Abschlussbericht für das Forschungsvorhaben

"SCHLICKSEDIMENTATION AN DER DEUTSCHEN NORDSEEKÜSTE"

des Kuratoriums für

Forschung im Küsteningenieurwesen

Teilprojekt

"Einwirkung von Organismen auf Wattsedimente"

Arbeitsgruppe

Dr. H. Thiel

M. Großmann, Dipl. Biol.

B. Mein, Dipl. Biol.

H. Spychala, Dipl. Biol.

Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg, Zeiseweg 9, 2000 Hamburg 50

September 1981

Inhaltsverzeichnis

| | | Seite |
|-------|---|-------|
| | Vorwort | |
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Fragestellung | 1 |
| 1.2 | Bedeutung der Bodenfauna | 2 |
| 1.3 | Abhängigkeit der biologischen Aktivitäten von den abiotischen Faktoren im Extrembiotop Wattenmeer | 4 |
| 1.4 | Forschungsrahmen | 7 |
| 2 | Material und Methoden | 8 |
| 2.1 | Untersuchungsgebiete | 8 |
| 2.1.1 | Meldorfer Bucht | 10 |
| 2.1.2 | Sahlenburger Watt | 10 |
| 2.2 | Untersuchungen | 10 |
| 2.2.1 | Sedimentverteilung | 10 |
| 2.2.2 | Wasserbedeckungszeit | 13 |
| 2.2.3 | Seston | 14 |
| 2.2.4 | Kohlenstoff-Stickstoff-Analyse, Wassergehalt und Glühverlust des Sediments | 14 |
| 2.2.5 | Sediment-Profil-Kamera | 15 |
| 2.2.6 | Makrofauna-Stechrohrproben | 17 |
| 2.2.7 | Biomassenbestimmung | 17 |
| 2.2.8 | Fotografie der Sedimentoberfläche | 18 |
| 2.3 | Datenauswertung | 19 |
| 3 | Ergebnisse | 20 |
| 3.1 | Sedimentverteilung im Büsumer Watt | 20 |
| 3.2 | Wasserbedeckungszeiten | 22 |
| 3.3 | Seston | 23 |
| 3.4 | Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, Wassergehalt des Sediments | 24 |
| 3.5 | Beobachtungen in der Sediment-Wasser-Grenzschicht | 25 |
| 3.5.1 | Faunenaktivität auf der Sedimentoberfläche | 26 |
| 3.5.2 | Plankton und Nekton | 28 |
| 3.5.3 | Lichtfallenfunktion | 29 |
| 3.5.4 | Infauna | 30 |
| 3.5.5 | Sediment- und Muscheltransport | 31 |
| 3.6 | Makrofauna, Pflanzenbedeckung und Sedimenttyp | 32 |

| 3.6.1 | Ökologie der Arten und ihre Verbreitung in den Untersuchungsgebieten (3.6.1.1 - 3.6.1.28: Tierarten) | 32 |
|---------|--|-----|
| 3.6.2 | Diatomeenrasen und Pflanzenbedeckung des Sediments | 65 |
| 3.6.2.1 | Diatomeenrasen | 65 |
| 3.6.2.2 | Pflanzenbedeckung | 67 |
| 3.6.3 | Verteilung der wichtigsten, die Sedimente beein- flussenden Arten im Büsumer Watt - Ergebnisse der Oberflächenfotografie | 68 |
| 3.6.3.1 | Arenicola marina | 68 |
| 3.6.3.2 | Heteromastus filiformis | 68 |
| 3.6.3.3 | Cerastoderma edule | 71 |
| 3.6.3.4 | Hydrobia ulvae | 73 |
| 3.6.3.5 | Diatomeenrasen | 75 |
| 3.6.4 | Beziehungen zwischen dem Vorkommen der wichtig- sten Tierarten und den Korngrößenklassen der Sedimente | 76 |
| 3.6.5 | Biomassenwerte | 79 |
| 3.6.5.1 | Biomassenwerte der verschiedenen Sedimenttypen | 79 |
| 3.6.5.2 | Biomassenwerte der einzelnen Stationen | 80 |
| 3.6.6 | Sedimentbewegung durch Makrofauna-Benthos im Büsumer Watt | 85 |
| 3.6.6.1 | Biodeposition | 86 |
| 3.6.6.2 | Bioturbation | 88 |
| 3.6.6.3 | Sedimentbewegung durch die Hauptarten der erfaßten Makrofauna im Büsumer Watt | 90 |
| 4 | Diskussion | 91 |
| 4.1 | Methodische Ansätze | 91 |
| 4.1.1 | Erfassung der Vorgänge in der Grenzschicht Sedi- ment-Wasser mit der Sediment-Profil-Kamera | 91 |
| 4.1.2 | Vergleich der verschiedenen Probenahme-Methoden | 92 |
| 4.2 | Organismen und Wattsedimente | 96 |
| 4.2.1 | Biomassenwerte im Vergleich | 96 |
| 4.2.2 | Beziehung der wichtigsten Arten zum Sediment | 98 |
| 4.3 | Schlick aus biologischer Sicht | 104 |
| 5 | Zusammenfassung | 108 |
| | Literaturverzeichnis | 110 |
| | Anhang | |

