	20,0	Feinsand mit tonig-schluffiger Bänderung und vereinzelten Torfgruslagen, stellenweise Molluskenbruch (1; 2). KK–KKK.
2804: 237,9–257,7	238,0–246,4	8,4	Feinsandlagen mit eingelagerten Torfgrusbändern, vereinzelt auch humosen Tonbändern, diskordant auf dem Liegenden. (1; 2; 3) sehr zahlreich, bevorzugt im Sand, (1) z. T. in Lebensstellung. KKK–KK.
	246,4–251,6	5,2	Ton und Feinsand in Wechsellagerung, jedoch überwiegend Ton; nach oben Feinsandanteil zunehmend. K; Feinsand KK.
2803: 257,7–278,2	251,6–278,2	26,6	Ton, grau, mit sehr dünnen Feinsandlagen und vereinzelt schwach humoser Bänderung. KK.
2802: 278,2–298,2	278,2–280,9	2,7	Ton mit bis zu 2 mm starken Feinsandbändern, Molluskenschalen. KK.
	280,9–281,2	0,3	Torfgruslage
	281,2–283,2	2,0	Feinsand mit Molluskenbruch, ganzen Muscheln und Schnecken (2; 3). KKK.
	283,2–288,2	5,0	Flachmoortorf. Oberkante unregelmäßig erodiert, bei cm 284 dünne eingepreßte Tonlage.
2801: 298,2–315,2	288,2–311,2	23,0	Geschiebelehm, grau, vereinzelt Kies, entkalkt, oben humos. Pleistozän.
	311,2–315,2	4,0	Geschiebemergel, rötlich, vereinzelt Steinchen. KK.

C. Das Pollendiagramm und die regionale Vegetationsgeschichte

In der Darstellung des Pollendiagramms (Abb. 2, s. Beilage) beziehen sich alle Werte auf die Summe des Baumpollens (excl. *Corylus*) als Bezugsbasis. Die ausgezogenen Striche der Schattenrißkurven geben die zehnfache Überhöhung an. Die römischen Zahlen links und rechts stellen die Abschnitte nach Firbas (1949), die arabischen die Zonen nach Overbeck und Schneider (1938) dar.

Zur zeitlichen Einstufung und zum vegetationsgeschichtlichen Vergleich des untersuchten Profils eignen sich im besonderen folgende Pollendiagramme aus den Nordseerandländern:

Hockham Mere/East Anglia, Flixton/Yorkshire (beide in Godwin 1956), De Eese (V. D. Spoel-Walvius 1964), Westrhauderfehn (Behre 1966), Delve 58–60 (Lange u. Menke 1967), Kiel/Elisabethstraße (Menke, noch unveröff.) und Tinglev (A. Andersen 1954).

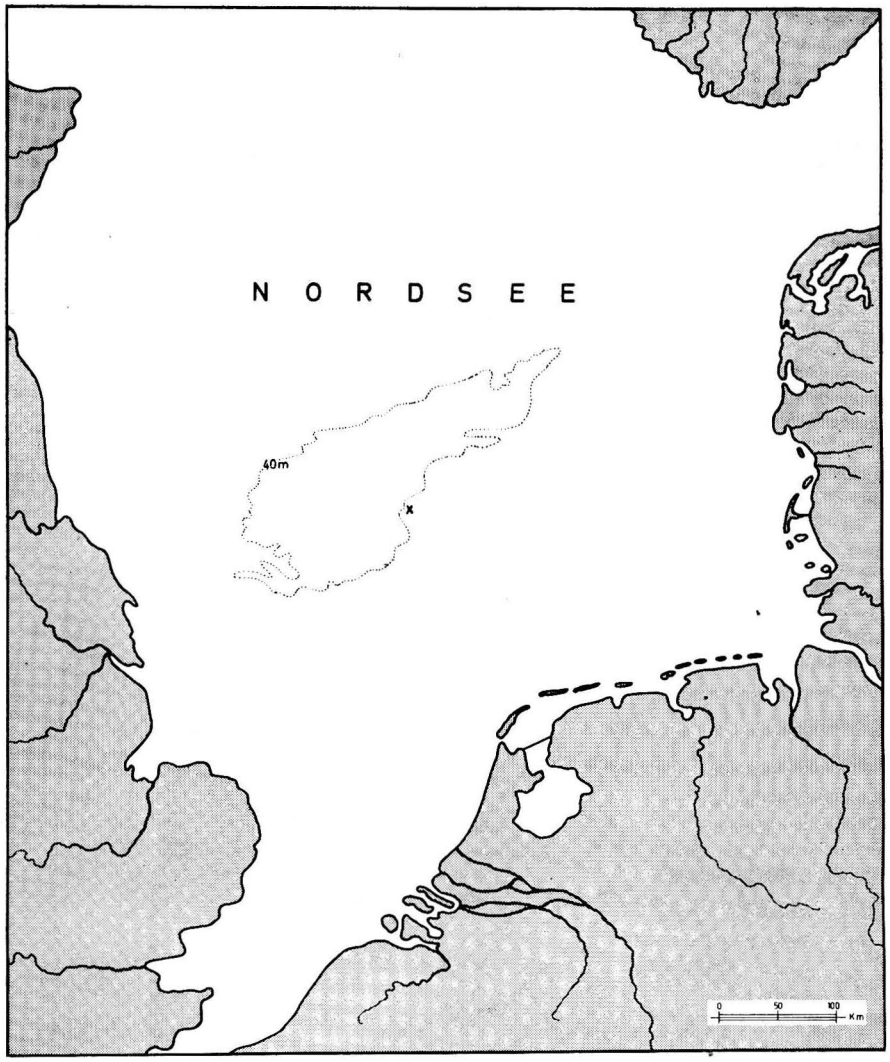


Abb. 1. Die Lage des Bohrpunktes

Der liegende Torf ist eindeutig ins Präboreal (Abschnitt IV nach FIRBAS 1949 und GODWIN 1956, Zone 5 nach OVERBECK und SCHNEIDER 1938) einzuordnen. Die hohen *Salix*-Werte (bis 28,6%) sind lokal zu erklären, wie sich auch aus den Großresten ergibt (s. S. 126). Nach dem zwar schwachen, aber regelmäßigen Vorkommen von Eichenmischwaldpollen (*Quercus* und *Ulmus*) sowie *Corylus* ist als Bildungszeit des Torfes das jüngere Präboreal (IVc nach BEHRE 1966, 1967) wahrscheinlich.

Die gegenüber den Pollendiagrammen vom Festland noch hohen *Betula*-Werte zu dieser Zeit entsprechen der allgemeinen Tendenz abnehmender Kiefernbeteiligung nach Nordwesten. In England erreicht *Pinus* zu dieser Zeit lediglich ganz im Süden und Südosten höhere Werte, während in den übrigen Gebieten sowie in Wales, Schottland und Irland überall *Betula* herrscht (JESSEN 1949, GODWIN 1956). Die Bewaldung dürfte im Gebiet des untersuchten Profils bereits vollständig geschlossen gewesen sein, wobei neben Birke, Kiefer und lokal Weide auch die Zitterpappel (*Populus tremula* maximal in Probe 5 mit 2,4%) noch eine Rolle gespielt hat. Von den lichtliebenden Sträuchern *Juniperus* und *Hippophae*, die in vorhergehenden Zeitabschnitten bedeutsam waren, sind nur noch Spuren vorhanden. Die hangenden tonigen Sedimente zeigten ebenfalls eine ausreichende Pollenführung und -erhaltung, doch schließen sie zeitlich nicht an den Torf an, sondern es existiert eine beträchtliche Zeitlücke.

Die Sedimente der Kerne 2803 bis 2805 wurden dem Pollendiagramm nach im Boreal abgelagert. An Hand der hohen *Corylus*-Werte, die eine leicht sinkende Tendenz aufweisen, sowie der meist um 7—10% liegenden EMW-Summe ist wohl eine Einordnung unmittelbar nach dem *Corylus*-Maximum möglich (vgl. hierzu besonders die Pollendiagramme Tinglev, A. Andersen 1954 und Kiel/Elisabethstraße, Menke unveröff.). Bestätigt wird diese Annahme durch das fast völlige Fehlen von *Tilia* und die erst vereinzelt auftretenden *Alnus*-Pollenkörner.

Die Unterbrechung des Profils durch die Diskordanz im Kern 2804 (Taf. 1, Fig. 3) prägt sich im Pollendiagramm nicht aus. Der erfaßte Teil des Boreals ist ziemlich ausgezogen und zeigt keine starke waldgeschichtliche Entwicklung. Lediglich innerhalb des EMW wird die zunächst mehr oder weniger überwiegende Ulme im oberen Teil von der Eiche übergipfelt. *Betula*, *Pinus* und *Corylus* stellen den Gehölzpollen nahezu allein.

Nach den ^{14}C-Datierungen der Pollenzonen aus Festlandspollendiagrammen würde die absolute Zeitstellung etwa folgendermaßen aussehen: Die Bildungszeit des liegenden Torfes dürfte in die Zeit zwischen 7500 und 7000 v. u. Z. gelegt werden, für die hangenden Sedimente der Kerne 2803 bis 2805 ist wohl die Zeit um 6500 v. u. Z. anzunehmen. Danach würde — grob gesagt — etwa die Zeit zwischen 7000 und 6500 v. u. Z. fehlen.

Zwei Pollenanalysen aus umgelagerten Torfgeröllen (Probe 22 und 24, Höhenlage im Diagramm vermerkt) ergaben folgende Pollenspektren:

	Probe 22 %	Probe 24 %
Betula	59,4	76,7
Pinus	28,8	17,2
Ulmus	5,6	1,1
Quercus	2,8	0,8
Alnus	0,6	—
Salix	2,8	3,4
Picea	—	0,8
Baumpollen	177	267
Corylus	60,5	24,8
Calluna	2,3	1,9
Empetrum	2,8	6,0
übrige *Ericales*	—	0,4
Gramineae	38,4	34,5
Cyperaceae	3,4	14,6
Tubuliflorae	0,6	0,4
Chenopodiaceae	0,6	—
Liguliflorae	—	0,4
Filipendula	—	0,4
Umbelliferae	—	0,4
Menyanthes	—	0,8
Typha latifolia	1,1	0,4
Typha/Sparganium	2,8	0,4
Hippuris	0,6	—
Varia	1,1	3,0
Equisetum	2,3	12,4
Filices	10,2	61,0
Sphagnum	41,2	1,1
Präquartäre Pollen	1,1	—

Einige weitere Analysen aus reinen Sandschichten ließen sich wegen zu geringer Pollenführung nicht auswerten.

D. Die botanischen Großreste als Zeiger der Lokalflora

Der dem Pleistozän aufliegende basale Torf wies einen nur schwachen Zersetzungsgrad auf, so daß trotz seiner geringen Menge die Großrestanalyse mehrere Arten erbrachte (vgl. Tab. 1). Die Grundsubstanz der Proben bildeten zumeist zerfallene Blattreste, die wohl zum überwiegenden Teil zu schmalblättrigen Weiden (*Salix*) gehören, wie insgesamt 8 dünne Zweiglein sowie mehrere Knospen und Blattränder zeigten. Von anderen Holzpflanzen wurden insbesondere die leicht verwehbaren Früchte, Frucht- und Knospenschuppen dreier Birkenarten (*Betula verrucosa, B. pubescens* und *B. humilis*) recht häufig nachgewiesen (Taf. II, Fig. 1—6). Hinzu kamen noch mehrere Knospenschuppen der Pappel (bestimmt nach RABIEN 1953, aus Verbreitungsgründen *Populus tremula*).

An Kräutern fanden sich in erster Linie zahlreiche Früchte von *Carex*, die sich an Hand einiger erhaltener Fruchtschläuche eindeutig als *C. vesicaria* bestimmen ließen (vgl. Taf. 2, Fig. 11 u. 12; ähnliche Fruchtschläuche hat nur *Carex inflata*, doch sind sie dort noch stärker aufgeblasen und verschmälern sich dann plötzlich in die ausgezogene Spitze, während sie bei *C. vesicaria* allmählich in die Spitze auslaufen). Daneben traten nur vereinzelt Reste anderer

TABELLE 1

Liste der botanischen Makroreste

(Die Probennummern beziehen sich auf die Pollenproben, vgl. Abb. 2)

Nummer der Proben	1	2	3	4	5	6	7	8 bis 11	12 bis 16	17 bis 20	21 bis 23	24	25 bis 31
Betula humilis Fr.				1	1								
Betula humilis Frsch.						1							
Betula pubescens Fr.	1	2	1		2	1							
Betula pubescens Frsch.		3	3	1		1							
Betula verrucosa Fr.	2												
Betula verrucosa Frsch.		4	2	2	1	1							
Betula spec. Fr.	2	23	17	22	6								
Betula spec. Frsch.		1	3	1	1								
Betula spec. Knsch.			8	4	1								
Populus spec. Knsch.				1	4							1	
Salix spec. Holz		1		2	4	1							1
Salix spec. Knospen	4		4	4	1								
Blattreste cf. *Salix*		+	+	+	+	+							
Pinus spec. Holz											1	1	1
Carex vesicaria Fr.	7	16	30	27	1	3							
Carex vesicaria Frschl.	2	3	8	19	1								
Solanum dulcamara Sa.				1	1								
Compositae spec. Fr.				1									
Phragmites communis Fr.										2			4
Ruppia maritima Fr.						1					1		
Potamogeton pectinatus Fr.											1		
Potamogeton acutifolius Fr.													1
Potamogeton natans Fr.			1										
Lemna spec. Fr.												3	2
Isoetes lacustris Makrosp.													1
Braunmoose		+	+		1			+++	+++	+++	+++	+++	+++
Sphagnum Bl.				1									
Characeae Oogonien												3	3

Fr. = Früchte, Frsch. = Fruchtschuppen, Knsch. = Knospenschuppen, Frschl. = Fruchtschläuche, Sa. = Samen, Makrosp. = Makrosporen

Pflanzen auf, so zwei Samen von *Solanum dulcamara* (Taf. 2, Fig. 8), je eine Frucht von *Potamogeton natans* (Taf. 2, Fig. 7) und einer *Compositae* sowie einzelne Blättchen von Braunmoosen und Sphagnen.

Nach diesem Befund bestand die Lokalflora im Präboreal an der Profilstelle aus Weidengebüsch und artenarmem Blasenseggenried. Als ein typisches Element war auch der Bittersüße Nachtschatten (*Solanum dulcamara*) vertreten (Samen und Pollen). Es handelte sich demnach um einen Bruch- oder Auenwald auf relativ nährstoffarmem Untergrund. Die zahlreichen Reste der Birken und die der Pappel sind wahrscheinlich von benachbarten Standorten eingeweht. Die Bildung des Torfes ist sicher im reinen Süßwasserbereich erfolgt, wie die oben dargelegten Funde und auch die Pollenzusammensetzung zeigen.

Von den oberhalb des Torfes nachgewiesenen eingeschwemmten botanischen Großresten sind erwähnenswert 2 Früchte der Salzwasserpflanze *Ruppia maritima* (Taf. 2, Fig. 10), davon eine in dem Transgressionsmaterial unmittelbar über dem Torf, je eine Frucht von *Potamogeton pectinatus* und *P. acutifolius*, mehrfach *Pinus*-Hölzchen und *Phragmites*-Früchtchen sowie sehr zahlreiche Blättchen von Sphagnen und Braunmoosen (vgl. Tab. 1). Besonders bemerkenswert sind eine Makrospore von *Isoetes lacustris* und 5 Samen von *Lemna* (Taf. 2, Fig. 9). Obwohl von letzteren kein rezentes Vergleichsmaterial vorlag, ließen sie sich wegen ihrer guten Erhaltung einwandfrei der Beschreibung im Hegi zuordnen. Ihre Länge betrug 0,9—1,0 mm, die Zahl der Rippen lag zwischen 12 und 15.

Abgesehen von der halophilen *Ruppia maritima* (und evtl. des häufig auch im Brackwasser vorkommenden *Potamogeton pectinatus*) handelt es sich bei den eingeschwemmten Makrofossilien im borealen Teil der Ablagerung durchweg um ausgesprochene Süßwasserpflanzen. Ihr regelmäßiges Vorkommen und ihre gute Erhaltung zeigen, daß zu dieser Zeit entsprechende Entstehungsbedingungen unweit der Profilstelle geherrscht haben müssen.

E. Die Lokalentwicklung

Aus dem botanischen Inhalt der von Fischern vom Nordseegrund heraufgeholten Torfstücke ist seit langem gefolgert worden, daß große Teile der heutigen Nordsee im frühen Holozän noch zum Festland gehörten. Auf dem pleistozänen Geschiebemergel, der nur bis zu einer Tiefe von 23 cm entkalkt ist, bildete sich auch am Entnahmeort der vorliegenden Kerne, wie oben dargelegt wurde, zunächst ein Flachmoortorf unter reinen Süßwasserbedingungen (Taf. 1, Fig. 1). Ob es sich dabei um einen Basistorf im genetischen Sinn (vgl. Haarnagel 1950, Lange und Menke 1967) handelt, läßt sich an Hand dieses einen Profils freilich nicht eindeutig nachweisen. Daher läßt der Torf nur die sichere Aussage zu, daß zur Zeit seiner Bildung, also um 7500—7000 v. u. Z., der Meeresspiegel an dieser Stelle das —46-m-Niveau noch nicht überschritten hatte.

Die Oberfläche dieses präborealen Basaltorfes wurde mit beginnender Transgression erodiert und von einer geringmächtigen Sandschicht überdeckt, die eine Wattfauna mit *Mytilus edulis* (zahlreicher Schalenbruch) und *Hydrobia* sowie auch umgelagerten Torfgrus enthält (Taf. 1, Fig. 1). Es dürfte sich hier um Ablagerungen einer ufernahen Zone („ufernahe Sandwanderzone" nach Kolp 1966) handeln. Auf diese bewegte erste Sedimentationsphase folgte eine Sedimentation von fast reinem (teilweise deutlich humosem) Ton unter sehr ruhigen Bedingungen (Taf. 1, Fig. 2), die zeitlich schon in das Boreal fällt. Diese Tone sind zweifellos ebenfalls nicht weit von der derzeitigen Küste entfernt abgelagert worden, denn sie enthalten sehr zahlreiche eingeschwemmte Blättchen von Sphagnen und Braunmoosen sowie weitere botanische Großreste.

Im Gegensatz dazu führen sie anscheinend keine Makrofauna und kaum Foraminiferen. Es dürfte sich hier wohl um ein ufernahes windgeschütztes Schlickgebiet mit erheblicher

Zufuhr organischer Substanz gehandelt haben. In solchen Fällen „fehlt fast jede benthonische Makrofauna" (KOLP 1966), weil die Redox-Grenze in der grundnahen Wasserschicht liegt. Für diese Deutung würden wohl auch die bemerkenswert häufigen Pollenfunde von *Ruppia* sprechen, die auch durch Makrofossilien belegt ist. Die Salde kann in ruhigem Wasser unterseeische Bestände im brackigen und brackisch-marinen Bereich bilden, oft zusammen mit *Potamogeton pectinatus*, das ebenfalls durch Makrofossilien belegt ist und von dem auch der häufige *Potamogeton*-Pollen stammen mag. Im Gegensatz zu den Resten dieser halophilen Wasserpflanzen wurde kein Pollen halophiler Land- und Uferpflanzen gefunden, wenn man von den verhältnismäßig recht geringen Anteilen des *Chenopodiaceen*-Pollens absieht. In den Ablagerungen der heutigen küstennahen Watten der Nordseerandgebiete pflegt Pollen dieser Taxa, vor allem *Chenopodiaceen*-Pollen, dagegen eine beachtliche Rolle zu spielen.

Präquartärer Pollen erreicht nur selten Anteile über 5%, bezogen auf die BP-Summe. Bei küstenferner Ablagerung sowie starker Sedimentumlagerung wäre wohl ein um ein mehrfaches höherer Anteil zu erwarten gewesen (vgl. ZAGWIJN und VEENSTRA 1966).

Die untere Sedimentfolge wird von einer diskordant aufliegenden Sandfazies mit zahlreichen Mollusken (viel *Macoma baltica* und *Hydrobia* sowie *Mytilus*) abgelöst, die z. T. noch in Lebensstellung eingebettet sind (etwa Mitte des Kernes 2804; Taf. 1, Fig. 3). Hier sind auch wieder Torfgruslagen eingeschaltet. Der hangende Teil der Sedimentfolge besteht dann überwiegend aus Feinsand mit zahlreichen Foraminiferen. Die Sedimentation verlief auch jetzt wieder gleichmäßig ohne wesentliche Störungen. Die Pollenkurven setzen sich nach der Unterbrechung im Kern 2804 nahezu unverändert fort, woraus geschlossen werden darf, daß keine größere zeitliche Lücke vorhanden sein kann. Der Anteil des präquartären Pollens hält sich auch im oberen Teil (Kern 2805) noch in engen Grenzen. Über dem letzten im Pollendiagramm erfaßten Abschnitt liegen dann stark gestörte molluskenführende marine Feinsande (Kern 2806—2815). Die sehr geringe Pollendichte erlaubt nur grobe Altersangaben, die aber zur Beurteilung der gesamten Sedimentfolge von Interesse sein dürften.

Obwohl das Material zum Teil deutlich sichtbar gestört war, zeigt der Polleninhalt dieser Proben zunächst die Fortsetzung des Pollendiagramms. Kern 2806 (cm 197,6—217,3 im Gesamtkern) hat noch eine sehr ähnliche Pollenzusammensetzung wie 2805, so daß trotz der Störungen als Bildungszeit ebenfalls das Boreal anzusehen ist.

In den Kernen 2807—2809 (cm 133,8—197,6 im Gesamtkern) sind dann die *Alnus*-Werte auf 14—18% und die EMW-Anteile bis auf 20% angestiegen. Hier ist als Sedimentationszeit das Atlantikum wahrscheinlich.

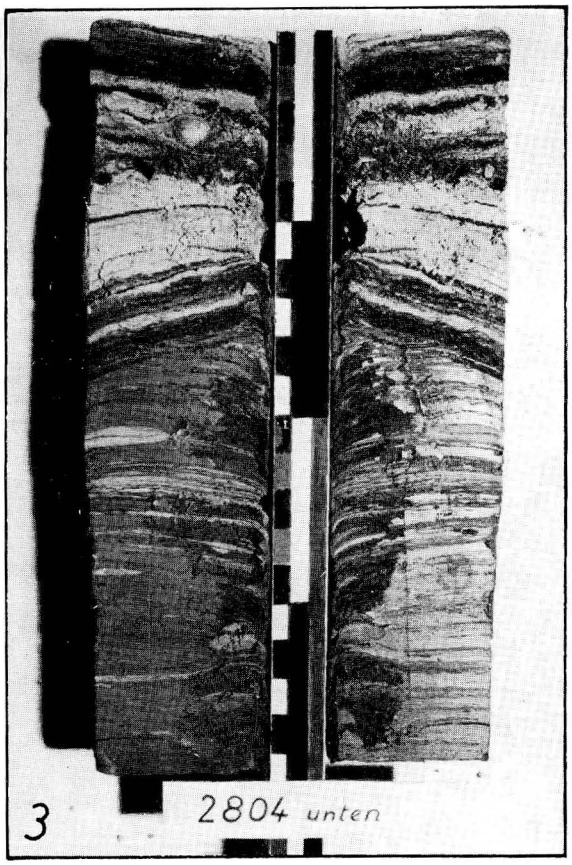
Nach einem offenbar großen zeitlichen Hiatus erfolgte dann die Ablagerung der oberen Kerne 2810—2815 (cm 0—133,8 im Gesamtkern), die durch einen sehr hohen Gehalt an Hystrichosphärideen gekennzeichnet sind. An Pollenformen, die auf eine junge Entstehung hinweisen, treten *Fagus*, *Carpinus*, *Centaurea cyanus*, *Plantago lanceolata* und Getreide (die 3 letzteren ab Kern 2814) auf. Wenigstens die obersten 40 cm sind damit mittelalterlich oder jünger.

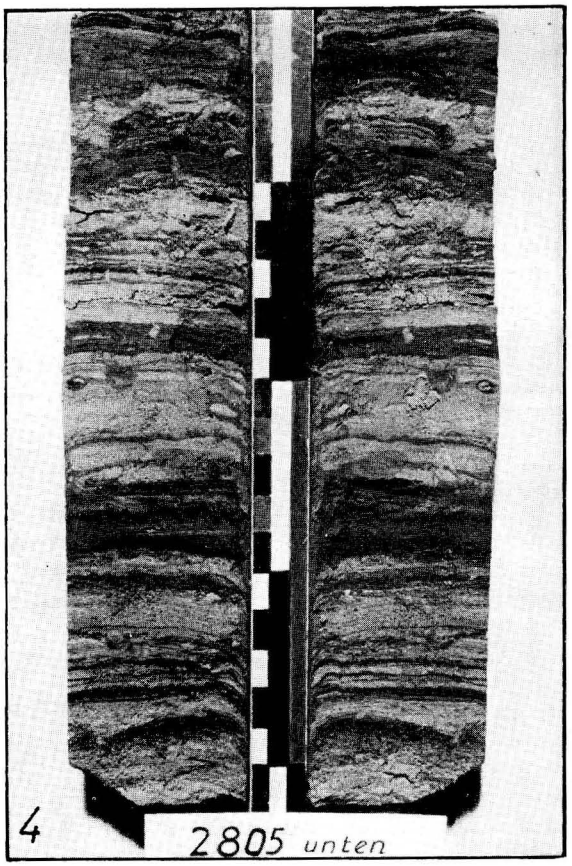
Im Hinblick auf den Verlauf des örtlichen Meeresspiegelanstieges ergibt sich, daß dieser am Südabfall der Doggerbank das —46-m-Niveau in der Zeit zwischen 7000 und 6500 v. u. Z. überschritten haben dürfte. Das würde auch den Kurven von NILSSON (1948), JELGERSMA (1961) und KOLP (1965) entsprechen. Für eine genauere Ermittlung des Verlaufes der marinen Transgression in diesen Zeitabschnitten sind weitere Untersuchungen an Bohrkernen erforderlich.

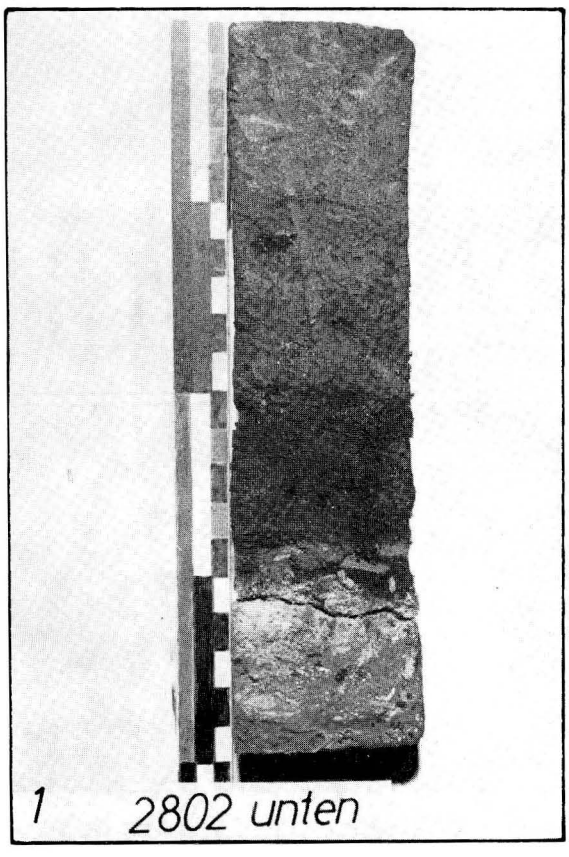
F. Literatur

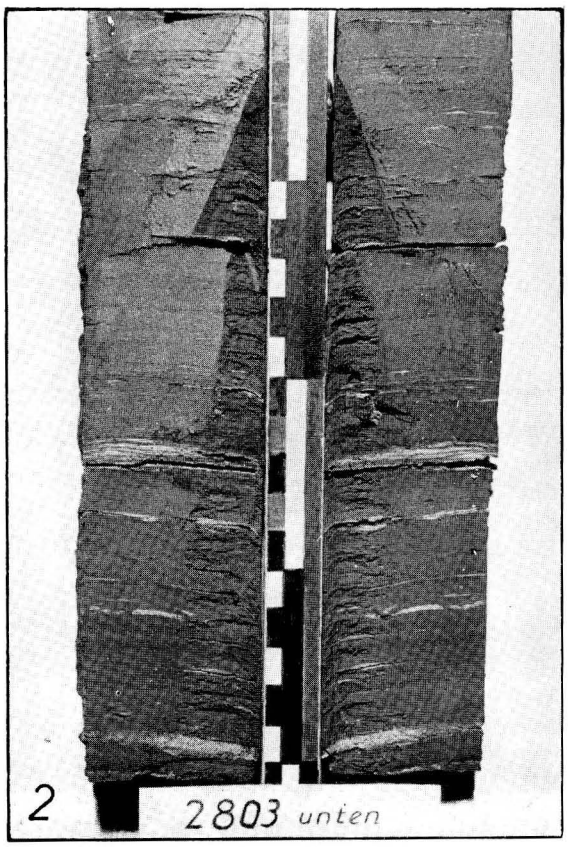
ANDERSEN, A., Two standard pollen diagrams from South Jutland. Danm. Geol. Unders. II. R. Nr. 80 (1954) S. 188—209.

BEHRE, K.-E., Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte Ostfrieslands. Eiszeitalter u. Gegenwart **17** (1966) S. 69—84.


3
2804 unten


4
2805 unten

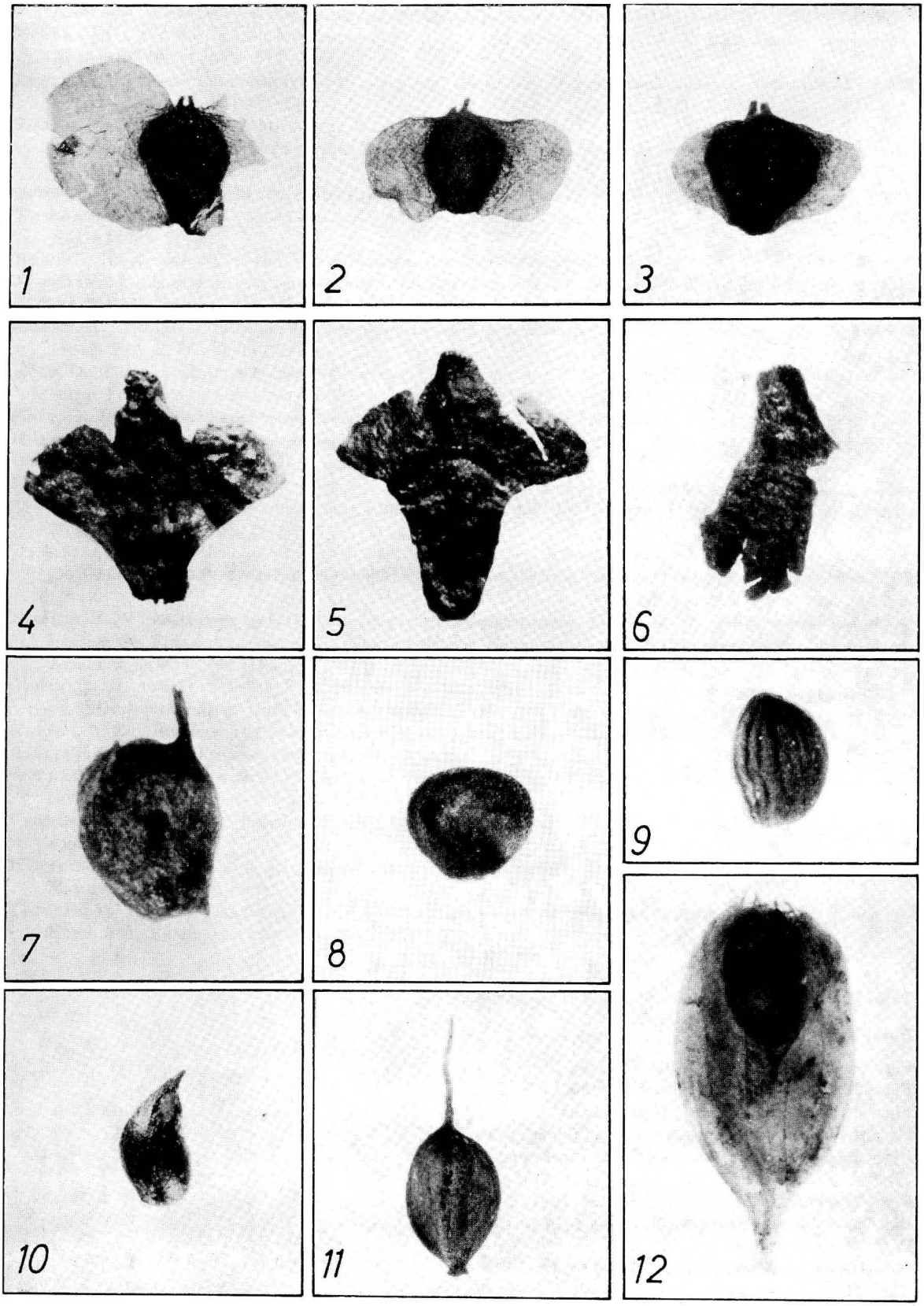

1
2802 unten


2
2803 unten

Tafel I

Die im Pollendiagramm untersuchten Einzelkerne

Fig. 1. Kern 2802
Fig. 2. Kern 2803
Fig. 3. Kern 2804
Fig. 4. Kern 2805


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Tafel II

Botanische Makroreste

Fig. 1. *Betula verrucosa* Ehrh. Frucht 12:1
Fig. 2. *Betula pubescens* Ehrh. Frucht 12:1
Fig. 3. *Betula humilis* Schrank Frucht 20:1
Fig. 4. *Betula verrucosa* Ehrh. Fruchtschuppe 10:1
Fig. 5. *Betula pubescens* Ehrh. Fruchtschuppe 10:1
Fig. 6. *Betula humilis* Schrank Fruchtschuppe 10:1
Fig. 7. *Potamogeton natans* L. Frucht 10:1
Fig. 8. *Solanum dulcamara* L. Same 10:1
Fig. 9. *Lemna* spec. Same 25:1
Fig. 10. *Ruppia maritima* L. Frucht 10:1
Fig. 11. *Carex vesicaria* L. Frucht 10:1
Fig. 12. *Carex vesicaria* L. Frucht mit Fruchtschlauch 10:1

Behre, K.-E., The late glacial and early postglacial history of vegetation and climate in Northwestern Germany. Review Palaeobot. Palynol. **4** (1967) S. 149–161.

Erdtman, G., Studies in micro-palaeontology, I–IV. II Moorlog from the Dogger Bank. Geol. Fören. Förhandl. **46** (1924) S. 677–678.

Erdtman, G., Some micro-analyses of „Moorlog" from the Dogger Bank. Essex Naturalist **21** (1925) S. 107–112.

Firbas, F., Waldgeschichte Mitteleuropas, 1. Jena 1949.

Godwin, H., Coastal peat beds of the British Isles and North Sea region. J. Ecol. Cambr. **31** (1943) S. 199–247.

Godwin, H., The history of the British flora. Cambridge 1956.

Haarnagel, W., Das Alluvium an der deutschen Nordseeküste. Probl. d. Küstenforschung **4** (1950) S. 1–146.

Hegi, G., Illustrierte Flora von Mittel-Europa, **2**, 2. Aufl. München 1939.

Jelgersma, S., Holocene sea level changes in the Netherlands. Meded. Geol. Sticht., Ser. C, **6** (1961) Nr. 7, S. 1–100.

Jessen, K., Studies in late quarternary deposits and flora history of Ireland. Proc. Roy. Irish Acad. **52** (1949) B/6, S. 85–290.

Kolp, O., Paläogeographische Ergebnisse der Kartierung des Meeresgrundes der westlichen Ostsee zwischen Fehmarn und Arkona. Beitr. z. Meereskunde **12/14** (1965) S. 19–59.

Kolp, O., Rezente Fazies der westlichen und südlichen Ostsee. Peterm. Geogr. Mitt. (1966) 1. Qh., S. 1–18.

Kubitzki, K., Zur Synchronisierung der nordwesteuropäischen Pollendiagramme (mit Beiträgen zur Waldgeschichte Nordwestdeutschlands). Flora **150** (1961) S. 43–72.

Lange, W. u. Menke, B., Beiträge zur frühpostglazialen erd- und vegetationsgeschichtlichen Entwicklung im Eidergebiet, insbesondere zur Flußgeschichte und zur Genese des sogenannten Basistorfes. Meyniana **17** (1967) S. 29–44.

Madalski, J., Cechi Morfologiczne Pesteck Europejskich Gatunkow *Potamogeton* (Tourn.) L. – I. Klucz Do Oznaczania Ich Szczatkow Dyluwialnych. Prace Wrocl. Towar. Naukowe, Wroclaw, Ser. B. **24** (1949).

Nilsson, T., Versuch einer Anknüpfung der postglazialen Entwicklung des nordwestdeutschen und niederländischen Flachlandes an die pollenfloristische Zonengliederung Südskandinaviens. Lund Univ. Arsskrift, N.F. (2) **44** (1948) S. 1–79.

Overbeck, F. und Schneider, S., Mooruntersuchungen bei Lüneburg und Bremen und die Reliktnatur von *Betula nana* L. in Nordwestdeutschland. Zeitschr. f. Botanik **33** (1938) S. 1–54.

Rabien, I., Zur Bestimmung fossiler Knospenschuppen. Paläont. Zschr. **27** (1953) S. 57–66.

Reid, C., Submerged forests. Cambridge 1913.

van der Spoel-Walvius, M. R., Pollen analytical studies on disc wheels. With a reference to the radiocarbon dates. Palaeohistoria **10** (1964) S. 147–156.

Vermeer-Louman, G. G., Pollenanalytisch onderzoek van den West-Nederlandschen bodem. Dissert. Amsterdam 1934.

Whitehead, H., More about „Moorlog", a peaty deposit from the Dogger Bank in the North Sea. Essex Naturalist **19** (1920) S. 242.

Zagwijn, W. H. und Veenstra, H. J., A pollen-analytical study of cores from the Outer Silver Pit, North Sea, Marine Geology **4** (1966) S. 539–551.

