

A 300

- 95 -

ANWENDUNG DES FORSCHUNGSTAUCHENS IN DER GEOLOGIE:

BEISPIELE AUS DER KIELER TAUCHGRUPPE. *

Gerold Wefer **

1978

mit 5 Abbildungen und 1 Tabelle im Text

* Erweiterte Fassung eines Vortrages, gehalten am 29.04.77
anlässlich des Symposiums "Geowissenschaftliches Tauchen"
in Clausthal.

** Anschrift des Verfassers:

Dr. Gerold Wefer
Geologisch-Paläontologisches Institut - Universität Kiel
Olshausenstr. 40 - 60, 2300 Kiel

BEITR. Z. MEERESTECHNIK	NR. 5	95-111	CLAUSTHAL-ZELLERFELD 1978
-------------------------	-------	--------	---------------------------

Einleitung.

Die Möglichkeit der direkten Beobachtung und Probenahme durch Wissenschaftler am Meeresboden wurde erst seit ca. 40 Jahren und nur in Einzelfällen in Anspruch genommen. An der Universität Kiel wurden die intensiven Unterwasserarbeiten von WASMUND (1937, 1938) durch meeresgeologische Tauchuntersuchungen von SEIBOLD et al. (1961) fortgesetzt. Mit Einrichtung des Sonderforschungsbereiches 95 der Universität Kiel mit der wissenschaftlichen Fragestellung: "Wechselwirkung Meer - Meeresboden" im Jahre 1969 wurden physikalische, chemische, biologische und geologische Forschungsvorhaben begonnen, die die Mitarbeit von Forschungstauchern erforderten. Aus den hierbei entstandenen Arbeiten werden im folgenden vor allem meeresgeologische Untersuchungen ausgewählt, um an ihrem Beispiel Anwendung des Forschungstauchens in den Geowissenschaften aufzuzeigen.

Taucharbeiten.

Die meeresgeologischen Unterwasserarbeiten der Kieler Tauchgruppe in den letzten Jahren lassen sich 3 Gruppen zuordnen.

1. Taucharbeiten, die für andere meeresgeologische Untersuchungsmethoden Hilfsfunktion haben.
2. Taucharbeiten, die eine Kombination zwischen Tauchbeobachtungen und anderen meeresgeologischen Methoden ergeben.
3. Taucharbeiten, bei denen von Forschungstauchern ausgeführte Beobachtungen und Messungen die Grundlage einer eigenständigen wissenschaftlichen Arbeit sind.

Diese Einteilung hat B. FLEMMING bereits 1972 in einem Diskussionsbeitrag über Stand und Entwicklung des wissenschaftlichen Tauchens an der Universität Kiel vorgeschlagen.

1. Zum Komplex der Hilfsfunktionen gehören Installation, Wartung und Abbau von Probennahme- und Meßgeräten und das Auslegen und Bergen von Versuchsflächen. Umfangreiche Taucharbeiten waren bei der Entwicklung eines neuen Kernentnahmegerätes in sandigen Sedimenten, dem Vibrationshammer (KÖGLER & VEIT 1973), erforderlich. Die Funktion dieses Gerätes mußte vor allem im Entwicklungsstadium in situ getestet werden und hierbei konnten Taucher durch ihre Beobachtungen wichtige Hinweise zur Verbesserung des Gerätes liefern.

Ein anderes Beispiel war die Installation und Wartung der "Schwebesubstrate" (SARNTHEIN & RICHTER 1974). Mit Hilfe von in der Wassersäule schwebenden Sedimentwannen sollten Erstbesiedlungsexperimente durchgeführt werden (Abb. 1).