Vorwort

Die Problematik der Schlickbildung, der Schlicksedimentation und der Schlickverlagerung steht seit geraumer Zeit im Blickpunkt des Küsteningenieurwesens, der Küstengeologen und der Biologen. Daher bot sich ein interdisziplinäres Vorgehen zur Bearbeitung des Schlickproblems an. Auf Anregung des Kuratoriums für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) wurde vom 1. 10. 1977 bis zum 30. 9. 1979 und vom 1. 4. 1980 bis zum 31. 3. 1981 ein Forschungsprogramm durchgeführt.

Die Finanzierung erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT).

Die Felduntersuchungen wurden schwerpunktmäßig im Büsumer Watt und stichprobenartig im Sahlenburger Watt durchgeführt, wobei eine Koordinierung der verschiedenen Arbeitsgruppen bei Probennahme und Geländearbeit angestrebt wurde.

Unser Dank gilt den Befürwortern des Programms,
Herrn Ltd. Reg. Baudir. SINDERN (Geschäftsführer des KFKI)
und Herrn Ltd. Reg. Baudir. ROHDE (Forschungsleiter des
KFKI), ebenso den an dem verwaltungstechnischen Ablauf beteiligten Mitarbeitern des Amtes für Land- und Wasserwirtschaft Heide, Dezernat Gewässerkunde, Büsum.

Besonders hervorzuheben ist die gute Zusammenarbeit mit den Projekteilnehmern des Geologischen Instituts der Universität Kiel, den Herren Prof. Dr. R. KÖSTER, Dr. R. GAST und Dipl. Geol. K.-H. RUNTE, und mit der Arbeitsgruppe des Geologischen Instituts der Universität Hamburg, den Herren Prof. Dr. E. DEGENS und Dr. S. KEMPE.

1 Einleitung

Schlick als Bodenmaterial unserer Küstenregionen ist allgemein bekannt, jedoch sind die Kausalitäten der Schlickbildung bisher weitgehend ungeklärt, und wegen seiner Komplexität in Entstehung und Zusammensetzung gibt es bisher keine allgemein gültige Definition. Es steht fest, daß neben geologischen und hydrologischen die biologischen Parameter eine wichtige Rolle spielen. Bekannt ist, daß für die Ablagerungsmechanismen neben der Zufuhr von geeignetem Material und den hydrographischen Eigenschaften des Wassers (Strömung, Salinität, Temperatur) die chemischen und biologischen Einflußgrößen bei der Fixierung der Partikel von Bedeutung sind (FIGGE, KÖSTER, THIEL, WIELAND 1980). Um dem Ziel des Forschungsvorhabens "Schlicksedimentation an der deutschen Nordseeküste" näher zu kommen und um Prognosen über Art und Umfang des Schlickfalls ermöglichen zu können, war die quantitative Erfassung biologischer Einflußgrößen unabdingbar.

1.1 Fragestellung

Aus biologischer Sicht ergab sich die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Wattschlickbildung, Wattschlickablagerung und -verlagerung einerseits und dem Vorkommen und Einfluß der sedimentbewohnenden Organismen andererseits. Um dies klären zu können, mußten zunächst folgende Fragen beantwortet werden:

- 1) Welche bodenbewohnenden Tierarten gibt es in den Untersuchungsgebieten?
- 2) Wie hoch sind die Besiedlungsdichten "schlickrelevanter" Arten?
- 3) Welchen jahreszeitlich bedingten Schwankungen unterliegen die Bestandsdichten?
- 4) Sind die Arten an bestimmte Sedimenttypen gebunden?