Foraminiferen aus dem Holozän der Doggerbank

Von Günter Pazotka von Lipinski und Friedrich Wiegank

Inhalt

		Seite
1.	Einführung	130
1.1.	Einleitung und Problemstellung	130
1.2.	Herkunft des Materials und Arbeitsmethodik	131
1.3.	Zur Geologie und Hydrographie der Doggerbank	131
1.4.	Petrographie des Kerns 26	132
2.	Taxonomischer Teil	132
2.1.	Vorbemerkungen	132
2.2.	Die holozänen Foraminiferen des Kerns 26	133
2.3.	Umgelagerte Formen	162
3.	Ökologischer Teil	163
3.1.	Allgemeines	163
3.2.	Bedeutung der Umweltfaktoren für die Verbreitung der Foraminiferen	164
3.2.1.	Temperatur	164
3.2.2.	Salinität	165
3.2.3.	Wassertiefe	167
3.2.4.	Sediment	167
4.	Deutung des Kernprofils anhand der Foraminiferen-Fauna	167
5.	Vergleich der Foraminiferen-Fauna des Kerns 26 mit anderen quartären Foraminiferen-Faunen des Nord- und Ostseegebietes	169
Zusammenfassung		169
Alphabetisches Verzeichnis der Arten		170
Literatur		170
Tafel I bis XIV		142
Tabelle		Beilage

1. Einführung

1.1. Einleitung und Problemstellung

In den letzten Jahren sind zahlreiche Arbeiten über die Foraminiferen-Faunen der Nord und Ostsee veröffentlicht worden. Insbesondere durch die Untersuchungen von Höglund (1947), van Voorthuysen (1951, 1960), Rottgardt (1952), Lange (1956), Jarke (1961), Haake (1962), Brodniewicz (1964) und Lutze (1965) wurden erhebliche Lücken in der Kenntnis der ökologischen Ansprüche vieler Foraminiferen-Arten geschlossen. Damit ergibt sich die Möglichkeit, an Hand vergleichbarer fossiler Foraminiferen-Faunen die Umweltbedingungen zur Zeit ihrer Ablagerung zu analysieren und detaillierte Rückschlüsse auf die klimatische und paläogeographische Entwicklung des Ablagerungsgebietes zu ziehen. Eine direkte Übertragung der am rezenten Material gewonnenen ökologischen Daten auf Fossilien

der gleichen Art kann wegen möglicher Änderung der Ansprüche in der Zeit zu Fehlschlüssen führen; jedoch ist eine Verschiebung der ökologischen Valenz zumindest für die Formen des Pleistozäns und des Postglazials nicht anzunehmen und an der Vergesellschaftung mit äquivalenten Arten überprüfbar.

Unter diesen Voraussetzungen war das Ziel vorliegender Arbeit, aus einem Stechrohrkern von der Doggerbank

1. die Foraminiferen-Arten zu bestimmen,
2. die Verteilung der Foraminiferen-Faunen im Profil zu untersuchen und
3. anhand der ökologischen Ansprüche der Foraminiferen-Arten auf die hydrographischen, klimatischen und geographischen Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung zu schließen.

An dieser Stelle sei all denen gedankt, die die Durchführung der Untersuchungen ermöglichten. Besonderer Dank gilt Herrn Dr. K. Diebel, Paläontologisches Museum der Humboldt-Universität Berlin für die Anregung zu dieser Arbeit. Das Kernmaterial wurde von Herrn Dr. O. Kolp, Institut für Meereskunde der DAW Warnemünde, freundlichst zur Bearbeitung zur Verfügung gestellt.

1.2. Herkunft des Materials und Arbeitsmethodik

Der Nordseekern 26 wurde vom Institut für Meereskunde Warnemünde im Bereich der östlichen Doggerbank (54° 46,1′ N; 3° 27,7′ E) bei 43,0 m Wassertiefe gezogen. Die Länge des frischen Kerns betrug 3,30 m.

Die Proben wurden im Abstand von 0 bis 15 cm entnommen (Tab. 1), das Material mit H_2O_2 aufbereitet und durch ein Sieb mit 0,1 mm Maschenweite geschlämmt. Aus dem getrockneten Rückstand wurden die Foraminiferen teils ausgelesen, teils mit CCl_4 angereichert, sofern nötig, mit einem Probenteiler auf überschaubare Mengen reduziert und unter dem Zeiss-Stereomikroskop SM XX nach Arten aufgetrennt. Der Anteil der Arten wurde ausgezählt und in Tabellenform dargestellt. Der CCl_4-Rückstand wurde ebenfalls auf Foraminiferen untersucht. Im allgemeinen ist der durch die Tetrachlorkohlenstoff-Anreicherung entstehende Fehler unerheblich. Da zudem überwiegend aus der Kreide umgelagerte Formen (*Heterohelix globosa*, *Globigerina bulloides*(?), *Globigerinella aequilateralis*) im CCl_4-Rückstand enthalten sind, kann er vernachlässigt werden. Individuenreiche Proben wurden durch einen Probenteiler auf etwa 500 Exemplare reduziert. Der dabei entstehende Fehler ist um so größer, je öfter die Probe geteilt wird und je seltener eine Art vertreten ist. Arten, die mit weniger als 10 Exemplaren in einer Probe vertreten sind, wurden deshalb völlig aus dem Probenrückstand ausgelesen.

Zur Untersuchung der diagnostisch wichtigen Wandstruktur und der Kanalsysteme wurden bei einigen Arten Dünnschliffe hergestellt. Dazu wurden die Gehäuse in flüssigen Kanadabalsam eingebettet und nach Erstarren des Kittmittels unter Verwendung von Schleifpulver F_5 mit einer Körnigkeit von 7 bis 10 µ auf einer Glasplatte geschliffen.

Als Aufhellungsflüssigkeiten beim Messen der Proloculus-Durchmesser wurde Xylol und Bromnaphtalin benutzt. Die Abbildungen wurden mit Hilfe einer Zeicheneinrichtung für Mikroskope des VEB Carl Zeiss Jena angefertigt.

1.3. Zur Geologie und Hydrographie der Doggerbank

Seit dem Zechstein ist der heutige Nordseeraum mit Unterbrechungen während des Keupers, Doggers, fast des gesamten Malms und der Kaltzeiten des Pleistozäns teilweise oder ganz von epikontinentalen Schelfmeeren überflutet gewesen, die mehrmals bis weit nach Mitteleuropa vorstießen. Die Umrisse der rezenten Nordsee begannen sich gegen Ende des Plio-

zäns abzuzeichnen, doch kam es während des Pleistozäns zu erneuten, wohl überwiegend eustatisch bedingten Verschiebungen des Küstenverlaufs. Im älteren Pleistozän gehörte die südliche Nordsee einschließlich der Deutschen Bucht zum Festland. Während der folgenden Elster- und Saale-Kaltzeit war das heutige Nordseegebiet mit Inlandeis bedeckt. Auch in der Weichsel-Kaltzeit drangen sowohl von Skandinavien als auch von England Gletscher in das Gebiet der Doggerbank vor. Nach sedimentpetrographischen Untersuchungen von VEENSTRA (1965) sind die Kiese und Sande der Doggerbank aus Geschiebemergeln der Weichselvereisungen aufgearbeitet.

Flachmoorbildungen auf der Doggerbank aus 36—42 m Tiefe fallen nach Pollenuntersuchungen zeitlich mit der Wende Präboreal/Boreal zusammen. Schlickgründe in der rezenten südlichen Nordsee, die nicht durch die heutigen Strömungsverhältnisse erklärt werden können, werden als Sedimente eines postglazialen Haffs gedeutet, das westlich und östlich der Doggerbank Verbindung mit dem Meer hatte (PRATJE, 1934). Durch den postglazialen überwiegend eustatischen Meerespiegelanstieg der Corbula-Transgression (= Flandrische Transgression = Litorinazeit der Ostsee) wurde etwa ab 7000 bis 2000 v. u. Z. die südliche Nordsee überflutet. Da mit dem Meeresspiegel auch der Grundwasserspiegel der flachen Küsten anstieg, schob das transgredierende Meer einen festländischen Versumpfungsgürtel vor sich her, der als Basistorf erhalten ist. Die Intensität der Transgression hat nach NILSSON (1948 in WOLDSTEDT, 1958) ab 2000 v. u. Z. merklich abgenommen. Doch setzte ab etwa 1000 v. u. Z. eine erneute, die Dünkirchner Transgression ein, die nach GUTENBERG (1941 in WOLDSTEDT, 1958) wahrscheinlich bis in die Gegenwart hinein anhält.

Die Sedimente, die im Bereich der Doggerbank zum Absatz kommen, werden aus westlicher und nordwestlicher Richtung von der englischen Küste herangeführt. Wegen der starken Wasserbewegung durch Strömungen und Wellengang wird das Material ständig umgelagert und feine Sedimentanteile kommen daher nur untergeordnet zum Absatz (vgl. auch VEENSTRA, 1965).

1.4. Petrographie des Kerns 26

Die unteren 29 cm des Kerns nimmt der Basistorf ein, der zahlreiche Holzstücke enthält und von humosen Schluffen unterlagert wird. Zum Hangenden geht der Torf in Schlick über, an den sich humose Schluffe anschließen, die bis 125 cm von der Basis mehrere bis zu 3 cm mächtige Humus- und Torfbänder führen. Zwischen 48 bis 49 cm ist eine Kalkmudde, bei 53 bis 56 cm eine Gyttjatorfschicht in die Schluffe eingelagert, auf die zum Hangenden bis 175 cm feinsandige bis schluffige Schlicke folgen, denen humose Anteile fehlen. Das Hangende bilden schluffige Feinsande von mehr oder weniger gleichbleibender Korngröße. Im Gegensatz zu den liegenden Schlicken und Schluffen einschließlich des Basistorfs sind die hangenden schluffigen Feinsande kalkfrei.

2. Taxonomischer Teil

2.1. Vorbemerkungen

Die Bestimmung der Arten wurden unter besonderer Berücksichtigung der Arbeiten von BRADY (1884); CUSHMAN (1918—1931, 1939, 1949); HÖGLUND (1947); ROTTGARDT (1952); LOEBLICH & TAPPAN (1953); JARKE (1960, 1961); VAN VOORTHUYSEN (1950, 1951, 1958, 1960); HAAKE (1962), WOSZIDLO (1962); LAFRENZ (1963); FEYLING-HANSSEN (1964), BRODNIEWICZ (1965) und LUTZE (1965) vorgenommen. Neben der Literatur konnte Vergleichsmaterial, das von Prof. E. SEIBOLD, Kiel, freundlichst zur Verfügung gestellt worden war, zur Bestimmung herangezogen werden.

Die Gattungen wurden nach Loeblich & Tappan (1964) geordnet, die Arten folgen dem Alphabet. Das untersuchte Material einschließlich der gezeichneten Exemplare wird im Paläontologischen Museum der Humboldt-Universität Berlin aufbewahrt.

2.2. Die holozänen Foraminiferen des Kerns 26

Fam. Hormosinidae Haeckel, 1894

Subfam. Hormosininae Haeckel, 1894

Gen. ***Reophax*** Montfort, 1882

Reophax dentaliniformis Brady, 1884

Taf. 1, Fig. 1—3

1884 *Reophax dentaliniformis* — Brady, S. 293, Taf. 30, Fig. 21, 22
1947 *Reophax dentaliniformis* Brady — Höglund, S. 88, Taf. 9, Fig. 13, Textfig. 54

Länge: 0,32 mm
Dicke: 0,1 mm

Bemerkungen: Diese Art ist sehr variabel. Sie unterscheidet sich von *R. scorpiurus* durch die höhere Kammerzahl und weniger tief eingesenkte Suturen. Die Kammern sind nicht so stark aufgebläht wie bei *R. scorpiurus*.

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, eurybath und eurytherm, in der Ostsee häufig bis massenhaft (Rhumbler, 1936); Küsten Schleswig-Holsteins, in pliohalinem bis brachyhalinem Wasser (9—25‰), Gullmarfjord, 22—118 m; Skagerrak, 68—700 m (Höglund, 1947).

Fam. Textulariidae Ehrenberg, 1838

Subfam. Textulariinae Ehrenberg, 1838

Gen. ***Textularia*** Defrance, 1824

Textularia agglutinans d'Orbigny, 1839

Taf. 1, Fig. 4

1839 *Textularia agglutinans* — d'Orbigny, S. 144, Taf. 1, Fig. 17—18, 32—34
1962 *Textularia agglutinans* d'Orbigny — Haake, Meyniana, **12**, S. 30, Taf. 1, Fig. 4

Länge: 0,25 mm
Dicke: 0,1 mm

Bemerkungen: Die Exemplare der Originalabbildungen d'Orbignys sind gestreckt, und die Kammern nehmen zur Mündung hin kontinuierlich an Größe zu. Die gefundenen Exemplare sind dagegen meistens in ihrer Längsachse gekrümmt und die jüngsten beiden Kammern oft stärker aufgebläht als die vorhergehenden.
Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, 10 bis 5700 m (Brady, 1884); Tyrrhenisches Meer, flaches Wasser; Golf von Mexiko, 40—850 m; 7,5—26 °C; Watten der südlichen Nordsee (Cushman, 1922; Hofker, 1960; Haake, 1962).

Fam. Trochamminidae Schwager, 1877

Subfam. Trochammininae Schwager, 1877

Gen. ***Trochammina*** Parker & Jones, 1859

Trochammina rotaliformis Wright, 1911

Taf. 1, Fig. 5

1911 *Trochammina rotaliformis* — WRIGHT, in HERON-ALLEN & EARLAND, Journ. Roy. Micr. Soc., S. 309
1953 *Trochammina rotaliformis* WRIGHT — LOEBLICH & TAPPAN, S. 51, Taf. 8, Fig. 6—9

Dicke: 0,11 mm
Durchmesser: 0,26 mm

Verbreitung und Ökologie: Britische Inseln, belgische Küstengewässer (CUSHMAN, 1920, 1949); Kattegat, Skagerrak, 200—700 m (HÖGLUND, 1947).

Fam. Ataxophragmiidae SCHWAGER, 1877

Subfam. Globotextulariinae CUSHMAN, 1927

Gen. ***Eggerella*** CUSHMAN, 1933

Eggerella scabra (WILLIAMSON, 1858)

Taf. 1, Fig. 6

1858 *Bulimina scabra* — WILLIAMSON, S. 65, Taf. 5, Fig. 136, 137
1965 *Eggerella scabra* (WILLIAMSON) — LUTZE, S. 92, Taf. 15, Fig. 24—29, Taf. 12, Fig. 3—12

Länge: 0,36 mm
Dicke: 0,20 mm

Bemerkungen: Eine Unterscheidung der Arten nach der Ausbildung des Anfangsteils des Gehäuses wie bei HÖGLUND (1947) wurde am vorliegenden Material nicht vorgenommen (vgl. auch LUTZE, 1965, S. 93).

RHUMBLER (1936) hebt die Ostseepopulation, die keine dunklen Mineralkörner agglutiniert, als forma *inornata* besonders hervor. LUTZE (1965, S. 93) bestätigt diese Besonderheit der Ostseeformen. Im Material des Kerns 26 aus der Nordsee wurden ebenfalls keine dunklen Gehäusebestandteile beobachtet.

Verbreitung und Ökologie: Flache nordeuropäische und nordamerikanische Küstengewässer (CUSHMAN, 1922); Deutsche Bucht, auf feinkörnigen Sedimenten; Küsten Schleswig-Holsteins und westliche Ostsee unter 18 m Wassertiefe, über 20‰ Salzgehalt (ROTTGARDT, 1952; LUTZE, 1965).

Fam. Miliolidae EHRENBERG, 1839

Subfam. Quinqueloculiniiae CUSHMAN, 1917

Gen. ***Quinqueloculina*** D'ORBIGNY, 1826

Quinqueloculina bicornis (WALKER & JACOB, 1798)

Taf. 1, Fig. 7

1798 *Serpula bicornis* — WALKER & JACOB, S. 633, Taf. 14, Fig. 2
1964 *Quinqueloculina bicornis* (WALKER & JACOB) — FEYLING-HANSSEN, S. 249, Taf. 5, Fig. 1, 2

Länge: 1,13 mm
Dicke: 0,63 × 0,37 mm
Material: Probe 4539

Verbreitung und Ökologie: Östlicher Atlantik, europäische Küstengewässer; Mittelmeer, 9—47 m (CUSHMAN, 1929); südlich der Lofoten (NØRVANG, 1945); untere Tapes-Schichten von Smedholmen (Norwegen), wahrscheinlich Subboreal (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Quinqueloculina pulchella D'ORBIGNY, 1826

Taf. 2, Fig. 1

1826 *Quinqueloculina pulchella* — D'ORBIGNY, S. 303, no. 42
1964 *Quinqueloculina pulchella* D'ORBIGNY — FEYLING-HANSSEN, S. 250, Taf. 5, Fig. 3—6

Länge: 1,33 mm
Dicke: 0,88—0,53 mm
Material: Probe 4539

Verbreitung und Ökologie: Wahrscheinlich boreale und lusitanische Gewässer des Nordatlantik, Westküste von Island, fehlt südlich der Lofoten, Tapes-Schichten, Südnorwegen (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Quinqueloculina seminula (LINNÉ, 1758)

Taf. 2, Fig. 2

1758 *Serpula seminulum* — LINNÉ, S. 786
1962 *Quinqueloculina seminula* (LINNÉ) — HAAKE, S. 31, Taf. 1, Fig. 13—14

Länge: 0,5 mm
Dicke: 0,275 mm
Breite:Länge = 1:1,8

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, südwestliche Nordsee, Schlick- und Mischwatt, brachyhaline bis euhaline Gewässer (JARKE, 1960; HAAKE, 1962); Atlantikküste von Nordamerika um 100 m, 13—18 °C, mehr als 30‰ Salzgehalt, besonders auf Sanden und steinigen Böden (PARKER, 1948, 1952); Ostsee, Fehmarnbelt und Kadettrinne (LUTZE, 1965).

Quinqueloculina sp. 1

Taf. 3, Fig. 1

Gehäuse länglich abgerundet, flach; Kammern quinqueloculin angeordnet; letzte Kammer sich stark zur Mündung hin verjüngend und mit starken Rippen versehen; Suturen deutlich, stark eingesenkt; Mündung oval mit einfachem Zahn.

Länge: 0,63 mm
Dicke: 0,38×0,2 mm
Material: Probe 4541, 1 Exemplar

Quinqueloculina sp. 2

Taf. 3, Fig. 2

Gehäuse gedrungen, abgerundet, 4 Kammern sichtbar, aufgebläht; Querschnitt dreieckig, abgerundet; Suturen deutlich, stark eingesenkt; Mündung rund mit gespaltenem Zahn.

Länge: 0,8 mm
Dicke: 0,48 mm
Material: Probe 4539, 1 Exemplar

Quinqueloculina sp. 3

Taf. 4, Fig. 1

Gehäuse mit stark gerundeten Kammern, quinqueloculin; Kammern wenig gebläht; Suturen deutlich, eingesenkt; Querschnitt dreieckig; Mündung einfach, oval.

Länge: 0,61 mm
Dicke: 0,46×0,3 mm

Gen. ***Massilina*** SCHLUMBERGER, 1893

Massilina annectens SCHLUMBERGER, 1893

Taf. 4, Fig. 2

1893 *Massilina annectens* — SCHLUMBERGER, Mem. Soc. Zool. France, **6**, S. 220, Taf. 3, Fig. 177—79, Textfig. 35—37
1949 *Massilina annectens* SCHLUMBERGER — CUSHMAN, S. 12, Taf. 12, Fig. 8

Gehäuse länglich-oval, agglutiniert mit einigen schwarzen Körnern, abgeflacht; Querschnitt länglich gerundet; Suturen deutlich, eingesenkt; Mündung oval mit weit gespaltenem Zahn.

Länge: 0,63 mm
Dicke: 0,43 × 0,3 mm

Verbreitung und Ökologie: Nordsee (CUSHMAN, 1949); West-Irland (HERON-ALLEN & EARLAND, 1913).

Gen. ***Pyrgo*** DEFRANCE, 1824

Pyrgo elongata (D'ORBIGNY, 1826)

Taf. 4, Fig. 3

1826 *Biloculina elongata* — D'ORBIGNY, S. 298, No. 4
1960 *Pyrgo elongata* (D'ORBIGNY) — JARKE, S. 618, Taf. 4, Fig. 6

Länge: 0,35 mm
Dicke 0,2 mm

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, in tropischen Gewässern auf größere Tiefen beschränkt (BRADY, 1884); Nordatlantik, Litoral bis 3548 m (CUSHMAN, 1929, JARKE, 1960); nördliche Polargewässer, 13—108 m (CUSHMAN, 1948; ŠČEDRINA, 1958).

Gen. ***Triloculina*** D'ORBIGNY, 1826

Triloculina rotunda D'ORBIGNY, 1826

Taf. 5, Fig. 1

1826 *Triloculina rotunda* — D'ORBIGNY, S. 249
1960 *Triloculina rotunda* D'ORBIGNY — HOFKER, S. 242, Beilage B, Fig. 49

Länge: 0,3 mm
Dicke: 0,27 × 0,18 mm
Gehäuse gerundet, flach; zwei bis drei Kammern sichtbar. An der Seite, welche nur zwei Kammern zeigt, sind die Kammern sehr breit. Querschnitt dreieckig, gerundet; Suturen deutlich, eingesenkt; Mündung rund bis oval.

Verbreitung und Ökologie: Golf von Mexiko, Dry Tortugas (CUSHMAN, 1929); Golf von Neapel (HOFKER, 1960); in lusitanischen, euhalinen Gewässern.

Milioliden juv.

Taf. 5, Fig. 2, 3

In den Proben überwiegen unberippte, discoidale Formen mit einfacher Mündung, daneben fanden sich diskoidale und ovale Exemplare, an denen deutlich 2 Kammern erkennbar waren.

Durchmesser: 0,35 mm
Dicke: 0,25 × 0,12 mm

Superfam. Nodosariacea EHRENBERG, 1838

Fam. Nodosariidae EHRENBERG, 1838

Subfam. Nodosariinae EHRENBERG, 1838

Gen. ***Dentalina*** D'ORBIGNY, 1826

Dentalina communis D'ORBIGNY, 1826

Taf. 5, Fig. 4

1826 *Nodosaria (Dentialna) communis* — D'ORBIGNY, Nr. 35, S. 254
1960 *Dentalina communis* D'ORBIGNY — HOFKER, S. 246, Fig. 73

Länge: 0,95 mm
Dicke: 0,13 mm

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, 130—1600 m, 4—20 °C, in euhalinen Gewässern (Brady, 1884; Cushman, 1923).

Gen. ***Lagena*** Walker & Boys, 1784

Lagena apiopleura Loeblich & Tappan, 1953

Taf. 5, Fig. 5, 6

1953 *Lagena apiopleura* — Loeblich & Tappan, S. 59, Taf. 10, Fig. 14, 15
1964 *Lagena apiopleura* Loeblich & Tappan — Feyling-Hanssen, S. 284, Taf. 11, Fig. 3

Länge: 0,28 mm
Dicke: 0,2 mm

Verbreitung und Ökologie: Britische Küstengewässer, Island, Golf von Neapel, Golf von Mexiko (Buchner, 1940); nördliche Polargewässer, Alaska, Grönland, 23,8—73,2 m; Barentssee, 145—260 m (Loeblich & Tappan, 1953; Jarke, 1960).

Lagena clavata (D'Orbigny, 1846)

Taf. 5, Fig. 7

1846 *Oolina clavata* — D'Orbigny, S. 24, Taf. 1, Fig. 2
1940 *Lagena clavata* (D'Orbigny) — Buchner, S. 416, Taf. 2, Fig. 28—30
1964 *Lagena clavata* (D'Orbigny) — Feyling-Hanssen, S. 285, Taf. 11, Fig. 4

Länge: 0,55 mm
Dicke: 0,16 mm

Verbreitung und Ökologie: Europäische Küstengewässer, südliche Nordsee, 10—24 m; Watten (Cushman, 1923, 1949; Haake, 1962); Golf von Neapel, 28—540 m (Buchner, 1940), Barentssee (Ščedrina, 1958).

Lagena laevis (Montagu, 1803)

Taf. 5, Fig. 8, 9; Taf. 6, Fig. 1

1803 *Vermiculum laeve* Montagu, S. 524
1964 *Lagena laevis* (Montagu) — Feyling-Hanssen, S. 289, Taf. 11, Fig. 13—15

Länge: 0,39 mm
Dicke: 0,14 mm

Zu dieser Art wird auch eine Form gestellt, die basal nicht zugespitzt, sondern „abgeschnitten" ist und deren Boden kegelförmig in das Gehäuse gezogen ist.

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, eurytherm und eurybath, überwiegend in euhalinen Gewässern (Brady, 1884; Matthes, 1939); nördliche Polargewässer, Alaska, 223 m, Labrador, 16 m; Barentssee, Island, Franz-Joseph-Land (Loeblich & Tappan, 1953; Ščedrina, 1958).

Lagena meridionalis Wiesner, 1931

Taf. 6, Fig. 2

1931 *Lagena gracilis* Williamson var. *meridionalis* — Wiesner, S. 117, Taf. 18, Fig. 211
1953 *Lagena meridionalis* Wiesner — Loeblich & Tappan, S. 62, Taf. 12, Fig. 1

Länge: 0,3 mm
Dicke: 0,13 mm

Verbreitung und Ökologie: Antarktis, 385 m (Wiesner, 1931); Küstengewässer von Baffin-Land, Labrador, Grönland, 31—146 m (Loeblich & Tappan, 1953).

Lagena semilineata WRIGHT, 1886

Taf. 6, Fig. 3, 4

1886 *Lagena semilineata* — WRIGHT, S. 320, Taf. 26, Fig. 7
1953 *Lagena semilineata* WRIGHT — LOEBLICH & TAPPAN, S. 65, Taf. 11, Fig. 14—22
1964 *Lagena semilineata* WRIGHT — FEYLING-HANSSEN, S. 291, Taf. 12, Fig. 2

Länge: 0,30 mm
Dicke: 0,12 mm

Bemerkungen: Die Form, die CUSHMAN (1949) als *Lagena perlucida* WILLIAMSON abbildet, gehört wahrscheinlich zu *Lagena semilineata*.
Verbreitung und Ökologie: Britische Küstengewässer, nördliche Polargewässer, Alaska, Davisstraße, Baffin-Land, Grönland, Labrador, 21,6—146,3 m (CUSHMAN, 1948; LOEBLICH & TAPPAN, 1953).

Lagena semistriata WILLIAMSON, 1848

Taf. 6, Fig. 5, 6

1848 *Lagena striata*, var. *β*, *semistriata* — WILLIAMSON, S. 14, Taf. 1, Fig. 9, 10
1964 *Lagena semistriata* WILLIAMSON — FEYLING-HANSSEN, S. 292

Länge: 0,47 mm
Dicke: 0,3 mm

Verbreitung und Ökologie: südliche Nordseeküste, selten (VAN VOORTHUYSEN, 1960; HAAKE, 1962); nördliche Polargewässer, Nowaja Semlja, Davisstraße, Barentssee, 92—460 m (JARKE, 1960; ŠČEDRINA, 1958; CUSHMAN, 1948); Eem von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Lagena setigera MILLETT, 1901

Taf. 6, Fig. 7

1901 *Lagena clavata* D'ORBIGNY, var. *setigera* — MILLETT, S. 491, Taf. 8, Fig. 9
1964 *Lagena setigera* MILLETT — FEYLING-HANSSEN, S. 292, Taf. 12, Fig. 3

Länge: 0,38 mm
Dicke: 0,15 mm

Verbreitung und Ökologie: Nördliche Polargewässer, Baffin-Land, Labrador, Grönland, Barentssee, 23,8—260 m (LOEBLICH & TAPPAN, 1953; JARKE, 1960); Postglazial von Südnorwegen (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Lagena striata (D'ORBIGNY) forma *substriata* WILLIAMSON, 1848

Taf. 6, Fig. 8

1848 *Lagena substriata* — WILLIAMSON, S. 15, Taf. 2, Fig. 12
1964 *Lagena striata* D'ORBIGNY, forma *substriata* WILLIAMSON — FEYLING-HANSSEN, S. 294, Taf. 12, Fig. 6

Verbreitung und Ökologie: Südliche Nordseewatten (HAAKE, 1962); Postglazial des Oslofjordgebietes und SW-Schwedens (FEYLING-HANSSEN, 1964; HESSLAND, 1946).

Lagena striata (D'ORBIGNY) forma *typica*

FEYLING-HANSSEN, 1964

Taf. 6, Fig. 9, 10

1964 *Lagena striata* (D'ORBIGNY) forma *typica* — FEYLING-HANSSEN, S. 293, Taf. 12, Fig. 4, 5

Länge: 0,45 mm
Dicke: 0,20 mm

Verbreitung und Ökologie: Südliche Nordsee (VAN VOORTHUYSEN, 1960); nördliche Polargewässer, Island (CUSHMAN, 1948); Mittelmeer (BUCHNER, 1940), Barentssee (JARKE, 1960); Postglazial des Oslofjord-Gebietes (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Lagena sulcata laevicostata CUSHMAN & GRAY 1946

Taf. 6, Fig. 11

1946 *Lagena sulcata* (WALKER & JACOB) var. *laevicostata* — CUSHMAN & GRAY, S. 28, Taf. 12, Fig. 13, 14

1964 *Lagena sulcata laevicostata* CUSHMAN & GRAY — FEYLING-HANSSEN, S. 295, Taf. 12, Fig. 7

Länge: 0,23 mm
Dicke: 0,15 mm

Verbreitung und Ökologie: Tropische bis gemäßigte Gewässer, im Postglazial des Oslofjord-Gebietes (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Lagena sulcata sulcata (WALKER & JACOB), 1798

Taf. 6, Fig. 12

1798 *Serpula* (*Lagena*) *sulcata* — WALKER & JACOB, S. 634, Taf. 14, Fig. 5

1964 *Lagena sulcata sulcata* (WALKER & JACOB) — FEYLING-HANSSEN, S. 294

Länge: 0,32 mm
Dicke: 0,14 mm

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch, Britische Inseln, Nordseewatten, vereinzelt belgische Küstengewässer, 1,25—36,40 m (CUSHMAN, 1923, 1949; VAN VOORTHUYSEN, 1960; HAAKE, 1962); nördliche Polargewässer, Davisstraße, kanadische Inseln, Nowaja Semlja, Neusibirische Inseln, NE-Grönland, 11—400 m, Barentssee, 160 m (CUSHMAN, 1948; JARKE, 1960); Postglazial von SW-Schweden (HESSLAND, 1946).

Gen. ***Lenticulina*** LAMARCK, 1804

Lenticulina rotulata LAMARCK, 1804

Taf. 7, Fig. 1

1804 *Lenticulina rotulata* — LAMARCK, 5, S. 188, Fig. in 8, Taf. 62, Fig. 11

1923 *Cristellaria rotulata* (LAMARCK) ? — CUSHMAN, S. 108, Taf. 22, Fig. 2, Taf. 28, Fig. 1, 2

1962 *Lenticulina* (*Lenticulina*) *rotulata* (LAMARCK) — HAAKE, S. 32, Taf. 1, Fig. 12

Durchmesser: 0,23 mm
Dicke: 0,10 mm.

Verbreitung und Ökologie: Gemäßigte Gewässer des Nordatlantik, Nordsee, belgische Küste, 9,1 bis 32,8 m (CUSHMAN, 1923, 1949); Nordseewatten, sporadisch (HAAKE, 1962); VAN VOORTHUYSEN, 1960); Amstelian und Poederlian-Scaldisian der Niederlande (VAN VOORTHUYSEN, 1950a, b).

Gen. ***Astacolus*** MONTFORT, 1808

Astacolus subarcuatula WILLIAMSON, 1858

Taf. 7, Fig. 1

1858 *Cristellaria subarcuatula* — WILLIAMSON, S. 29, Taf. 2, Fig. 57, 56

1884 *Cristellaria crepidula* FICHTEL & MOLL — BRADY, S. 542, Taf. 67, Fig. 20

Gehäuse länglich, abgeflacht; Querschnitt oval; Suturen deutlich, eingesenkt; Anfangskammern aufgerollt, jüngerer Teil entrollt; die letzten Kammern ziehen sich nicht sehr weit zur Spirale hin; Mündung gestrahlt.

Länge: 0,20 mm
Dicke: 0,10 × 0,07 mm
Material: Probe 4541, 1 Exemplar

Verbreitung und Ökologie: Britische Inseln, Küstengewässer Frankreichs, Belgiens, Norwegens; Adria; überwiegend lusitanisch-gemäßigt (BRADY, 1884).

Gen. ***Lenticulina* (*Saracenaria*)** DEFRANCE, 1824

Lenticulina (*Saracenaria*) sp.

Taf. 7, Fig. 3

Gehäuse lang, Querschnitt dreieckig, gerundet; Anfangsteil aufgerollt, Endteil entrollt; Kammern schnell an Größe zunehmend; Suturen deutlich; Wand kalkig, durchsichtig; Mündung gestrahlt.

Länge: 0,28 mm
Dicke: 0,10 mm
Material: Probe 4540, 4541
Vorkommen: Die Art kommt gemeinsam mit *Bulimina marginata*, *Buliminella elegantissima*, *Elphidium selseyense*, *Elphidium magellanicum* und *Nonion depressulum* vor.

Fam. Polymorphinidae D'ORBIGNY, 1839

Subfam. Polymorphininae D'ORBIGNY, 1839

Gen. ***Globulina*** D'ORBIGNY, 1839

Globulina glacialis CUSHMAN & OZAWA, 1930

Taf. 7, Fig. 4

1930 *Globulina glacialis* — CUSHMAN & OZAWA, S. 71, Taf. 15, Fig. 6, 7
1962 *Globulina* cf. *glacialis* CUSHMAN & OZAWA — WOSZIDLO, S. 69, Taf. 1, Fig. 12

Länge: 0,30 mm
Dicke: 0,13 × 0,09 mm

Verbreitung und Ökologie: Nördliche Polargewässer um Kanada, Küste von New England, NE-Grönland, 13—122 m (CUSHMAN & OZAWA, 1930; CUSHMAN, 1944; 1948).

Globulina inaequalis REUSS, 1850

Taf. 7, Fig. 5

1850 *Globulina inaequalis* — REUSS, S. 377, Taf. 48, Fig. 9
1930 *Globulina inaequalis* REUSS — CUSHMAN & OZAWA, S. 73, Taf. 18, Fig. 2—4

Länge: 0,13 mm
Dicke: 0,10 × 0,08 mm

Verbreitung und Ökologie: Mittelmeer, Pazifik, Flachwasser bis 104 m (CUSHMAN & OZAWA, 1930) als cf-Form im Dollart-Ems-Ästuar (VAN VOORTHUYSEN, 1960); Postglazial des Oslofjord-Gebietes (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Guttulina sp.

Taf. 7, Fig. 6

Gehäuse länglich, spindelförmig; Querschnitt eiförmig, gerundet; Basis gerundet; Kammern quinqueloculin, länglich, oval, bauchig, je jünger, desto weiter von der Basis entfernt. Suturen deutlich eingesenkt; Gehäuse milchig trüb; Mündung terminal, radial gestrahlt.