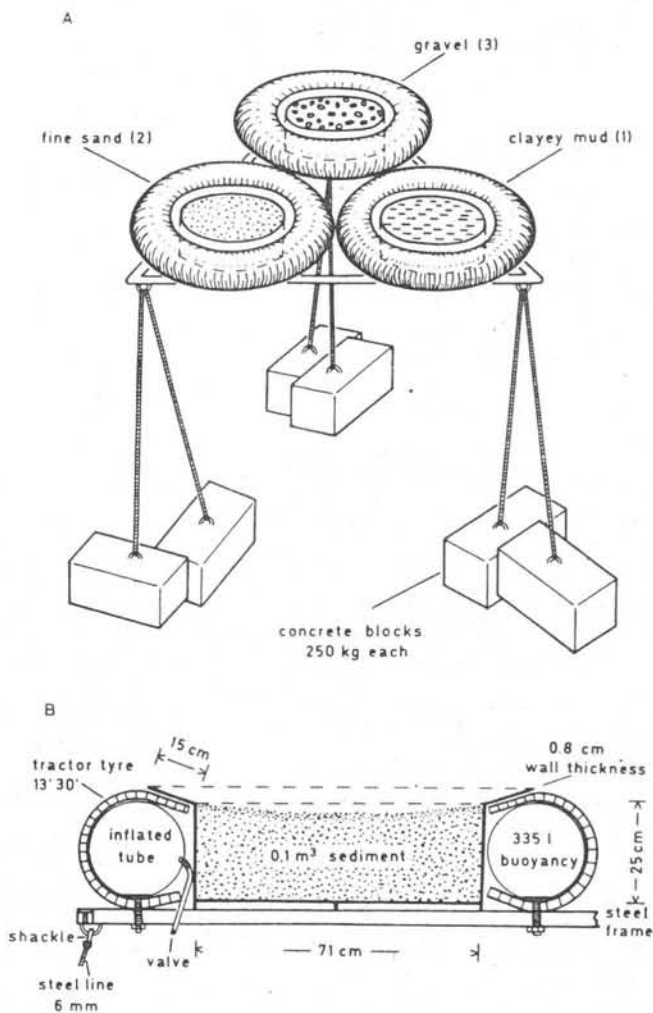


Abb. 1:

Schema der Schwebesubstrat-Anordnung. A: Gesamtanordnung der 3 Sedimentwannen (gefüllt mit Ton, Sand und Kies), B: Schnitt durch die mit Sediment gefüllten Wannen, die in Traktorreifen hängen (aus SARNTHEIN & RICHTER 1974).

Der Forschungstaucher war dabei nicht nur an Auf- und Abbau sowie technischer Wartung dieser Substratbehälter beteiligt, sondern es wurden durch ihn die regelmäßigen Probennahmen auf den Substratflächen überhaupt erst ermöglicht. Diese Untersuchungen sind abgeschlossen und das mehrjährige Probenmaterial hat Ergebnisse über die Kalkproduktion von Mollusken (RICHTER & SARNTHEIN 1977), über die Erstbesiedlung durch Meiofauna (SCHEIBEL 1974) und Foraminiferen (WEFER & RICHTER 1976), sowie über die Bedeutung der Bohrmuschel Barnea candida zur submarinen Geschiebemergelabrasion (RICHTER & RUMOHR 1976) gebracht.

Ein weiteres Beispiel aus dem Bereich der Hilfsfunktionen sind die Untersuchungen zur Diatomeen-Produktion von RÖCKER & SCHRADER (1975), in denen vom Taucher ein Satz Mikroskop-Objektträger am Boden ausgesetzt und in regelmäßigen Zeitabständen ausgetauscht wurden. Am Diatomeen-Aufwuchs der Objektträger konnten Daten zur biogenen Kieselsäureproduktion gewonnen werden.

Weitere Beispiele sind Untersuchungen zur Internstruktur von Wellenrippeln, in denen ein vom Taucher bedientes Rippelmaßgerät eingesetzt wurde (NEWTON 1968 a und b). Außerdem Untersuchungen zur postglazialen Transgression sowie zu den heutigen Sedimentationsverhältnissen in der Flensburger Außenförde (EXON 1972, 1975).

2. Zu Kombinationen zwischen wissenschaftlichem Tauchen und anderen geowissenschaftlichen Methoden gehören Untersuchungen zur Auswirkung von Wasserbewegungen auf die Sedimentverteilung und das Bodenrelief. Durch Kombination von Unterwasser-Fernsehen, Side Scan Sonar und Forschungstauchen wurde der Übergang vom Restsediment zum küstenfernen Sandgürtel vor Bokniseck in der Eckernförder Bucht kartiert (FLEMMING & WEFER 1973). Abb. 2a zeigt eine Photographie dieser scharfen Grenze zwischen beiden Faziesbereichen, links als dunkle Flecken auf Steinen festgeheftete Braun- und Rotalgen und rechts Mittelsand. Abb. 2b zeigt eine Side Scan Sonar-

Aufnahme aus dem gleichen Gebiet. Im linken Bildbereich sind die Schatten von Steinen als Punkte aufgezeichnet worden, während der rechte Bildbereich Mittelsand zeigt, der durch das geringe Relief weniger Schatten bildet und somit heller erscheint.

An gleicher Stelle wurde ein 20 m langer und 5 m breiter Streifen senkrecht zur Grenze der Faziesbereiche von Tauchern kartiert. Das Ergebnis ist in Abb. 2 c zusammengefaßt, die links die Geröllverteilung und rechts den Mittelsand zeigt. Wie aus dem Profil im unteren Teil der Abb. 2c zu ersehen ist (die Sedimentmächtigkeiten wurden durch Sondierungen ermittelt), transgrediert an dieser Stelle der Sand lehrbuchmäßig über ein Basiskonglomerat aus den Restsedimenten des abradierten Geschiebemergels. Diese Grenze läßt sich anhand von Side Scan Sonar-Aufnahmen kilometerweit nach beiden Seiten dieser von Tauchern im Detail untersuchten Stelle verfolgen. Bei den Übersichts-Kartierungen durch Side Scan Sonar sind die verschiedenen Bodenarten anhand von unterschiedlichen Reflexionseigenschaften zu identifizieren. Für die Interpretation der Böden waren oft zusätzliche Beobachtungen (Sedimentproben, Fernsehen und vor allem durch Taucher) notwendig (siehe NEWTON & WERNER 1972; WERNER & NEWTON 1975; WERNER et al., 1976; WYNN 1974).