- 5) Ist das Bestehen vorhandener Schlickareale auch von saisonalen Fluktuationen der Tierarten abhängig?
- 6) Ist es möglich, die durch die Bodenfauna verursachten Sedimentationsvorgänge (Biodeposition), die Verfestigung der Sedimente (Biostabilisation) und die Sedimentverlagerungs- und Sedimentumlagerungsprozesse (Bioturbation) für das Untersuchungsgebiet zu quantifizieren?
- 7) Was ist Wattschlick? Welche biologischen Argumente gehören zur Definition des Schlicks?

1.2 Bedeutung der Bodenfauna

Aus der umfangreich vorhandenen Literatur ist bekannt, daß die Bodenorganismen einen wichtigen Beitrag zur Sedimentations- und Erosionsdynamik der Wattsedimente leisten (THAMDRUP 1935, WOHLENBERG 1937, MÜLLER 1960). Aus den Untersuchungen von PLATH (1943) im Nordfriesischen Wattenmeer geht hervor, daß in Schlickgebieten der Sedimentationsvorgang durch die Bodenfauna unterstützt wird. Feinkörnige Schwebstoffe dienen einigen Tierarten als Nahrung, die sie mit Hilfe von Filtriereinrichtungen aufnehmen, verdichten und als Kot in einem leichter absinkbaren Zustand wieder ausscheiden (Biodeposition). Durch die Konzentration und Formung der Schwebstoffe können örtlich Auftragungsgebiete geschaffen werden. Die wichtigsten heimischen filtrierenden Wattarten sind die Miesmuschel (Mytilus edulis) und die Herzmuschel (Cerastoderma edule).

Bevor eine Resuspension des abgelagerten Materials erfolgt, kann ein Teil dieser Sinkstoffe von oberflächensedimentfressenden Tieren (z.B. Nereis diversicolor, Macoma balthica, Hydrobia ulvae, Littorina littorea) aufgenommen und erneut durch Verdichtung zu "fecal pellets"

in einen spezifisch schwereren Zustand gebracht werden. Die Partikel werden teilweise durch biogene Umschichtung (Bioturbation) in tiefere Sedimentlagen gebracht. Diese mehrfache Bindung der Sinkstoffe leistet einen wesentlichen Beitrag zur Bildung schlickiger Sedimente in flachen Küstengewässern.

Zahlreiche Arten der Makrofauna sondern beim Kriechen und zum Wohnröhrenbau Schleim ab, durch den Sedimentpartikel mittel- und langfristig verklebt und am Transport gehindert werden.

Kieselalgen (Diatomeen) bilden auf der Sedimentoberfläche Schleimüberzüge. Wenn diese Häute mit Seston
überdeckt werden, kriechen die Diatomeen wieder an die
Oberfläche und bilden erneut eine geschlossene Schleimhaut. Auch dieses organische Material kann die Sedimentoberfläche stabilisieren, bzw. die Strömungsverhältnisse über der Oberfläche beeinflussen.

Die Bodenfauna wirkt auch auf die Sedimentstrukturen ein, indem einige Arten Wohnröhren bauen, die im allgemeinen den Sedimentverband festigen (Biostabilisation), während andere Arten das Sediment so stark durchwühlen bzw. auflockern (Bioturbation), daß es zu Ansatzflächen für Strömungen und Wellen und damit zu Abstragungen kommen kann.

FIGGE et al. (1980) haben die Vielfalt der Auswirkungen der Organismentätigkeit zusammengestellt (Tab. 1).

Zusätzlich wird die Veränderung der Sedimenteigenschaften durch zahlreiche Faktoren beeinflußt (Tab. 2).

Tabelle 1:

Auswirkungen der Organismentätigkeit

- Partikel werden zu Kotballen vereinigt
- Partikel werden durch abgesonderten Schleim beim Wohnröhrenbau vereinigt und zum Teil in bestimmte Größenklassen selektiert
- Partikel werden durch die Nahrungsaufnahme nach Größen sortiert
- Veränderung des Sediment-Wassergehalts
- Veränderung der Erodierbarkeit der Sedimente
- Stabilisierung der Sedimente durch Röhrenbau

Tabelle 2:

Faktoren der Veränderung von Sedimenteigenschaften

- Entwicklungsstatus und Größe der Individuen
- Freß- und Ausscheidungsrate
- Bestandsdichten der Populationen
- Wasser- und Lufttemperatur
- Wasserbedeckungszeit
- Sauerstoffangebot bzw. Redoxverhältnisse
- Strömungsverhältnisse