Länge: 0,5 mm
Dicke: 0,18 × 0,15 mm
Material: Probe 4405; Einzelexemplar

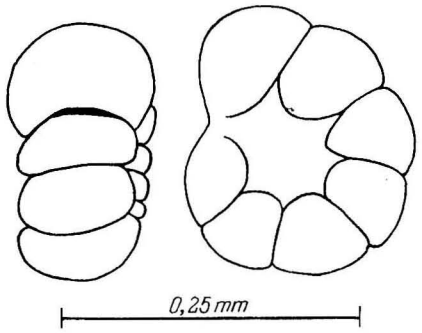


Abb. 1. *Elphidium kozlowskii* Brodniewicz

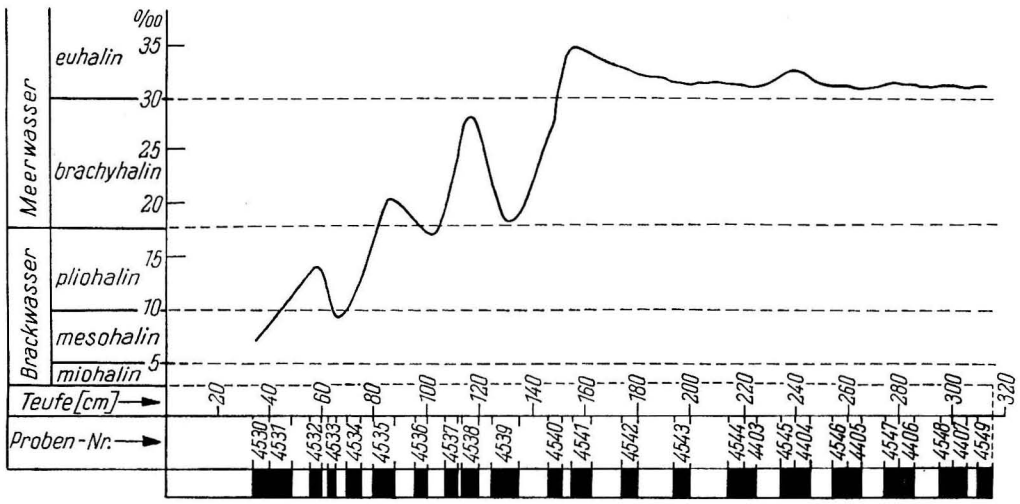


Abb. 2. Schwankungen der Salinität im Kern 26 nach Untersuchungen der Foraminiferen-Fauna

Abb. 3. Schlämmrückstandskurve
(Schlämmrückstand auf 150 g Ausgangsmaterial berechnet; Maschenweite des Schlämmsiebes 0,1 mm)

		Proben-Nr.
Tafel 1		
Fig. 1—3	*Reophax dentaliniformis* BRADY Lateralansicht	4407
Fig. 4	*Textularia agglutinans* D'ORBIGNY a Lateralansicht b Mündungsansicht	4406
Fig. 5	*Trochammina rotaliformis* WRIGHT a Spiralansicht b Lateralansicht	4404
Fig. 6	*Eggerella scabra* (WILLIAMSON) Lateralansicht	4404
Fig. 7	*Quinqueloculina bicornis* (WALKER & JACOB) a, b Lateralansicht c Mündungsansicht	4539
Tafel 2		
Fig. 1	*Quinqueloculina pulchella* (D'ORBIGNY) a, b Lateralansicht c Mündungsansicht	4539
Fig. 2	*Quinqueloculina seminulum* (LINNÉ) a, b Lateralansicht c Mündungsansicht	4404
Tafel 3		
Fig. 1	*Quinqueloculina* sp. 1 a, c Lateralansicht b Mündungsansicht	4539
Fig. 2	*Quinqueloculina* sp. 2 a, c Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Tafel 4		
Fig. 1	*Quinqueloculina* sp. 3 a, c Lateralansicht b Mündungsansicht	4540
Fig. 2	*Massilina annectens* SCHLUMBERGER a, c Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 3	*Pyrgo elongata* (D'ORBIGNY) a, b Lateralansicht c Mündungsansicht	4541
Tafel 5		
Fig. 1	*Triloculina rotundata* D'ORBIGNY a, c Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 2, 3	*Milioliden* juv. Lateralansicht	4540
Fig. 4	*Dentalina communis* D'ORBIGNY Lateralansicht	4403

		Proben-Nr.
Fig. 5, 6	*Lagena apiopleura* LOEBLICH & TAPPAN Lateralansicht	4537, 4543
Fig. 7	*Lagena clavata* (D'ORBIGNY) Lateralansicht	4407
Fig. 8, 9	*Lagena laevis* (MONTAGU) 8a, 9 Lateralansicht 8b Basalansicht	4404

Tafel 6

Fig. 1	*Lagena laevis* (MONTAGU) Lateralansicht	4405
Fig. 2	*Lagena meridionalis* WIESNER a Lateralansicht b Basalansicht	4540
Fig. 3, 4	*Lagena semilineata* WRIGHT	4405, 4541
Fig. 5, 6	*Lagena semistriata* WILLIAMSON Lateralansicht	4404, 4541
Fig. 7	*Lagena setigera* MILLETT Lateralansicht	4403
Fig. 8	*Lagena striata* (D'ORBIGNY) forma *substriata* WILLIAMSON Lateralansicht	4406
Fig. 9, 10	*Lagena striata* D'ORBIGNY forma *typica* FEYLING-HANSSEN	4541, 4542
Fig. 11	*Lagena sulcata laevicostata* CUSHMAN & GRAY Lateralansicht	4543
Fig. 12	*Lagena sulcata sulcata* (WALKER & JACOB) Lateralansicht	4407

Tafel 7

Fig. 1	*Lenticulina rotulata* LAMARCK a Lateralansicht b Mündungsansicht	4540
Fig. 2	*Astacolus subarcuatula* WILLIAMSON a Lateralansicht b Mündungsansicht	4540
Fig. 3	*Lenticulina* (*Saracenaria*) sp. a Lateralansicht b Mündungsansicht	4540
Fig. 4	*Globulina glacialis* CUSHMAN & OZAWA a, b Lateralansicht c Basalansicht	4541
Fig. 5	*Globulina inaequalis* REUSS a Lateralansicht b Basalansicht	4407
Fig. 6	*Guttulina* sp. a Lateralansicht b Basalansicht	4405
Fig. 7	*Oolina hexagona* (WILLIAMSON) Lateralansicht	4540
Fig. 8	*Oolina melo* D'ORBIGNY Lateralansicht	4539
Fig. 9	*Oolina williamsoni* (ALCOCK) Lateralansicht	4404

		Proben-Nr.
Fig. 10	*Oolina* sp. a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 11, 12	*Fissurina laevigata* REUSS 11a, 12a Lateralansicht (breite Seite) 11b, 12b Lateralansicht (schmale Seite)	4404

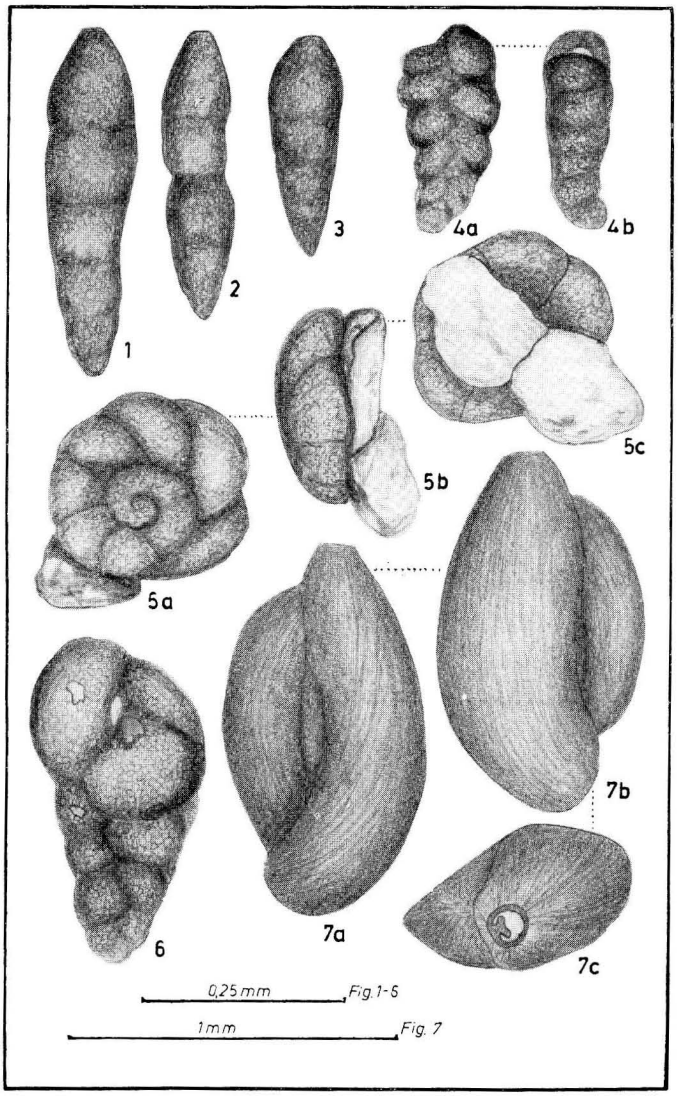
Tafel 8

Fig. 1	*Fissurina nummiformis* (BUCHNER) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4540
Fig. 2	*Fissurina sacculus* (FORNASINI) a, b Lateralansicht c Mündungsansicht	4404
Fig. 3	*Buliminella elegantissima* (D'ORBIGNY) a Mündungsansicht b Lateralansicht	4404
Fig. 4	*Bolivina nobilis* HANTKEN a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 5, 6, 7	*Bolivina pseudoplicata* HERON-ALLEN & EARLAND 5, 6, 7a Lateralansicht 7b Mündungsansicht	4404, 4541
Fig. 8	*Bolivina variabilis* (WILLIAMSON) Lateralansicht	4404
Fig. 9	*Bulimina elegans* D'ORBIGNY a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 10	*Bulimina elongata* D'ORBIGNY a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404
Fig. 11	*Bulimina marginata* D'ORBIGNY a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 12	*Praeglobobulimina pupoides* (D'ORBIGNY) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404
Fig. 13	*Virgulina fusiformis* (WILLIAMSON) a Mündungsansicht b Lateralansicht	4404

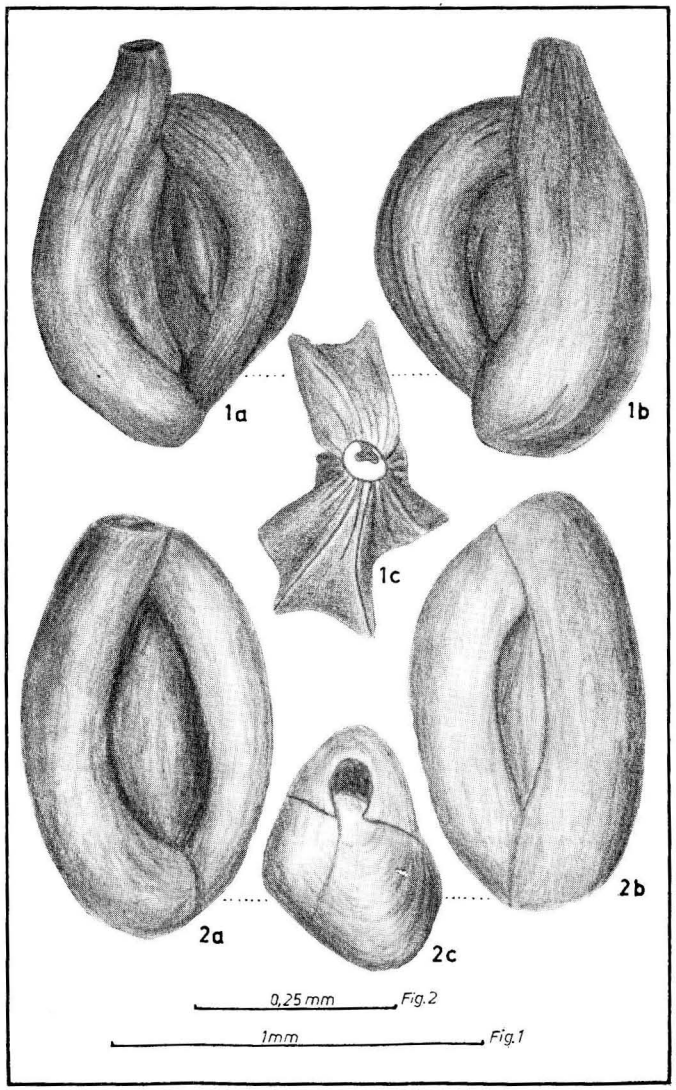
Tafel 9

Fig. 1	*Virgulina loeblichi* FEYLING-HANSSEN a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 2	*Reussella* sp. Mündungsansicht	4403
Fig. 3	*Uvigerina asperula* CZJZEK Lateralansicht	4543
Fig. 4	*Uvigerina auberiana* D'ORBIGNY 4a, b Lateralansicht	4404

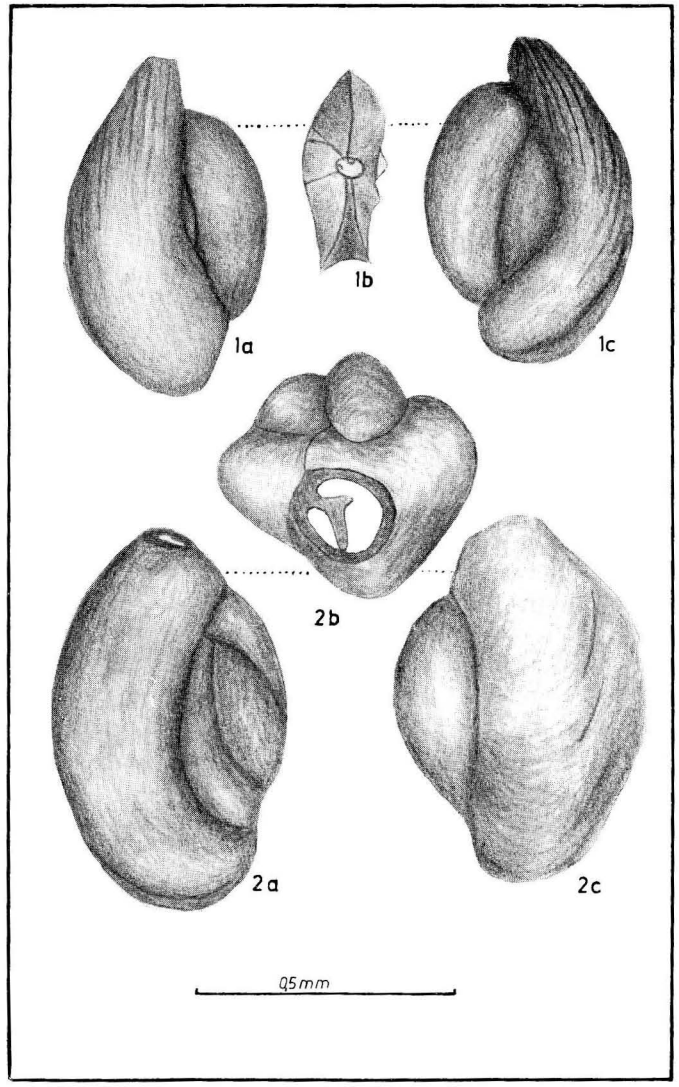
TAFEL I



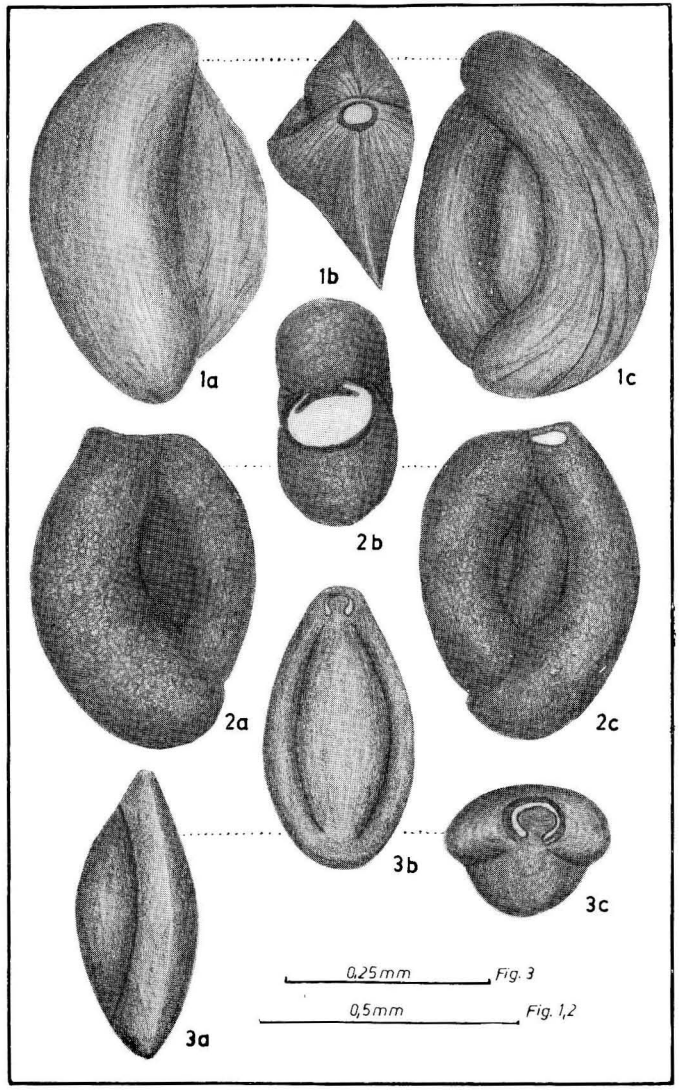
TAFEL II



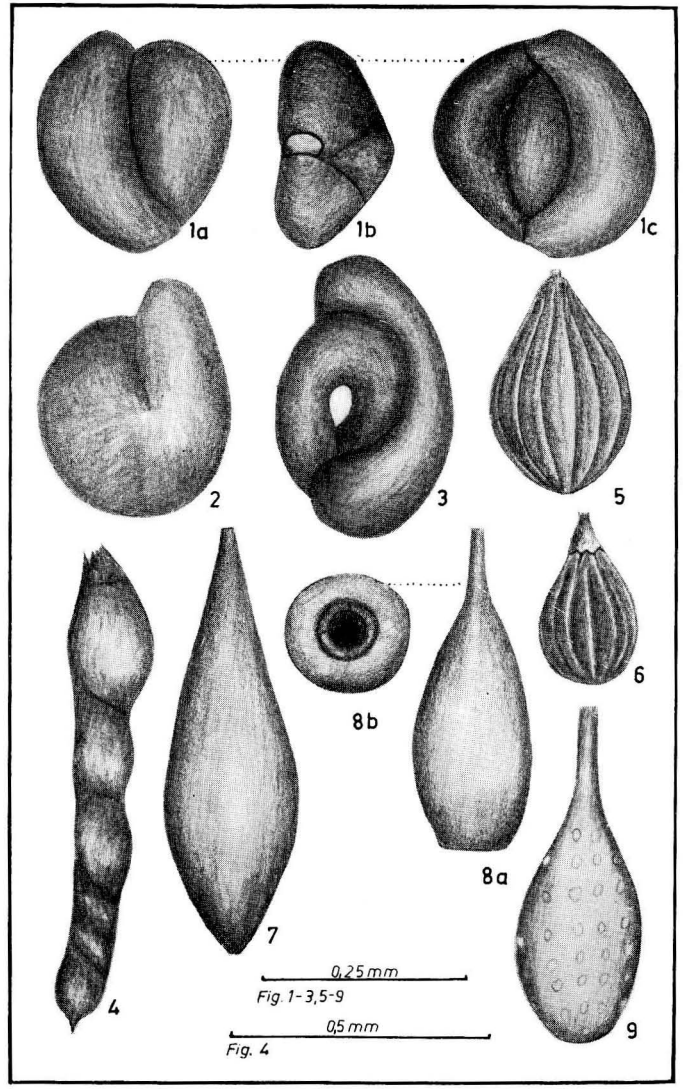
TAFEL III



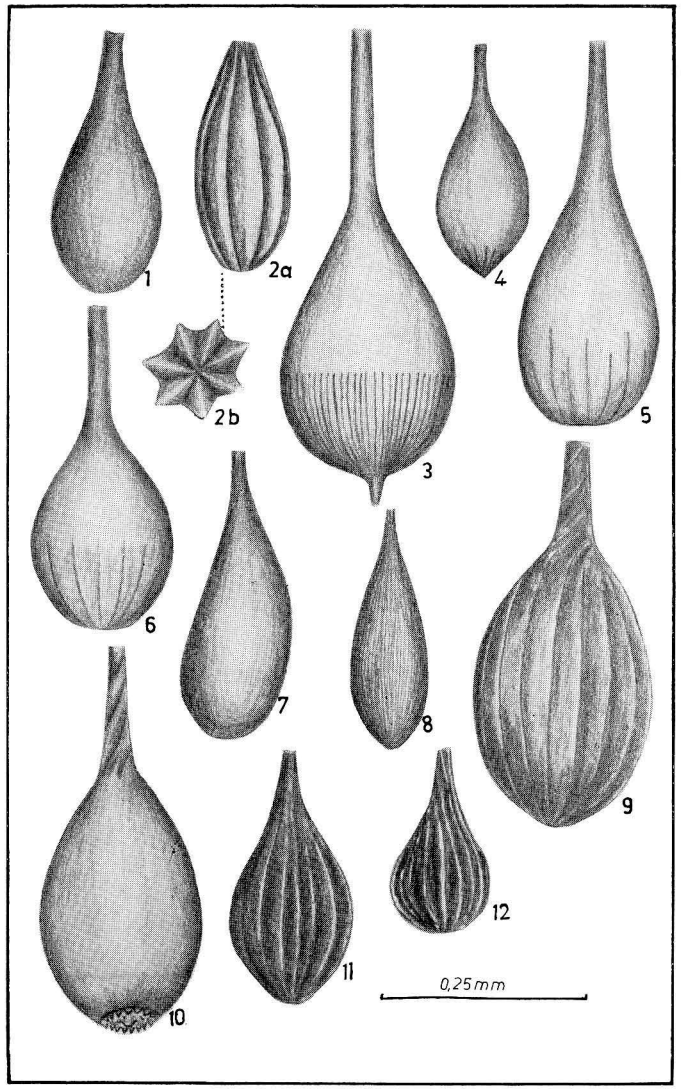
TAFEL IV



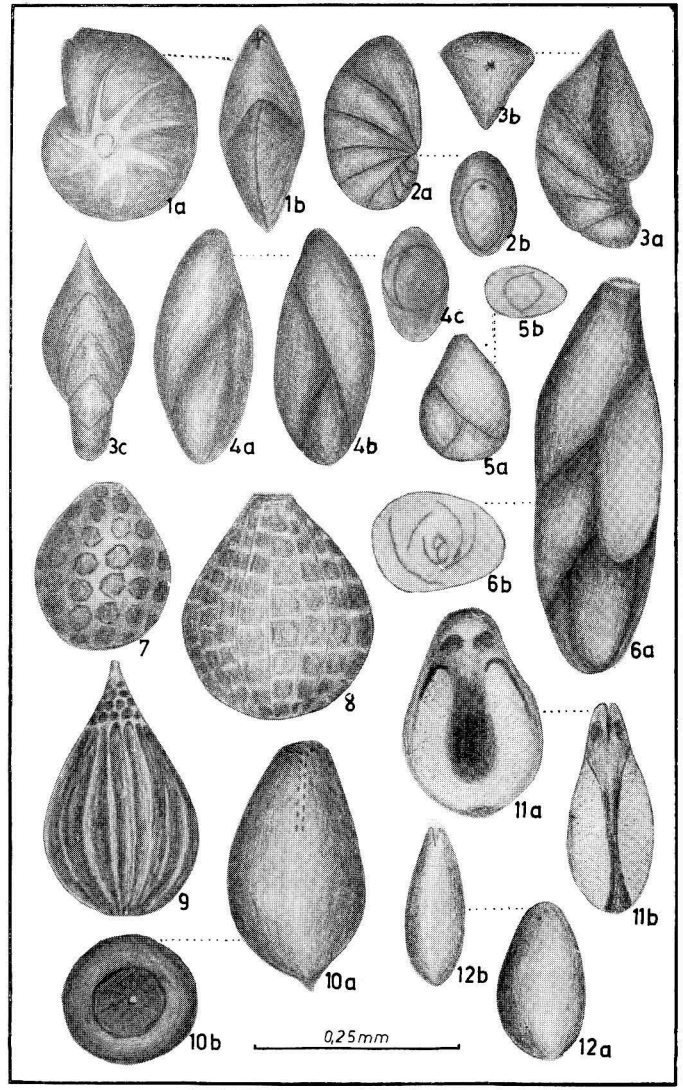
TAFEL V



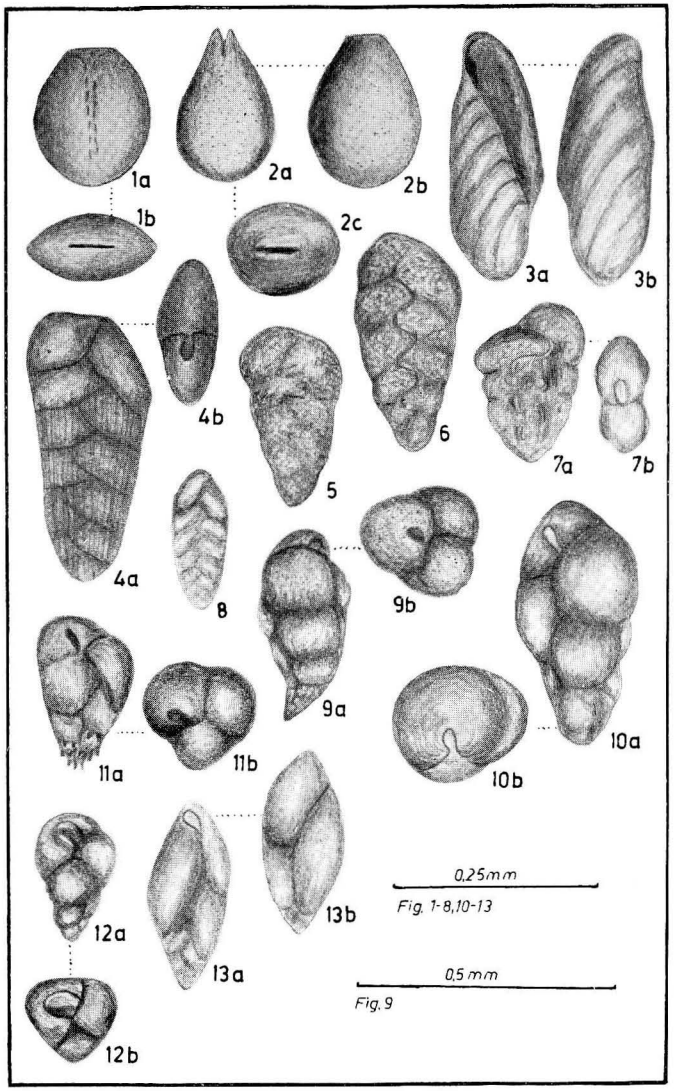
TAFEL VI



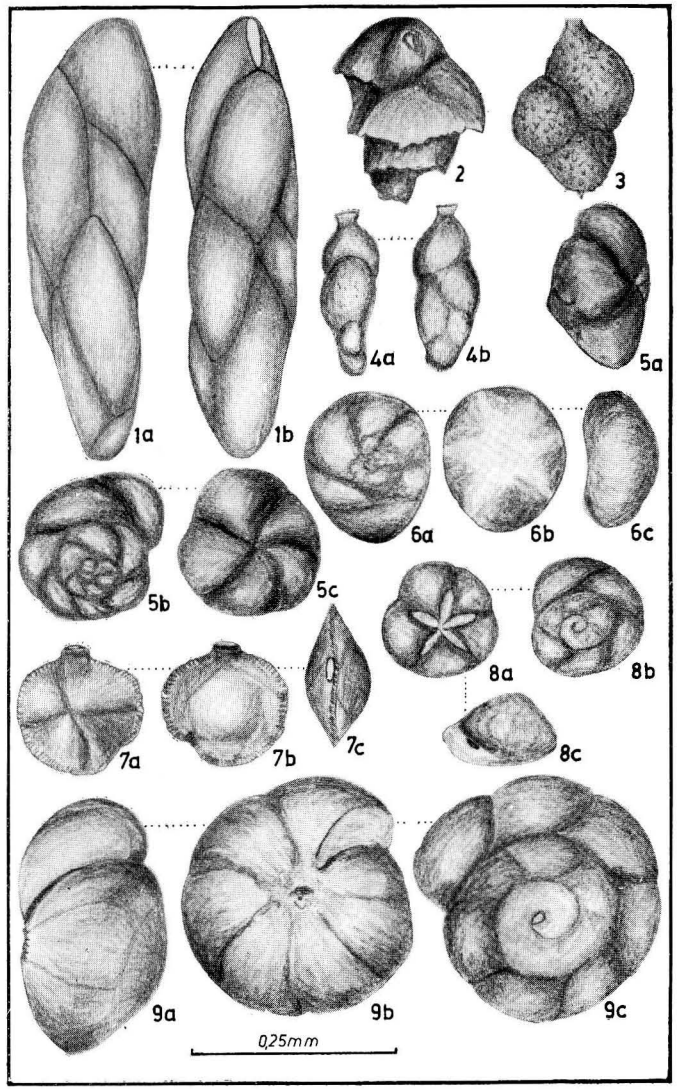
TAFEL VII



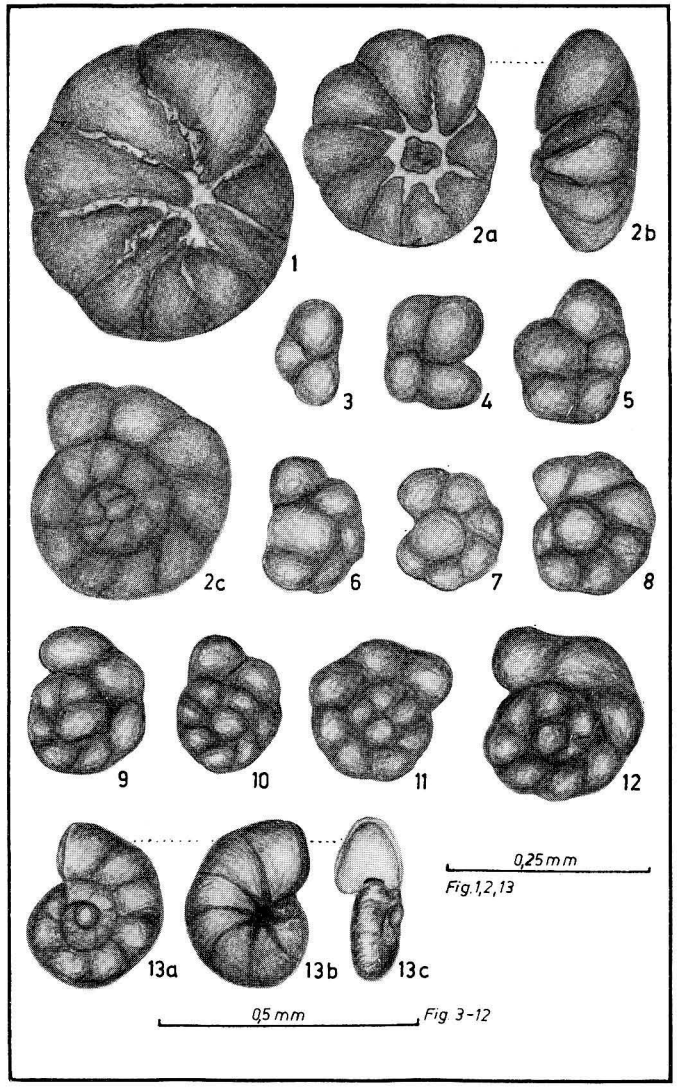
TAFEL VIII



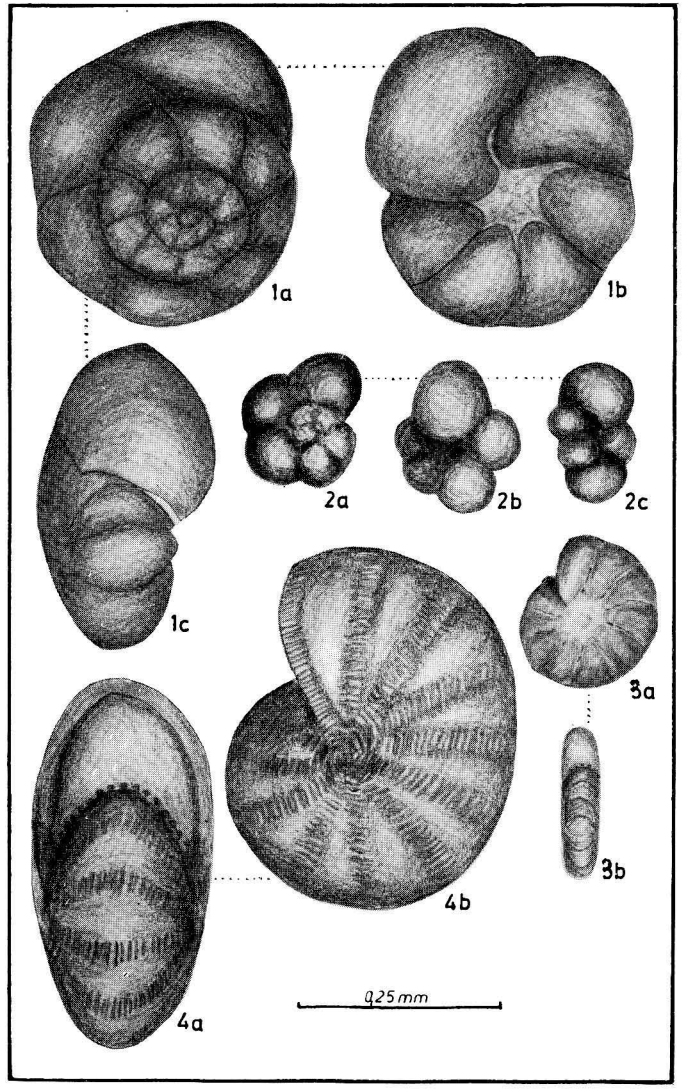
TAFEL IX



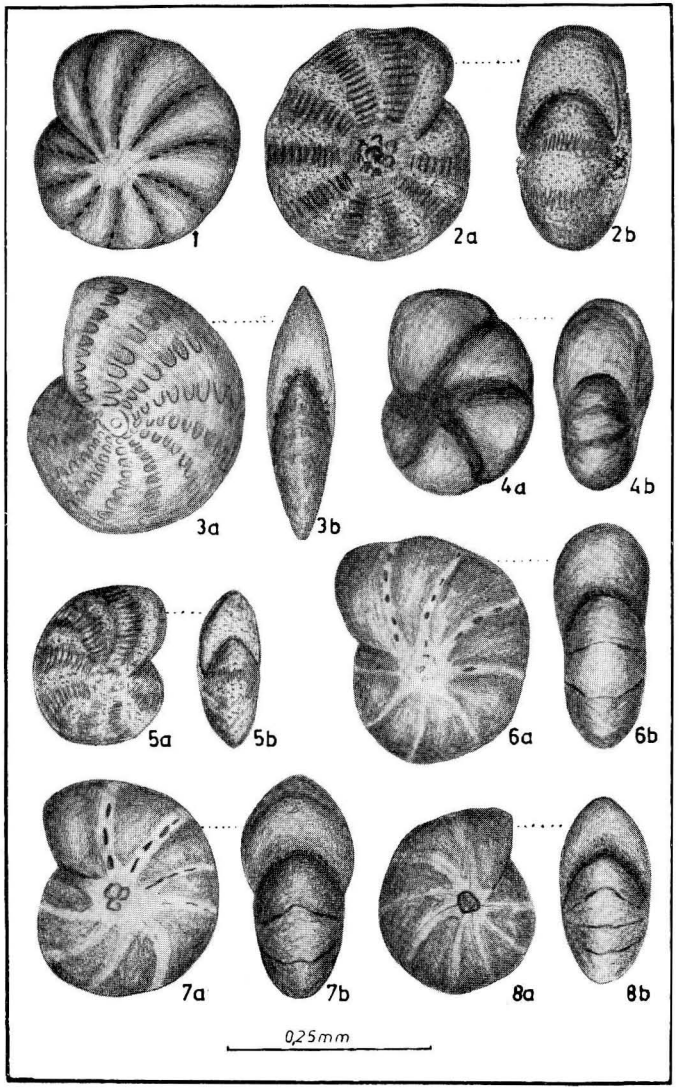
TAFEL X



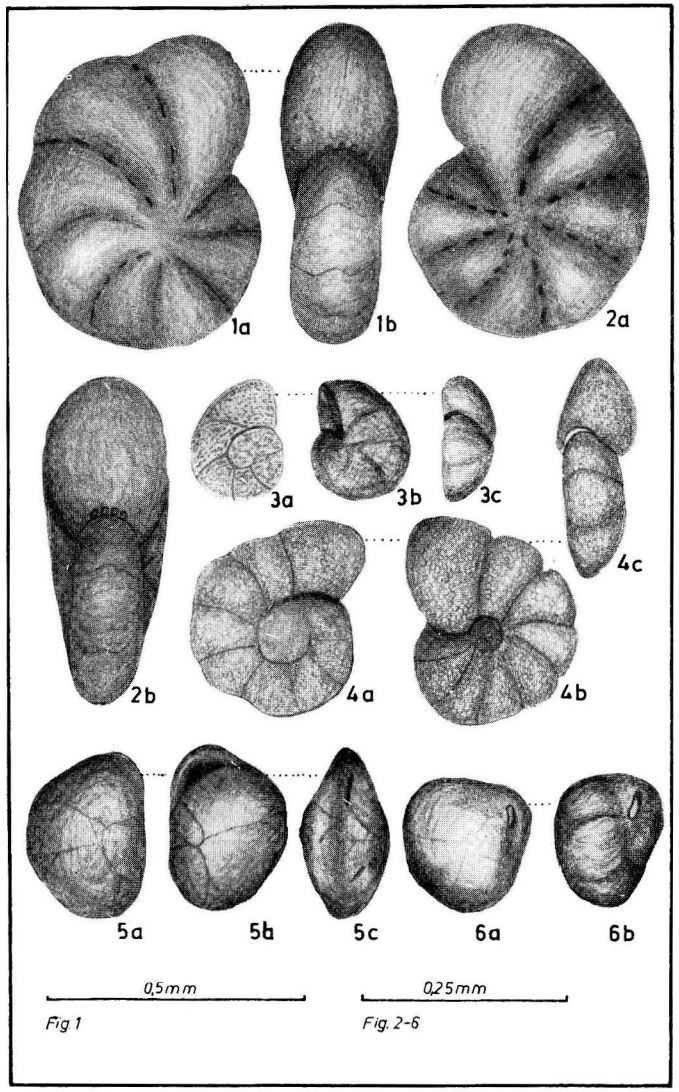
TAFEL XI

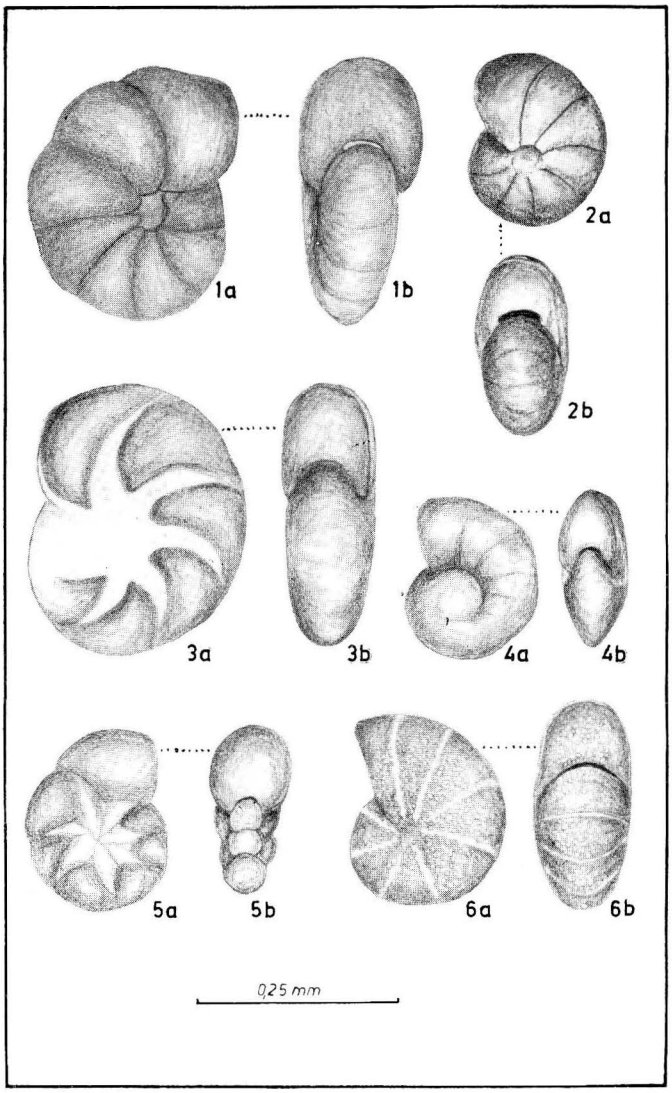


TAFEL XII



TAFEL XIII




1a
1b
2a
2b
3a
3b
4a
4b
5a
5b
6a
6b
0,25 mm

		Proben-Nr.
Fig. 5	*Buccella frigida* (CUSHMAN) emend. ANDERSEN a Mündungsansicht b Spiralansicht c Umbilikalansicht	4404
Fig. 6	*Buccella frigida* subsp. 1 LAFRENZ a Spiralansicht b Umbilikalansicht c Lateralansicht	4404
Fig. 7	*Siphonia reticulata* (CZJZEK) a Umbilikalansicht b Spiralansicht c Mündungsansicht	4405
Fig. 8	*Asterigerina* sp. a Umbilikalansicht b Spiralansicht c Mündungsansicht	4404
Fig. 9	*Ammonia batavus* (HOFKER) a Mündungsansicht b Umbilikalansicht c Spiralansicht	4404

Tafel 10

Fig. 1, 2	*Ammonia beccarii* (LINNÉ) 1, 2c Spiralansicht 2a Umbilikalansicht 2b Mündungsansicht	4538
Fig. 3—12	*Ammonia beccarii* juv. Spiralansicht	4405
Fig. 13	*Ammonia ? perlucides* (HERON-ALLEN & EARLAND)	4541

Tafel 11

Fig. 1	*Ammonia flevensis* (HOFKER) a Spiralansicht b Umbilikalansicht c Mündungsansicht	4532
Fig. 2	*Globigerina bulloides* D'ORBIGNY a Spiralansicht b Umbilikalansicht c Mündungsansicht	4404
Fig. 3	*Elphidium gerthi* VAN VOORTHUYSEN a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 4	*Elphidium excavatum* (TERQUEM) a Mündungsansicht (letzte Kammer ist herausgebrochen) b Lateralansicht	4407

Tafel 12

Fig. 1	*Elphidium gerthi* VAN VOORTHUYSEN Lateralansicht	4541
Fig. 2	*Elphidium gunteri* COLE a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404

		Proben-Nr.
Fig. 3	*Elphidium macellum* (FICHTEL & MOLL) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 4	*Elphidium magellanicum* (HERON-ALLEN & EARLAND) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404
Fig. 5	*Elphidium margaritaceum* (CUSHAM) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404
Fig. 6, 7, 8	*Elphidium selseyense* (HERON-ALLEN & EARLAND) 6a, 7a, 8a Lateralansicht 6b, 7b, 8b Mündungsansicht	4542, 4405

Tafel 13

Fig. 1	*Elphidium incertum* (WILLIAMSON) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 2	*Elphidium* cf. *frigidum* a Lateralansicht b Mündungsansicht	4541
Fig. 3	*Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB) a Spiralansicht b Umbilikalansicht c Mündungsansicht	4406
Fig. 4	*Cibicides tenellus* (REUSS) a Spiralansicht b Umbilikalansicht c Mündungsansicht	4540
Fig. 5, 6	*Cassidulina crassa* D'ORBIGNY 5a, 5b, 6a Lateralansicht 5c, 6b Mündungsansicht	4404

Tafel 14

Fig. 1, 2	*Nonion depressulum* (WALKER & JACOB) 1a, 2a Lateralansicht 1b, 2b Mündungsansicht	4538, 4404
Fig. 3	*Elphidium asklundi* BROTZEN a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404
Fig. 4	*Nonion umbilicatulum* (WALKER & JACOB) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4404
Fig. 5	*Astrononion tumidum* CUSHMAN & EDWARDS a Lateralansicht b Mündungsansicht	4405
Fig. 6	*Melonis zaandami* (VAN VOORTHUYSEN) a Lateralansicht b Mündungsansicht	4540

Fam. Glandulinidae Reuss, 1860

Subfam. Oolininae Loeblich & Tappan, 1961

Gen. ***Oolina*** D'Orbigny, 1839

Oolina hexagona (Williamson, 1848)

Taf. 7, Fig. 7

1848 *Entosolenia squamosa* (Montagu), var. *hexagona* — Williamson, S. 20, Taf. 2, Fig. 23
1953 *Oolina hexagona* (Williamson) — Loeblich & Tappan, S. 69, Taf. 14, Fig. 1, 2

Länge: 0,20 mm
Dicke: 0,18 mm
Material: Probe 4540

Verbreitung und Ökologie: Nordseewatten (van Voorthuysen, 1960; Haake, 1962); belgische Küste, 6,8—46 m (Cushman, 1949); Britische Inseln (Williamson, 1848); nördliches Polarmeer, Küsten von Alaska, Labrador, Baffinbucht, 31,6—142,6 m, Barentssee, 160—190 m (Loeblich & Tappan, 1953; Jarke, 1960); Antarktis, 380 und 385 m (Wiesner, 1931); Postglazial vom Oslofjordgebiet und SW-Schweden (Feyling-Hanssen, 1964; Hessland, 1946).