Ebenfalls zu diesem Komplex gehören Untersuchungen zur Sedimentologie und Ökologie eines ruhenden Rippelfeldes (WERNER et al. 1974). Mit Side Scan Sonar und Fernsehen wurden Verbreitung und Morphologie der Rippelfelder im Fehmarn Belt aufgenommen und Siedlungsstrukturen und Sedimentverteilungen an einzelnen Rippelkörpern im Detail durch Taucher untersucht. Aus Kammverlauf und Asymmetrie der Rippen ließen sich Bahnen des Einstroms in der mittleren Ostsee ableiten. Die Tauchbeobachtungen ergaben Hinweise auf längere Ruhezeiten der Rippelkörper und führten zu Vorstellungen über eine gewisse Umformung der Rippelkörper während dieser Ruhezeiten. In Abb. 3 sind die Tauchbeobachtungen und die Strukturuntersuchungen an Taucher-Stechkästen zusammengefaßt.

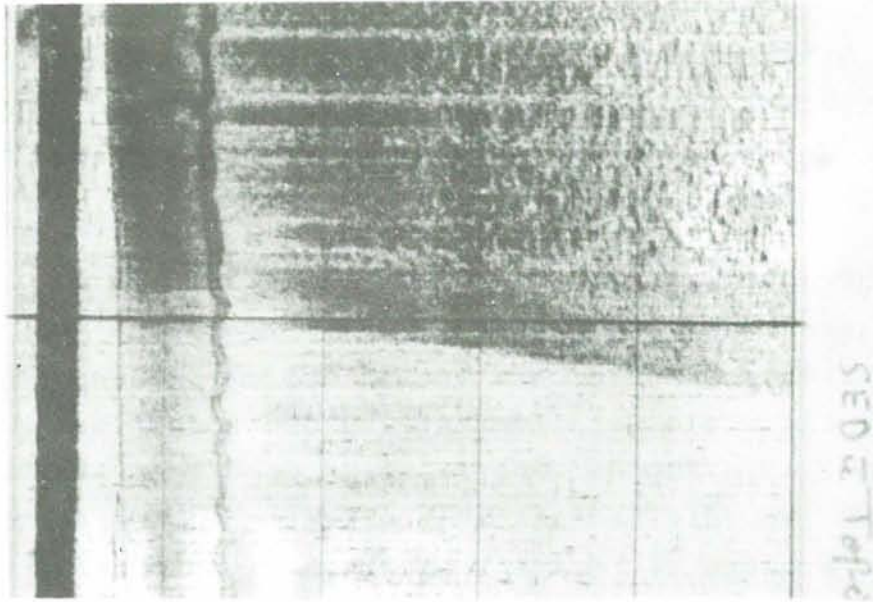


Abb. 2 a



Abb. 2 b

- Abb. 2 : Übergang Restsediment zum küstenfernen Sandgürtel vor Bokniseck in der Westlichen Ostsee (aus FLEMMING & WEFER 1973).
- a) Fotografie - Bildbreite ca. 2 m
 - b) Side Scan Sonar-Aufnahmen - Flächenbreite ca. 60 m, -höhe ca. 130 m.
 - c) Taucher-Netzkartierung (20 x 5 m) und Mächtigkeitsprofil.