1.3 Abhängigkeit der biologischen Aktivitäten von den abiotischen Faktoren im Extrembiotop Wattenmeer

Das Wattenmeer stellt im Vergleich zu anderen marinen Biotopen einen extremen Lebensraum dar. Das Vorkommen der Fauna und ihre Wirkung auf das Sediment werden im starken Maße von dem dort herrschenden Wechsel der abiotischen Faktoren beeinflußt. Den stärksten abiotischen
Einfluß auf die Biozönosen des Wattenmeeres üben die
Gezeiten aus. Sie sind entscheidend sowohl für die Umlagerung von Sedimenten als auch für die Nahrungszufuhr.

Im Sondergutachten "Umweltprobleme der Nordsee" des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (1980) wird der Vorgang des Partikeltransports folgendermaßen dargestellt:

"Das über dem Wattboden strömende Wasser transportiert nach Erreichen der Erosionsgrenzgeschwindigkeit die obenliegenden Sedimente. Dieser Sedimenttransport ist ein komplexer physikalischer
Vorgang (OEBIUS u. FENNER, 1979). Weiterhin transportiert Meerwasser kolloidale Schwebstoffe, die
ebenfalls sedimentieren können, sowie gelöste
Stoffe, die ausgefällt werden können. Die überwiegende Menge der Feststoffe wird im bodennahen
Bereich bewegt (LUCK u. WITTE, 1979). Abb. 2.9
(s. Abbildung 1) verdeutlicht den Weg eines
Schwebstoffteilchens mit dem Gezeitenstrom im
Wattenmeer (HICKEL, 1979):"

Von hoher Bedeutung für zahlreiche Tierarten ist die Dauer der Wasserbedeckung. Sturmfluten, die besonders im Frühjahr und Herbst auftreten, können innerhalb weniger Stunden Sedimentschichten, die über längere Zeiträume abgelagert worden sind, abtragen und verlagern. Durch solch starke Erosion bzw. Sedimentation können ganze Populationen verdriftet oder vernichtet werden, da die sedimentbewohnenden Arten im allgemeinen direkt von der Beschaffenheit ihres Lebensraums (Korngröße, Siltanteil, Wassergehalt, Gehalt an organischen Substanzen) abhängig sind.

In heißen Sommern und kalten Wintern treten in den oberen Sedimentschichten kurzzeitig erhebliche Temperaturschwankungen durch die Tiden auf. Auch Salzgehalt und Sauerstoffgehalt des Porenwassers können stark variieren.

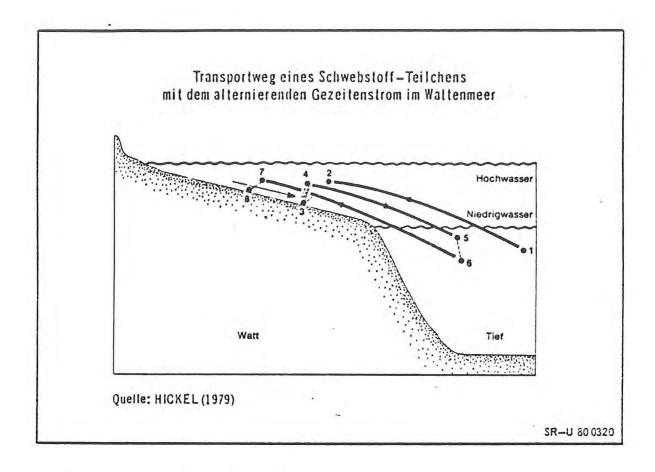


Abbildung 1:

"Beginn des Flutstroms (1); die Flutwelle dringt durch Tiefs und Priele ein und breitet sich dann über die Watten aus, wobei sich die Strömungsgeschwindigkeit rasch vermindert. Das Absinken des Teilchens beginnt (2), der Boden wird bald erreicht (3). Fließt das Wasser bei Ebbe wieder ab, ist der Strom am Ort der Sedimentation des Teilchens zu schwach, um es zu resuspendieren. Erst ein Wasserkörper, der näher zur Küste hin lag (Pfeil), hat die dazu erforderliche Strömungsgeschwindigkeit (4) und trägt das Teilchen zurück in das Tief (5), allerdings nicht so weit, wie es seinem Herkunftsort entsprach. Bei hier nur kurzer Stromstille und großer Wassertiefe (5 - 15 m) kann es den Boden nicht erreichen (6) und wird mit dem Flutstrom wieder aufs Watt getragen (7). Wenn es dort erneut absinkt (8), ist es in einer Tide die Strecke 3 bis 8 landeinwärts gewandert."