Oolina melo D'Orbigny, 1839

Taf. 7, Fig. 8

1839 *Oolina melo* — D'Orbigny, S. 20, Taf. 5, Fig. 9
1964 *Oolina melo* D'Orbigny — Feyling-Hanssen, S. 312, Taf. 15, Fig. 6, 7

Länge: 0,28 mm
Dicke: 0,25 mm
Material: Probe 4539

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch; bis 4200 m (Brady, 1884); Nordseewatten (van Voorthuysen, 1960; Haake, 1962); belgische Küste 5,25—30 m (Cushman, 1949); nördliche Polargewässer, Barentssee, 480 m (Jarke, 1960); Nordküste von Alaska, Baffin-Land, Grönland, Labrador, 31,1—146,3 m (Loeblich & Tappan, 1953); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet (Feyling-Hanssen, 1964).

Oolina williamsoni (Alcock, 1865)

Taf. 7, Fig. 8

1865 *Endosolenia williamsoni* — Alcock, Proc. Lit. Philos. Soc., vol. 4, S. 193
1964 *Oolina williamsoni* (Allock) — Feyling-Hanssen, S. 312, Taf. 15, Fig. 8

Gehäuse langgestreckt, einkammerig, basal abgerundet, berippt; Querschnitt rund, Mündungsende ausgezogen mit einem grobpunktierten Muster versehen. Mündung einfach, zentral.

Verbreitung und Ökologie: Küstengewässer der südlichen Nordsee und der Britischen Inseln 0—30 m (Cushman, 1923, 1949; van Voorthuysen, 1960, Haake, 1962).

Oolina sp.

Taf. 7, Fig. 10

Gehäuse eiförmig; basal ein kurzer Dorn; Querschnitt kreisrund, Wand kalkig, durchsichtig, dünn; Mündung einfach mit Endosipho (etwa 1/3 der Gehäuselänge).

Länge: 0,3 mm
Dicke: 0,18 mm
Material: Probe 4536, 4541; Einzelexemplare.
Vorkommen: Die Form ist mit marinen Arten vergesellschaftet.

Fissurina laevigata REUSS, 1850

Taf. 7, Fig. 11, 12

1850 *Fissurina laevigata* — REUSS, S. 366, Taf. 46, Fig. 1

1964 *Fissurina laevigata* REUSS — FEYLING-HANSSEN, S. 314, Taf. 15, Fig. 17, 18

Länge: 0,25 mm

Dicke: 0,175 mm

Dicke/Länge = 1:1,43

Bemerkungen: Die Art *Fissurina laevigata* ist in der Gehäuseform sehr variabel. Es kommen schmale lange bis breite rundliche Exemplare in den Proben vor. Das hufeisenförmige, perforierte Band ist mehr oder weniger deutlich erkennbar, bei einigen Schalen fehlt es jedoch. Es gibt alle Übergänge von durchsichtigen bis zu undurchsichtigen, milchig-trüben Gehäusen.

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch; Flachwasser bis 5700 m (BRADY, 1884); Nordseewatten (HAAKE, 1962); Doggerbank, mittlere und nördliche Nordsee; Norwegen, südlich der Lofoten; Island, 38—44 m (JARKE, 1960); Skagerrak, 196—420 m (LANGE, 1956); Britische Inseln, 0—110 m (HERON-ALLEN & EARLAND, 1916); nordamerikanische Atlantikküste, 18—33 m (CUSHMAN, 1964); nördliche Polargewässer, Barentssee, 160—480 m; Franz-Joseph-Land, 207—222 m; Nowaja Semlja 100—400 m, Alaska, 27,5 m, NE-Grönland, 18—104 m (CUSHMAN, 1948; JARKE, 1960), Postglazial vom Oslofjord-Gebiet (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Fissurina nummiformis (BUCHNER,1940)

Taf. 8, Fig. 1

1940 *Lagena nummiformis* — BUCHNER, S. 457, Taf. 8, Fig. 135—138

1963 *Fissurina nummiformis* (BUCHNER) — LAFRENZ, S. 20, Taf. 1, Fig. 13

Gehäuse fast kreisförmig, abgeplattet, Basis gerundet. Peripherie wird von einem spitzen Winkel gebildet; Querschnitt linsenförmig; Mündung ein Schlitz mit einem Endosipho, der 2/3 der Gehäuselänge ausmacht.

Länge: 0,13 mm

Dicke: 0,10 × 0,08 mm

Verbreitung und Ökologie: Mittelmeer, Golf von Neapel (BUCHNER, 1940); Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Fissurina sacculus (FORNASINI, 1901)

Taf. 8, Fig. 2

1901 *Lagena acuta* (REUSS) var. *sacculus* —FORNASINI, R. Acad. Sci. Int. Bologna, Mem. Sci. Nat. Bologna, Sci. 5, 9, S. 49, Textfig. 3

1960 *Fissurina sacculus* (FORNASINI) — VAN VOORTHUYSEN, S. 248, Taf. 10, Fig. 21

Länge: 0,175 mm

Dicke: 0,125 mm × 0,15 mm

Verbreitung und Ökologie: Watten des Dollart-Ems-Ästuars (VAN VOORTHUYSEN, 1960).

Suprafam. Buliminacea

Fam. Turrilinidae CUSHMAN 1927

Subfam. Turrilininae CUSHMAN, 1927

Gen. ***Bulliminella*** CUSHMAN, 1911

Buliminella elegantissima (D'ORBIGNY, 1839)

Taf. 8, Fig. 3

1839 *Bulimina elegantissima* — D'ORBIGNY, Voyage dans l'Amérique Méridionale Foraminifères, 5, Teil 5, S. 51, Taf. 7, Fig. 13, 14

1962 *Buliminella elegantissima* (D'Orbigny) — Haake, S. 34, Taf. 2, Fig. 1, 2

Länge: 0,26 mm
Dicke: 0,11 mm

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee (van Voorthuysen, 1951, 1960; Haake, 1962); belgische Küste, 5,25—46,8 m (Cushman, 1949); Kattegat, 30 m (Lange, 1956); Gullmarfjord, 8—80 m; Skagerrak, 66—626 m (Höglund, 1947); Britische Inseln, 0—110 m (Heron-Allen & Earland, 1916), nordamerikanische Atlantikküste, Flachwasser bis 90 m (Parker, 1948); Barentssee, unter 50 m (Ščedrina, 1958; Jarke, 1960); Nowaja Semlja; Falklandinseln, 11 m; Ostküste von Australien, 3,6 bis 74 m; Südpazifik, Küsten von Peru bis Kap Horn, 11—1100 m (Brady, 1884); Antarktis, 380 und 385 m (Wiesner, 1931); Postglazial vom Oslofjordgebiet (Feyling-Hanssen, 1964); Holstein- und Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein und Dänemark (Woszidlo, 1962; Lafrenz, 1963; Buch, 1955).

Fam. Bolivinitidae Cushman, 1927

Gen. ***Bolivina*** D'Orbigny, 1839

Bolivina nobilis Hantken, 1875

Taf. 8, Fig. 4

1875 *Bolivina nobilis* — Hantken, Mitteil. Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt, 4, S. 65, Taf. 15, Fig. 4
1922 *Bolivina nobilis* Hantken — Cushman, Bull. 104, Teil 3, S. 37

Länge: 0,33 mm
Dicke: 0,18 mm

Verbreitung und Ökologie: Britische Inseln, Mittelmeer, Arabisches Meer, Indo-Pazifik (Cushman, 1922).

Bolivina pseudoplicata Heron-Allen & Earland, 1930

Taf. 8, Fig. 5, 6, 7

1930 *Bolivina pseudoplicata* — Heron-Allen & Earland, The Foraminifera of the Plymouth district, pt. I — Journ. Roy. Micr. Soc., Ser. 3, **50**, London, S. 81, Taf. 3, Fig. 36—40
1949 *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen & Earland — Cushman, S. 31, Taf. 6, Fig. 11 bis 12
1964 *Bolivina pseudoplicata* Heron-Allen & Earland — Feyling-Hanssen, S. 319

Länge: 0,23 mm
Dicke: 0,12 mm

Gehäuse biserial perforiert, fast zweimal so lang wie breit, abgeflacht, basal gerundet, Suturen deutlich, ± gebogen, eingesenkt, besonders an den jüngsten Kammern; Kammern wenig aufgebläht; einige Exemplare mit angedeuteter Rippe an der Sutur, zwei unterbrochene Rippen auf jeder Gehäuseseite herablaufend; Mündung eine längliche Öffnung senkrecht zur Basis der jüngsten Kammer, oft mit Mündungszahn versehen.

Bemerkungen: Die berippten Exemplare stimmen gut mit den Abbildungen bei Cushman (1949) überein, die anderen Exemplare mit denen bei Haake (1962).

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee (van Voorthuysen, 1960; Haake, 1962); Gullmarfjord, 20—93 m; Skagerrak, 66—700 m; Kattegat, 32 m; belgische Küste, 5,25—46,8 m, häufig (Cushman, 1949); Britische Inseln, nordamerikanische Atlantikküste 11—20 m; häufigste Art der Gattung im flachen Wasser (Cushman, 1944).

Bolivina variabilis (Williamson, 1858)

Taf. 8, Fig. 8

1858 *Textularia variabilis* — Williamson, S. 76, Taf. 6, Fig. 162—163

1960 *Bolivina variabilis* (WILLIAMSON) — VAN COORTHUYSEN, S. 249, Taf. 211, Fig. 8

Länge: 0,17—0,25 mm
Dicke: 0,12—0,15 mm × 0,1 mm

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee, besonders im Schlick, gemeinsam mit *B. pseudoplicata* und *Bulimina elegantissima* (VAN VOORTHUYSEN, 1960; HAAKE, 1962); nordamerikanische Atlantikküste, selten (CUSHMAN, 1944).

Fam. Buliminidae JONES, 1875

Subfam. Bulimininae JONES, 1875

Gen. ***Bulimina*** D'ORBIGNY, 1826

Bulimina elegans D'ORBIGNY, 1826

Taf. 8, Fig. 9

1826 *Bulimina elegans* — D'ORBIGNY, S. 270, Nr. 9
1922 *Bulimina elegans* D'ORBIGNY — CUSHMAN, S. 105

Länge: 0,36 mm
Dicke: 0,21 mm

Verbreitung und Ökologie: Im Nordatlantik und im Pazifik zwischen 20—2980 m (BRADY, 1884); nach CUSHMAN selten im Westatlantik und in den britischen Küstengewässern (CUSHMAN, 1922); Mittelmeer, Rimini.

Bulimina elongata D'ORBIGNY, 1846

Taf. 8, Fig. 10

1846 *Bulimina elongata* D'ORBIGNY — D'ORBIGNY, S. 187, Taf. 11, Fig. 19, 20
1950b *Bulimina elongata* D'ORBIGNY — VAN VOORTHUYSEN, S. 59, Taf. 2, Fig. 6

Länge: 0,31 mm
Dicke: 0,16 mm

Verbreitung und Ökologie: Mittelmeer, Rimini, Rotes Meer, Tansania, belgische Küste, 5,25—39 m, britische Küstengewässer; (CUSHMAN, 1922); Atlantik 1150—2585 m (BRADY, 1884); Holstein-Interglazial von Dänemark und Schleswig-Holstein (BUCH, 1955; WOSZIDLO, 1962).

Bulimina marginata D'ORBIGNY, 1826

Taf. 8, Fig. 11

1826 *Bulimina marginata* — D'ORBIGNY, S. 269, Taf. 12, Fig. 10—12
1826 *Bulimina aculeata* D'ORBIGNY — D'ORBIGNY, S. 69
1947 *Bulimina marginata* D'ORBIGNY — HÖGLUND, S. 227, Taf. 20, Fig. 1, 2

Länge: 0,27 mm
Dicke: 0,18 mm

Bemerkungen: Die Exemplare der untersuchten Proben zeigen Ähnlichkeiten mit denen von D'ORBIGNY (1826, Taf. 12, Fig. 10, 11) und HÖGLUND (1947), der Übergänge zwischen *B. marginata* D'ORBIGNY und *B. aculeata* D'ORBIGNY feststellt.

Verbreitung und Ökologie: Nordsee, Kattegat, Gullmarfjord, Skagerrak, 20—700 m (HÖGLUND, 1947; LANGE, 1956); belgische Küste, 16,5—36 m (CUSHMAN 1949); Hauptform der südlichen Nordsee (JARKE, 1961); Britische Inseln, westliches Schottland, 0—110 m (HERON-ALLEN & EARLAND, 1916); wesentlicher Bestandteil der Flachwasserfauna der europäischen Atlantikküsten bis 3000 m; Südatlantik, Pazifik, Mittelmeer, Rimini (BRADY, 1884); HOFKER, 1951); nordamerikanische Atlantikküste, Golf von Maine bis zum Golf von Mexiko, Flachwasser bis 2000 m (PARKER, 1948, 1954; PHLEGER, 1960); Barentssee, 50—270 m (JARKE, 1960; ŠČEDRINA, 1958); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet (FEYLING-HANSSEN, 1964) und von SW-Schweden (BROTZEN, 1951); Holstein-Interglazial von Dänemark (BUCH, 1955) und Schleswig-Holstein (WOSZIDLO, 1962), Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Bulimina marginata hat ihre Hauptverbreitung in den euhalinen Gewässern des Schelfbereichs und des Kontinentalabhangs mit Temperaturen zwischen 0—25 °C.

Gen. ***Praeglobobulimina*** Hofker, 1951

Praeglobobulimina pupoides (D'Orbigny, 1846)

Taf. 8, Fig. 1, 2

1846 *Bulimina pupoides* — D'Orbigny, S. 185, Taf. 11, Fig. 11—12
1962 *Bulimina pupoides* (D'Orbigny) — Haake, S. 35, Taf. 2, Fig. 4

Länge: 0,22 mm
Dicke: 0,14 mm

Bemerkungen: Die gefundenen Exemplare stimmen gut mit den von Haake (1962), Woszidlo (1962) und van Voorthuysen (1958b) abgebildeten Formen überein. Von *B. ovata* unterscheidet sich die Art durch die kürzeren Kammern.

Hofker (1951) hat diese Art zur Gattung *Praeglobobulimina* wegen der aufgeblähten, nicht völlig überlappten Kammern und der Form der Zahnplatte gestellt.

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee (Haake, 1962); Nordatlantik, bis 1800 m, Indo-Pazifik (Brady, 1884), Holstein-Interglazial Schleswig-Holsteins (Woszidlo, 1962).

Gen. ***Virgulina*** D'Orbigny, 1826

Virgulina fusiformis (Williamson, 1858)

Taf. 8, Fig. 13

1858 *Bulimina pupoides* D'Orbigny var. *fusiformis* — Williamson, S. 63, Taf. 5, Fig. 129 bis 130
1960 *Virgulina fusiformis* (Williamson 1858) — van Voorthuysen, S. 250, Taf. 22, Fig. 13

Länge: 0,225 mm
Dicke: 0,075 mm × 0,1 mm

Bemerkungen: Nach dem System von Loeblich & Tappan (1964) gehören zur Gattung *Virgulina* nur noch Arten mit körniger Wandstruktur. Formen mit radialer Wandstruktur werden zur Gattung *Stainforthia* Hofker 1956 gestellt.

Verbreitung und Ökologie: Gullmarfjord, Skagerrak, Kattegat, in Tiefen zwischen 20—422 m (Höglund, 1947; Lange, 1956).

Virgulina loeblichi Feyling-Hanssen, 1954

Taf. 9, Fig. 1

1884 *Bulimina elegans* D'Orbigny var. *exilis* — Brady, S. 399, Taf. 50, Fig. 5, 6
1953 *Bulimina exilis* Brady — Loeblich & Tappan, S. 110, Taf. 20, Fig.
1954 *Virgulina loeblichi* Feyling-Hanssen — Feyling-Hanssen, S. 191, Taf. 1, Fig. 14—18, Textfig. 3
1964 *Virgulina loeblichi* Feyling-Hanssen — Feyling-Hanssen, S. 308, Taf. 14, Fig. 12 bis 14

Gehäuse lang, fusiform, basal abgerundet, Kammern aufgebläht, je älter, desto weiter von der Basis entfernt; Suturen deutlich, tief eingesenkt; Wand körnig, kalkig, dünn; Mündung eine längliche ovale Öffnung.

Länge: 0,55 mm
Dicke: 0,15 mm

Verbreitung und Ökologie: Nördliche Polargewässer, Küsten von Alaska, Baffin-Land, Grönland, Labrador; Davisstraße, 13—130 m; Küste von New England (Cushman, 1948; Loeblich & Tappan, 1953), Postglazial von Norwegen, Yoldia- und Arca-Ton (Feyling-Hanssen, 1964).

Gen. ***Reussella*** GALLOWAY, 1933

Reussella sp.

Taf. 9, Fig. 2

Gehäuse triserial, pyramidal, basal etwas abgerundet; Querschnitt dreieckig; Suturen deutlich, wenig eingesenkt; Kammern kantig und in Dornen auslaufend; Wand kalkig, perforiert; Mündung tropfenförmig in der jüngsten Kammer.

Länge: 0,24 mm
Dicke: 0,18 mm
Material: Probe 4403, Einzelexemplar

Fam. Uvigerinidae HAECKEL, 1894

Gen. ***Uvigerina*** D'ORBIGNY, 1826

Uvigerina asperula CZJZEK, 1847

Taf. 9, Fig. 3

1847 *Uvigerina asperula* — CZJZEK, Haidinger's Naturw. Abhandl., 2, S. 146, Taf. 13, Fig. 14, 15
1884 *Uvigerina asperula* CZJZEK — BRADY, S. 578, Taf. 75, Fig. 6—8

Gehäuse ellipsenförmig; Kammern stark aufgebläht, kugelförmig; Suturen deutlich, tief eingesenkt; Basis gerundet, in einem kurzen Stachel auslaufend; Wand mit kleinen Dornen besetzt; Mündung einfach, an einem kurzen Hals.

Länge: 0,18 mm
Dicke: 0,15 mm
Material: Probe 4535, 4536 (Einzelexemplare)

Verbreitung und Ökologie: Nord- und Südatlantik, Kerguelen, 68—4300 m, nicht selten (BRADY 1884). Die Einzelexemplare aus Kern 26 sind wahrscheinlich umgelagert.

Uvigerina auberiana D'ORBIGNY, 1839

Taf. 9, Fig. 4

1839 *Uvigerina auberiana* — D'ORBIGNY, S. 106, Taf. 2, Fig. 23, 24
1884 *Uvigerina asperula* var. *auberiana* D'ORBIGNY — BRADY, S. 579, Taf. 75, Fig. 9
1963 *Uvigerina auberiana* D'ORBIGNY — LAFRENZ, S. 21, Taf. 1, Fig. 14

Länge: 0,19 mm
Dicke: 0,8 mm

Verbreitung und Ökologie: Nordatlantik, Golf von Mexiko, Flachwasser bis 1150 m, Südpazifik (BRADY, 1884); Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Discorbidae EHRENBERG, 1838

Subfam. Discorbinae EHRENBERG, 1838

Gen. ***Buccella*** ANDERSEN, 1952

Buccella frigida (CUSHMAN, 1922) emend. ANDERSEN, 1952

Taf. 9, Fig. 5

1922 *Pulvinulina frigida* — CUSHMAN, S. 12, Fig. bei PARKER & JONES, Phil. Trans. **155**, 1865, S. 396, Taf. 14, Fig. 14—15, 17
1963 *Buccella frigida* (CUSHMAN) — LAFRENZ, S. 25, Taf. 2, Fig. 10—14

Dicke: 0,075 mm
Durchmesser: 0,14 mm
Dicke: Durchmesser = 1:1,8

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee, nur leere Schalen (VAN VOORTHUYSEN 1951, 1960; HAAKE, 1962); nördliche Nordsee, norwegische Küste nördlich der Lofoten, Europäisches Nordmeer, 3040 m, Barentssee, 92–480 m (JARKE, 1960); Franz-Joseph-Land, 163 und 165 m; Nowaja Semlja 100–400 m, Ochotskisches Meer, Hudson Bay, 18–36,6 m (CUSHMAN, 1948), Alaska, Baffin-Land, Labrador, NE-Grönland, 12,8–136,8 m (LOEBLICH & TAPPAN, 1953); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet und SW-Schweden (FEYLING-HANSSEN, 1964; BROTZEN, 1951), Holstein-Interglazial von Dänemark (BUCH, 1955) und Schleswig-Holstein (WOSZIDLO, 1962), Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Buccella frigida (CUSHMAN) emend. ANDERSEN subsp. 1

LAFRENZ 1963

Taf. 9, Fig. 6

1963 *Buccella frigida* (CUSHMAN) emend. ANDERSEN subsp. 1 — LAFRENZ, S. 25, Taf. 2, Fig. 15–20

Dicke: 0,09 mm
Durchmesser: 0,18 mm
Dicke : Durchmesser = 1:1,9

Verbreitung und Ökologie: Die Art kommt zusammen mit *Buccella frigida* im Eem Schleswig-Holsteins vor.

Fam. Siphoninidae CUSHMAN, 1927

Gen. ***Siphonina*** REUSS, 1856

Siphonina recticulata (CZJZEK, 1848)

Taf. 9, Fig. 7

1848 *Rotalina reticulata* — CZJZEK, S. 145, Taf. 13, Fig. 7, 8
1931 *Siphonia reticulata* (CZJZEK) — CUSHMAN, S. 68, Taf. 14, Fig. 1a–c

Gehäuse rund, trochoid, bikonvex; Peripherie gekielt; Nabel eng; umbilikal 4 Kammern in der jüngsten Windung, nicht aufgebläht; Suturen deutlich, nicht eingesenkt, wenig lobig; Wand kalkig, perforiert; Mündung ellipsenförmig, mit einer Außenlippe und kurzem Hals dicht ventral an der Peripherie.

Dicke: 0,08 mm
Durchmesser: 0,17 mm

Verbreitung und Ökologie: Britisch-irische Gewässer, Küsten von Belgien 6–28 m, Portugal, Westafrika (CUSHMAN, 1931, 1949).

Fam. Asterigerinidae D'ORBIGNY, 1839

Gen. ***Asterigerina*** D'ORBIGNY, 1839

Asterigerina sp.

Taf. 9, Fig. 8

Gehäuse trochospiral, bikonvex bis plankonvex, Spiralseite immer stark konvex; über 3 Windungen sichtbar; Umbilikalseite mit sternförmigen Sekundärkammern; Wand kalkig, fein perforiert; Rand lobig; Suturen deutlich, eingesenkt, spiral stark nach hinten gerichtet; Mündung auf der Umbilikalseite als längliche Öffnung an der Basis der jüngsten Kammer, oft mit Mündungslippe.

Durchmesser: 0,175 mm
Dicke: 0,1 mm

Bemerkungen: Die Art kommt zusammen mit *Eggerella scabra, Elphidium selseyense, Ammonia batavus* und *Ammonia beccarii* vor.

Suprafam. Rotaliacea EHRENBERG, 1839

Fam. Rotaliidae EHRENBERG, 1839

Subfam. Rotaliinae EHRENBERG, 1839

Gen. ***Ammonia*** BRÜNNICH, 1772

Ammonia batavus (HOFKER, 1951)

Taf. 9, Fig. 9

1951 *Streblus batavus* — HOFKER, S. 498, 500, Fig. 340, 341
1962 *Streblus batavus* HOFKER — HAAKE, S. 52, Taf. 6, Fig. 6—12
1965 *Ammonia beccarii* (LINNAEUS) — LUTZE, S. 95, Taf. 15, Fig. 33

Durchmesser: 0,50—0,25 mm
Dicke: 0,125—0,25 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,0—1,6
Proloculus: 25—60 μ, durchschnittlich 32 μ

Bemerkungen: Die Maße für Durchmesser, Dicke und Proloculus stimmen gut mit denen überein, die HOFKER (1951) für *Streblus batavus* angibt. Die Eemformen von Amersfoort mit 9—12, meist 11 Kammern ohne einen Nabelknopf, bezeichnet VAN VOORTHUYSEN (1958a) als *Streblus beccarii*, als *Streblus batavus* die der heutigen Nordsee mit 8—10, meist 9 Kammern und mit einem sehr starken oder geteilten Nabelknopf. 1960 erwähnt er, daß die Wattformen der Nordsee kleiner sind, 7—10, meist 8 Kammern und häufig einen Nabelknopf besitzen. HAAKE (1962) weist darauf hin, daß eine Trennung der Formen mit und ohne Nabelknopf unmöglich ist. Im Material des Kerns 26 ist der große Nabel zum Teil vollkommen mit körniger Kalksubstanz ausgefüllt. Auf der Spiralseite können auf den Suturen dreieckige Mündungen des Kanalsystems ausgebildet sein.

Verbreitung und Ökologie: Nordsee, Watten und offene See, Temperaturbereich —1,8 bis 24 °C, Salinität 4—34‰; häufiger auf Schlickwatt, mit *Nonion depressulum, Nonion umbilicatulum, Elphidium selseyense, E. excavatum* und in brackischer Umgebung mit *E. gunteri* vergesellschaftet (HAAKE, 1962); Ostsee, Beltsee, Kieler Bucht, Tiefenwasser (ROTTGARDT, 1952; LUTZE, 1965).

Ammonia beccarii (LINNÉ, 1767)

Taf. 10, Fig. 1—12

1767 *Nautilus beccarii* — LINNÉ, Syst. Nat. 12th ed., S. 1162; — 1788 ibid., 13th ed., S. 3370, Nr. 4
1965 *Ammonia beccarii* (LINNÉ) — LUTZE, S. 96, Taf. 15, Fig. 33

Durchmesser: 0,53 mm
Dicke: 0,23 mm
größter Durchmesser: 0,78 mm
Proloculus-Durchmesser über 40 μ
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,30

Bemerkungen: Nach VAN VOORTHUYSEN (1951) hat *Ammonia beccarii* einen Gehäusedurchmesser von 0,75—1,5 mm. Der Proloculusdurchmesser beträgt 40—113 μ, das Durchmesser-Dicken-Verhältnis 3. LUTZE (1965, S. 95) stellt *Ammonia batavus* HOFKER der Nordsee und die Ostseeformen zu dieser Art, da nach HAAKE die meisten zur Artabtrennung herangezogenen Merkmale gleitend ineinander übergehen.

Die Ostseeformen zeigen nach LUTZE engere Beziehungen zu den Nordseeformen als zu denen der Adria. Da im vorliegenden Material beide Formen anhand der beschriebenen Merkmale gut unterschieden werden können, werden sie hier als getrennte Arten behandelt.

Verbreitung und Ökologie: Mediterrane und lusitanische, überwiegend flache Gewässer, ? belgische Küste (CUSHMAN, 1931; 1949).

Ammonia flevensis (HOFKER, 1930)

Taf. 11, Fig. 1

1930 *Rotalia beccarii* var. *flevensis* — HOFKER, S. 756—768
1965 *Ammonia flevensis* (HOFKER) — BRODNIEWICZ, S. 217, Textfig. 34, Taf. 11, Fig. 1, 2

Gehäuse flach rotaloid, Suturen deutlich, tief eingesenkt, stark nach hinten gekrümmt, umbilikal involut, spiral evolut; Peripherie ± lobig; Nabel offen; Kammern aufgebläht; die Umbilikalplatten der Umbilikalseite können diese verschieden gestalten; die Form dieser Plättchen variiert; der Nabel kann von den Umbilikalplättchen fast verschlossen werden; zuweilen kann etwas Kalk angelagert sein; 6—9 Kammern im jüngsten Umgang; Mündung ein Schlitz an der umbilikalen Basis der jüngsten Kammer, der sich bis zum Nabel hinzieht.

Durchmesser: 0,30 mm
Dicke: 0,12 mm

Verbreitung und Ökologie: Zuidersee, in meso- bis pliohaliner Umgebung, Holozän von Czolpino, Polen (HOFKER, 1930; BRODNIEWICZ, 1965).

Ammonia ? perlucida (HERON-ALLEN & EARLAND, 1913)

Taf. 10, Fig. 13

1913 *Rotalia perlucida* — HERON-ALLEN & EARLAND, S. 139; Taf. 13, Fig. 7—9
1962 *Streblus ? perlucidus* (HERON-ALLEN & EARLAND) — WOSZIDLO, Meyniana, **12**, S. 78, Taf. 3, Fig. 21, 22

Durchmesser: 0,24 mm
Dicke: 0,09 mm

Verbreitung und Ökologie: Britische Inseln, Kerimba-Inseln, Pazifik, Antarktis (CUSHMAN, 1931); Pleistozän der Niederlande (VAN VOORTHUYSEN, 1950a, b); Holstein-Interglazial von Dänemark (BUCH, 1955) und Schleswig-Holstein (WOSZIDLO).

Fam. Globigerinidae CARPENTER, PARKER & JONES, 1862

Subfam. Globigerininae CARPENTER, PARKER & JONES, 1862

Gen. ***Globigerina*** D'ORBIGNY, 1826

Globigerina bulloides D'ORBIGNY, 1826

Taf. 11, Fig. 2

1826 *Globigerina bulloides* — D'ORBIGNY, S. 277
1960 *Globigerina bulloides* D'ORBIGNY — HOFKER, S. 257, Fig. 153—156

Dicke: 0,1 mm
Durchmesser: 0,18 mm

Bemerkungen: Da *G. bulloides* sehr empfindlich gegen Salzgehaltsschwankungen ist, erreichen nur selten lebende Tiere die zentralen Teile der mittleren und südlichen Nordsee (JARKE, 1961). Die gefundenen Exemplare sind wahrscheinlich aus dem offenen Ozean eingedriftet oder aus der Kreide umgelagert.

Verbreitung und Ökologie: Kosmopolitisch; nur in der nördlichen Nordsee häufiger, besonders im Fladengrund und bei den Orkney- und Shetland-Inseln, gegen Kälte empfindlich (JARKE, 1961).

Fam. Elphidiidae GALLOWAY, 1935

Subfam. Elphidiinae GALLOWAY, 1935

Gen. ***Elphidium*** MONTFORT, 1808

Elphidium asklundi BROTZEN, 1946

Taf. 14, Fig. 3

1946 *Elphidium* (*Elphidiella*) *asklundi* — BROTZEN in HESSLAND, S. 268, Abb. 109, Fig. 1
1958a *Nonion depressulus* (WALKER & JACOB) f. *asterotuberculatus* — VAN VOORTHUYSEN, S. 28, Taf. 23, Fig. 3a, b
1963 *Nonion pauciloculum* CUSHMAN subsp. *albiumbilicatum* WEISS — LAFRENZ, S. 22, Taf. 1, Fig. 19–22
1965 *Cribrononion asklundi* (BROTZEN) — LUTZE, S. 104, Taf. 15, Fig. 42

Durchmesser: 0,31 mm
Dicke: 0,13 mm
Durchmesser : Dicke = 2,5 : 1

Bemerkungen: VAN VOORTHUYSEN (1958a) weist darauf hin, daß die von ROTTGARDT (1952) als *Elphidium* (*Elphidiella*) *asklundi* beschriebene Art mit *E. depressulus*, f. *asterotuberculatus* identisch ist und nur in der Größe und in der Kammerzahl etwas abweicht. LUTZE (1965) hebt die hohe Variabilität dieser Art hervor.

Verbreitung und Ökologie: Ostsee, auf Schwellen, die in die salzarme Oberflächenwasserschicht hineinragen (ROTTGARDT, 1952, BRODNIEWICZ, 1965; LUTZE, 1965); Watten der südlichen Nordsee (VAN VOORTHUYSEN, 1960; HAAKE, 1962); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet und von SW-Schweden (FEYLING-HANSSEN, 1964; BROTZEN, 1951); Holstein-Interglazial von Dänemark und Schleswig-Holstein (BUCH, 1955; WOSZIDLO, 1962); Eem-Interglazial der Niederlande und von Schleswig-Holstein (VAN VOORTHUYSEN, 1958; LAFRENZ, 1963).

Elphidium excavatum (TERQUEM, 1875)

Taf. 11, Fig. 4

1875 *Polystomella excavata* — TERQUEM, 25, Taf. 2, Fig. 2
1963 *Elphidium excavatum* (TERQUEM) — LAFRENZ, S. 28

Dicke: 0,16 mm
Durchmesser: 0,034 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,1

Bemerkungen: Die Form der Gehäuse und die Ausbildung der Suturen kann bei dieser Art erheblich variieren. CUSHMAN (1930) erwähnt kleine Kalkknötchen im Bereich des Nabels, die HAAKE (1962) als Überlagerung von Septalbrücken in der Nabelregion deutet. Im Material von der Doggerbank können durch derartige Überlagerungen Nabelknöpfe vorgetäuscht werden. Die Ausbildung der Suturalbrücken schwankt zwischen schmalen, langgestreckten und breiten, kürzeren Formen, die auf dem Externrand stets vorhanden sind. Nabel und Suturen sind vereinzelt mit Kalkmaterial belegt. Die Suturen sind gerade bis leicht rückwärts gebogen und können gerade oder keilförmig nach hinten gezogen über den Externrand verlaufen, wobei alle Übergänge vorkommen. Das Durchmesser-Dicken-Verhältnis variiert ebenfalls. Kielbildungen fehlen, der Externrand ist stets gerundet.

Verbreitung und Ökologie: Eine der häufigsten Wattformen der Randmeere des Nordatlantik; Ostsee, Kieler Bucht, Oberflächenwasser (LUTZE, 1965); Nordsee, Maximalverbreitung im Bereich der Hochwasserlinie der Watten, besonders auf Feinsand (VAN VOORTHUYSEN, 1951, 1960; HAAKE, 1962; G. RICHTER, 1964); Küsten von Belgien und Frankreich, Britische Inseln, südliche Nordsee, Island-Schelf, Schottland–Island-Schwelle, Barentssee, bis 275 m (CUSHMAN, 1931; JARKE, 1960); Skagerrak, 90–422 m (LANGE, 1956); nordamerikanische Atlantikküste nördlich Cape Cod, 18–33 m (CUSHMAN, 1944); Pleistozän der Niederlande, Nordwestdeutschlands und Dänemarks (VAN VOORTHUYSEN, 1950b; BUCH, 1955; WOSZIDLO, 1962); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet, SW-Schweden und Czolpino, Polen (FEYLING-HANSSEN, 1964; BROTZEN, 1951; HESSLAND, 1943; BRODNIEWICZ, 1965).

E. excavatum erträgt Schwankungen des Salzgehalts von 4 bis 39‰ und der Temperatur von 0 bis 25 °C.

Elphidium gerthi VAN VOORTHUYSEN, 1958
Taf. 11, Fig. 3, Taf. 12, Fig. 1

1958 *Elphidium gerthi* — VAN VOORTHUYSEN, S. 32, Taf. 23, Fig. 12
1963 *Elphidium gerthi* VAN VOORTHUYSEN — LAFRENZ, S. 28, Taf. 3, Fig. 5, 6

Dicke: 0,11 mm
Durchmesser: 0,31 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,5

Bemerkungen: *E. gerthi* unterscheidet sich von *E.* sp. 1 HAAKE (1962) durch Ausbildung eines Nabelknopfes.

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee, selten (VAN VOORTHUYSEN, 1951, 1960; HAAKE, 1962); Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Elphidium gunteri COLE, 1931
Taf. 12, Fig. 2

1931 *Elphidium gunteri* — COLE, The Pliocene and Pleistocene Foraminifera of Florida. — Florida State Geol. Surv. Bull. 6, Tallabssee, S. 34, Taf. 4, Fig. 9, 10
1963 *Elphidium gunteri* COLE — LAFRENZ, S. 29, Taf. 3, Fig. 7, 8

Dicke: 0,14 mm
Durchmesser: 0,26 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 1,9

Verbreitung und Ökologie: Eine der häufigsten Wattarten der südlichen Nordsee, besonders im Uferschlick mit hohem organischen Anteil und geringem Salzgehalt (VAN VOORTHUYSEN, 1951, 1960; HAAKE, 1962); nordamerikanische Atlantikküste, Flachwasser (CUSHMAN, 1939, 1944).

Elphidium kozlowskii BRODNIEWICZ, 1965

1965 *Elphidium kozlowskii* — BRODNIEWICZ, S. 205, Text-Fig. 29, Taf. 7, Fig. 4, Taf. 9, Fig. 1—6

Durchmesser: 0,23 mm
Dicke: 0,12 mm
Durchschnittliche Kammerzahl der letzten Windung: 9
Material: (Ostsee) Pr. 3898—3904

Bemerkungen: Die gefundenen Exemplare stimmen gut mit denen von BRODNIEWICZ (1965) überein. In einigen Bodengreifer-Proben an der südlichen Ostsee, die zur Untersuchung der Mikrofauna vom Institut für Meereskunde zur Verfügung gestellt wurden, fand sich zum Teil sehr häufig diese Art.