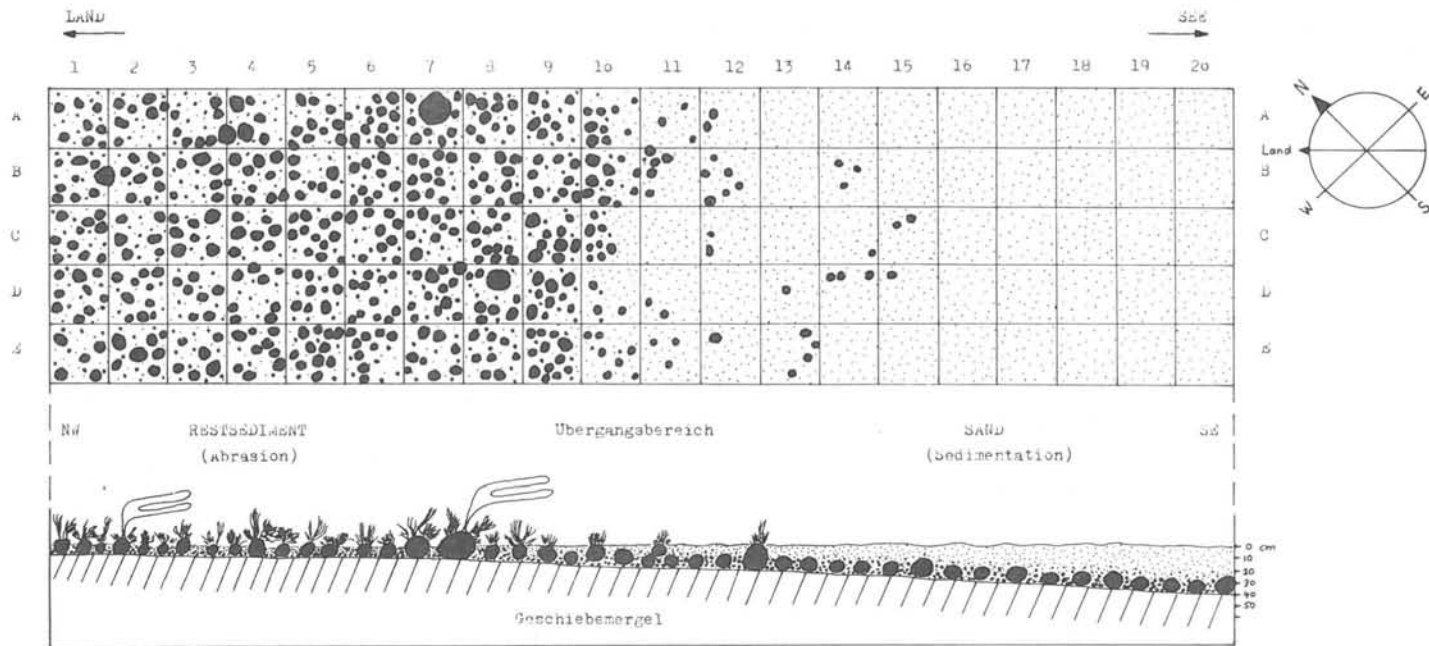


Abb. 2 c

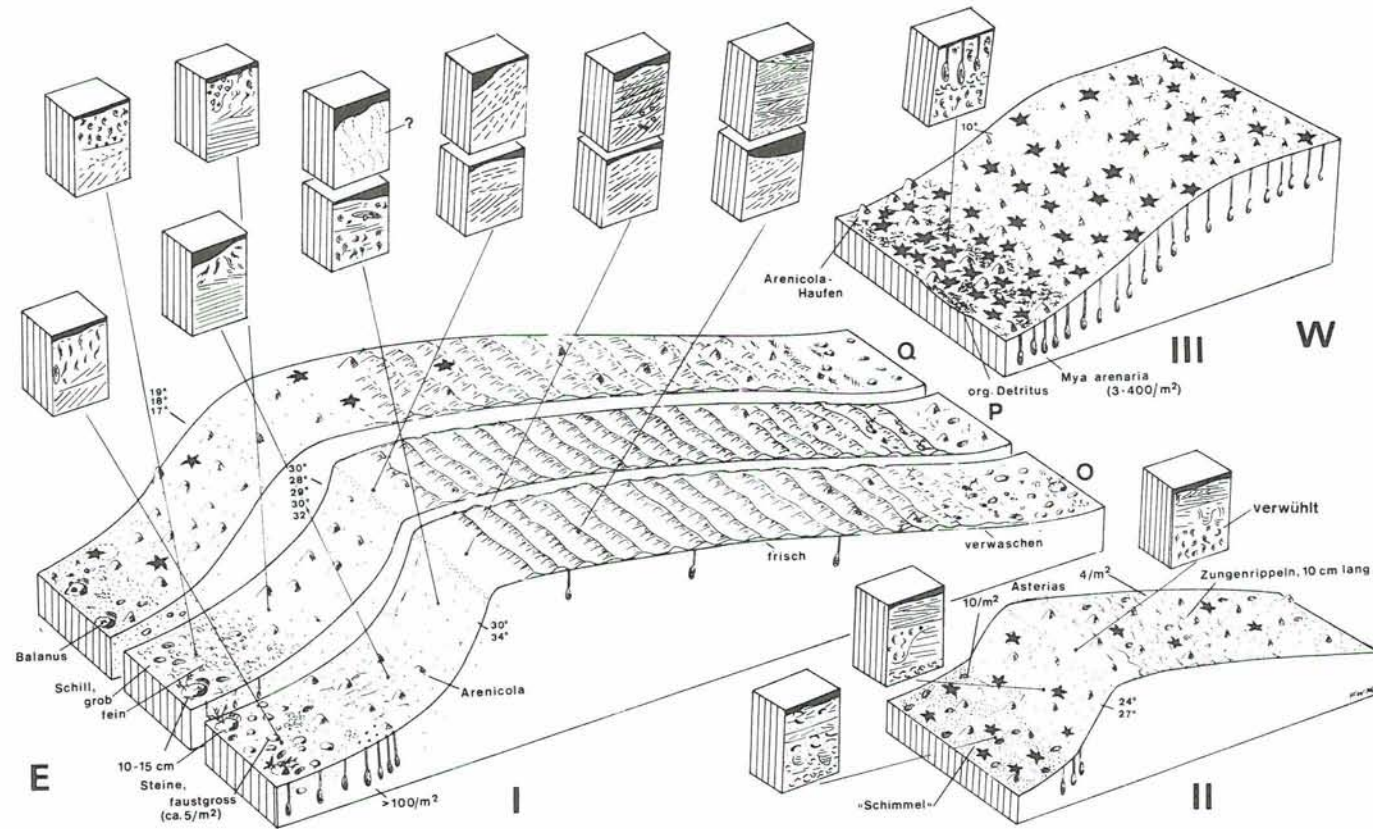


Abb. 3: Blockbild zur synoptischen Darstellung der wesentlichsten Tauchbeobachtungen der Oberflächengefüge von Rippelkörpern aus dem Fehmarn Belt (aus WERNER, ARNTZ & TAUCHGRUPPE 1974).