(Abb. 2.9 aus: Sondergutachten "Umweltprobleme der Nordsee" des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen, 1980)

Diese extremen Eigenschaften des Biotops ermöglichen es nur einer relativ geringen Anzahl von Tierarten, sich im Watt anzusiedeln. Es können aber sehr hohe Individuendichten vorkommen, wie dies allgemein in Extrembiotopen zu beobachten ist.

1.4 Forschungsrahmen

Das Forschungsvorhaben wie den einzelnen integrierten Arbeitsgruppen bestimmte Aufgaben zu. So war aus den Diskussionen in der vorbereitenden Phase die Vorstellung entstanden, daß von den Biologen eine kleinräumige und kurzzeitig zu wiederholende Kartierung der größeren Tiere vorgenommen werden sollte, um deren Beziehungen zu den abiotischen Faktoren und speziell ihre Relation zu den Sedimenttypen zu erkennen. Biologische Kartierungen sind jedoch in der Bearbeitung des Probenmaterials außerordentlich aufwendig und sind daher entweder nur großräumig mit weitem Stationsnetz und schneller Ansprache markanter Arten möglich, oder die Bearbeitung mußte sich auf ein kleines Stationsnetz mit relativ engem Probenabstand beschränken. Für die biologischen Untersuchungen wurde der zweite Forschungsansatz gewählt, da nur auf diese Weise erwartet werden konnte, daß die Ergebnisse über das hinausgehen würden, was aus anderen Arbeiten bereits bekannt war. Außerdem war für die geologische Arbeitsgruppe die großräumige Bearbeitung der Meldorfer Bucht vorgesehen, und markante Tierarten konnten dabei gleichzeitig mit erfaßt werden. Die biologischen Arbeiten konzentrierten sich daher auf ein kleines Testfeld.

2 Material und Methoden

2.1 Untersuchungsgebiete

Als Probengebiete wurden das Watt der Meldorfer Bucht stellvertretend für ein Sandwatt und das Sahlen-burger Watt stellvertretend für ein Schlickwatt ausgewählt (Abb. 2). Diese Gebiete boten sich auch gerade deshalb für Untersuchungen an, weil dort bereits in früheren Jahren wichtige Grundlagendaten ermittelt worden waren (SIEFERT 1979, ELWERT 1977).

Um Prognosen über die Ursachen des Schlickfalls und der Erosion erstellen zu können, waren simultane Messungen zahlreicher Naturvorgänge in Schlick- wie auch in Nicht-Schlickgebieten geplant. Erste Begehungen der bereits vorhandenen und vom Amt für Land- und Wasserwirtschaft, Heide (ALW), Dezernat Gewässerkunde, Büsum, mit Pflöcken markierten 5 Profilschnitte in der Meldorfer Bucht ergaben, daß im Gebiet zwischen den Profilen I und II (südlich von Deichhausen) auf einer Fläche von ca. 1 km² die in der gesamten Bucht vorkommenden wesentlichen Sedimentarten vorhanden sein müßten.

Diese Annahme wurde durch detaillierte Untersuchungen, insbesondere der Arbeitsgruppe Küstengeologie der Universität Kiel, bestätigt (GAST 1980).

Vergleichende Untersuchungen biologischer Einflußgrößen auf die verschiedenen Wattypen (Schlick-, Misch-, Sandwatt) sollten sich daher in diesem Areal der Meldorfer Bucht gut durchführen lassen.

Da die Auswertung benthischer Proben und die Bestimmung der Organismen sehr zeitaufwendig ist, wurde unter Berücksichtigung der vorhandenen Arbeitskapazität und des beschränkten Zeitraums das Büsumer Watt als Untersuchungsschwerpunkt gewählt. Das Sahlenburger Watt