Verbreitung und Ökologie: BRODNIEWICZ (1965) fand diese Art in der südlichen Ostsee in Tiefen bis zu 182 m bei einer Salinität bis zu 19‰. Das vorliegende Material stammt aus dem Landsort-Tief (454 bis 464 m), dem Norrköping-Tief (200—208 m) und dem Farö-Tief (196 m).

Elphidium macellum (FICHTEL & MOLL, 1798)
Taf. 12, Fig. 3

1798 *Nautilus macellus* FICHTEL & MOLL, Testacea microscopica, S. 66, var. β, Taf. 10, Fig. h—k
1963 *Elphidium macellum* (FICHTEL & MOLL) — LAFRENZ, S. 30

Beschreibung: Gehäuse planspiral, involut, linsenförmig abgeplattet. Rand glatt, Peripherie stark zugespitzt; 12 Kammern im letzten Umgang; Suturen sehr deutlich, stark nach hinten gebogen; Wand kalkig, fein perforiert; Suturalbrücken nehmen über die Hälfte einer Kammerhöhe ein; Mündung eine Porenreihe an der Basis der jüngsten Kammer.

Dicke: 0,07 mm
Durchmesser: 0,19 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,7

Verbreitung und Ökologie: Mittelmeer, Adria, Indo-Pazifik, Strandsand von Karatschi, belgische Küstengewässer, 6—46,8 m, selten (CUSHMAN, 1939, 1949); schottische Westküste, 0—110 m (HERON-ALLEN & EARLAND, 1916); an den südlichen Nordseeküsten nur kleine leere Schalen (VAN VOORTHUYSEN, 1960); Postglazial vom Oslofjordgebiet und SW-Schweden (FEYLING-HANSSEN, 1964); HESSLAND, 1946); Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963.)

Elphidium magellanicum HERON-ALLEN & EARLAND, 1932

Taf. 12, Fig. 4

1932 *Elphidium* (*Polystomella*) *magellanicum* — HERON-ALLEN & EARLAND, S. 440, Taf. 16, Fig. 26—28
1963 *Elphidium magellanicum* HERON-ALLEN & EARLAND — LAFRENZ, S. 30, Taf. 3, Fig. 14 bis 16

Dicke: 0,10 mm
Durchmesser: 0,26 mm
Durchmesser : Dicke = 2,6 : 1

Bemerkungen: *E. magellanicum* unterscheidet sich von *Elphidium asklundi* BROTZEN durch eine geringere Kammerzahl, lobigen Rand, fast gerade Suturen und starke Höhen- und Breitenzunahme der Kammern.

Die meisten Exemplare stimmen mit den von LAFRENZ (1963) abgebildeten Formen gut, mit denen von CUSHMAN (1939) nur wenig überein.

Verbreitung und Ökologie: Magellanstraße, 23 und 28 m (HERON-ALLEN & EARLAND, 1932); Watten von Langeoog, einzelne leere Schalen (HAAKE, 1962).

Elphidium margaritaceum (CUSHMAN 1930)

Taf. 12, Fig. 5

1930 *Elphidium advenum* (CUSHMAN) var. *margaritaceum* — CUSHMAN, S. 25, Taf. 10; Fig. 3
1960 *Elphidium margaritaceum* (CUSHMAN) — VAN VOORTHUYSEN, S. 256

Dicke: 0,08 mm
Durchmesser: 0,24 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 3

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee (VAN VOORTHUYSEN, 1951, 1960; HAAKE, 1962); nordamerikanische Atlantikküste, Flachwasser (CUSHMAN, 1930, 1939, 1944); Holstein-Interglazial und Eem-Interglazial von Nordwestdeutschland (WOSZIDLO, 1962; LAFRENZ, 1963).

Elphidium selseyense (HERON-ALLEN & EARLAND 1911)

Taf. 12, Fig. 6, 7, 8

1911 *Polystomella striatopunctata* (FICHTEL & MOLL) var. *selseyensis* — HERON-ALLEN & EARLAND, S. 448, Abb. in: Roy. Micr. Soc. Journ. 1909: Taf. 21, Fig. 2
1930 *Elphidium incertum* (WILLIAMSON) var. *clavatum* CUSHMAN — CUSHMAN, S. 20, Taf. 7, Fig. 10
1962 *Elphidium selseyense* (HERON-ALLEN & EARLAND) — HAAKE, S. 49, Taf. 5, Fig. 12—15, Taf. 6, Fig. 1—5

Dicke: 0,125 mm
Durchmesser: 0,27 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,1

Bemerkungen: Die Formen aus dem Stechrohrkern der Doggerbank zeigen, wie bei HAAKE (1962) beschrieben, eine große Variabilität. Eine Trennung von *E. clavatum* und *E. selseyense* ist nicht möglich, da in der Ausbildung der Nabel- und Suturmerkmale alle Übergänge vorkommen.

LUTZE (1965, S. 97) unterscheidet in seinem Ostseematerial

a) Oberflächenwasserformen (Nabelfeld mit granuliertem Kalk oder Kalkknoten, Durchmesser-Dicken-Index 4 bis 5),
b) Tiefwasserformen (meist ohne Nabelfeld, Kammern im letzten Umgang bis tief in die Nabelregion reichend, häufig kein Nabelknopf, Septalnischen dichter und regelmäßiger als bei den Oberflächenwasserformen, Durchmesser–Dicken-Index 5 bis 6).

Im vorliegenden Material schwankt der Durchmesser-Dicken-Index zwischen etwa 3 bis nahezu 7. Formen mit einem Durchmesser–Dicken-Index zwischen 3,7 bis 6,7 haben meist einen deutlich ausgebildeten Nabelknopf, z. T. sind Nabel und Suturen mit Kalkmaterial belegt. Bei Exemplaren mit einem Durchmesser–Dicken-Index zwischen 2,9 bis 5 fehlt oft der Nabelknopf, meist sind Nabel und Suturen mit Kalkmaterial besetzt. Eine sichere Unterscheidung von Oberflächenwasser- und Tiefwasserformen wie bei LUTZE ist nicht möglich.

Verbreitung und Ökologie: Ostsee (BRODNIEWICZ, 1965; LUTZE, 1965); Nordsee, häufig in den Watten, Skagerrak, 30–324 m (VAN VOORTHUYSEN, 1960; HAAKE, 1962; LANGE, 1956); nordamerikanische Atlantikküste (CUSHMAN, 1930, 1944); nördliche Polargewässer, Barentssee, 50–480 m, Alaska, Baffin-Land, Island, Grönland, Labrador, 3,2–223 m (JARKE, 1960; ŠČEDRINA, 1958; CUSHMAN, 1948; LOEBLICH & TAPPAN, 1953); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet und SW-Schweden (FEYLING-HANSSEN, 1964; BROTZEN, 1951; HESSLAND, 1946); Pleistozän der Niederlande, Dänemarks und Nordwestdeutschlands (VAN VOORTHUYSEN, 1950, 1958; BUCH, 1955; WOSZIDLO, 1962; LAFRENZ, 1963).

Durchmesser (D) (Pars)	Dicke (Di)	Di × 10 : D	Durchmesser (D) (Pars)	Dicke (Di)	Di × 10 : D
13	5	3,8	8	4	5
13	4,5	3,5	9	4	4,4
13	5	3,8	9,5	5	5,3
13,5	5	3,3	9	6	6,6
14	4	2,9	10	5	5
14	6	4,3	10	5	5
13	4	3,1	10	4	4
13	5	3,8	9	6	6,7
11	5	4,5	11	5	4,5
12	6	5	8	4	5
12	5	4,1	9	4	4,4
12	6	5	11	4	3,7
13	5	3,8	9,5	5	5,3
14	4	2,9	10	4,5	4,5
14,5	4	2,7	10	4	4
Meistens ohne Nabelknopf			Oft mit Nabelknopf		

Elphidium incertum (WILLIAMSON, 1858)

Taf. 13, Fig. 1

1858 *Polystomella umbilicatula* (WALKER) var. *incerta* — WILLIAMSON, S. 44, Taf. 3, Fig. 82a
1966 *Elphidium incertum* (WILLIAMSON) — BUZAS, Taf. 72, Fig. 1–6

Durchmesser: 0,53 mm
Dicke: 0,19 mm
Durchmesser : Dicke = 2,73 : 1

Bemerkungen: Im Material von der Doggerbank kommen überwiegend flache Formen vor, die gut mit den von BUZAS (1966) abgebildeten Exemplaren übereinstimmen. Sie zeigen eine erhebliche Variabilität in der Höhe der jüngsten Kammern und damit im Gehäuseumriß sowie in der Form der Suturalöffnungen, die als Poren oder lange Schlitze ausgebildet sein können.

Verbreitung und Ökologie: Ostsee; im Bereich kalten, salzreichen Wassers, 38—137 m (ROTTGARDT, 1952; BRODNIEWICZ, 1965; LUTZE, 1965); Skagerrak, 30—422 m (LANGE, 1956); belgische Küste, 9 bis 21,75 m (CUSHMAN, 1949); Barentssee, 50—200 m (ŠČEDRINA, 1958); Postglazial von SW-Schweden (HESSLAND, 1946); Holstein- und Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (WOSZIDLO, 1962,; LAFRENZ 1963). Die Art ist in borealen Gewässern mit Temperaturen zwischen 0 bis 14 °C und einer Salinität von 12 bis über 30‰ verbreitet.

Elphidium cf. *frigidum*

Taf. 13, Fig. 2

Gehäuse planspiral, involut, bikonvex; Rand glatt, nur die jüngsten Kammern etwas lobig; Kammern rasch an Höhe zunehmend; Kammerzahl im jüngsten Umbang 7 bis 8, meist 8; Wand kalkig, perforiert; radialstrahlig, Suturen deutlich eingesenkt, nach hinten gebogen und bogig über den Rand verlaufend; Mündung eine Porenreihe an der Basis der jüngsten Kammer.

Durchmesser: 0,32 mm
Dicke: 0,11 mm

Bemerkungen: Während die Suturen von *Elphidium frigidum* im allgemeinen mit 10 Septalporen besetzt sind, die über den Externrand reichen, hat diese Form nur 5 Septalöffnungen, die auf dem Externrand fehlen.

E. cf. *frigidum* ist mit Arten des Brachy- und Euhalinikums vergesellschaftet.

Fam. Cibicidae CUSHMAN, 1927

Subfam. Cibicidinae CUSHMAN, 1927

Gen. ***Cibicides*** MONTFORT, 1808

Cibicides lobatulus (WALKER & JACOB, 1798)

Taf. 13, Fig. 3

1798 *Nautilus lobatulus* — WALKER & JACOB, Adam's Essays, Kanmacher's Edition, S. 642, Taf. 14, Fig. 36
1962 *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB) — HAAKE, S. 44, Taf. 4, Fig. 7—9

Durchmesser: 0,15 mm
Dicke: 0,06 mm

Verbreitung und Ökologie: Watten der südlichen Nordsee (VAN VOORTHUYSEN, 1951, 1960; HAAKE, 1962); belgische Küste, 5,25—46,8 m (CUSHMAN, 1949); häufig in der mittleren Nordsee und östlich der Orkney- und Shetlandinseln (JARKE, 1960); Britische Inseln, 0—110 m (HERON-ALLEN & EARLAND, 1916); Skagerrak, 30—422 m (LANGE, 1956); nordamerikanische Atlantikküste, in sandiger Flachwasserfazies (CUSHMAN, 1944); nördliche Polargewässer, 13—480 m (CUSHMAN, 1948; JARKE, 1961); Mittelmeer (HOFKER, 1960); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet und SW-Schweden (FEYLING-HANSSEN, 1964; BROTZEN, 1951); Pleistozän der Niederlande und Nordwestdeutschlands (VAN VOORTHUYSEN, 1958a; WOSZIDLO, 1962; LAFRENZ, 1963).

Cibicides tenellus (REUSS, 1865)

Taf. 13, Fig. 4

1865 *Truncatulina tenella* REUSS, S. 477, Taf. 5, Fig. 6
1958 *Cibicides tenellus* (REUSS) — BATJES, S. 151, Taf. 9, Fig. 3—4

Durchmesser: 0,25 mm
Dicke: 0,11 mm

Verbreitung und Ökologie: BATJES (1958) beschreibt diese Form aus dem Oligozän der Niederlande HAAKE (1962) fand einige leere Schalen im Watt der Deutschen Nordsee. Die Formen aus dem Kern 26 sind wahrscheinlich umgelagert.

Suprafam. Cassidulinacea D'ORBIGNY, 1839

Fam. Cassidulinidae D'ORBIGNY, 1839

Gen. ***Cassidulina*** D'ORBIGNY, 1826

Cassidulina crassa D'ORBIGNY, 1839

Taf. 13, Fig. 5, 6

1839 *Cassidulina crassa* — D'ORBIGNY, S. 56, Taf. 7, Fig. 18—20
1958 *Cassidulina crassa* D'ORLIGNY — NØRVANG, S. 36, Fig. 20—25, Taf. 8, 9

Dicke: 0,06 mm
Durchmesser: 0,13 mm

Verbreitung und Ökologie: Skagerrak, 152—324 m, zentrale nördliche Nordsee unterhalb 100 m (LANGE, 1956; JARKE, 1960); Gullmarfjord, 45 m (HÖGLUND, 1947); nördliche Polargewässer, 13—400 m (CUSHMAN, 1948; JARKE, 1961); südliche Polargewässer, 380, 385 m (WIESNER, 1931); Postglazial vom Oslofjord-Gebiet und SW-Schweden (FEYLING-HANSSEN, 1964; BROTZEN, 1951; HESSLAND, 1946); Pleistozän von Dänemark (BUCH, 1955). Die Art hat ihre Hauptverbreitung in polaren Gewässern mit einer Salinität von über 32‰ und Temperaturen zwischen 0 bis etwa 10 °C.

Fam. Nonionidae SCHULTZE, 1854

Subfam. Nonioninae SCHULTZE, 1854

Gen. ***Nonion*** MONTFORT, 1808

Nonion depressulum (WALKER & JACOB, 1798)

Taf. 14, Fig. 1, 2

1798 *Nautilus depressulus* — WALKER & JACOB, Adam's Essays, Kanmacher's Edition, London, S. 641, Taf. 14, Fig. 33
1963 *Nonion depressulum* (WALKER & JACOB) — LAFRENZ, S. 21, Taf. 1, Fig. 17, 18

Dicke: 0,11 mm
Durchmesser: 0,26 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,4

Verbreitung und Ökologie: Häufigste Art der Watten der südlichen Nordsee, besonders auf Mischwatten (VAN VOORTHUYSEN 1960; HAAKE, 1962); belgische Küstengewässer (CUSHMAN, 1949); Britische Inseln, 0—110 m (HERON-ALLEN & EARLAND, 1916); südliche Nordsee (JARKE, 1961), Altpleistozän der Niederlande (VAN VOORTHUYSEN 1950b); Holstein-Interglazial von Dänemark und Schleswig-Holstein (BUCH, 1955; WOSZIDLO, 1962; Eem-Interglazial der Niederlande und von Schleswig-Holstein (VAN VOORTHUYSEN, 1958a; LAFRENZ, 1963).

Nonion depressulum ist eine Flachwasserart der gemäßigten Breiten, sie erträgt Salzgehaltsschwankungen zwischen 4 und 32‰ und Temperaturen zwischen −1,8 und etwa 25 °C.

Nonion umbilicatulum (WALKER & JACOB, 1798 emend. MONTAGU, 1803)

Taf. 14, Fig. 4

1798 *Nautilus umbilacatulus* — WALKER & JACOB, Adam's Essays, Kanmacher's Edition, London, S. 641, Taf. 14, Fig. 34
1962 *Nonion umbilicatulum* (WALKER & JACOB) — HAAKE, Meyniana, 12, S. 41, Taf. 3, Fig. 3, 4

Dicke: 0,21 mm
Durchmesser: 0,08 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 2,7

Bemerkungen: *Nonion umbilicatulum* unterscheidet sich von *N. depressulum* durch die größere Kammerzahl, das größere Durchmesser-Dicken-Verhältnis und den oft ausgebildeten Nabelknopf.

Verbreitung und Ökologie: Nordseewatten, mit *Nonion depressulum* vergesellschaftet, besonders auf Mischwatt (HAAKE, 1962; VAN VOORTHUYSEN, 1960); Eem-Interglazial von Schleswig-Holstein (LAFRENZ, 1963).

Gen. ***Astrononion*** CUSHMAN & EDWARDS, 1937

Astrononion tumidum CUSHMAN & EDWARDS, 1937

Taf. 14, Fig. 5

1937 *Astrononion tumidum* — CUSHMAN & EDWARDS — CUSHMAN Lab. Foram. Research Contr., **13**, S. 33, Taf. 3, Fig. 17

1964 *Astrononion tumidum* CUSHMAN & EDWARDS — FEYLING-HANSSEN, S. 333, Taf. 18, Fig. 3

Gehäuse planspiral, involut, abgeplattet; Peripherie breit gerundet; lobig; 6—7 Kammern im jüngsten Umgang; rasch an Größe zunehmend; Suturen deutlich, eingesenkt nach hinten gebogen; Wand kalkig, feinperforiert; über den Kammersuturen liegen beiderseits rhombische Komplementärkämmerchen, die sich sternförmig mit dem Zentrum über dem Nabel zusammensetzen. Mündung ein Schlitz an der Basis der jüngsten Kammer.

Durchmesser: 0,2 mm
Dicke: 0,05 mm
Dicke : Durchmesser = 1 : 4

Verbreitung und Ökologie: Nördliche Polargewässer, Südatlantik, 625 bis 765 m (CUSHMAN, 1939); Postglazial des Oslofjord-Gebietes (FEYLING-HANSSEN, 1964).

Fam. Anomalinidae CUSHMAN, 1927

Subfam. Anomalininae CUSHMAN, 1927

Gen. ***Melonis*** MONTFORT, 1808

Melonis zaandami (VAN VOORTHUYSEN, 1952)

Taf. 14. Fig. 6

1952 *Anomalinoides barleeanum* (WILLIAMSON) var. *zaandamae* — VAN VOORTHUYSEN, S. 681

1964 *Melonis zaandami* (VAN VOORTHUYSEN) — LOEBLICH & TAPPAN, S. 763, Fig. 627, 2, 3

Gehäuse planspiral, involut, abgeplattet; Rand glatt; 8 Kammern im jüngsten Umgang; Wand körnig-kalkig, grob perforiert; Suturen deutlich, nicht eingesenkt, etwas verdickt; Nabel wenig ausgehöhlt; Mündung ein schmaler Schlitz an der Basis der jüngsten Kammer.

Durchmesser: 0,25 mm
Dicke: 0,13 mm

Verbreitung und Ökologie: Nördliche Nordsee, Schottland–Island-Schwelle, Ostgrönlandschelf, Davisstraße, 127—750 m; Barentssee, 280—400 m (JARKE, 1960, 1961; ŠČEDRINA, 1958); Skagerrak, 135—548 m (LANGE, 1956); Britische Inseln (CUSHMAN, 1959); nördliche Polargewässer, 3—201,2 m (CUSHMAN, 1948,; LOEBLICH & TAPPAN 1953); Postglazial des Oslofjord-Gebietes und von SW-Schweden FEYLING-HANSSEN, 1964; HESSLAND, 1946); Pleistozän der Niederlande und Dänemarks (VAN VOORTHUYSEN, 1950b, BUCH, 1955).

2.3. Umgelagerte Formen

Quartäre Sedimente enthalten oft aus der Kreide und dem Tertiär umgelagerte Foraminiferen. Häufig erkennt man sie bereits am Erhaltungszustand oder an der Färbung. Allochthone Formen sind im allgemeinen korrodiert, die Arten aus dem Tertiär haben meist eine glänzende Oberfläche und im allgemeinen eine bräunliche Farbe. Die aus der Kreide um-

gelagerten Foraminiferen sind in der Regel undurchsichtig-milchig und an den in den Suturen haftenden Kreidepartikeln erkennbar. Unter Berücksichtigung der Arbeiten von Brotzen (1936, 1948), Batjes (1958) sowie Staesche & Hiltermann (1940) wurden aus dem Material des Kerns 26 insgesamt 40 Formen als umgelagert angesprochen, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen wird.

3. Ökologischer Teil

3.1. Allgemeines

Die qualitative und quantitative Zusammensetzung einer rezenten Foraminiferen-Fauna ist abhängig von den herrschenden Umweltbedingungen. Umgekehrt lassen sich aus der Zusammensetzung einer fossilen Foraminiferen-Vergesellschaftung Rückschlüsse auf klimatische, hydrographische und geographische Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung ziehen, wenn die ökologischen Ansprüche der erhaltenen Arten bekannt sind. Einer Rekonstruktion früherer Lebensräume durch eine ökologische Analyse einer überlieferten Fauna stehen jedoch im allgemeinen zwei Schwierigkeiten entgegen.

a) Die Zusammensetzung einer Fauna wird häufig nach ihrem Absterben durch Vernichtung leich zerstörbarer und Zuführung allochthoner Formen sekundär qualitativ und quantitativ verändert: die Biozönose wandelt sich in eine Thanatozönose um. Wenn die Fremdanteile einer Fossilgemeinschaft nicht berücksichtigt werden, kann die Rekonstruktion der Umweltverhältnisse verzerrt oder gar mit groben Fehlern behaftet sein.

b) Die ökologischen Ansprüche einer Art können sich im Laufe der Zeit ändern. Eine Übertragung ihrer rezenten Valenz auf fossile Formen der gleichen Art kann zu Fehlschlüssen in der Rekonstruktion eines früheren Lebensraumes führen.

Zu a) Sieht man von den aus der Kreide und dem Tertiär umgelagerten Formen ab, die nach den bei 2.3. beschriebenen Gesichtspunkten von den quartären Formen getrennt wurden, so muß für die Foraminiferen-Vergesellschaftungen der Proben 4530 bis 4543 aus folgenden Gründen eine autochthone Thanatozönose angenommen werden:

α) Bei den häufigeren Arten (z. B. *Ammonia beccarii*) kommen alle Altersstufen und Größen vor.

β) Im Material sind zahlreiche guterhaltene dünnschalige Formen (z. B. *Virgulina fusiformis*' *Buliminella elegantissima*, *Fissurina* sp., *Lagena* sp.) enthalten, die bei längerem Transport oder Umlagerung Korrosionserscheinungen zeigen müßten.

γ) In der vertikalen Verbreitung nimmt die Individuenzahl der einzelnen Arten im allgemeinen kontinuierlich zu oder ab, wobei vikarierende Arten (z. B. *Ammonia flevensis* — *Ammonia beccarii*) eine gegenläufige Tendenz zeigen.

Dagegen ist der obere Kernabschnitt offenbar umgelagert (Probe 4544 bis 4549). Die Individuenzahl schwankt alternierend bei allen Arten in den gleichen Proben. Ein Wechsel der hydrographischen Bedingungen hätte ein Vikarieren von Arten mit unterschiedlichen Umweltansprüchen zur Folge haben müssen.

Zu b) Die Möglichkeit einer fehlerhaften Rekonstruktion der Umweltbedingungen wird am einfachsten dadurch ausgeschlossen, daß man nicht nur wenige Arten, sondern die gesamte autochthone Fauna zur Beurteilung heranzieht. Aus dem Verhalten der rezent als stenök geltenden Formen im Profil erkennt man, daß sich die ökologischen Valenzen der einzelnen im Kern vorkommenden Formen nicht geändert haben.

3.2. Bedeutung der Umweltfaktoren für die Verbreitung der Foraminiferen

Die Verbreitung der Foraminiferen wird durch eine Anzahl als System wirkender Umweltfaktoren bestimmt, von denen Temperatur, Salzgehalt, Sediment, Wassertiefe, Sauerstoffgehalt, Nahrungsangebot, Spurenelemente in ihrer Bedeutung allgemein erkannt, deren Wirkungsweise im einzelnen jedoch noch nicht gänzlich geklärt ist. Änderungen eines dieser Faktoren bis zur Überschreitung des für eine bestimmte Art spezifischen Toleranzbereiches verursachen eine Verschiebung der Verbreitungsgrenze dieser Art, wobei sich nach der Toleranzregel (SHELFORD) die Rangordnung in der Wertigkeit der Faktoren ändern kann.

Im folgenden soll auf den Einfluß der Temperatur, des Salzgehalts, der Wassertiefe und des Sediments etwas näher eingegangen werden, soweit für die Charakterisierung der zur Rekonstruktion des Lebensraumes wichtigen Arten erforderlich, deren Toleranzbereiche aus ihrer rezenten Verbreitung mit den im Verbreitungsgebiet herrschenden hydrographischen Bedingungen ermittelt wurde (vgl. KOCH, 1952; SCHOTT, 1951).

3.2.1. Temperatur

Die Temperatur hat für die Verbreitung der Foraminiferen wie für die der meisten anderen Organismen eine entscheidende Bedeutung. In welcher Form sie die Verbreitung der Foraminiferen kontrolliert, ist nicht sicher. Deutet man die Temperaturabhängigkeit durch Anpassung an die in einem bestimmten Biotop herrschenden Intervalle zwischen den Minima und Maxima, so ergibt sich eine Erklärung für die Beschränkung stenothermer Arten auf tropische und Polarmeere sowie auf ozeanische Tiefengewässer.

STEPHENSON (1947, in HEDGPETH, 1957) stellte folgendes System zur Klassifizierung der Temperaturen nach geographischen, hydrographischen und biologischen Gesichtspunkten auf:

hocharktisch	−1,9 bis etwa 2 °C
subarktisch	−1,9 bis 10 °C
kalt gemäßigt	0 bis 25 °C
gemäßigt	0 bis 25 °C
warm gemäßigt	über 10 bis 25 °C
subtropisch-tropisch	etwa 15 bis 30 °C.

Nach Ansicht der Verfasser eignet sich für die Charakterisierung der Temperaturanpassung der meisten Foraminiferen-Arten diese Klassifikation besser als das System von VAUGHAN (1940, vgl. auch POKORNÝ, 1958, I, S. 123). Dem Temperaturintervall zwischen 5 und 10 °C, der subpolaren Zone bei VAUGHAN (1940) sind offenbar nur wenige Arten angepaßt. Die Erweiterung dieser Zone auf den arktischen Bereich bis −1,9 °C und eine weitere Untergliederung der gemäßigten Temperaturzone in einen kalt gemäßigten, gemäßigten und warm gemäßigten Abschnitt entspricht eher den natürlichen Bedingungen.

Von den wichtigsten, im Kern 26 gefundenen Arten kommen im Bereich der einzelnen Temperaturzonen vor:

1. hocharktische Temperaturzone
   - *Cassidulina crassa*
   - *Buccella frigida*
   - *Elphidium selseyense*
   - *Cibidices lobatulus*
   - ?*Reophax dentaliniformis*
2. subarktische Temperaturzone
   - *Cassidulina crassa*
   - *Buccella frigida*
   - *Elphidium selseyense*
   - *Cibicides lobatulus*
   - *Reophax dentaliniformis*
   - *Elphidium incertum*
   - ?*Eggerella scabra*

3. kalt gemäßigte Temperaturzone

Elphidium selseyense
Elphidium incertum
Elphidium asklundi
Nonion depressulum
Ammonia batavus
Elphidium excavatum
Reophax dentaliniformis
Eggerella scabra
Bulimina marginata
Cibicides lobatulus
?*Cassidulina crassa*
?*Buccella frigida*

4. gemäßigte Temperaturzone

Elphidium selseyense
Elphidium asklundi
Elphidium excavatum
Ammonia batavus
Ammonia flevensis
Elphidium gunteri
Nonion depressulum
Nonion umbilicatulum
Rheophax dentaliniformis
Eggerella scabra
Lenticulina rotulata
?*Ammonia beccarii*
?*Ammonia perlucida*

5. warm gemäßigte Temperaturzone

Elphidium macellum
Elphidium margaritaceum
Ammonia beccarii
Ammonia ? perlucida
Elphidium selseyense
Elphidium excavatum
Nonion depressulum
Bulimina marginata
Cibicides lobatulus
Lenticulina rotulata

Im gesamten Profil überwiegen bereits seit Beginn der Transgression die Formen der gemäßigten Temperaturzonen. Mit *Cassidulina crassa* und *Buccella frigida* sind lediglich zwei Arten der arktisch-subarktischen Temperaturzone im mittleren Abschnitt des Kerns ab Probe 4535 bis 4541 bzw. 4430 in größerer Anzahl, in den hangenden Proben jedoch nur noch sporadisch vertreten. Bemerkenswert ist, daß in dem gleichen Profilabschnitt, nämlich in den Proben 4540 bis 4542 bzw. 4541 mit *Lenticulina rotulata* und *Elphidium macellum, E. margaritaceum* drei Arten enthalten sind, deren Hauptverbreitung in der warm gemäßigten Temperaturzone liegt.

Klimaänderungen sind als Erklärung für diese Erscheinung sicher auszuschließen. Die Ursachen hierfür dürften eher in einem Wechsel der hydrograpgischen Bedingungen zu suchen sein. In diesem Profilabschnitt sind neben euryhalinen Arten zahlreiche Formen des Euhalinikums vertreten (siehe unter 3.2.2. Salzgehalt). Führt man die Zunahme des Salzgehalts auf eine Vertiefung des Meeres zurück, so ergibt sich auch die Erklärung für das Einwandern der subarktischen Formen. Das gleichzeitige vereinzelte Erscheinen von Arten der warm gemäßigten Temperaturzone kann durch Verdriftung von Jugendstadien erklärt werden, die jedoch im Ablagerungsgebiet keine zahlenmäßig stärkeren Populationen gründen konnten, weil sie sich bereits im Pejusgebiet befanden.

3.2.2. Salinität

Neben der Temperatur gehört die Salinität zu den entscheidenden, die Verbreitung der Foraminiferen bestimmenden Faktoren. Während der größte Teil der Foraminiferen-Arten marin lebt, sind nur wenige Formen an das Brackwasser angepaßt, in dem durch physiologische und ökologische Besonderheiten (Artenminimum, Brackwasserreduktion, Brackwassersubmergenz, Salzgehaltsschichtung) die Existenzbedingungen erschwert sind. Jedoch sind die Brackwasser-Arten von besonderem Interesse, weil sie im Profil das Einsetzen transgressiver oder regressiver Tendenzen erkennen lassen bzw. Rückschlüsse auf die geographischen Verhältnisse (z. B. Küstenverlauf) zur Zeit der Ablagerung gestatten.

Nachstehend sind die wichtigsten Arten nach ihren Ansprüchen an den Salzgehalt der Klassifikation der natürlichen Brackwässer von HILTERMANN (1966) zugeordnet. Es ist zu berücksichtigen, daß wegen des Zusammenwirkens der ökologischen Faktoren als System die Grenzwerte bis zu 5‰ (REMANE, 1958) schwanken können.

miohalines Brackwasser: etwa 3 bis 5‰

Elphidium gunteri
Elphidium asklundi
Ammonia flevensis
Ammonia batavus
Nonion depressulum

mesohalines Brackwasser: etwa 5 bis 10‰

Elphidium gunteri
Elphidium asklundi
Elphidium excavatum
Ammonia flevensis
Ammonia batavus
Nonion depressulum

pliohalines Brackwasser: etwa 10 bis 18‰

Elphidium excavatum
Elphidium asklundi
Elphidium selseyense
Elphidium gerthi
Ammonia flevensis
Ammonia batavus
Ammonia beccarii
Nonion deperessulum
Nonion umbilicatulum
Reophax dentaliniformis

brachyhalines Meerwasser: etwa 18 bis 30‰

Elphidium excavatum
Elphidium incertum
Elphidium selseyense
Elphidium asklundi
Ammonia batavus
Ammonia beccarii
Nonion depressulum
Nonion umbilicatulum
Quinqueloculina seminula
Buliminella elegantissima
Eggerella scabra
Reophax dentaliniformis

euhalines Meerwasser: etwa 30 bis 40‰

Elphidium incertum
Elphidium selseyense
Ammonia batavus
Ammonia beccarii
Buccella frigida
Bulimina marginata
Bulimina elegans
Bulimina elongata
Buliminella elegantissima
Quinqueloculina seminula
Cassidulina crassa
Dentalina communis
Eggerella scabra
Reophax dentaliniformis
Virgulina fusiformis
Bolivina pseudoplicata

Aus der Änderung der Foraminiferen-Vergesellschaftungen im Profil lassen sich folgende Rückschlüsse für die Entwicklung der Salinität ziehen:

Der Transgressionskontakt ist durch das Einsetzen von Formen des miohalinen Brackwassers, *Ammonia flevensis*, *Elphidium gunteri*, *E. asklundi* und *Nonion depressulum* gekennzeichnet. Bis zur Probe 4533 haben sich die hydrographischen Bedingungen offenbar nicht wesentlich geändert. Die Salinität dürfte bis dahin noch unter 10‰ betragen haben.

In Probe 4534 setzen, wenn auch nur mit jeweils wenigen Exemplaren, sechs neue Arten ein, von denen *Bolivina pseudoplicata*, *Cassidulina crassa* und *Buliminella elegantissima* ihre Hauptverbreitung im Bereich des Brachy- bzw. Euhalinikums haben. Die Salinität muß weiter angestiegen sein und scheint das Pejusgebiet der genannten Arten erreicht zu haben. In den folgenden beiden Proben (4535, 4536) treten weitere 16 neue überwiegend brachyhaline und vollmarine Arten ebenfalls nur in einzelnen Exemplaren auf, während die Brackwasserformen immer noch mit hoher Individuenzahl den Profilabschnitt beherrschen.

In den Proben 4537 bis 4542 nimmt nun auch die Individuenzahl der Arten des Euhalinikums (Bolivinitidae, Buliminidae, *Cassidulina crassa*) zu, die Artenzahl erreicht in Probe 4541 mit 59 Formen ein Maximum. Obwohl die brackischen Formen noch immer mit hohen Anteilen an der Gesamtfauna vertreten sind, müssen für diesen Profilabschnitt (III) bereits euhaline Bedingungen angenommen werden.

Die hangenden Proben (4543 bis 4549) sind gekennzeichnet durch eine fast schlagartige Abnahme einiger Brackwasserarten (*Elphidium gunteri, Ammonia flevensis, Elphidium excavatum, Elphidium gerthi*) und ein starkes Schwanken der Individuenzahl, von dem alle Arten in jeweils denselben Proben betroffen werden. Einige marine Formen, die im liegenden Profilabschnitt nur spärlich vorkommen oder fehlten, sind mit z. T. volkreichen Populationen vertreten (*Eggerella scabra, Virgulina fusiformis, Reophax dentaliniformis, Asterigerina* sp.). Die Salinität dieses Abschnitts ist im wesentlichen der rezenten im Gebiet der Doggerbank gleichzusetzen (etwa 35‰).

3.2.3. Wassertiefe

Die Tiefenabhängigkeit der meisten Foraminiferen-Arten läßt sich durch Korrelation mit der Temperatur bzw. dem Salzgehalt erklären. Ob der tiefenabhängige hydrostatische Druck als limitierender Faktor wirkt, ist bisher nicht mit Sicherheit nachgewiesen (vgl. Loeblich & Tappan, 1964, S. C 127).

Alle im Kern 26 vorkommenden Formen haben ihre Hauptverbreitung im Bereich des europäischen Schelfs und kommen rezent in der Nordsee vor. Die Brackwasserformen in den Proben 4530 bis 45 und das Vorkommen von *Ammonia batavus, A. beccarii, Nonion depressulum* sowie *N. umbilicatulum* fast durch das gesamte Profil sprechen dafür, daß die maximale Wassertiefe von der heutigen nicht sehr verschieden ist.

3.2.4. Sediment

Der Einfluß des Sedimentes ist für die Verbreitung der meisten Foraminiferen-Arten von untergeordneter Bedeutung. Nach van Voorthuysen (1960), Jarke (1961) und Haake (1962) bevorzugen folgende Arten einen höheren Sandanteil am Sediment:

Quinqueloculina seminula
Buccella frigida
Elphidium excavatum
Cibicides lobatulus
Cassidulina crassa

Elphidium gunteri findet seine besten Lebensbedingungen im Uferschlick mit hohem organischen Anteil (van Voorthuysen, 1960; Haake, 1962). *Ammonia beccarii* und *Eggerella scabra* sind auf Boden mit höheren Staubanteil etwas häufiger (Pratje, 1931 in Rottgardt, 1952). Im allgemeinen sind die Besiedlungsdichte und die Artenzahl im Sandwatt geringer als im Schlick- und Mischwatt. Lutze (1965) konnte in der südlichen Ostsee keine Abhängigkeit der Foraminiferen-Verbreitung vom Sediment feststellen.

Im Kern nimmt die Korngröße 0,1 mm von Probe 4533 bis 4544 sehr rasch zu (vgl. Schlämmrückstandskurve Abb. 3). In diesem Teil des Profils geht die Individuenzahl in den gröberen Sedimenten (Proben 4539, 4542, 4544) jeweils zurück. Dagegen fallen im oberen Profilabschnitt (ab Probe 4403) die individuenreichen Proben jeweils mit den Rückstandsmaxima zusammen. Ob das Wachsen der Individuenzahl von *Eggerella scabra* mit der Zunahme der Korngröße zusammenhängt, ist nicht nachweisbar.

4. Deutung des Kernprofils anhand der Foraminiferen-Fauna

Die marine Entwicklung setzt über dem Basistorf ein. Durch vier Sukzessionsstadien läßt sich das Profil in vier Abschnitte untergliedern:

	Salinität
I. Proben 4530 bis 4534	mio- bis mesohalin
Ammonia flevensis	
Elphidium gunteri	
Elphidium asklundi	
untergeordnet *Nonion depressulum*	
II. Proben Nr. 4535 bis 4536	plio- bis brachyhalin
Ammonia flevensis	
Ammonia beccarii	
Elphidium selseyense	
Elphidium gunteri	
Buccella frigida subsp. 1	
Cassidulina crassa	
Nonion depressulum	
Bolivina pseudoplicata	
III. Proben 4537 bis 4542	(brachy- bis) euhalin
Ammonia flevensis	
Ammonia batavus	
Ammonia beccarii	
Elphidium selseyense	
Elphidium asklundi	
Elphidium gunteri	
Elphidium excavatum	
Elphidium gerthi	
Elphidium megellanicum	
Elphidium incertum	
Buccella frigida subsp. 1	
Cassidulina crassa	
Bulimina elegans	
Bulimina elongata	
Bulimina marginata	
Bolivina nobilis	
Bolivina pseudoplicata	
Buliminella elegantissima	
Nonion depressulum	
Nonion umbilicatulum	
Quinqueloculina seminula	
Virgulina fusiformis	
Virgulina loeblichi	
IV. Proben 4543 bis 4549	euhalin
Ammonia beccarii	
Ammonia batavus	
Elphidium selseyense	
Eggerella scabra	
Asterigerina sp.	
Nonion umbilicatulum	
Buliminella elegantissima	
Bulimina marginata	
Praeglobobulimina pupoides	

Die Sukzessionsstadien sind das Ergebnis einer offenbar stufenweise erfolgten Änderung der hydrographischen Bedingungen, deren Ursache in einem relativen Meeresspiegelanstieg und damit verbundener Erhöhung der Salinität, Verschiebung der Küstenlinie und Verringerung der Temperaturschwankungen zu suchen ist. Das Arten- und Individuenmaximum des Sukzessionsstadiums III spricht für optimale Lebensbedingungen der Foraminiferen, bewirkt durch eine hinreichende Vertiefung und Aussalzung des Meeres.