In Tab. 1 sind für die vorher geschilderten Untersuchungshilfsmittel Side Scan Sonar, Unterwasser-Fernsehen und Tauchbeobachtungen die Größen der Objekte unter Untersuchungsbereiche angegeben, die noch aufgelöst bzw. erfaßt werden können.

Methode	geschätzte Mindestgröße der Objekte	durchschnitt- liche Breite des Beobachtungs- gebietes
Side Scan Sonar	20 - 40 cm	100 - 1000 m
Fernsehen	1 cm	2 - 5 m
Tauchbeobachtung	0.1 cm	2 - 10 m
Fotographie durch Taucher	0.01 cm	5 cm

Tab.1: Gegenüberstellung der Mindestgröße der zu beobachtenden Objekte und maximale Breite der Beobachtungsgebiete bei unterschiedlichen Unterwasser-Kartierungsmethoden. Die Größenangaben sind Schätzungen, da sie im Einzelfall vom Gerätetyp und der Unterwassersicht abhängen.

3. Eigenständige Untersuchungen basieren vor allem auf Detailbeobachtungen und gezielte Probennahmen. Abb. 4a zeigt die Aufnahme eines Steines in 6 m Wassertiefe in der Westlichen Ostsee. Anhand von Taucherbeobachtungen an diesem Stein wurde eine Skizze (Abb. 4b) angefertigt, aus der die Sedimentverteilung und freiliegende Geschiebemergelflächen hervorgehen. Mit Hilfe dieser Beobachtungen lassen sich die Wirkungen der Wasserbewegung auf die Sedimente nach Richtungen und Intensitäten im Bereich von Blockwerk in einem Abrasionsgebiet besser beurteilen. Wichtig sind solche Untersuchungen für den Küstenschutz. Es konnte gezeigt werden, daß im Flachwasser eine lockere Steinbedeckung die Erosion des Untergrundes wesentlich beschleunigt.



Abb. 4a

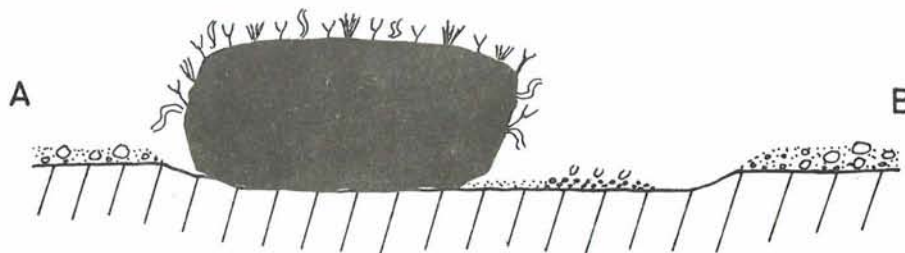
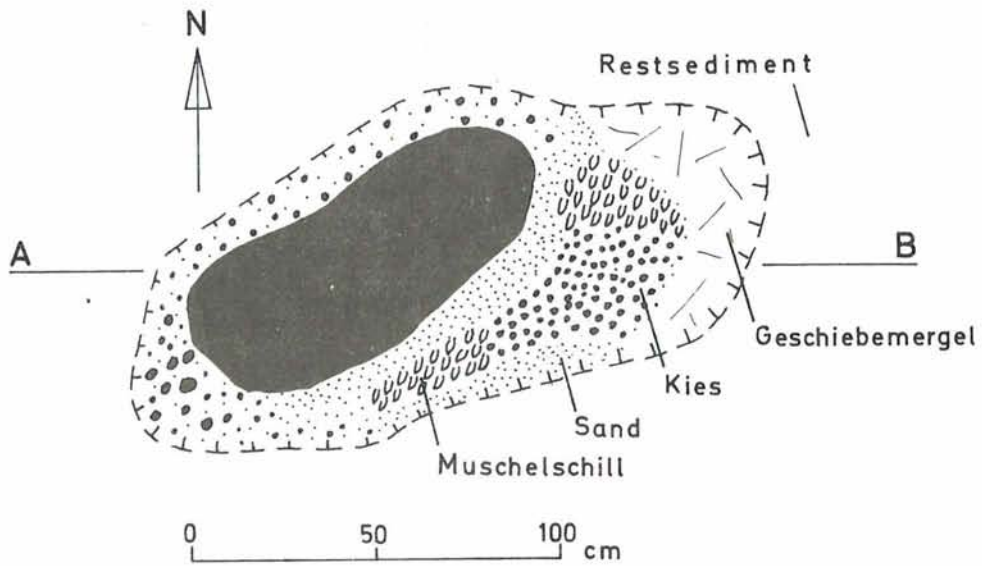


Abb. 4b

Abb. 4: 1 m großer Stein in 6 m Wassertiefe

- a) Photographie
- b) Skizzen, die anhand von Taucherbeobachtungen angefertigt wurden.