Der Profilabschnitt IV ist durch rhythmische Sedimentation (vgl. Schlammrückstandskurve Abb. 3) und eine rhythmische Schwankung der Individuenzahl fast aller Foraminiferen-Arten gekennzeichnet. Ausgehend von den rezenten Sedimentationsbedingungen im Gebiet der Doggerbank ergibt sich die Erklärung für diese Erscheinung: der Fundpunkt gerät in den Bereich der Wandersand-Fazies (JARKE, 1961, S. 35), in der durch Meeres- und Gezeitenströme sowie durch Wellenbewegung eine ständige Umlagerung des Sedimentes erfolgt. Gegenüber dem durch ruhigere Sedimentationsbedingungen gekennzeichneten Profilabschnitt III scheint der Profilabschnitt IV in flacherem Wasser abgelagert worden zu sein. Die Ursachen dafür könnten in tektonischen, wahrscheinlich epirogenen Bewegungen zu suchen sein, wie sie von DECHEND (1954, 1957) für das Holozän des Nordseegebietes nachgewiesen werden.

5. Vergleich der Foraminiferen-Fauna des Kerns 26 mit anderen quartären Foraminiferen-Faunen des Nord- und Ostseegebietes

Im Kern 26 kommen die Leitformen der Holstein- und Eem-Warmzeit Nordwestdeutschlands nicht vor (Holstein-Warmzeit: *Elphidium subarcticum* CUSHMAN; Eem-Warmzeit: *Elphidium* sp. A VAN VOORTHUYSEN, *E. bartletti* CUSHMAN, *E. dittmeri* LAFRENZ, *Guttulina austriaca* D'ORBIGNY). Außerdem fehlt die für die einsetzende marine Entwicklung dieser Interglaziale typische Kaltwasserform *Elphidium orbiculare* (BRADKY) (vgl. WOSZIDLO, 1962; LAFRENZ, 1963). Dagegen bestehen engere Beziehungen zu der Foraminiferen-Fauna des Eem-Interglazials von Amersfoort (VAN VOORTHUYSEN, 1958a), in dem die in den nordwestdeutschen Warmzeitablagerungen häufig vorhandenen subarktischen Formen nicht enthalten sind.

Die Faunen des Spät- und Postglazials des Oslofjord-Gebietes (FEYLING-HANSSEN, 1964) weichen erheblich von denen des Holozäns der Doggerbank ab. Es überwiegen Formen des hocharktischen, subarktischen und kalt gemäßigten Euhalinikums. *Elphidium gunteri*, *E. gerthi*, *E. magellanicum*, *E. margaritaceum*, *Ammonia beccarii* und *Nonion depressulum* fehlen auch in den Sedimenten wärmerer Flachwässer dieses Gebiets, während von den häufigeren Arten *Elphidium bartletti*, *E. subarcticum*, *Nonionella turgida* (WILLIAMSON) und *Pullenia osloensis* FEYLING-HANSSEN im Stechrohrkernmaterial nicht vorkommen. Dagegen stimmt die Foraminiferen-Fauna des Kerns 26 im wesentlichen mit derjenigen der rezenten südlichen Nordsee auch in der Häufigkeit der Arten überein (vgl. VAN VOORTHUYSEN 1951, 1960; JARKE, 1961; HAAKE, 1962). Einige Brackwasserarten, wie *Elphidium gunteri*, *E. asklundi*, *Ammonia flevensis*, *Nonion depressulum*, die ursprünglich mit Einsetzen der Transgression im Gebiet der Doggerbank häufig waren, sind mit der landeinwärts vorrückenden Küste weitergewandert und kommen auf der Doggerbank nur vereinzelt oder gar nicht mehr vor.

Zusammenfassung

25 Proben aus einem 3,15 m langen Stechrohrkern von der Doggerbank enthielten 78 Foraminiferen-Arten, davon 4 Sandschaler, aus 35 Gattungen. Eine ökologische Analyse gestattet die Unterscheidung von 4 Sukzessionsstadien, denen 4 Profilabschnitte entsprechen, die eine (diskontinuierliche) Entwicklung der Salinität von mio- bis meso- zu euhalinen Bedingungen erkennen lassen. Stärkere Änderungen der Wassertemperatur sind anhand der Foraminiferen-Fauna nicht festzustellen. Der Übergang von ruhiger zu rhythmischer Sedimentation im Profilabschnitt IV (Wandersand-Fazies) läßt die Annahme einer relativen Verflachung durch epirogenetische Bewegungen zu. Ein Vergleich mit anderen quartären Vorkommen unterstreicht die Eigenständigkeit der Foraminiferen-Fauna der südlichen Nordsee.

Alphabetisches Verzeichnis der Arten

	Taf.	Fig.		Taf.	Fig.
agglutinans, Textularia	1	4	*marginata, Bulimina*	8	11
annectens, Massilina	4	2	*melo, Oolina*	7	8
apiopleura, Lagena	5	5, 6	*meridionalis, Lagena*	6	2
asperula, Uvigerina	9	3	*nobilis, Bolivina*	8	4
asklundi, Elphidium	14	3	*nummiformis, Fissurina*	8	1
auberiana, Uvigerina	9	4	*perlucida, Ammonia ?*	10	13
batavus, Ammonia	9	9	*pseudoplicata, Bolivina*	8	5, 6, 7
beccarii, Ammonia	10	1–12	*pulchella, Quinqueloculina*	2	1
bicornis, Quinqueloculina	1	7	*pupoides, Praeglobobulimina*	8	12
bulloides, Globigerina	11	2	*reticulata, Siphonia*	9	7
clavata, Lagena	5	7	*rotaliformis, Trochammina*	1	5
communis, Dentalina	5	4	*rotulata, Lenticulina*	7	1
crassa, Cassidulina	13	5, 6	*rotunda, Triloculina*	5	1
dentaliniformis, Reophax	1	1–3	*sacculus, Fissurina*	8	2
depressulum, Nonion	14	1, 2	*scabra, Eggerella*	1	6
elegans, Bulimina	8	9	*selseyense, Elphidium*	12	6–8
elegantissima, Buliminella	8	3	*semilineata, Lagena*	6	3, 4
elongata, Bulimina	8	10	*seminulum, Quinqueloculina*	2	2
elongata, Pyrgo	4	3	*semistrata, Lagena*	6	5, 6
excavatum, Elphidium	11	4	*setigera, Lagena*	6	7
flevensis, Ammonia	11	1	*striata* f. *substriata, Lagena*	6	8
frigida, Buccella	9	5	*striata* f. *typica, Lagena*	6	9, 10
frigida subsp. 1, *Buccella*	9	6	*subarcuatula, Astacolus*	7	2
cf. *frigidum, Elphidium*	13	2	*sulcata laevicostata, Lagena*	6	11
fusiformis, Virgulina	8	13	*sulcata sulcata, Lagena*	6	12
gerthi, Elphidium	11, 12	3, 1	sp., *Asterigerina*	9	8
glacialis, Globulina	7	4	sp., *Guttulina*	7	6
gunteri, Elphidium	12	2	sp., *Lenticulina* (*Saracenaria*)	7	3
hexagona, Oolina	7	7	sp., *Oolina*	7	10
inaequalis, Globulina	7	5	sp. 1, *Quinqueloculina*	3	1
incertum, Elphidium	13	1	sp. 2, *Quinqueloculina*	3	2
kozlowskii, Elphidium	Abb. 5		sp. 3, *Quinqueloculina*	4	1
laevigata, Fissurina	7	11, 12	sp., *Reussella*	9	2
laevis, Lagena	5, 6	8, 9, 1	*tenellus, Cibicides*	13	4
lobatulus, Cibicides	13	3	*tumidum, Astrononion*	14	5
loeblichi, Virgulina	9	1	*umbilicatulum, Nonion*	14	4
macellum, Elphidium	12	3	*variabilis, Bolivina*	8	8
magellanicum, Elphidium	12	4	*williamsoni, Oolina*	7	9
margaritaceum, Elphidium	12	5	*zaandami, Melonis*	14	6

Literatur

BANDY, O. L., Ecology and Paleoecology of some California Foraminifera. Part I. The Frequency Distribution of Recent Foraminifera of California. — J. Paleont., **27**, 161–182, 5 Taf., 4 Abb., 1 Tab., Menasha/Wis., 1953.

BARTENSTEIN, H., Die Foraminiferen-Fauna des Jade-Gebietes. 2. Foraminiferen der meerischen und brackischen Bezirke des Jade-Gebietes. — Senckenbergiana, **20**, 386–412, 15 Abb., 4 Tab., 2 Karten, Frankfurt/M. 1938.

BATJES, D. A. J., Foraminifera of the Oligocene of Belgium. — Mem. Roy. Sci. Natur. Belg., **143**, 1–185, 13 Taf., Brüssel 1958.

BECKMANN, H., Hilfsmittel zum Schleifen von Mikrofossilien. — Paläont. Z., **24**, 91–94, 2 Textabb., Stuttgart 1952.

BRADY, H. B., On some arctic foraminifera obtained from soundings on the Austro-Hungarian North-Polar-Expedition of 1872–1874. — Ann. Mag. Nat. Hist., Ser. 5, 8, 393–418, Taf. 21, London 1881.

Brady, H. B., Report on the Foraminifera collected by H. M. S. Challenger during the Years 1873—1876. — Report voyage H. M. S. „Challenger", Zool., **9**, 814 S., 2 Karten, Atlas, 115 Taf., London 1884.

Brand, E., Die Foraminiferen-Fauna des Jade-Gebietes. 3. Die Foraminiferen-Fauna im Alluvium des Jade-Gebietes. — Senckenbergiana, **23**, 56—94, 1 Abb., 5 Tab., Frankfurt/M., 1941.

Brodniewicz, T., Recent and some Holocene Foraminifera of the southern Baltic Sea. — Acta Paleont. Polonica, **10**, 2, 131—236, 34 Fig., 11 Taf., Warszawa 1965.

Brotzen, F., Foraminiferen aus dem schwedischen untersten Senon von Eriksdal in Schonen. — Sveriges Geol. Unders., Ser. C, **30**, 3, 206 S., 69 Abb., 14 Taf., Stockholm 1936.

Brotzen, F., The Swedish Paleocene and its Foraminiferal faunas. — Sveriges Geol. Unders., Ser. C, **42**, 2, 140 S., 19 Taf., 41 Textabb. Stockholm 1948.

Brotzen, F., Bidrag till de svenska marina kvartäravlagringarnas stratigrafi. — Geol. Fören. Förh., **73**, 57—68, 2 Abb., Stockholm 1951.

Buch, A., De marin interglaziale Lag ved Inder Bjergum. Foraminiferfauna og stratigrafi. — Medd. Dansk. Geol. Fören., **12**, 6, 593—652, 1 Tab., Kopenhagen 1955.

Buchner, P., Die Lagenen des Golfs von Neapel und der marinen Ablagerungen auf Ischia. — Nova Acta Leopoldina, N.F., **9**, 62, 361—560, 29 Taf., Halle 1940.

Buzas, M. A., The discrimination of morphological groups of Elphidium in Long Island sound through canonical analysis and invariant characters. — J. Paleont., **40**, 3, 585—595, Taf. 71, 72, 1 Text-Fig., Washington 1966.

Cushman, J. A., The Foraminifera of the Atlantic Ocean, part 1—8. — US Nat. Mus. Bull., **104**, 1064 S., 200 Taf., Washington 1918—1931.

Cushman, J. A., Foraminifera of the Phillipine and adjacent Seas. — US Nat. Mus. Bull., **100**, 4, 608 S., 52 Textabb., 100 Taf., Washington 1921.

Cushman, J. A., New Arctic foraminifera collected by Capt. R. A. Bartlett from Fox Basin and off the north-east coast of Greenland. — Smithsonian Misc. Coll., **89**, 9, 2 Taf., Washington 1933.

Cushman, J. A., A Monograph of the Foraminiferal Family Nonionidae. — U.S. Geol. Surv. Prof. Pap., **191**, 100 S., 20 Taf., Washington 1939.

Cushman, J. A., Foraminifera from the shallow water of the new England coast. — Lab. Foram. Res. Spec. Publ., **12**, Sharon/Mass. 1944.

Cushman, J. A., Arctic Foraminifera. — Lab. Foram. Res. Spec. Publ., **23**, 8 Taf., Washington 1948.

Cushman, J. A., Recent Belgian Foraminifera. — Inst. Roy. Sci. Nat. Belg., Mem. **111**, 59 S., 10 Taf., Brüssel 1949.

Cushman, J. A. und Ozawa, J., A monograph of the foraminiferal family Polymorphinidae, recent and fossil. — Proc. U.S. Natur. Mus., **77**, 1—195, 40 Taf., Washington 1930.

Dechend, W., Eustatische und tektonische Einflüsse im Quartär der südlichen Nordseeküste. — Geol. Jb., **68**, 501—516, Hannover 1954.

Dechend, W., Ablauf der holozänen Nordsee-Transgression im oldenburgisch-ostfriesischen Raum, insbesondere im Gebiet von Jever i.O. — Geol. Jb., **72**, 295—314, Hannover 1957.

Egger, J. G., Die Foraminiferen der Miocänschichten bei Ortenburg in Nieder-Bayern. — N. Jb. Min. Geogn. Petrofaktenkde., 267—311, Taf. 5—15, Stuttgart 1857.

Feyling-Hanssen, R. W., Late-Pleistocene Foraminifera from the Oslofjord-Area, Southeast Norway. — Norsk. geol. Tidsskr., **33**, 109—152, 2 Taf., 5 Abb., Oslo 1954.

Feyling-Hanssen, R. W., Foraminifera in Late Quaternary deposite from Oslofjord area. — Norges Geol. Unders., **225**, 1—383, 21 Taf., 44 Text-Fig., Oslo 1964.

Franke, A., Die Foraminiferen der oberen Kreide Nord- und Mitteldeutschlands. — Abh. preuß. geol. Landesanst., N.F., **111**, 207 S., 18 Taf., Berlin 1928.

Gunter, G., Temperature. In: Treatise on marine Ecology and Paleoecology, **1**, Ecology. — Geol. Soc. America, Mem., **67**, 159—184, 3 Abb., Washington 1957.

Haake, F. W., Untersuchungen an der Foraminiferenfauna im Wattgebiet zwischen Langeoog und dem Festland. — Meyniana, **12**, 25—64, 9 Abb., 5 Tab., 6 Taf., Kiel 1962.

Hedgpeth, J. W., Marine Biogeography. In: Treatise on marine Ecology and Paleoecology, **1**, Ecology. — Geol. Soc. America, Mem., **67**, 359—382, 16 Abb., 1 Taf., Washington 1957.

Heron-Allen, E. und Earland, A., On the Recent and Fossil Foraminifera of the shore-sands of Selsey Bill, Sussex. II, 306—336, Taf. 15, 16; III, 422—446, Taf. 17, 18; IV, 677—698, Taf. 20, 21. — Roy. microscop. Soc., London 1909.

Heron-Allen, E. und Earland, A., Clare Island Survey, Part. 64, Foraminifera. — Roy. Irish Acad., **31**, 3 (1911—15), Taf. 1—13, Dublin 1913.

Heron-Allen, E. und Earland, A., The Foraminifera of the West of Scotland. — Trans. Linn. Soc., London, 2, Ser. **11**, 13, Geol., 197—299, Taf. 39—43, London 1916.

HERON-ALLEN, E. und EARLAND, A., Foraminifera, Part I. The ice-free area of the Falkland Islands and adjacent seas. — „Discovery" Rep., **4**, 291—460, Taf. 6—17, Cambridge 1932.

HESSLAND, I., Marine Schalenablagerungen Nord-Bohusläns. — Bull. geol. Inst. Univ. Uppsala, **31**, 346 S., 114 Abb., 4 Taf., Uppsala 1946.

HILTERMANN, H., Klassifikation der natürlichen Brackwässer. — Erdöl und Kohle, **2**, 4—8, 8 Abb., Hamburg 1949.

HILTERMANN, H., Klassifikation rezenter Brack- und Salinar-Wässer in ihrer Anwendung für fossile Bildungen. — Z. deutsch. geol. Ges., **115**, 2. und 3. Teil (1963), 463—496, 7 Abb., 4 Tab., 2 Taf., Hannover 1966.

HOFKER, J., Die Foraminiferen aus dem Senon Limburgs. — Naturhist. Maandbl. Nat. Gen. **15**, 38—42, 62—65, 79—82, Maastricht 1926.

HOFKER, J., The Foraminifera of the Siboga Expedition. — Siboga Exped., **4**, 1, 78 S., 38 Taf., 11 Fig., Leiden 1927.

HOFKER, J., Der Generationswechsel von *Rotalia beccarii* var. *flevensis* var. nov. — Z. Zellforschung und mikroskopische Anatomie, **10**, 756—768, 1 Text-Fig., Berlin 1930.

HOFKER, J., The Foraminifera of the Siboga Expedition, Part III. — Siboga Exped. Monogr., **4a**, 513 S., 348 Abb., Leiden 1951.

HOFKER, J., Über die Familie Epistomariidae. — Palaeontographica, **105** A, 116—206, 57 Abb., Stuttgart 1954.

HOFKER, J., Supplement sur quelques Rotalides. — Inst. Roy. Sci. Naturw. Belg. Mem., **142**, 55—63, 5 Textfig., Brüssel 1958.

HOFKER, J., Foraminiferen aus dem Golf von Neapel. — Z. Paläontol., **34**, 233—262, 6 Taf., 184 Fig., Stuttgart 1960.

HÖGLUND, H., Foraminifera in the Gullmar-Fjord and the Skagerrak. — Zool. Bidr. **26**, 1—311, 32 Taf., 213 Abb., 7 Tab., Uppsala 1947.

JARKE, J., Beitrag zur Kenntnis der Foraminiferen-Fauna der mittleren und westlichen Barents-See. — Intern. Rev. Ges., Hydrobiol. **45**, 4, 581—654, Leipzig 1960.

JARKE, J., Die Beziehungen zwischen hydrographischen Verhältnissen, Faziesentwicklung und Foraminiferenverbreitung in der heutigen Nordsee als Vorbild für die Verhältnisse während der Miozänzeit. — Meyniana, **10**, 21—36, 4 Taf., 9 Karten, Kiel 1961.

KARRER, F., Über das Auftreten von Foraminiferen in den älteren Schichten des Wiener Sandsteins. — Sitz. Ber. k. Akad. Wiss. Wien, **52**, 1, Fig. 1—8, Wien 1865.

KOCH, E., Atlas des Salzgehaltes, der Wassertemperatur und der Strömungen im Mittelmeer. — Seehydrographischer Dienst, Hydro-Meteorologisches Institut, 9 Karten, Berlin 1952.

KOLP, O., Rezente Fazies der westlichen und südlichen Ostsee. — Petermanns Geogr. Mitt. 1966, 1—18, 1 Taf., 7 Fig., Gotha/Leipzig, 1966.

LAFRENZ, H., Foraminiferen aus dem marinen Riß-Würm-Interglazial (Eem) in Schleswig-Holstein. — Meyniana, **13**, 10—46, 4 Taf., 2 Abb., 7 Tab., Kiel 1963.

LAMARCK, J. B. P., Suite des mémoires sur les fossiles des environs de Paris. — Ann. Mus., **5**, Paris 1804.

LANGE, W., Grundproben aus Skagerrak und Kattegat, mikrofaunistisch und sedimentpetrographisch untersucht. — Meyniana, **5**, 51—86, 2 Taf., Kiel 1956.

LOEBLICH, A. R. und TAPPAN, H., Studies of arctic Foraminifera. — Smithsonian Miscell. Coll., **121** (7), 1—150, 24 Taf., Washington 1953.

LOEBLICH, A. R. und TAPPAN, H., Revision of some recent Foraminiferal genera. — Smithsonian Miscell. Coll., **128**, 5, 1—37, 4 Taf., Washington 1955.

LUDWIG, A. und PIPPING, H. P., Der Auflauf des I_1-Interglazials von Kap Arkona (Rügen) nach Aussage der Foraminiferenfauna und ein Vergleich mit benachbarten Interglazialen. — Ber. geol. Ges. DDR, **8**, 5/6, 527—535, 1 Abb., 2 Tab., Berlin 1963.

LUTZE, G. F., Zur Foraminiferenfauna der Ostsee. — Meyniana, **15**, 75—147, 15 Taf., 32 Abb., Kiel 1965.

MACFADYEN, W. A., Postglaziale Foraminiferen. — Geol. Mag., **75**, 891, 409—417, 2 Tab., London 1938.

MADSEN, V., Istidens Foraminifera i Danmark og Holstein. — Med. Dansk. geol. Foren., **2**, 1—225, 6 Abb., 1 Taf., 1 Karte, København 1895.

MATTHES, H. W., Die Lagenen des deutschen Tertiärs. — Palaeontographica, **90**, 49—104, 8 Taf., Stuttgart 1939.

MOORE, R. C. (Editor), Treatise on invertebrate Paleontology, C, Protista 2, **1** und **2**. — 900 S. 653 Abb., Univ. Kansas Press, Lawrence 1964.

NØRVANG, A., *Islandiella* n. g. and *Cassidulina* D'ORBIGNY. — Vidensk. Medd. Dansk naturh. Foren., **120**, 25—41, Taf. 6—9, Kobenhavn 1958.

NØRVANG, A., Foraminifera. — in: The zoology of Iceland, **2**, 2, 1—79, 14 Abb., Kopenhagen und Reykjavik 1945.

d'Orbigny, A., Tableau methodique de la classe des céphalopodes. — Ann. Sci. Nat. **7**, 245—314, Taf. 10 bis 17, Paris 1826.

d'Orbigny, A., Cuba Foraminifères — De la Sagra Hist. Fis. Pal. nat. Paris 1839.

d'Orbigny, A., Mémoire sur les Foraminifères de la Craie blanche du Bassin de Paris. — Mém. Soc. Géol. France, **4**, 1—51, Taf. 1—4, Paris 1840.

d'Orbigny, A., Foraminifères Fossiles du Bassin Tertiaire de Vienne. — 249 S., 21 Taf., Paris 1846.

Parker, F., Foraminifera of the continental shelf from the Gulf of Maine to Maryland. — Bull. Mus. Comp. Zool., **100**, 2, 213—241, 4 Abb., 7 Tab., 10 Taf., Cambridge/Mass., 1948.

Parker, F., Foraminiferal species off Portsmouth, New Hampshire. — Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College, **106**, 9, 391—423, 6 Taf., Cambridge/Mass. 1952a.

Parker, F., Foraminiferal distribution in the Long Island Sound-Buzzards Bay area. — Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College, **106**, 427—473, 5 Taf., 4 Abb., 6 Tab., Cambridge/Mass. 1952b.

Parker, W. K., Jones, T. R. und Brady, H. B., On the Nomenclature of the Foraminifera. — Ann. Mag. Nat. Hist., ser. 3, **16**, 15—41, London 1865.

Pazotka von Lipinski, G., Die Foraminiferen-Fauna des Nordseekerns 26 (Doggerbank). — Unveröff. Dipl.-Arbeit, 90 S., 14 Abb., 14 Taf., 3 Tab., Institut f. Paläont. der Humboldt-Univ. Berlin 1967.

Pearse, A. S. und Gordon, G., Salinity. — in: Treatise on marine Ecology and Paleoecology, **1**, Ecology. — Geol. Soc. America, Mem. 67, 129—158, 7 Abb., Washington 1957.

Phleger, F., Foraminiferal Ecology off Portsmouth, New Hampshire. — Bull. Mus. Comp. Zool. Harvard College, **106**, 8, 315—390, 26 Abb., 18 Tab., Cambridge/Mass., 1952.

Pokorný, V., Grundzüge der zoologischen Mikropaläontologie. Bd. I. — Berlin 1958.

Pratje, O., Die Beziehungen der Foraminiferen der Deutschen Bucht (Nordsee) zu ihrer Umgebung. — Paläont. Z., **12**, 209—213, 1 Abb., Beriln 1930.

Remane, A. und Schlieper, C., Die Biologie des Brackwassers. — E. Schweitzerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1—348, 139 Abb., 43 Tab., Stuttgart 1958.

Reuss, A., Neue Foraminiferen aus den Schichten des österreichischen Tertiärbeckens. — Denkschr. k. Akad. Wiss. Wien, **1**, 365—390, Taf. 46—51, Wien 1850.

Reuss, A., Über die fossilen Foraminiferen und Entomostraceen der Septarientone der Umgebung von Berlin. — Z. deutsch. geol. Ges., **3**, 49—92, Taf. 3—7, Berlin 1851.

Reuss, A., Beiträge zur Charakteristik der Kreideschichten aus den Ostalpen; Foraminiferen. — Denkschr. d. K. Akad. Wiss. Wien, **7**, 63—72, Taf. 25—26, Wien 1854.

Reuss, A., Ein Beitrag zur genaueren Kenntnis der Kreidegebilde Mecklenburgs. — Z. deutsch. geol. Ges. **7**, 261—295, Taf. 8—11, Berlin 1855.

Rhumbler, L., Rhizopoden der Kieler Bucht, gesammelt durch A. Remane, I. Teil. — Schrift. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein, **21**, 2, 143—194, 1 Abb., 9 Taf., Kiel 1935.

Rhumbler, L., Foraminiferen der Kieler Bucht, gesammelt durch A. Remane. II. Teil. — Kieler Meeresforsch., **1**, 179—242, 119 Abb., Kiel 1936.

Rhumbler, L., Foraminiferen aus dem Meeressand von Helgoland, gesammelt durch A. Remane. — Kieler Meeresforsch., **2**, 157—222, Kiel 1938.

Richter, G., Beobachtungen zur Ökologie einiger Foraminiferen des Jade-Gebietes. — Natur und Volk, **91**, 163—170, 7 Abb., Frankfurt/M. 1961.

Richter, G., Zur Ökologie der Foraminiferen: I. Die Foraminiferengesellschaft des Jade-Gebietes. — Natur und Museum, **94**, 9, 343—353, Frankfurt/Main 1964.

Richter, G., Zur Ökologie der Foraminiferen: II. Lebensweise von *Nonion depressulum*, *Elphidium excavatum* und *Elphidium selseyense*. — Natur und Museum, **94**, 11, 421—430, Frankfurt/Main 1964.

Richter, G., Zur Ökologie der Foraminiferen: III. Verdriftung und Transport in der Gezeitenzone. — Natur und Museum, **95**, 2, 51—62, Frankfurt/Main 1965.

Roemer, F. A., Die Cephalopoden des Norddeutschen tertiären Meeressandes. — N. Jb. Min. etc., 380 bis 394, Taf. 3, Fig. 1—80, Stuttgart 1838.

Rottgardt, D., Mikropaläontologisch wichtige Bestandteile rezenter, brackischer Sedimente an den Küsten Schleswig-Holsteins. — Meyniana, **1**, 169—228, 3 Taf., 21 Abb., Kiel 1952.

Schott, G., Atlas für Temperatur, Salzgehalt und Dichte der Nordsee und westlichen Ostsee. — Berlin 1951.

Ščedrina, Z. G., Foraminifery rod vostocnogo Murmana. — Tr. Murm. Biol. Stan., **4**, 118—129, Moskva 1958.

Segerstråle, S. G., Baltic Sea in: Treatise on marine Ecology and Paleoecology, **1**, Ecology. — Geol. Soc. America, Mem., **67**, 751—800, 22 Abb., 4 Taf., Washington 1957.

Ten Dam, A. und Reinhold, T., Die stratigraphische Gliederung des Plio-Pleistozäns nach Foraminiferen. — Meded. Geol. Stichting Ser. C-V, 1, 66 S., 5 Tab., 6 Taf., Maastricht 1941.

TEN DAM, A. und REINHOLD, T., Die stratigraphische Gliederung des niederländischen Oligo-Miozäns nach Foraminiferen. — Meded. Geol. Sticht., Ser. C-V, 2, 106 S., 10 Abb., 10 Taf., 8 Tab., Maastricht 1942.

TERQUEM, O., Essai sur le classement des assimaux qui vivent sur la plage et dans les environs de Dunkerque. — 153 S., 17 Taf., Paris 1875.

VAUGHAN, T. W., Ecology of modern marine orgainsms with reference to paleogeography. — Bull. Geol. Soc. Amer., **51**, 433—468, New York 1940.

VEENSTRA, H. J., Geology of the Dogger Bank area, north sea. — Marine Geol., **3**, 245—262, 9 Fig., 1 Tab., Amsterdam 1965.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, Upper Cretaceous Foraminifera of minute size in the marine Pleistocene (Icenian) sands of the Netherlands. — J. Paleont., **22**, 525—532, 4 Abb., Menasha/Wisc., 1948.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, Foraminifera of the Icenian (oldest marine Pleistocene) of the Netherlands. — Verh. Ned. geol. Mijnb. Gen., Geol. Ser. DL, **15**, 1—246, 63—69, 1 Abb., 1 Taf., 's-Gravenhage, Delft 1949.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, The quantitative distribution of the plio-pleistocene foraminifera of a boring at the Hague (Netherlands). — Meded. Geol. Sticht., N.S. 4, 31—49, 13 Abb., 4 Taf., Maastricht 1950a.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, The quantitative distribution of the pleistocene, pliocene and miocene foraminifera of boring zaandam (Netherlands). — Meded. Geol. Sticht., N.S. **4**, 51—72, 6 Abb., 4 Taf., Maastricht 1950b.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, Recent (and derived upper cretaceous) Foraminifera of the Netherlands wadden sea (tidal fleets). — Meded. Geol. Sticht., N.S., **5**, 23—32, 1 Karte, 1 Tab., 2 Taf., Maastricht 1951.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, A new name for a foraminifer from the Netherlands. — J. Paleont. **26**, 4, 680 bis 681, Oklahoma 1952.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, Foraminiferen aus dem Eemien (Riss-Würm-Interglazial) in der Bohrung Amersfoort I (Locus typicus). — Meded. Geol. Sicht., N.S., **11**, 27—49, 1 Abb., 1 Tab., Taf. 23—26, Maastricht 1958a.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, Les Foraminifères Mio-Pliocènes et Quaternaires du Kruisschans. — Inst. Roy. Sci. Naturw. Belg., Mem., **142**, 1—34, 1 Tab., 10 Taf., Brüssel 1958b.

VOORTHUYSEN, H. J. VAN, Die Foraminiferen des Dollart-Ems-Estuariums. — Verh. Kon. Ned. Geol. Mijnb. K. Gen./Geol. Serie, DI. **14** Symposium Ems-Estuarium (Nordsee), 237—269, 3 Karten, 8 Tab., 2 Taf., 's-Gravenhage 1960.

WEISS, L., Foraminifera and origin of the Gardiners clay (Pleistocene) eastern Long Island, New York. — U.S. Geol. Survey Prof. Paper, No. 254-G, S. 157, Taf. 32, Fig. 1, 2, Washington 1954.

WIEGANK, F., Foraminiferen aus marinen Interglazialen Nordmecklenburgs. — 75 S., 9 Taf., 4 Tab., unveröff. Dipl.-Arbeit, Inst. f. Paläont. der Humboldt-Univ. Berlin 1964.

WIEGANK, F., Foraminiferen aus dem marinen Pleistozän Nordostdeutschlands, — Beiheft Geologie (im Druck).

WIESNER, H., Die Foraminiferen der Deutschen Südpolarexpedition 1901—1903. — Deutsche Südpolarexpedition, **20**, Zoologie **12**, 53—156, Taf. 24, Berlin/Leipzig 1931.

WILLIAMSON, W. C., On the recent British species of the genus Lagena. — Ann. Mag. Nat. Hist. **1**, 1—20, 2 Taf., London 1848.

WILLIAMSON, W. C., On the recent Foraminifera of Great Britain. — Ray Soc., 1—107, 7 Taf., London 1858.

WOLDSTEDT, P., Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. — 464 S., 97 Abb., Stuttgart 1955.

WOLDSTEDT, P., Das Eiszeitalter. Grundlagen einer Geologie des Quartärs. II. Europa, Vorderasien und Nordafrika im Eiszeitalter. — Ferdinand Enke Verl. Stuttgart, 2. Aufl., 1—438, 125 Abb., 1 Taf., 4 Tab., Stuttgart 1958.

WOSZIDLO, H., Foraminiferen und Ostracoden aus dem marinen Elster–Saale-Interglazial in Schleswig-Holstein. — Meyniana, **12**, 65—96, 3 Abb., 5 Taf., Kiel 1962.

Beschreibung und Ergebnisse der Erprobung des 9 m langen Vibrationsstechrohrs 4701/1 mit neuer Kolbenzieheinrichtung

Von Wolfgang Schmidt, Erhard Eycke und Otto Kolp

Zusammenfassung: Es wird ein neues, in den Jahren 1964/65 gebautes und in den folgenden Jahren erprobtes 9 m langes Vibrationsstechrohr in seinen Einzelteilen und seiner Funktion beschrieben. Das neue Vibrationsstechrohr besitzt keinen Gestellfuß mehr. Das machte eine Neukonstruktion der Kolbenzieheinrichtung erforderlich. Die größere Länge und der größere Durchmesser des im Auftrag des Instituts für Meereskunde, Warnemünde gebauten neuen Vibrationsstechrohrs 4701/1 erforderten eine andere Arbeitsweise auf See als mit dem älteren 4,6 m langen Vibrationsstechrohr 4700/1 mit Gestell und Fuß.

Neue konstruktive Maßnahmen sind in der Trennung des Antriebsmotors und weiterer Teile vom Vibrator durch eine federnde Kupplung sowie in der versetzten Anordnung der beiden Unwuchten zu erblicken. Die Trennung von schwingenden und nicht schwingenden Teilen führte zur Verminderung der schwingenden Masse und gleichzeitig zu einer erhöhten Vibratorleistung. Die durch die versetzte Anordnung der Unwuchten bedingte Drehbewegung um die vertikale Achse gewährleistet eine höhere Stabilität des Stechrohrs und ein senkrechtes Eindringen des vibrierenden Rohres in den Meeresgrund. Ein selbsttätiges Ab- und Auftauchen des Stechrohrs wird mit Hilfe einer elektro-pneumatischen Einrichtung mit Auftriebsglocke erreicht.

Seite

1. Einführung 175
2. Beschreibung und Funktion der Teile des Vibrationsstechrohrs 4701/1 177
2.1. Das Stechrohr 177
2.2. Die Vibrationseinrichtung 177
2.3. Die Kolbenzieheinrichtung 178
2.4. Die elektro-pneumatische Einrichtung 178
2.5. Der E-Teil 180
3. Die Funktion des Vibrationsstechrohrs 4701/1 180
4. Theoretische Überlegungen 181
4.1. Rohrstabilität 181
4.2. Vibratorleistung 182
4.3. Auftrieb beim Herausvibrieren des Stechrohrs 183
5. Auswertung bisheriger Erprobungen 183
6. Literatur 185

1. Einführung

Die bisher im Institut für Meereskunde Warnemünde verwendeten Vibrationsstechrohre besaßen eine Länge bis zu 4,60 m. Es wurden damit Sedimentkerne bis zu 4,5 m Länge gezogen. Die lichte Weite der Rohre betrug 53 mm; dieses Maß entsprach zugleich dem Durchmesser der Sedimentproben, da keine zusammensetzbaren Hüllen zur Aufnahme des Sedimentkerns in das Rohr eingeschoben wurden. Angesichts der Schlickmächtigkeit in der westlichen und südlichen Ostsee von stellenweise über 5 m ergab sich der Wunsch nach einem längeren Vibrationsstechrohr, um damit die subrezenten und glazigenen Sedimente unter der Schlickdecke zu erfassen. Die längeren Rohre sollten gleichzeitig einen größeren Durchmesser

aufweisen, um stärkere Sedimentkerne gewinnen zu lassen. Daraus ergab sich nicht nur die Forderung nach einer höheren Leistung des Vibrators, sondern auch die Notwendigkeit einer Neukonstruktion.

Das bisher verwendete Stechrohr 4700/1 besaß einen breiten Fuß, mit dem es auf den Meeresgrund aufgesetzt wurde, und ein Gestell aus zwei 5 m langen Rohren, die in den Gestellfuß eingesetzt werden konnten und oben durch einen Quersteg miteinander verbunden waren (SCHMIDT und KOLP 1965, Tafel I). Über beide Rohre glitt bei der Probenentnahme ein Schlitten abwärts, an dem der Vibrator und das Stechrohr befestigt waren. Das Stechrohr drang durch eine Öffnung im Gestellfuß so tief in den Meeresgrund ein, bis der Vibratorschlitten auf dem Gestellfuß lag. Der im Stechrohr befindliche Kolben wurde vor dem Einsatz des Rohres hinter der Schneide und einem Apfelsinenverschluß eingesetzt und mit dem Kolbenseil am Gestellfuß festgebunden, so daß er in seiner Lage festgehalten wurde, während das Stechrohr, über den Kolben hinweggleitend, in den Meeresgrund eindrang (SCHMIDT und KOLP 1965, Tafel II).

Der Länge des Vibrationsstechrohrs mit Gestell und Fuß wurde dadurch eine Grenze gesetzt, daß das Vibrationsstechrohr vor dem Einsatz an Bord aufgebaut wurde und die Abmessungen die Übergabe des gesamten Rohres über die Reeling mit Hilfe des Ladebaumes gerade noch zuließen. Ein Gestell von 9 m Höhe über die Reeling zu geben ist an Bord kleinerer Schiffe nicht immer möglich. Bei der Neukonstruktion mußte deshalb das Gestell mit Fuß fortfallen. Ein 9 m langes Stechrohr kann mit Hilfe einer an der Reeling angebrachten Kippvorrichtung über Bord gegeben und außenbords gehalten werden. Ein Stechrohr ohne Gestell und Fuß bietet außerdem den Vorteil, daß es durch stärkere Strömungen beim Aufsetzen auf den Meeresgrund nicht zu Fall gebracht wird, wie es beim alten Vibrationsstechrohr gelegentlich vorkam. Die Schwierigkeit beim Verzicht auf das Gestell mit Fuß, an dem sich das Kolbenseil leicht befestigen läßt, besteht in der Entwicklung einer neuen Kolbenzieheinrichtung, die den Kolben im Stechrohr im gleichen Maße, wie das Rohr in den Grund eindringt, aufwärts zieht und beim Ziehen des Stechrohrs aus dem Meeresgrund die mehrere Meter lange Sedimentprobe im Rohr festhält.

Eine Verstärkung der Leistung des Vibrators bei etwa gleichbleibendem Gewicht, wie sie angesichts der größeren Abmessungen der neuen Rohre erforderlich ist, läßt sich am ehesten durch eine höhere Drehzahl der Unwuchten und durch Verringerung der schwingenden Masse erzielen. Die erhöhte Drehzahl von 2000 U/min erfordert den Schutz des Antriebmotors vor der Vibration.

Beim Einholen des alten, insgesamt etwa 5 m langen Vibrationsstechrohrs bestand bei schrägem Zug die Gefahr des Verbiegens, so lange das Rohr noch teilweise im Meeresgrund steckte. Diese Gefahr erhöht sich beim Einsatz längerer Stechrohre. Um dem entgegenzuwirken, und mit Rücksicht auf die begrenzte Tragfähigkeit des Ladegeschirrs, sollte dem neuen Stechrohr beim Herausvibrieren aus dem Meeresgrund ein eigener Auftrieb verliehen werden, so daß sich ein Zug am Tragseil erübrigte. Dieses konnte durch eine am oberen Ende des Vibrators angebrachte, mit Preßluft zu füllende Glocke erreicht werden. Beim Abtauchen des Stechrohrs bewirkt die Glocke nach Ablassen eines Teils der darin befindlichen Luft, daß das Rohr selbst bei Schrägstellung des Tragkabels senkrecht über dem Meeresgrund hängt, bevor der Vibrator eingeschaltet und das Tragkabel so weit gefiert wird, daß das Rohr in den Meeresgrund eindringen kann. Erst nach dem Herausvibrieren und selbsttätigen Auftauchen des Stechrohrs hinter dem Schiff wird das Tragkabel eingeholt.

Nach dieser Konzeption wurde das neue Vibrationsstechrohr 4701/1 von Herrn Ing. W. SCHMIDT, Warnemünde, im Auftrage der Abteilung Meeresgrund des Instituts für Meereskunde Warnemünde konstruiert und gebaut. Die Konstruktion des elektrischen Teils erfolgte durch Herrn Dipl.-Ing. E. EYCKE von der Abteilung Observation/Meßwesen des Instituts für Meereskunde. Abmessungen, Zielstellung und praktische Hinweise für den Einsatz des

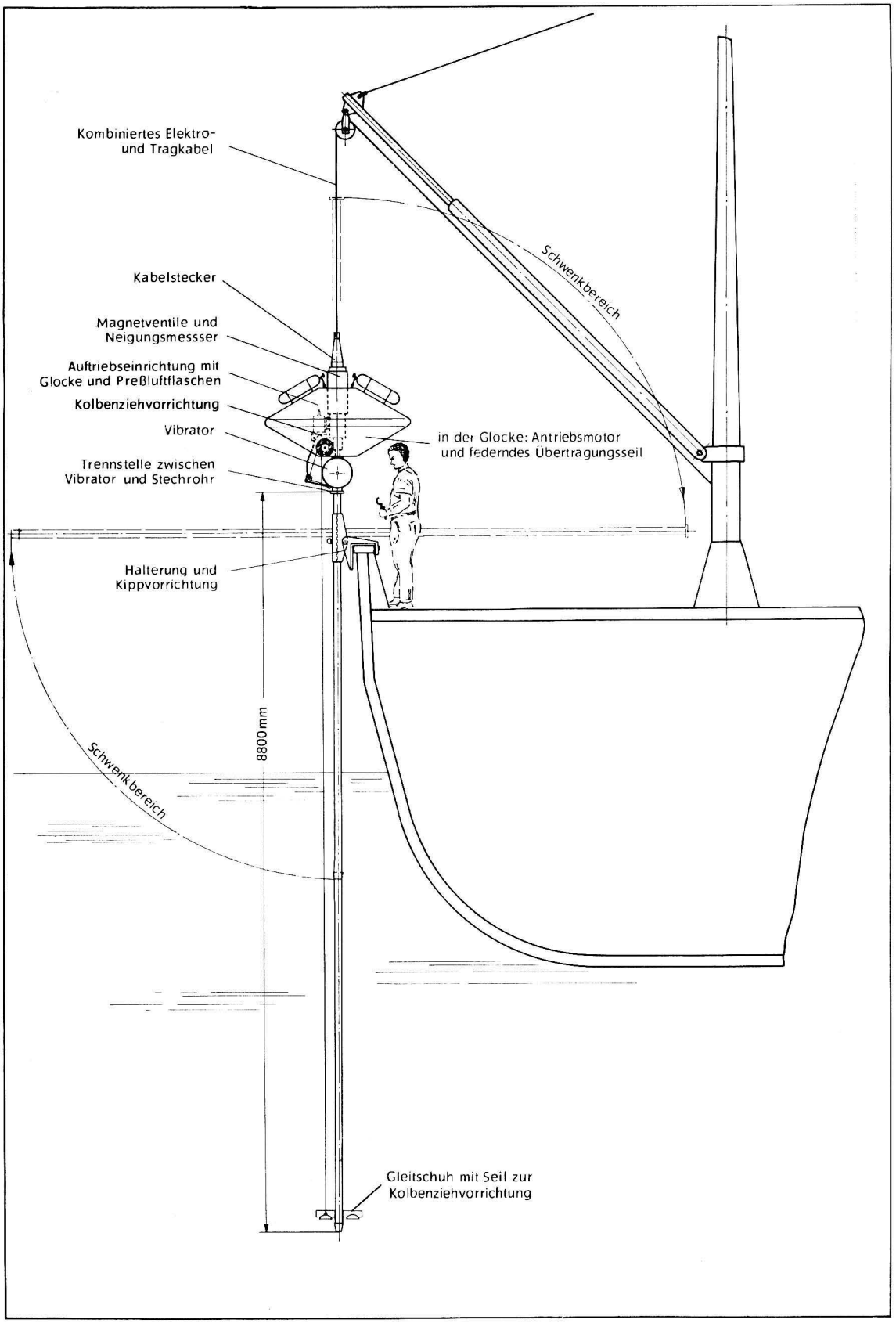


Abb. 1. Übersicht über Teile und Abmessungen des Vibrationsstechrohrs 4701/1

TAFEL II

Abb. 2. Ansicht des Vibrationsstechrohrs 4701/1 ohne Kolbenzieheinrichtung

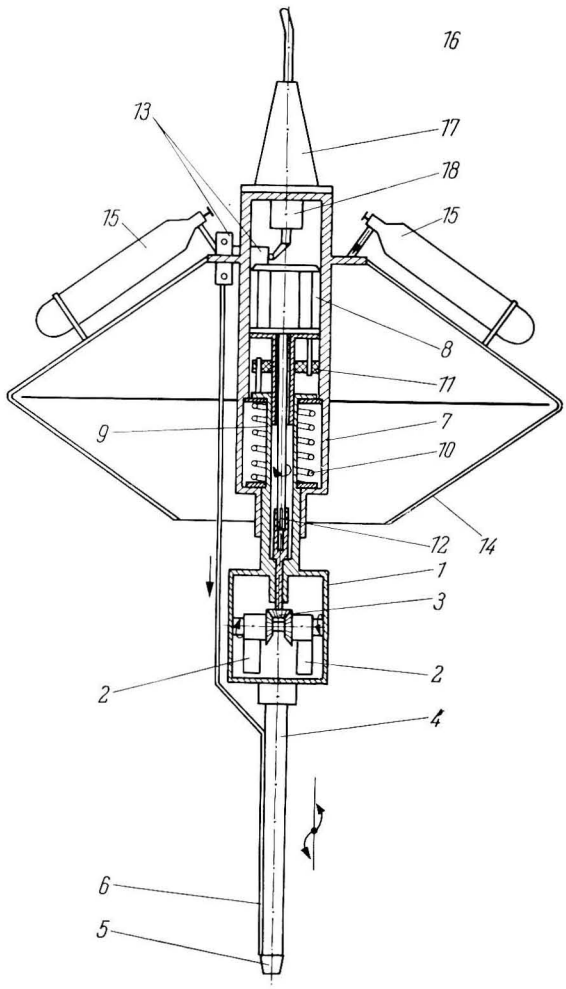


Abb. 3. Schematische Darstellung des Vibrationsstechrohrs 4701/1 ohne Kolbenzieheinrichtung

1 – Vibrator
2 – Unwuchten
3 – Kegeltrieb
4 – Stechrohr
5 – Stechrohrschneide
6 – Druckluftrohr
7 – Gehäuse
8 – Antriebsmotor
9 – federnder Übertragungsteil
10 – Druckfeder
11 – Gummischeibe
12 – Kupplung
13 – elektro-pneumatische Steuerung
14 – glockenförmiges Gehäuse
15 – Druckluftflaschen
16 – Elektro-Tragkabel
17 – Stecker
18 – Elektromagnet

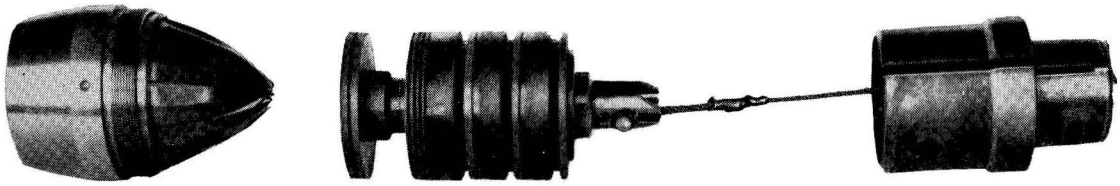


Abb. 4. Anordnung der Teile im Stechrohr zum Ziehen einer Sedimentprobe: Schneide an der Rohrmündung mit Apfelsinenverschluß, Kolben mit Zugseil, Einsatzstück am Rohrende mit Durchbruch für das Kolbenseil und Umlenkrolle

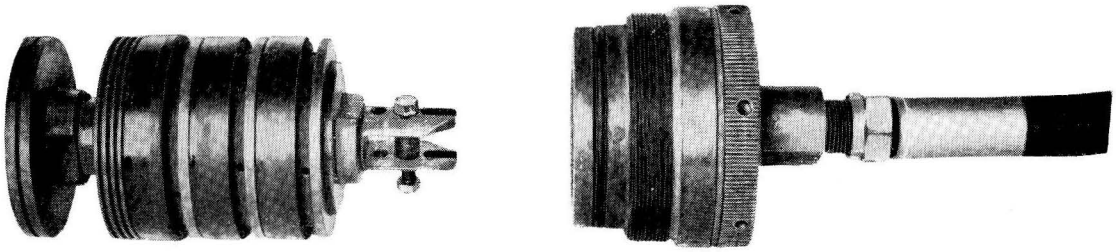


Abb. 5. Anordnung der Teile im Stechrohr beim Ausdrücken eines Sedimentkernes: Anschlußstück mit Hochdruckschlauch (bis 200 atü), Kolben ohne Seil zum Herausschieben der Probe durch Wasserdruck

Abb. 6. Einsatzstück am Rohrende mit Durchbruch für das Kolbenseil und Führungsrolle

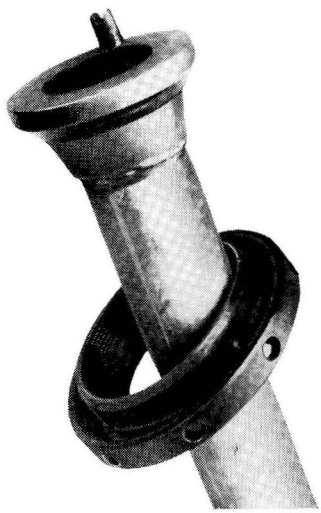


Abb. 7. Stechrohrende mit Ringverschraubung und Stift zur Verdrehsicherung

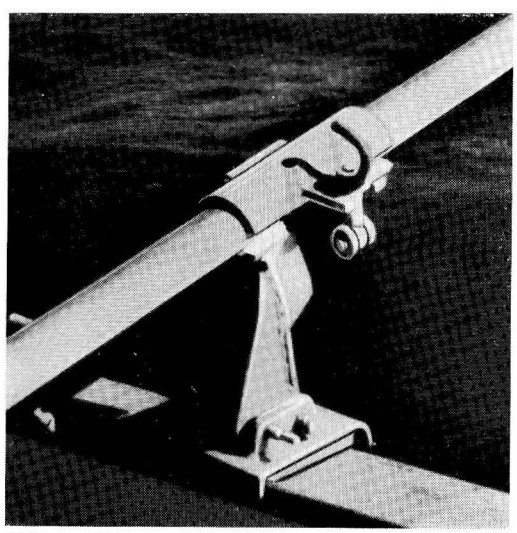


Abb. 8. Kipp- und Haltevorrichtung an der Reeling mit Stechrohr

Abb. 9. Gleitschuh mit Steuerseil der Kolbenzieheinrichtung

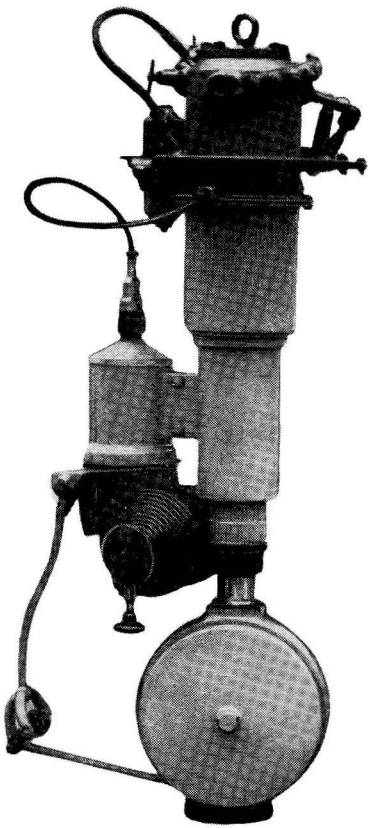


Abb. 10. Vibrations- und Kolbenzieh-einrichtung — Seitenansicht

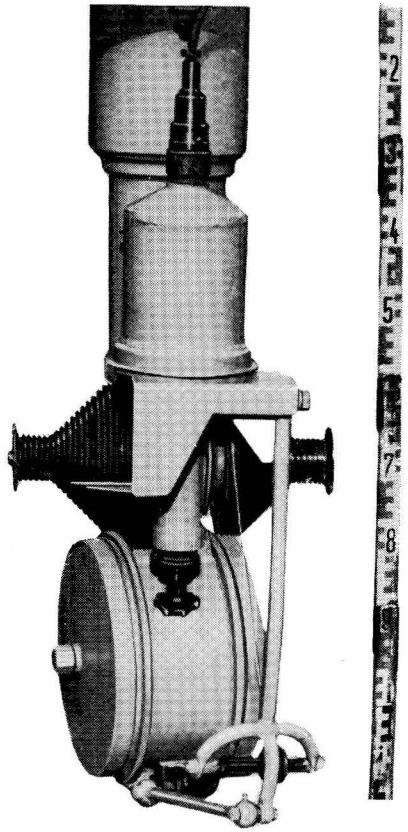


Abb. 11. Vibrations- und Kolbenzieheinrichtung — Vorderansicht

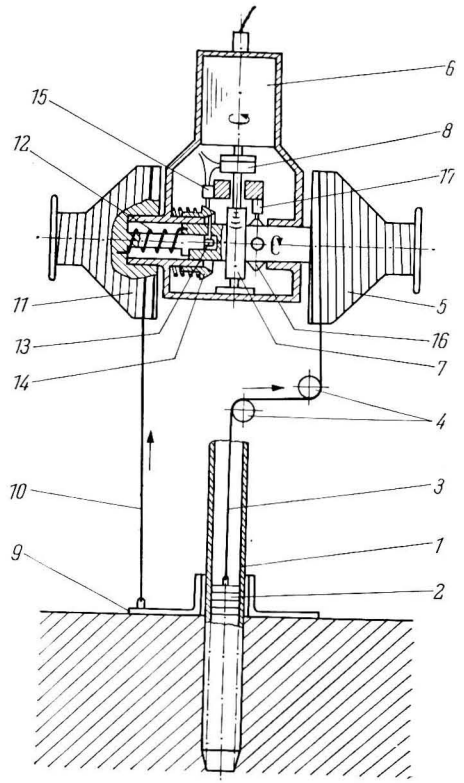


Abb. 12. Schematische Darstellung der Kolbenzieheinrichtung

1—Stechrohr
2—Kolben
3—Zugseil
4—Umlenkrollen
5—Seiltrommel
6—Elektromotor
7—Schneckengetriebe
8—elektromagnetische Kupplung
9—Gleitschuh
10—Steuerseil
11—Steueuerseiltrommel
12—Drehfeder
13—Nocken
14—Schiebehülse
15—Schalter
16—drehende Nocken
17—Schalter

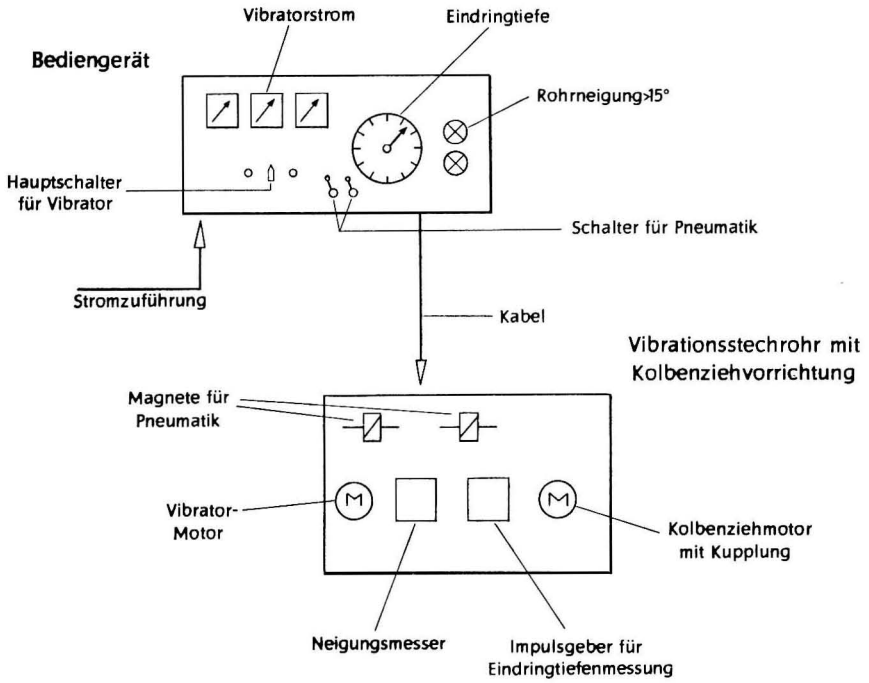


Abb. 13. Schematische Darstellung des E-Teiles für das Vibrationsstechrohr 4701/1

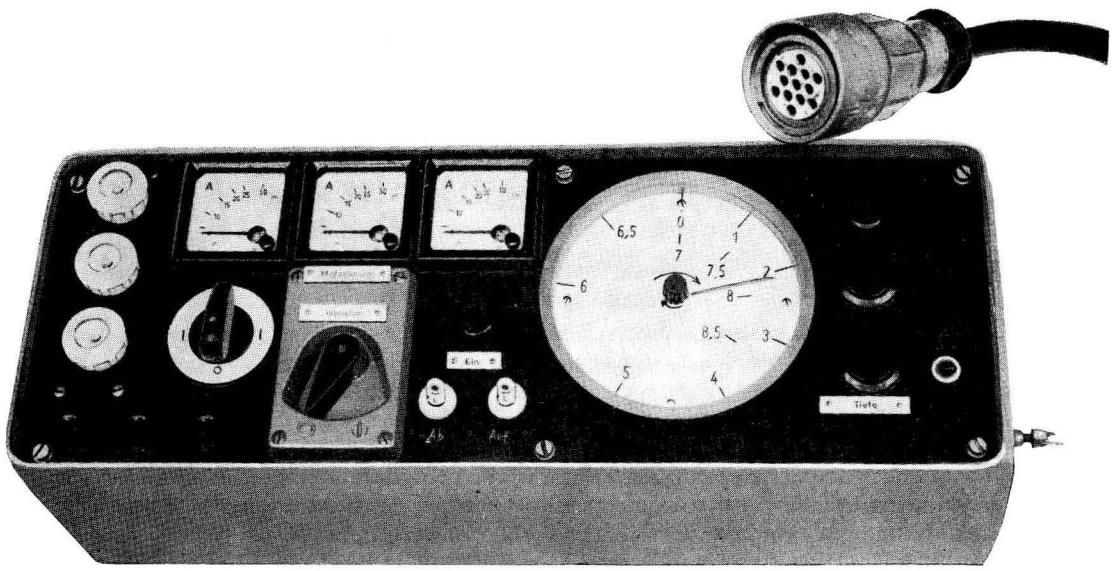


Abb. 14. Schaltkasten und Stecker für das Vibrationsstechrohr 4701/1
Links: Hauptschalter für Vibrator- und Kolbenziehmotor, daneben 2 kleine Schalter zur Betätigung der elektro-pneumatischen Steuerung — Auslaß- und Einlaßventile
rechts: Tiefenanzeige mit Lampe, die durch das Schrittschaltwerk betätigt wird, darüber Lampe, die bei Schrägstellung des Stechrohrs über 15° aufleuchtet

TAFEL VI

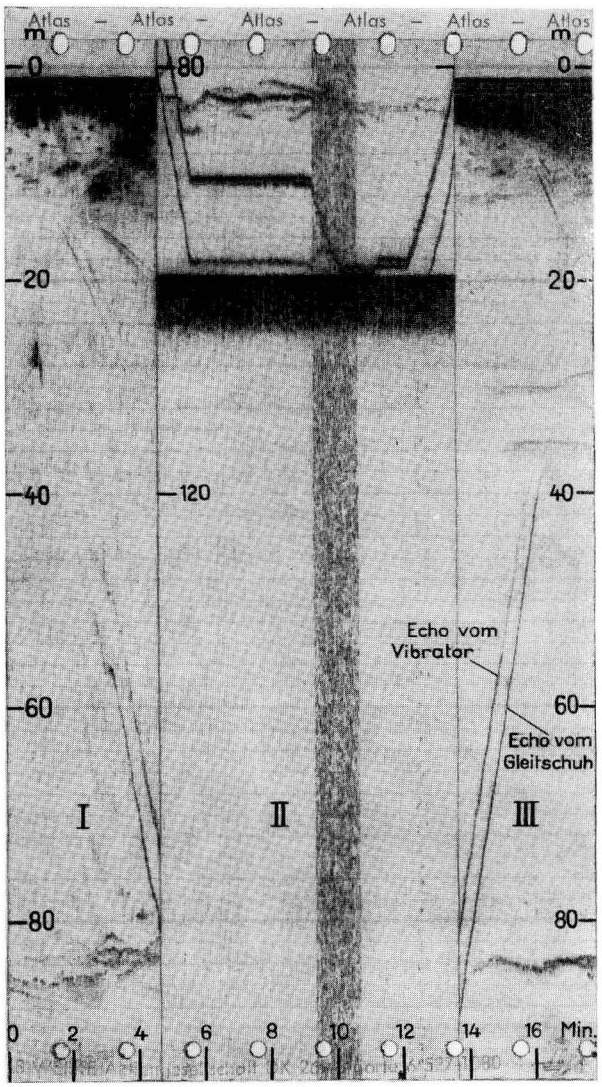


Abb. 21. Kontrolle beim Einsatz des Vibrationsstechrohrs 4701/1 in 100 m Wassertiefe mit einem Atlas-Vermessungslot

Die Abbildung des Vibrationsstechrohrs unter Wasser erfolgte in den Tiefenbereichen I: 0 – 80 m und II: 80 – 160 m. Der Schwinger des Echolotes war neben der Bordwand angebracht, so daß das Vibrationsstechrohr erst ab einer Tiefe von etwa 40 m erfaßt wurde. Es waren beim Wegfieren 2 Linien im Echogramm zu erkennen. Die untere Linie kennzeichnete die Tiefenlage des dicht über der Stechrohrschneide befindlichen Gleitschuhs, die obere Linie ließ die Lage des Vibrators erkennen. Das Vibrationsstechrohr wurde bis etwa 2 m über Grund herabgelassen. Dann wurde der Vibrator eingeschaltet und weiter gefiert. Die Dauer des Hineinvibrierens in den Meeresgrund ist aus der Breite des dunklen Streifens im Echogramm und der am unteren Rande der Abbildung vorhandenen Zeitskala ersichtlich.
Man erkennt im Bilde, daß der Vibrator nach dem Einvibrieren dem Meeresgrund aufliegt. Das Stechrohr befindet sich demnach in ganzer Länge im Meeresgrund.
Danach wurden der Vibrator und das Stechrohr etwa 1 m angehoben und später ohne Vibration mit Windenkraft gezogen und an Bord gehievt.

neuen Vibrationsstechrohrs gab O. Kolp als Leiter der Abteilung Meeresgrund des Instituts für Meereskunde. Die Erprobung des neuen Vibrationsstechrohrs wurde 1965 und 1967 in der westlichen und südlichen Ostsee von Bord des Forschungsschiffes „Professor Albrecht Penck" unter Leitung von Kapitän G. Harms vorgenommen. Die Auswertung erfolgte gemeinsam.

Das neue Stechrohr besteht aus dem 8,8 m langen, vergüteten Edelstahlrohr mit Schneide, Verschluß, Kolben und Ringverschraubung. Es wird durch eine Haltevorrichtung an der Reeling abgefangen. Dann wird der Vibrator mit Steuerung der pneumatischen Einrichtung, Antriebsmotor, federnder Kupplung und Kolbenzieheinrichtung in die Preßluftglocke eingesetzt. Das kombinierte Elektro-Tragkabel mit 6 mm Stahlseele und 13 Adern endet in einem 13poligen Stecker, der wasserdicht auf den Vibrator aufgesetzt wird. Nach Anbringung der Preßluftflaschen auf der Glocke wird diese mit dem kompletten Vibrator über Bord gegeben und mit Hilfe einer am unteren Ende des Vibratorgehäuses befindlichen Ringverschraubung mit dem Stechrohr verbunden. Das zu einem über der Schneide des Stechrohrs liegenden Gleitschuh führende Seil der Kolbenzieheinrichtung wird vorgespannt. Dann kann die Haltevorrichtung geöffnet und das Stechrohr mit Glocke auf die Meeresoberfläche abgesenkt werden. Nach Öffnen der Ventile in der Glocke und einer teilweisen Entlüftung sinkt das Rohr langsam in die Tiefe. Anordnung und Abmessung des für den Einsatz vorbereiteten Stechrohrs geht aus Abb. 1 hervor.

2. Beschreibung und Funktion der Teile des Vibrationsstechrohrs 4701/1

(Tafel I, Abb. 2, 3)

Das Vibrationsstechrohr 4701/1 besteht aus folgenden Hauptteilen: Stechrohr, Vibrationseinrichtung, Kolbenzieheinrichtung, elektropneumatische Einrichtung und E-Teil.

2.1. Das Stechrohr

Die verwendeten Stechrohre aus vergütetem Edelstahl besitzen eine Länge von fast 9 m und einen äußeren Durchmesser von 89 mm sowie einen inneren Durchmesser von 80 mm. Das Gewich t eines einzelnen neuen Rohres beträgt etwa 82 kg und im gefüllten Zustand etwa 170 kg. An der Rohrmündung wird eine Schneide mit Gewinde auf das Rohr geschraubt; dahinter sitzt ein aus Federbronzeblech ausgeschnittener Apfelsinenverschluß (Tafel II, Abb. 4). Vor der Probenentnahme sitzt der Kolben im Rohr dicht hinter dem Apfelsinenverschluß. Ein Einsatzstück mit Umlenkrolle wird in das Rohrmundstück gesteckt. Es dient der Führung des Kolbenseils über eine weitere Rolle zur Seiltrommel der Kolbenzieheinrichtung (Tafel II, Abb. 6). Zur Verdrehsicherung greift ein Führungsstift am Rohrmundstück in eine entsprechende Bohrung des Vibratorgehäuses (Tafel II, Abb. 7).

Stechrohr und Vibrator werden mit Hilfe einer Ringmutter fest verbunden (Taf. II, Abb. 7). Nach der Sedimentprobenentnahme wird nach Entfernen der Schneide, des Apfelsinenverschlusses sowie des Kolbenseils ein Anschlußstück mit Hochdruckschlauch an das Rohrmundstück geschraubt. Der Sedimentkern wird mit Hilfe des Kolbens und einer Wasserpumpe aus dem Rohr herausgedrückt (Tafel II, Abb. 5).

2.2. Die Vibrationseinrichtung (Tafel III, Abb. 10, 11, 12)

Die Vibrationseinrichtung besteht aus dem Gehäuse mit Buchse für einen 13poligen Stecker. Im oberen Teil des druckfesten Gehäuses befindet sich die Steuerung der elektro-pneumatischen Einrichtung . Darunter sitzt der Vibratormotor (4 kW, 220/380 V, 2850 U). Die Mo-

torachse steht vertikal. Es folgt die federnde Kupplung zwischen Vibratormotor und Vibrator. Die Welle des Antriebsmotors ist zum Ausgleich der Vertikalschwingungen mit einem Schiebestück versehen. Die Federung besteht aus einer Schraubenfeder und einer Gummischeibe. Der Vibrator enthält nur zwei entgegengesetzt rotierende Unwuchten im Gegensatz zum alten Stechrohr 4700/1, das 4 Unwuchten aufweist. Die beiden Unwuchten des neuen Vibrators besitzen ein Gewicht von je 5 kp und erzeugen bei etwa 2000 U einen Schlag von etwa 3,5 t. Die gute Leistung des neuen Vibrators wurde u. a. durch die erhebliche Verringerung des Eigengewichts desselben auf etwa 35 kp sowie gleichzeitige Verringerung der schwingenden Masse erreicht. Letzteres geschah mit Hilfe der federnden Kupplung. Die Vertikalschwingungen werden nicht auf den Motor und den oberen Gehäuseteil der Vibratoreinrichtung, die elektro-pneumatische Anlage und die Glocke übertragen. Es werden nur der Vibrator und das Stechrohr in Schwingung versetzt. Durch die versetzte Anordnung der beiden Unwuchten im Vibrator wird gleichzeitig mit der vertikalen Vibration eine Drehschwingung erzeugt. Die zusätzliche Drehschwingung führt zu einer Erhöhung der Stabilität des vibrierenden Rohres und gewährleistet ein senkrechtes Eindringen des Rohres in den Meeresgrund.

2.3. Die Kolbenzieheinrichtung

Am Vibratorgehäuse ist die Kolbenzieheinrichtung befestigt (Tafel III, Abb. 12). Das druckfeste Gehäuse enthält einen Motor (0,6 kW, 220/380 V, 1400 U) mit senkrecht stehender Achse, der über eine elektro-magnetische Kupplung und ein Schneckengetriebe die eine der beiden spiegelbildlich angeordneten konischen Seiltrommeln antreibt.

Funktion

Der im Stechrohr befindliche Kolben ist mit einem Zugseil, das über 2 Umlenkrollen führt mit der Kolbenseiltrommel (in Abb. 12, rechts) verbunden. Auf der anderen Trommel wird das Steuerseil aufgewickelt, das mit seinem Ende an dem Gleitschuh befestigt ist, der während des Eindringens des Stechrohrs in den Meeresgrund an der Oberfläche des Meeresboden liegen bleibt. Das durch Federkraft vorgespannte Steuerseil wird während des Hineinvibrierens des Stechrohrs in den Meeresgrund durch Federkraft auf der Steuerseiltrommel (in Abb. 12) links) aufgewickelt. Bei Drehung der Steuerseiltrommel wird über Nocken und eine Schiebe-, hülse der Kontakt eines Schalters betätigt, der den Stromkreis der elektro-magnetischen Kupplung schließt. Damit wird eine kraftschlüssige Verbindung zwischen dem ständig laufenden Motor der Kolbenzieheinrichtung und dem Schneckengetriebe hergestellt, die die Zugseiltrommel um den gleichen Winkelbetrag wie die Steuerseiltrommel nachdreht. Die intermittierende Drehung beim Ziehen des Kolbens geht beim zügigen Eindringen des Stechrohrs durch die geringe Massenträgheit des Antriebs und die große Schaltgenauigkeit in einen kontinuierlichen Zug über. Einer allmählichen Verlangsamung der Eindringgeschwindigkeit des Stechrohrs wurde durch Verringerung des Durchmessers der Windungen der spiralförmig in die konische Trommel eingeschnittenen Rillen Rechnung getragen.

2.4. Die elektro-pneumatische Einrichtung

Die elektro-pneumatische Einrichtung besteht aus dem oben im Vibratorgehäuse befindlichen Steuerteil der die Preßluft aufnehmenden Glocke mit den daran befestigten Preßluftflaschen und -zuführungen (Abb. 15). Die Ventile der Steuereinrichtung werden elektro-magnetisch betätigt (Abb. 16). Beim Absetzen des für den Einsatz vorbereiteten Vibrationsstechrohrs auf der Meeresoberfläche enthält die Glocke so viel Luft, daß das Gerät schwimmt. Durch Öffnung der Auslaßventile kann die Luft aus der Glocke strömen, bis das Stechrohr allmählich abtaucht. Die noch in der Glocke verbliebene Luftmenge genügt, um das Rohr unter Wasser

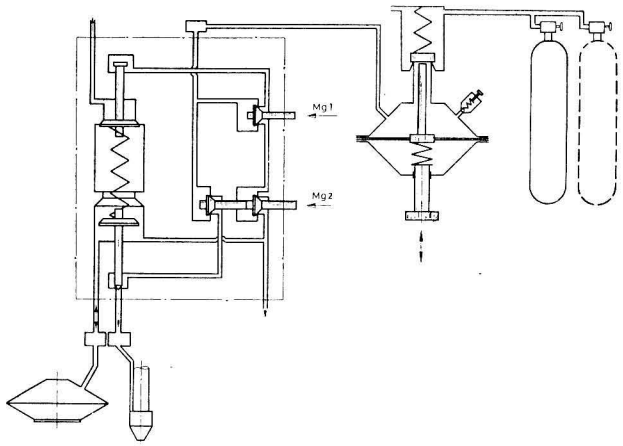


Abb. 15. Elektro-pneumatische Einrichtung

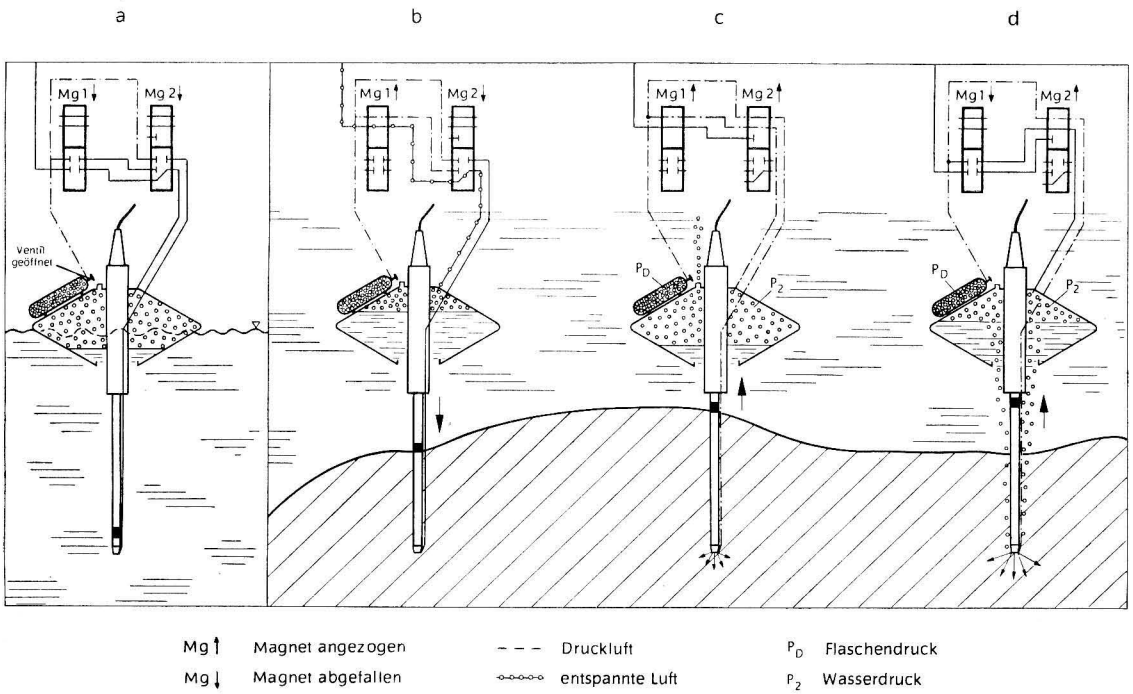


Abb. 16. Funktion der elektro-pneumatischen Einrichtung des Vibrationsstechrohrs 4701/1

in senkrechter Lage zu halten, bis es etwa 10 m über Grund am Elektro-Tragkabel abgefangen wird. Nach dem Einvibrieren des Stechrohrs in den Meeresgrund wird Preßluft in das glockenförmige Gehäuse gegeben, so daß ein Auftrieb bei gleichzeitiger Vibration des Stechrohrs wirksam wird. Infolgedessen löst sich das Rohr selbsttätig aus dem Meeresgrund und steigt dann bis an die Meeresoberfläche, ohne daß ein Zug am Tragseil erfolgt. Das Tragseil dient nur zum Einholen und zum Fieren des Vibrationsstechrohrs. Bei Versagen der elektro-pneumatischen Einrichtung kann es zum Herausbrechen des Rohres aus dem Meeresgrund benötigt werden. Ursprünglich war noch eine Preßluftzufuhr nach der Stechrohrmündung vorgesehen, auf die später verzichtet wurde (Abb. 16).

2.5. Der E-Teil

(Tafel V, Abb. 13)

Der E-Teil besteht aus dem an Bord befindlichen Bedienungsgerät, dem Vibratormotor, dem Motor für die Kolbenzieheinrichichtung, dem Neigungsmesser zur Feststellung einer Schrägstellung des Vibrationsstechrohrs von mehr als 15°, dem Eindring-Tiefenmesser, der elektro-magnetischen Kupplung der Kolbenzieheinrichtung und den Elektromagneten der pneumatischen Einrichtung. Die beiden Motoren werden mit Drehstrom 220/380 V, 50 Hz betrieben, während der Neigungsmesser, der Impulsgeber des Tiefenanzeigers, die elektromagnetische Kupplung und die Elektro-Magneten mit 24 V betrieben werden.

Als Stromquelle wird ein Aggregat mit einer Abgabe von 15 KVA Drehstrom 220/380, 50 Hz verwendet. Die Speisung erfolgt durch ein 13adriges kombiniertes Elektro-Tragkabel mit einem 6 mm starken, in Polyäthylen eingegossenen Stahlseil in der Mitte.

Die Steuerung des elektrischen Teils geschieht mit Hilfe des Bedienungsgerätes (Tafel V, Abb. 14). Bei Betätigung des Hauptschalters werden sowohl der Vibratormotor als auch der Motor der Kolbenzieheinrichtung in Gang gesetzt. Am Bedienungsgerät befinden sich ferner die beiden Schalter für die elektro-pneumatische Einrichtung zum Ein- und Ablassen der Preßluft, die Tiefenanzeige mit Schrittschaltwerk sowie eine Kontrollampe, die bei einer Schrägstellung des Stechrohrs von über 15° aufleuchtet.