Weitere Detailuntersuchungen sind Aufnahmen von Bohrmuschel-Beständen im Flachwasser zur Beurteilung ihrer Bedeutung für die Abrasion des Geschiebemergels (WTGK 1972; ARNTZ & RUMOHR 1973). Aus den ermittelten Siedlungsdichten und den durchschnittlichen Eindringgeschwindigkeiten der Muscheln, die mit den Schwebesubstrat-Experimenten (RICHTER & RUMOHR 1976) abgeschätzt werden konnte, ergeben sich Abrasionsgeschwindigkeiten von bis zu $5 \text{ mm/m}^2/\text{Jahr}$.

Ein weiteres Beispiel sind Detailkartierungen im Flachwasser vor Bokniseck, die im Sommer 1972 durchgeführt und mehrfach zu anderen Jahreszeiten wiederholt wurden (WTGK 1972; WEFER, FELMMING & TAUCHGRUPPE 1976). Es wurden Sedimentzonen, die parallel zum Strand verlaufen, über mehrere Kilometer verfolgt. In 3,5 m Wassertiefe wurde eine ebenfalls parallel zum jetzigen Kliff verlaufende Abrasionsstufe auskartiert, die möglicherweise während der "kleinen Eiszeit" vor ca. 300 Jahren entstanden ist. Aus in situ-Abrasionmessungen des Geschiebemergels können die Veränderungen der submarinen Abrasionsplatte und der Kliffrückgang vorhergesagt werden. Alle diese Geländearbeiten lassen sich nur durch Taucher durchführen, da sie speziellere Beobachtungs- bzw. Meßtechniken erfordern.

Methodische Schwierigkeiten bestehen bei Probennahmen vom Schiff aus in Gebieten mit fleckenhafter Sedimentverteilung wie im Restsedimentgürtel der Westlichen Ostsee. Bisher gibt es kein Gerät, das aus solchen Gebieten annähernd quantitativ Sedimentproben entnehmen kann. Nur mit direkt durch Taucher entnommene Proben können diese Schwierigkeiten umgangen werden. Da vor einigen Jahren mehrere Untersuchungen mit ökologischen Themen im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 95 durchgeführt wurden, die in starkem Bezug zu den Sedimentverhältnissen standen, erschien es notwendig, für das Untersuchungsgebiet eine Sedimentverteilungskarte und Daten über die Korngrößen zu erstellen

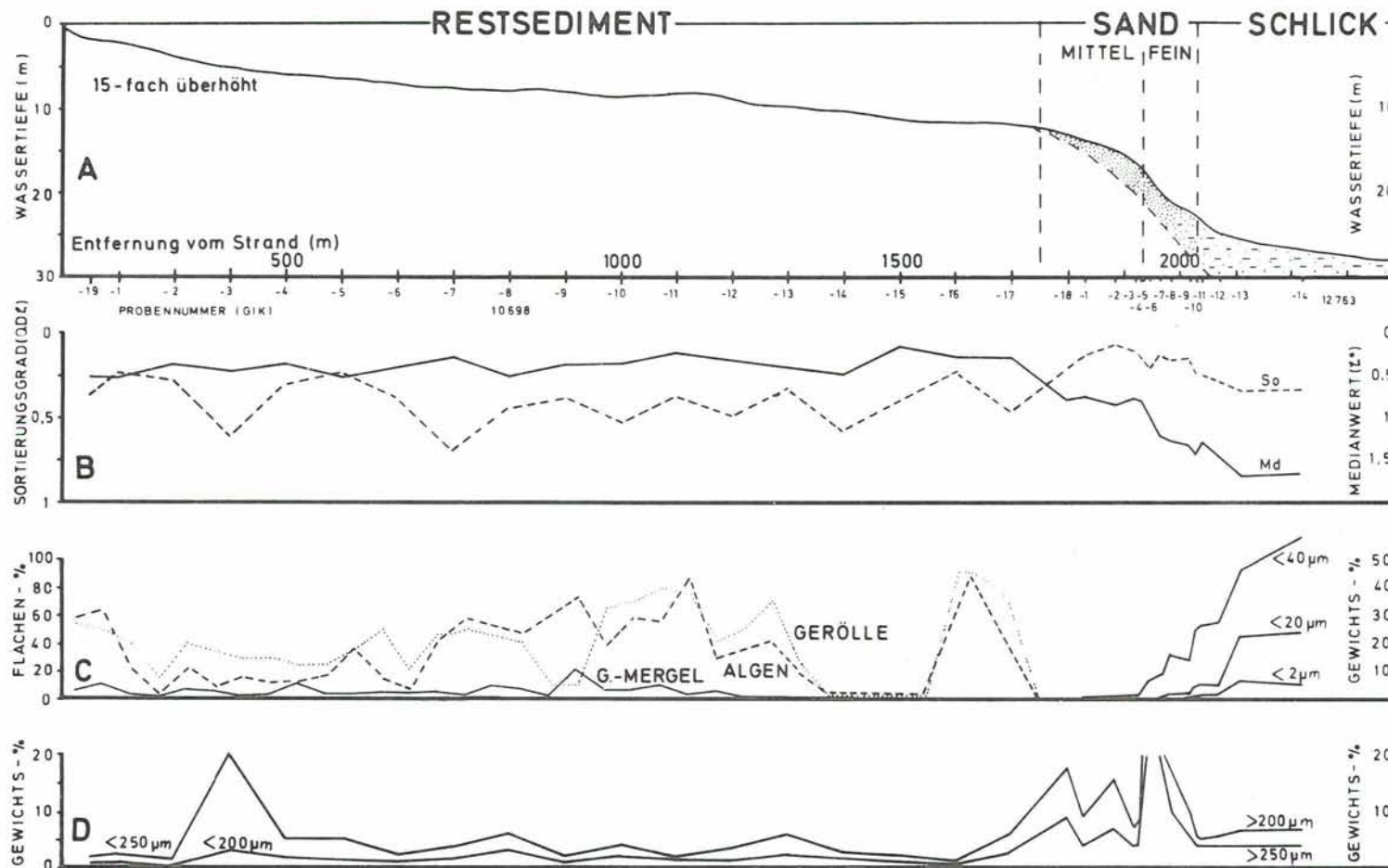


Abb. 5: Längsprofil durch das "Hausgartengebiet" des Sonderforschungsbereiches 95 der Universität Kiel in der Westlichen Ostsee.
 A: Morphologie, B: Sortierungsgrad und Medianwert der Sedimente,
 C: Flächen-% von freiliegendem Geschiebemergel, Algenbewuchs und Geröllbedeckung, D: Gewichts-% kleiner oder größer 200 und 250 μm .

(WEFER & TAUCHGRUPPE 1974). Abb. 5 enthält die Morphologie und Sedimentverteilung mit Korngrößendaten eines Profils durch das Untersuchungsgebiet des Sonderforschungsbereiches 95, den sogenannten Hausgarten. Ebenfalls in diesen Bereich gehören die Tauchbeobachtungen von einem Schillstreifen auf der Rinnenböschung des Gulstav-Flachs in der Westlichen Ostsee (FRITZSCHE 1975).

Auch zur Erforschung von Sediment- und Pflanzenpräferenzen (WEFER 1976) oder Siedlungsstrukturen (LUTZE 1968) bestimmter Foraminiferenarten war die Sediment- und Algenprobenahme durch Taucher notwendig. So konnten über einen Zeitraum von 1 1/2 Jahren in zweiwöchigen Abständen jeweils 3 Proben aus dem Übergangsbereich Restsediment zu Mittelsand entnommen werden. Dieses Probenmaterial, mit dem die auf dem Sediment lebenden Foraminiferenarten von den auf Algen siedelnden unterschieden werden konnten, läßt sich mit vom Schiff eingesetzten Geräten nicht gewinnen.

Schlußbetrachtung

Das Forschungstauchen ist in den letzten Jahren zu einer wichtigen Untersuchungsmethode bei der Erforschung der Meeresböden bis in 50 m Wassertiefe geworden. Als Hilfe für andere meeresgeologische Methoden, in Kombination mit anderen Geräten und als selbständige Methode kann auf das wissenschaftliche Tauchen zur Bearbeitung vor allem komplexer Forschungsvorhaben nicht verzichtet werden. Für Arbeiten im tieferen Bereich des Schelfs müßten in Zukunft von der Industrie oder staatlichen Großforschungseinrichtungen andere Mischgassysteme (z.B. Sauerstoff/Helium) angeboten werden, damit der gesamte Schelf der Direktbeobachtung zugänglich wird.

Da die Mischgassysteme bedeutend aufwendiger und komplizierter als Preßluftsysteme sind, sollte aus Sicherheits-

gründen erst in einem fortgeschrittenen Entwicklungsstadium mit diesen Geräten für wissenschaftliche Zwecke getaucht werden. Dabei sollten Berufstaucher den Forschungstaucher bei seinen Tauchgängen begleiten, damit dieser sich ausschließlich auf seine Beobachtungen und Probennahmen konzentrieren kann.

Prof. E. Seibold und Dr. F. Werner danke ich für die Durchsicht des Manuskriptes.