3. Die Funktion des Vibrationsstechrohrs 4701/1

Das Stechrohr 4701/1 ist ein Kolbenlot ohne Gestell und Fuß, das selbsttätig ab- und auftaucht und im Vergleich zu früheren Vibrationsstechrohren eine wesentlich höhere Leistung des Vibrators aufweist.

Beim Einsatz des Gerätes sind folgende Arbeitsgänge zu unterscheiden:

1. Einsetzen und Anschrauben des Vibratorteiles mit Kolbenzieheinrichtung in die an Bord in einem Gestell ruhende Glocke. Herstellen der Steckerverbindung, Anbringen der Preßluftflaschen und Öffnen der Flaschenventile . . 30 min
2. Fertigmachen des Stechrohrs (Kolben und Seil einbringen, Verschluß einsetzen, Ringverschraubung und Gleitschuh auf das Rohr schieben, Schneide aufschrauben, Füllen des Rohrs mit Wasser) und Ausbringung desselben mit Hilfe der Kippvorrichtung an der Reeling und des Ladegeschirrs . . . . . 10 min
3. Aufsetzen der Glocke mit Vibrator auf das Stechrohr, Herstellen der Verbindung und Sicherung derselben, Befestigung des Kolbenseils an der Kolbenziehvorrichtung und Straffung des Seils mit Hilfe einer Stellschraube, Befestigung des Steuerseils und Vorspannen der Feder in der Steuerseiltrommel 10 min
4. Lösen der Halterung an der Reeling, Anhieven und Absetzen des Vibrationsstechrohrs auf der Wasseroberfläche. Abschäkeln des Ladegeschirrs . . . . 2 min
5. Luftablassen aus der Glocke und Abtauchen des Stechrohrs sowie Abfangen desselben etwa 10 m über dem Meeresgrund (Kontrolle mit Hilfe des Echographen, Abb. 21, Tafel VI) . . . . . 5 min
6. Einschalten des Vibratormotors und des Kolbenzugmotors, Fieren des Tragkabels, bis die Tiefenanzeige das Eindringen der vollen Rohrlänge in den Meeresgrund erkennen läßt . . . . . 2 min
7. Eingabe von Preßluft in die Glocke bei fortgesetzter Vibration . . . . . 2 min

8. Entlüften der Glocke und Abschalten des Vibratormotors und des Motors der Kolbenzieheinrichtung, wenn das Auftauchen von Gummibällen an der Meeresoberfläche das Aufsteigen des Vibrationsstechrohrs erkennen läßt . . Bruchteil von 1 min

9. Einholen des Geräts und Übernahme desselben . . . . . 5 bis 10 min

10. Ausdrücken des Sedimentkerns aus dem Stechrohr mit etwa 100—150 kp/cm² Wasserdruck . . . . . 15 min

Der Gesamtvorgang, an dem 2 Techniker und 3 Mann an Deck beteiligt sind, umfaßt etwa 77 Minuten. Bei einer zweiten Probenentnahme verkürzt sich die Zeit um etwa 20 Minuten, da die Glocke, der Vibrator und der Stecker des Stromzuführungskabels schon miteinander verbunden sind.

4. Theoretische Überlegungen

4.1. Rohrstabilität

Mit Rücksicht auf die örtliche Beulfestigkeit eines Rohres muß dieses eine Wandstärke von 3—4 mm aufweisen.

Unter dieser Voraussetzung lassen sich die Rohre gleichen Materials, gleicher Wandstärke und Länge für verschiedene Durchmesser miteinander vergleichen. Dabei soll der Belastungsfall — *frei stehendes Rohr mit einseitiger Führung* — angenommen werden, so daß die freie Knicklänge der doppelten Rohrlänge entspricht.

In Abb. 17 werden Rohre im Durchmesserbereich von 60—110 mm bei einer Länge von 8 m miteinander verglichen. Es zeigt sich, daß bei größeren Rohrdurchmessern das Rohrgewicht nicht im gleichen Maße wie der Gewinn an zulässiger Knicklast steigt. Es sollten demnach Rohre mit möglichst großem Rohrdurchmesser verwendet werden. Bei der Wahl des Rohrdurchmessers ist jedoch deshalb eine Grenze gesetzt, weil bei größerem Durchmesser und entsprechend größerer Rohroberfläche die Vibration beim Eindringen des Stechrohrs in den Meeresgrund vorzeitig zum Erliegen kommt.

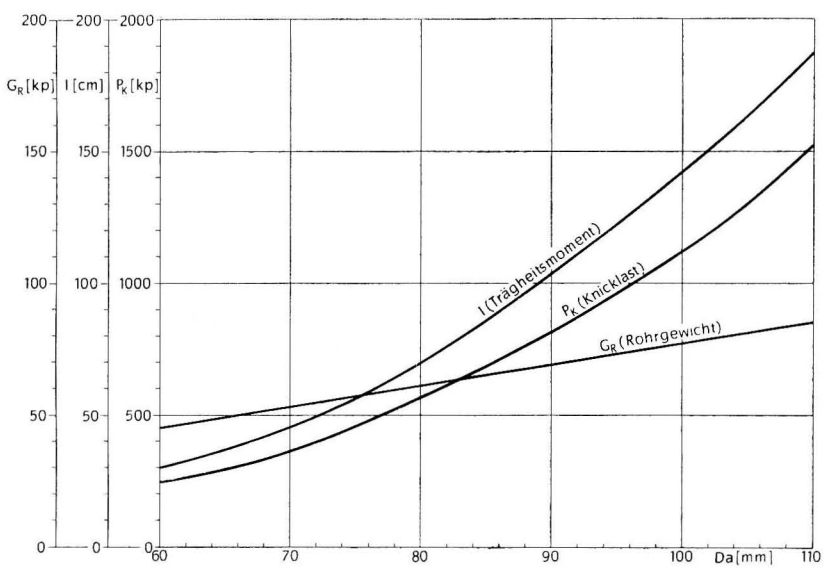


Abb. 17. Darstellung der Beziehungen von Rohrgewicht, Knicklast und Trägheitsmoment zum Rohrdurchmesser bei 8 m langen Edelstahlrohren gleichen Materials und gleicher Wandstärke von 4 mm

Die Abstimmung der Leistung des Vibrators mit den Rohrabmessungen ergab für 8—9 m lange Stechrohre einen günstigsten Durchmesser von etwa 90 mm.

Aus Abb. 17 ist jedoch zu entnehmen, daß das von uns verwendete Stechrohr mit einer höheren als der zulässigen Kraft beansprucht wird. Eine der Kraft des neuen Vibrators entsprechende statische Belastung würde bereits bei kürzeren Rohren zum Ausknicken führen, wenn nicht die Rohrschwingung durch das Wasser gedämpft und das Rohr durch die Drehschwingung in seiner Richtung stabilisiert würde.

4.2. Vibratorleistung

Die Erregerkraft P_E (Fliehkraft) des Vibrators ändert sich, wie aus Abb. 18 ersichtlich, mit der Drehzahl n und dem Schwungmoment $M = G \times r$ (Summe der Fliehgewichte × Schwerpunktradius). Beim Vibrator 4701/1 wurde die Drehzahl auf $n = 2000$ (min^{-1}) erhöht. Der dadurch bewirkten, größeren Beanspruchung der mechanischen Bauteile der Vibrationseinrichtung wurde durch Einbau einer federnden Kupplung entgegengewirkt.

Bei der Erhöhung des Schwungmoments von 0,3 auf 1,2 kp × m ist deshalb eine Grenze vorgegeben, weil gleichzeitig eine Vergrößerung der Schwingungsamplitude auftritt, die eine Störung der Struktur des Sedimentkerns verursachen kann.

Durch beide Maßnahmen wurde eine Leistungssteigerung des neuen Vibrators auf 5300 kp erreicht. Durch Austauschen der Fliehgewichte wurde jedoch festgestellt, daß die Leistung für die Gewinnung 8 m langer Stechrohrproben nicht erforderlich war. Die Leistung des Vibrators konnte stufenweise bis auf 3000 kp verringert werden. Damit beträgt die Leistung des Vibrators 4701/1 etwa das 3fache der Leistung des alten Vibrators 4700/1.

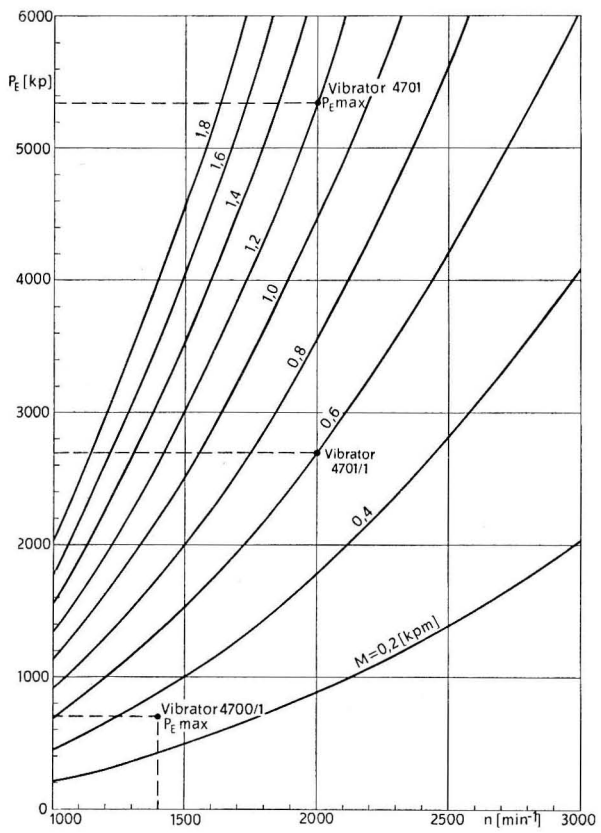


Abb. 18. Leistung verschiedener Vibratoren in Abhängigkeit von der Umdrehungszahl n min^{-1}) und dem Schwungmoment M [kpm]. P_E [kp] = Erregerkraft des Vibrators

Wie aus Abb. 19 hervorgeht, fällt das Maximum der Drehschwingung um die Hochachse des Rohres mit den Nullpunkten der vertikalen Schwingung zusammen. Deshalb kommt das Stechrohr im Meeresgrund niemals zur Ruhe. Es ergibt sich daraus der Vorteil, daß niemals die hohen Reibwerte der Ruhe in Frage kommen. Durch die der Vertikalschwingung überlagerte Drehschwingung werden sowohl die Vibration als auch die Rohrstabilität wesentlich begünstigt.

4.3. Auftrieb beim Herausvibrieren des Stechrohrs

Für die Bemessung der Auftriebsglocke galt folgende Überlegung: Dringt das Stechrohr unter der Wirkung einer Kraft in der Größe des Eigengewichts des kompletten Vibrationsstechrohrs im Wasser in den Meeresgrund ein, so muß es möglich sein, das Stechrohr mit einer Auftriebskraft, die das Doppelte des Eigengewichts + Probengewicht geringfügig übertrifft, herauszuvibrieren. Dies wurde bei der Erprobung des neuen Vibrationsstechrohrs bestätigt. Es genügte ein Auftrieb von etwa 400 kp. Deshalb konnten relativ kleine Preßluftflaschen mit 7 Liter Inhalt und einem Druck von 150 kp/cm² verwendet werden.

Die Abhängigkeit der benötigten Luftmenge von der Wassertiefe geht aus Abb. 20 hervor. Es folgt ferner daraus, daß das Vibrationsstechrohr 4701/1 mit der wirtschaftlich und konstruktiv vertretbaren Flaschenanzahl von 6 Stück bis in 150 m Wassertiefe eingesetzt werden kann.

5. Auswertung bisheriger Erprobungen

Es wurden bei 3 Erprobungsfahrten in der westlichen und südlichen Ostsee in den Jahren 1965 bis 1967 bis zu 8 m lange, ungestörte Stechrohrproben gezogen. Ein an Makrofauna besonders reicher Kern aus der Mecklenburger Bucht wurde auf Tafel III in der Beilagentasche dieses Heftes abgebildet. Dieser Kern besaß im frischen Zustand allerdings nur eine Länge von 6,50 m. Es war der erste Kern, der mit dem neuen Stechrohr entnommen wurde. Bei der inzwischen erlangten Routine ist mit einer Tagesleistung von 10 bis 12 Probenentnahmen an verschiedenen Stationen zu rechnen.

Der Vorgang des Ausdrückens der Probe mit der bisher für das kleinere Vibrationsstechrohr verwendeten Handpumpe dauert infolge des erhöhten Volumens etwa 15 min. Es war jedoch nur der gleiche Wasserdruck von 100 bis 150 atü erforderlich, so daß sich keine bemerkenswerten Störungen der Feinschichtung innerhalb der Stechrohrprobe ergaben.

Erste Erprobungen des Stechrohrs ohne Kolben ließen die unbedingte Notwendigkeit desselben erkennen.

Die Anpassung der Vibratorleistung ließ eine Verminderung der Schlagkraft von etwa 5 auf 3 t als zweckmäßig erscheinen.

Der durch die 0,5 cbm Nutzraum umfassende Glocke bewirkte Auftrieb erwies sich als hinreichend, so daß auf die gesonderte Zuführung von Preßluft nach der Stechrohrschneide während des Herausvibrierens verzichtet werden konnte. Zuvor hatte die Anbringung eines dünnen Hochdruckrohres an der Außenwand des Stechrohrs große Schwierigkeiten bereitet.

Bei den ersten Einsätzen bestand beim Auftauchen des Gerätes trotz sofortiger Entlüftung der Glocke noch während des Emporschießens an die Meeresoberfläche die Gefahr der Beschädigung der oberen Stechrohrteile durch Anprall an den Schiffsrumpf. Das galt insbesondere für den aus Leichtmetall hergestellten, wasserdichten Stecker des Stromzuführungskabels und für die Anschlüsse der an der Glocke befestigten Preßluftflaschen. Es kam vor, daß eine Preßluftflasche abriß und an der Meeresoberfläche herumgeschleudert wurde. Zum Schutz des Vibrationsstechrohrs beim Auftauchen wurden 3 Abweiser aus starkem Federstahl mit einem Ring verbunden und am Oberteil des Vibratorgehäuses angebracht.

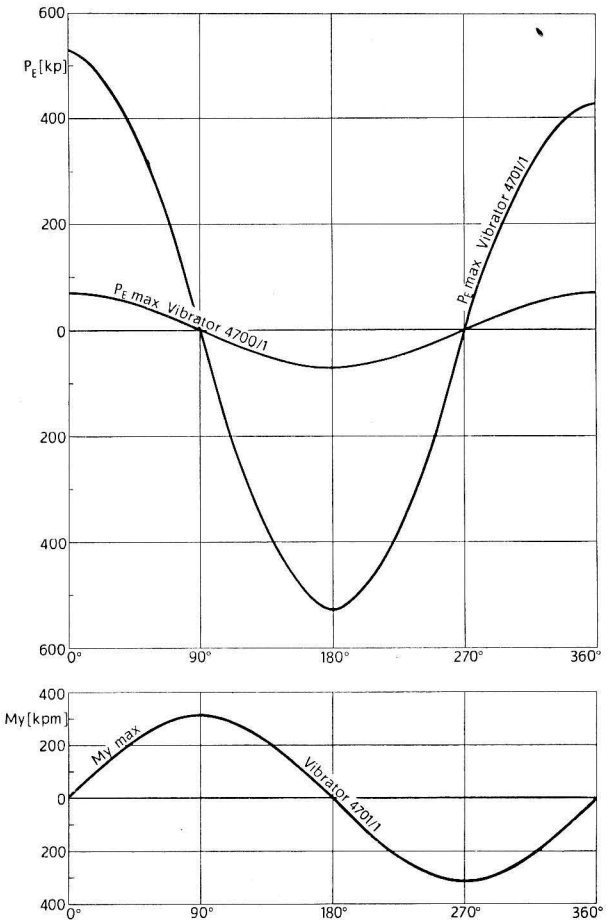


Abb. 19. Amplituden der Vertikalschwingung und der Drehschwingung der Vibrationsstechrohre

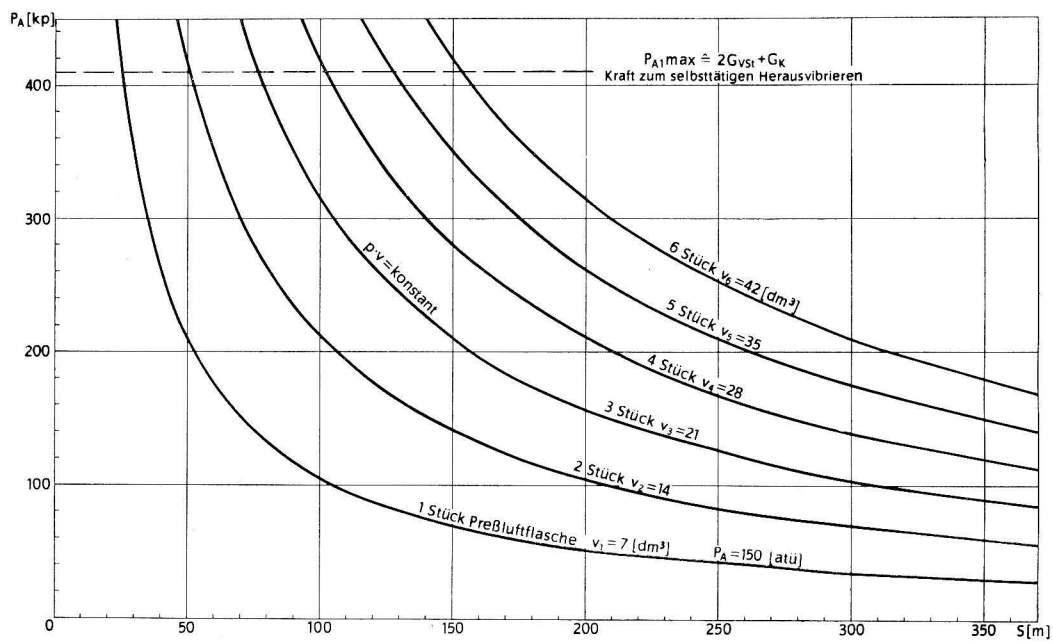


Abb. 20. Abhängigkeit der für das Herausvibrieren des Stechrohrs benötigten Luftmenge von der Wassertiefe
s [m] = Wassertiefe; v [dm³] = Luftmenge; P_A [kp] = Auftrieb

Beim routinemäßigen Einsatz empfiehlt es sich, beim Ankern an einer Station zunächst reichlich Kette zu stecken, um nach dem Hineinvibrieren des Stechrohrs in den Meeresgrund das Schiff an der Ankerkette um etwa 50 m zu verholen, so daß das Stechrohr hinter dem Schiff auftaucht.

Die Funktion der Vibratoreinrichtung und der elektro-pneumatischen Einrichtung erwiesen sich von Anfang an als einwandfrei. Allerdings zeigten sich bei jeder Demontage des Vibrators und der Kolbenzieheinrichtung Spuren von Kondenswasser in den Räumen, in denen die Motore arbeiteten und deshalb starke Temperaturschwankungen auftraten. Die E-Motore sind deshalb unter Vakuum mehrmals mit Öl zu tränken. Eine vollständige Beseitigung dieses Übels scheint vorerst nicht möglich.

Schwierigkeiten ergaben sich bei der ersten Erprobung der Kolbenzieheinrichtung. Es war ein Schleifen der elektro-magnetischen Kupplung zwischen dem Kolbenzugmotor und dem Schneckengetriebe für den Fall vorgesehen, daß der Kolben sich nach vollständigem Eindringen des Stechrohrs in den Meeresgrund am oberen Rohrende befand. Das 3 mm starke Kolbenseil riß trotz wiederholter Verringerung der Kupplungskraft. Die beschränkte Anzahl der im Stromzuführungskabel enthaltenen Adern ließ eine getrennte Schaltung des Kolbenzugmotors nicht zu. Es wurde deshalb die elektro-magnetische Kupplung abgeschaltet, sobald die Tiefenanzeige das vollständige Eindringen des Stechrohrs in den Meeresgrund erkennen ließ.

Der Einsatztiefe des Vibrationsstechrohrs 4701/1 ist wegen des Spannungsabfalls bei Verwendung zu langer Stromzuführungskabel eine Grenze gesetzt. Die Einsatztiefe reicht vorerst bis etwa 150 m. Bei einem 400 m langen Kabel betrug der Spannungsabfall fast 40%. Die Spannung reichte für das Anlaufen der Motore nicht mehr aus.

Bei Inbetriebnahme des E-Teiles ist in Rücksicht auf den Arbeitsschutz besondere Umsicht geboten. Es ist eine sorgfältige Erdung des Aggregats und der Kabelwinde erforderlich. Das Stromzuführungskabel darf während des Betriebs von keinem Mitarbeiter berührt werden, da bei dem feuchten Schiffsdeck und der höheren Stromspannung unmittelbare Lebensgefahr besteht. Die Rollenführungen des Stromkabels sind so zu bemessen, daß eine Beschädigung der Schutzummantelung des Kabels vermieden wird.

Ein Nachteil war in der Unhandlichkeit der Auftriebsglocke zu erblicken. Bei künftigen Einsätzen soll die mechanisch empfindliche Auftriebsglocke durch einen mit inkompressibler Ekazellfüllung versehenen Auftriebskörper ersetzt werden, der nicht mit dem Stechrohrohr in starrer Verbindung steht. Dann entfällt zugleich die elektro-pneumatische Einrichtung

6. Literatur

Kudinov, J. L., Das Vibrationskolbenrohr. Trudy instituta okeanologii, A. N. SSSR **25** (1957) S. 143 — 151.

Möckel, F., Bemerkungen zur Funktion des Vibrationsstechrohrs 4700/1. Beitr. z. Meereskde., **12/14** (1965) S. 149 – 151.

Schmidt, W., Gerät zur Entnahme von Bodenproben. Wirtschaftspatent der DDR 84c/113534.

Schmidt, W., Kolbenziehvorrichtung. Wirtschaftspatent der DDR 5a/130915.

Schmidt, W. und Kolp, O., Beschreibung und Ergebnisse der Erprobung eines im Auftrage des Instituts für Meereskunde Warnemünde gebauten Vibrationsstechrohrs 4700/1. Beitr. z. Meereskde., **12/14** (1965) S. 143 – 148.

Udinzew, G. B., Lisizin, A. P., Kanajew, W. F., Senkewitsch, W. L. und Gannanzerow, F. J., Konstruktion eines Kolbenrohres mit automatischer Kolbenstabilisation. A. N. SSSR, Arbeiten des Instituts für Ozeanologie **19** (1956) S. 232 – 237.

3. Arbeitstagung der INQUA-Subkommission „Baltic Shorelines" 1967 in Warnemünde unter Vorsitz von Professor Dr. S. Florin (Uppsala)

von Georg Neumann

Seit der Neugründung der Subkommission „Baltic Shorelines" auf dem VI. INQUA-Kongreß in Warschau fanden mehrfach internationale Zusammenkünfte der Küsten- und Meeresforscher aus den Anliegerstaaten der Ostsee statt. Während der letzten Beratung 1965 in Schweden (Uppsala) wurde auf Vorschlag von Herrn Professor Dr. Kliewe (Jena) beschlossen, die nächste Arbeitstagung in Warnemünde durchzuführen. Diese Veranstaltung war mit einer anschließenden Arbeitsexkursion der INQUA-Subkommission „Holocene" durch Thüringen, Sachsen (DDR) und Böhmen (ČSSR) abgestimmt. Dadurch wurde einerseits einem breiteren Interessentenkreis die Teilnahme an beiden Tagungen ermöglicht und eine Vergleichsmöglichkeit der Arbeitsmethoden im marinen und binnenländischen Sektor, der stratigraphischen Erkenntnisse, der klimageschichtlichen Befunde und des Forschungsstandes von Spätglazial und Holozän auf See, an der Küste und im Binnenland gegeben.

Die Schirmherrschaft über die Tagung war von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin dem Präsidiumsmitglied Professor Dr. Dr. h. c. E. Lehmann übertragen worden. Ferner wurde das Quartärkomitee der DDR unter Vorsitz von Professor Dr. H. Kliewe mit der Durchführung der Tagung beauftragt. Die Tagung fand im Institut für Meereskunde der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Warnemünde statt, dessen Räumlichkeiten von Herrn Direktor Dr. K. Voigt zur Verfügung gestellt wurden. Die wissenschaftlich-organisatorische Vorbereitung lag in den Händen von Doz. Dr. O. Kolp.

Das Schwergewicht der wissenschaftlich-organisatorischen Vorbereitung der beiden Vortragstage oblag den Mitarbeitern der Abteilung Meeresgrund des Instituts für Meereskunde. Die Vorarbeiten und die Durchführung der dreitägigen Exkursion auf den Inseln Hiddensee und Rügen und auf dem Greifswalder Bodden erforderten das Zusammenwirken mit der Forschungsgruppe von Professor Dr. Kliewe (Jena) unter Hinzuziehung von Dr. Gramsch (Potsdam), P. Herfert (Stralsund), Doz. Dr. A. Ludwig (Rostock) und Dr. Ewe (Stralsund).

Die Zusammensetzung des Teilnehmerkreises der Arbeitstagung „Baltic Shorelines" in Warnemünde ließ die zunehmende Bedeutung einer Forschungsrichtung erkennen, die durch neue Untersuchungsergebnisse zur spätglazialen und holozänen Entwicklung des Ost- und Nordseeraumes durch die Anliegerstaaten der Ostsee, vor allem aber durch Einbeziehung der Untersuchungen am Meeresgrund durch die Forschungsgruppe im Institut für Meereskunde verstärkt in den Blickpunkt des Interesses rückt. Es ist sicherlich kein Zufall, daß die Hauptthematik dieser Tagung Probleme berührte, die bereits in Warnemünde anläßlich internationaler Colloquien und Arbeitstagungen behandelt wurden.

Die Teilnahme der Chairmen der INQUA-Commission on Quaternary Shorelines (Professor Dr. Rh. W. Fairbridge, USA), der Subcommission on Mediterranean Shorelines (Professor Dr. R. W. Hey, England), der Subcommission on Holocene (Ir. B. P. Hageman, Holland) sowie namhafter Fachvertreter aus den Anliegerstaaten der Ost- und Nordsee und aus der CSSR unterstreicht die Bedeutung der Tagung und das internationale Interesse. In 20 Vor-

trägen wurde den über 40 Teilnehmern des In- und Auslandes ein Überblick über den gegenwärtigen Stand der Erkundung der spätglazialen und holozänen Entwicklung der Ost- und Nordsee, insbesondere des eustatischen Meeresspiegelanstiegs seit dem Spätglazial und der damit verbundenen Entwicklung der Küstenlinien gegeben.

Die fachlichen Vorträge führten zu lebhaften Diskussionen, die angesichts des in den Arbeits- und Laborräumen ausgelegten Proben- und Anschauungsmaterials, während der Exkursionen und nach der Entnahme frischer Stechrohrkerne an Bord des Forschungsschiffes „Professor Albrecht Penck" fortgesetzt wurden.

Am Anfang der Vortragsreihe stand „ein historischer Überblick über nordische Arbeiten zu Niveauveränderungen und steinzeitlicher Besiedlung im Gebiet des Ostseebeckens" von Professor Dr. S. Florin, Chairman der INQUA-Subcommission „Baltic Shorelines".

Die Gliederung der Vortragsfolge ließ folgende Schwerpunkte erkennen:

1. Information über neueste Forschungsergebnisse zur spätglazialen und holozänen Entwicklung im Submarin und Litoral, der heutigen Nord- und Ostsee.
2. Darstellung der Arbeitsmethodik zur Gewinnung von Untersuchungsergebnissen am Meeresgrund und zur Entnahme von Kernmaterial.
3. Information über neueste Forschungsergebnisse zur spätglazialen und holozänen Entwicklung im Küstengebiet der DDR.

Die Berichterstattung umfaßte sowohl zusammenfassende Darstellungen für einzelne Teilgebiete der Ostsee, als auch spezielle Probleme; die Beiträge lieferten wertvolles Material und neue Untersuchungsergebnisse zu Themen der

a) Entwicklungsgeschichte der Ostsee;
b) Paläogeographie einzelner Teilgebiete;
c) absoluten und relativen Altersbestimmung;
d) Meeresspiegelschwankungen und Terrassenbildungen;
e) Veränderung der Küstenlinien seit dem Spätglazial.

Die Ausführungen von S. Florin (Uppsala) zur Deutung litoriner baltischer und skandinavischer Strandlinien, der Entwicklungsgeschichte des Ostseebeckens und postglazialer Krustenbewegung unter besonderer Berücksichtigung geologischer und archäologischer Aspekte und der beiden Tendenzen in der Auffassung über die Strandverschiebungen (a) gleichmäßig negative und b) negative Strandverschiebung unterbrochen von kurzzeitigen Transgressionen) erfuhren durch den Beitrag von O. Kolp (Warnemünde) über den Stand „jüngster quartärgeologischer Erkundungsarbeiten in der Ost- und Nordsee" räumliche und zeitliche Ergänzungen. Die bisher bekannten Darstellungen zur Entwicklungsgeschichte dieser Meeresräume im Postglazial und die damit verbundenen Probleme wurden durch neueste bisher noch unveröffentlichte Untersuchungsergebnisse ergänzt. Mit der Bearbeitung von Teilgebieten der Ostsee befaßte sich die Berichterstattung von G. Bublitz (Warnemünde) über „Schwermineralien als Indikatoren der Entwicklung der Oder-Bucht seit dem Spätglazial", von B. Rosa (Toruń) über „untermeerische holozäne Strandlinien der südlichen Ostsee" und von G. Neumann (Warnemünde) über die „Erkundung von Eisrandlagen im Arkona-Becken und auf dem Adler-Grund" und einen Überblick über die „Lagerungsverhältnisse der postglazialen Sedimente im Arkona-Becken". Der Erörterung von Detailfragen, die die unter a) bis f) angeführten Themenkomplexe berührten, waren die Beiträge von F. Werner (Kiel) „Schichtung und Bioturbation in Schlicksedimenten . . .", von D. Fredén (Uppsala) „ein historischer Überblick über die Erforschung des Ancylus-Sees im Svea Älv-Gebiet", der Vortrag von L. K. Königsson (Uppsala) über „neue Ergebnisse der Untersuchungen im südlichen Alvar

auf Öland" mit dem eindeutigen Beleg für das vorancyluszeitliche Auftreten von *Ancylus fluviatilis* sowie der von Professor Florin verlesene Beitrag von E. NILSSON über „die revidierte schwedische Zeitskala" gewidmet.

Die Arbeitsmethodik zur Gewinnung von Proben mit Vibrationsstechrohren als Voraussetzung paläogeographischer und stratigraphischer Forschung im submarinen Bereich wurde den Tagungsteilnehmern durch den praktischen Einsatz eines alten sowie eines neuen Vibrationsstechrohres auf der Schiffsexkursion und in einem Farbfilm von O. KOLP vorgestellt. Dabei wurden Einzelheiten über Bauteile und Funktion des neuen Stechrohres, mit dem bis zu 9 m lange Proben gewonnen werden, erläutert. IR. B. P. HAGEMAN (Haarlem) berichtete von einem noch in der Entwicklung befindlichen hydraulisch arbeitenden Stechrohr. Der Vortrag von G. NEUMANN befaßte sich u. a. mit Taucheruntersuchungen am Meeresgrund, die zur genaueren Auswertung von Echogrammen und zu neuen Ergebnissen der Meeresgrundkartierung führten.

Der thematische Übergang vom submarinen und litoralen zum landseitigen Bereich der Küste erfolgte mit den Vorträgen von V. GUDELIS (Vilnius) über „Grundzüge der Küstenentwicklung des Ostbaltikums während der Spät- und Nacheiszeit" und N. ORVIKU (Tallin) über „einige Ergebnisse der Erforschung der Küstenbildungen Estlands".

Mit den Beiträgen über prähistorische und archäologische Forschungsergebnisse von B. GRAMSCH (Potsdam) „die Lietzow Kultur und ihre Beziehung zur Ostseegeschichte" und P. HERFERT (Stralsund) „Slawensiedlungen im Bereich des Strandwalls von Ralswiek/Rügen" war eine Richtung vertreten, die — wie in den skandinavischen Ländern — auch bei uns verstärkt in der holozän-stratigraphischen Methodik Berücksichtigung finden sollte und in Verbindung mit den pollenanalytischen Untersuchungen von E. LANGE (Berlin) „zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der Insel Rügen", die morphologischen, stratigraphischen und geochronologischen Arbeitsergebnisse von H. KLIEWE (Jena) in vorteilhafter Weise ergänzten. Die Vorträge von KLIEWE, GRAMSCH, HERFERT, LUDWIG und KOLP enthielten Hinweise für die Exkursionen auf Rügen und in den Greifswalder Bodden mit dem Forschungsschiff „Professor Albrecht Penck".

Während der Exkursionen hatten die Teilnehmer Gelegenheit, die bei der Tagung und den Abendveranstaltungen angebahnten fachlichen Kontakte zu vertiefen und die Diskussionen an den Aufschlüssen und Schürfen fortzusetzen.

Einen nachhaltigen Eindruck hinterließ die organisatorisch und wissenschaftlich gut vorbereitete Schiffsexkursion (Leitung: O. KOLP) von Saßnitz in den Greifswalder Bodden, auf der das bereits bei einer Filmveranstaltung vorgestellte große Vibrationsstechrohr eingesetzt wurde. Die gewonnenen Stechrohrkerne standen den Teilnehmern zur Bemusterung und Entnahme von Proben zur Verfügung.

Die Arbeitstagung der INQUA-Subcommission „Baltic Shorelines" unterstrich in ihrer Zielsetzung die Notwendigkeit des Zusammenwirkens der verschiedenen Fachdisziplinen über den nationalen Rahmen hinaus.

Die jüngsten Forschungsergebnisse zur „Entwicklungsgeschichte der Ostsee" und erste Untersuchungsbefunde aus der Nordsee ließen die Beratungsteilnehmer auf der abschließenden Sitzung der Subkommission den Beschluß fassen, künftig die Forschungen in der Ost- und Nordsee zu vereinigen.

Die Zuwahl von Mitgliedern aus den Anliegerstaaten der Nordsee, die Durchführung der nächsten Arbeitstagung in einem dieser Staaten mag die Bedeutung, die dieser Erweiterung seitens der Subkommission beigemessen wird, ebenso sehr hervorheben wie die Umbenennung in Subcommission „Baltic and North Sea Shorelines".

Professor Dr. Ernst Neef 60 Jahre

Am 16. April 1968 beging Professor Dr. Ernst Neef, Direktor des Instituts für Geographie der Technischen Universität Dresden und Vizepräsident der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, seinen 60. Geburtstag. Das Festkolloquium, das anläßlich dieses Tages in Dresden stattfand, vereinigte Vertreter in- und ausländischer Akademien der Wissenschaften, Kollegen, Mitarbeiter und Schüler, die zahlreich erschienen waren, um die hohen wissenschaftlichen Leistungen des Jubilars zu würdigen. Darüber hinaus war es allen Anwesenden ein Herzensbedürfnis, für empfangene wissenschaftliche Ausbildung, Anregung und Anleitung von wissenschaftlichen Arbeiten sowie stete Förderung in wissenschaftlicher und menschlicher Hinsicht zu danken.

Die für Wissenschaft und Praxis bedeutungsvolle Tätigkeit von Professor Neef umfaßte außer Arbeiten der Standortforschung, Landschaftsökologie und Landesplanung den schwierigen Bereich geographischer Axiomatik. Es ist das besondere Verdienst von Professor Neef, in der Auseinandersetzung über Methodik und Zielsetzung künftiger physisch-geographischer Forschung die Hauptaufgabe der Komplexanalyse klar umrissen zu haben. Ihre erfolgreiche Anwendung wurde von ihm selbst an zahlreichen Beispielen unter Beweis gestellt. Unermüdlich suchte Professor Neef nach neuen Methoden und Anwendungsmöglichkeiten geo-

graphischer Erkenntnisse. Darüber hinaus galt seine fördernde Anteilnahme zahlreichen geographischen Disziplinen, so auch der geographischen Erforschung des Meeresgrundes. Gedanken Professor Neefs sind von richtungweisender Bedeutung für die Unterscheidung topischer und chorischer Einheiten am Meeresgrund. Die in diesem Falle auf hydrographischer Basis erfolgende Komplexanalyse kann durch die Kennzeichnung von Sedimenttypen sowie durch qualitative und quantitative Untersuchungen der Sedimentumlagerung und der strukturellen und stofflichen Umwandlung der Sedimente gestützt werden.

Mit dem herzlichen Dank für zahlreiche Anregungen und stets gewährten Rat und Hilfe bei der Veröffentlichung neuer Ergebnisse der Meeresforschung sei der Wunsch der Mitarbeiter des Instituts für Meereskunde Warnemünde verbunden, daß Herrn Professor Dr. Ernst Neef noch viele Jahre fruchtbringender Arbeit und persönlichen Wohlergehens beschieden sein möchten.

Otto Kolp

Dr. Werner Horn 65 Jahre

Am 19. April 1968 beging Dr. Werner Horn, Schriftleiter von Petermanns Geographischen Mitteilungen und des Geographischen Jahrbuchs im Verlag VEB Hermann Haack Gotha, seinen 65. Geburtstag.

Die Mitarbeiter des Instituts für Meereskunde Warnemünde gedenken des Jubilars in herzlicher Dankbarkeit für wohlwollendes Interesse an meereskundlichen Forschungsarbeiten sowie stets gewährten Rat und sorgfältigste redaktionelle Bearbeitung meereskundlicher Veröffentlichungen in der von Dr. Horn betreuten, ältesten deutschen geographischen Fachzeitschrift.

Als wissenschaftlicher Kartograph begann Dr. Horn 1939 seine Tätigkeit in der Gothaer Geographischen Anstalt, die später nach dem hochverdienten, 1966 verstorbenen Professor Dr. Hermann Haack benannt wurde. Als engster Mitarbeiter von Hermann Haack, dem bis 1955 die Herausgeberschaft und wissenschaftliche Leitung von Petermanns Geographischen Mitteilungen oblag, konnte sich Dr. Horn in die verantwortungsvolle Tätigkeit eines Schriftleiters der weltbekannten Zeitschrift einarbeiten, um sie in den Jahren 1956—1968 erfolgreich weiterzuführen.

Das wissenschaftliche Werk von Dr. Horn umfaßt zahlreiche Veröffentlichungen zur Geschichte der Kartographie. Die jüngsten, umfangreichen Beiträge in Petermanns Mitteilungen waren der Geschichte der Gothaer Geographischen Anstalt (1960), einem Überblick über das Lebenswerk von Hermann Haack (1966) und dem kartographischen Gesamtwerk Adolf Stielers (1967) gewidmet.

Die an der Meeresforschung beteiligten Mitarbeiter wünschen Herrn Dr. Horn noch viele Jahre eines erfolgreichen, die Ergebnisse jahrelanger eigener Forschung zusammenfassenden Schaffens.

Otto Kolp