Literatur

- ARNTZ, W.E. u.
RUMOHR, H.: Bo muscheln (*Barnea candida* (L.) und *Zirfaea crispata* (L.) in der Kieler Bucht.-
Kieler Meeresforsch. 29: 141-143, 1973
- EXON, N.: Sedimentation in the outer Flensburg Fjord area (Baltic Sea) since the last glaciation.-
Meyniana 22: 5-62, 1972.
- EXON, N. An extension offshore sand bar field in the Western Baltic Sea.-
Mar. Geol. 13: 197-212, 1975
- FLEMMING, B. u.
WEFER.: Tauchbeobachtungen an Wellenrippeln und Abrasionserscheinungen in der Westlichen Ostsee südöstlich Bokniseck.-
Meyniana 23: 9-18, 1973.
- FRITZSCHE, R.: Tauch- und Laborstudien an einem Schillstreifen auf der Rinnenböschung SE Gulstav-Flach (Westliche Ostsee).-
Diplomarbeit Universität Kiel, 59 Seiten, 1975.
- KÖGLER, F.-C. u.
VEIT, K.H.: Entnahme von Kernen aus Lockersedimenten des Schelfgebietes mit dem Vibrohammer - Kerngerät -.
"mt" Meerestechnik 3:91-95, 1973.
- LUTZE, G.F.: Siedlungs-Strukturen rezenter Foraminiferen.-
Meyniana 18: 31-34, 1968.
- NEWTON, R.S.: A new device for measuring ripple mark profiles underwater.-
Mar. Geol. 6: 73-75, 1968.
- NEWTON, R.S.: Internal structure of wave-formed ripple marks in the nearshore zone.-
Sedimentology 11: 275-292, 1968.
- NEWTON, R.S. u.
WERNER, F.: Transitional-size ripple marks in Kiel Bay (Baltic Sea).-
Meyniana 22: 89-94, 1972.
- RICHTER, W. u.
SARNTHEIN, M.: Submarine experiments on benthic colonization and sediments in the Western Baltic Sea. III. Carbonate production by mollusks.-
Mar. Biol. (in Vorbereitung 1977).
- RICHTER, W. u.
RUMOHR, H.: Untersuchungen an *Barnea candida* (L.): Ihr Beitrag zur submarinen Geschiebemergelabrasion in der Kieler Bucht.-
Kieler Meeresforsch. Sonderheft 3: 82-86, 1976.

- RÖCKER, B. u.
SCHRADER, H.J.: Quantitative und qualitative Erfassung des durch benthische Diatomeen fixierten Opals im Hausgartengebiet, Boknis Eck, Ostsee.-
Wiss. Hausarbeit zur Realschul-Lehrerausbildung, Universität Kiel: 1-93, 1975.
- SARNTHEIN, M, u.
RICHTER, W.: Submarine experiments on benthic colonization of sediments in the Western Baltic sea.
I. Technical lay out.-
Mar. Biol. 28, (3): 159-164, 1974.
- SCHEIBEL, W. Submarine experiments on benthic colonization of sediments in the Western Baltic sea.
II. Meiofauna.-
Mar. Biol. 28: 165-168, 1974.
- SEIBOLD, E. DILL, R.F.
WALGER, E.: Tauchbeobachtungen und petrographische Untersuchungen zur Sedimentumlagerung in der Kieler Außenförde.- Meyniana 2: 82-96, 1974.
- WASMUND, E.: Geologisch-hydrologische Taucherbeobachtungen.-
Geologie der Meere und Binnengewässer, Bd. I (2/3): 183-220, 1937.
- WASMUND, E.: Entwicklung der Naturforschung unter Wasser im Tauchgerät.-
Geologie der Meere und Binnengewässer Bd. 2: 87-151, 1938.
- WEFER, G.: Umwelt, Produktion und Sedimentation benthischer Foraminiferen in der Westlichen Ostsee.-
Diss. Universität Kiel: 1-103, 1976.
- WEFER, G. u.
TAUCHGRUPPE Kiel: Topographie und Sedimente im "Hausgartengebiet" des Sonderforschungsbereiches 95 (Eckernförder Bucht, Westl. Ostsee).-
Meyniana 26: 3-8, 1974.
- WEFER, G., FLEMMING, B.
TAUCHGRUPPE Kiel: Submarine Abrasion des Geschiebemergels vor Bokniseck (Westl. Ostsee).-
Meyniana 28: 87-94, 1976.
- WEFER, G. u.
RICHTER, W.: Colonization of artificial substrates by Foraminifera.- Kieler Meeresforsch. Sonderheft 3: 72-75, 1976.
- WERNER, F. ARNTZ, W.
TAUCHGRUPPE Kiel: Sedimentologie und Ökologie eines ruhenden Riesenrippelfeldes.-
Meyniana 26: 39.62, 1974.

- WERNER, F. u.
NEWTON, R.S.: The pattern of large-scale bed forms in the Langeland Belt (Baltic sea).-
Mar. Geol. 19: 29-59, 1975.
- WERNER, F. ALTENKIRCH, J.
NEWTON, R.S. u. SEIBOLD, E. Sediment pattern and time variability on abrasion ridges as fashioned by medium flow power processes (Stoller Grund/Baltic sea).-
Meyniana 28:
- WTGK: Wissenschaftliche Tauchgruppe Kiel: Arbeitsbericht Nr. 3 (unveröffentlicht), 1972.
- WYNN, U. K.: Present and postglacial sedimentation in the Great Belt Channel (Western Baltic).-
Meyniana 26: 63-102, 1974.