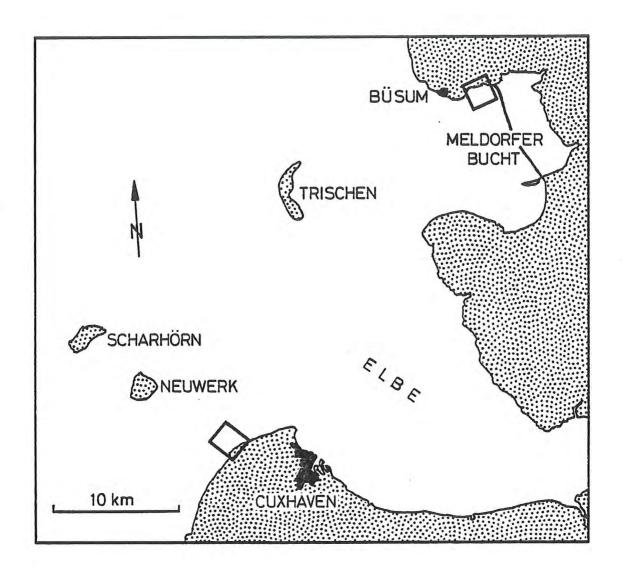


Abbildung 2: Elbmündung und Lage der Untersuchungsgebiete Büsumer Watt und Sahlenburger
Watt
(nach Seekarte Nr. 50^D des Deutschen
Hydrographischen Instituts)

diente dem ergänzendem Vergleich.

2.1.1 Meldorfer Bucht

Im Nordteil der Meldorfer Bucht vor Deichhausen wurde im Büsumer Watt eine Testfläche ausgewählt, die von den bereits vorhandenen Profilen I und II des ALW Heide begrenzt wird. Dieses etwa 1 km² große Gebiet wurde im Frühjahr 1978 mit einem Stationsraster - insgesamt 116 Stationen - versehen (Abb. 3a).

Die Stationen wurden mit Holzpflöcken gekennzeichnet, deren Abstand untereinander etwa 100 m betrug. Die
genaue Ortsbestimmung der Stationen wurde von GAST,
Kiel, durchgeführt. Nach der Zerstörung der Markierungen
durch den Eisgang des Winters 1978/79 wurden die Stationen neu eingemessen und markiert, um die Untersuchungen fortsetzen zu können. Abbildung 3b zeigt das Stationsnetz mit den veränderten Watthöhenlinien des Testgebietes nach der Vermessung des ALW Heide im Sommer
1979.

2.1.2 Sahlenburger Watt

Im Sahlenburger Watt wurde ein Profilschnitt (Profil III) vor der Küste von Arensch eingerichtet (Abb. 4). Dieser Schnitt geht von einem Buhnenkopf aus, wurde mit dem Wasserturm Neuwerk als Fixpunkt eingepeilt und endet nach 1000 m auf dem "Profil Arensch" der Forschungs- und Vorarbeitenstelle Neuwerk des Amtes für Strom- und Hafenbau, Hamburg.

2.2 Untersuchungen

2.2.1 Sedimentverteilung

Die Beschaffenheit der Sedimente an den einzelnen Stationen wurde während der Probennahme im Gelände abgeschätzt und nach den dort gewonnenen Erfahrungswerten anhand der Oberflächenfotografie klassifiziert

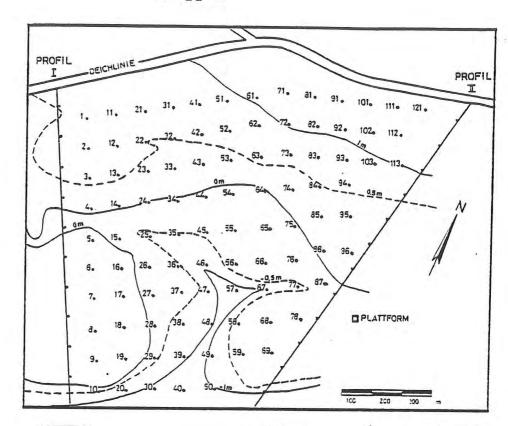


Abbildung 3 a:

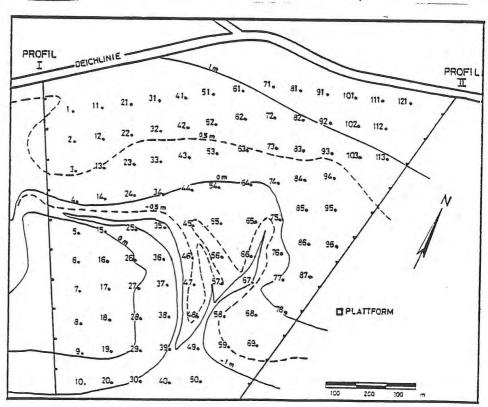


Abbildung
3 b:

Abbildung 3: Testgebiet Büsumer Watt, Stationsnetz und Watthöhenlinien (3a: 1976, 3b: 1979)

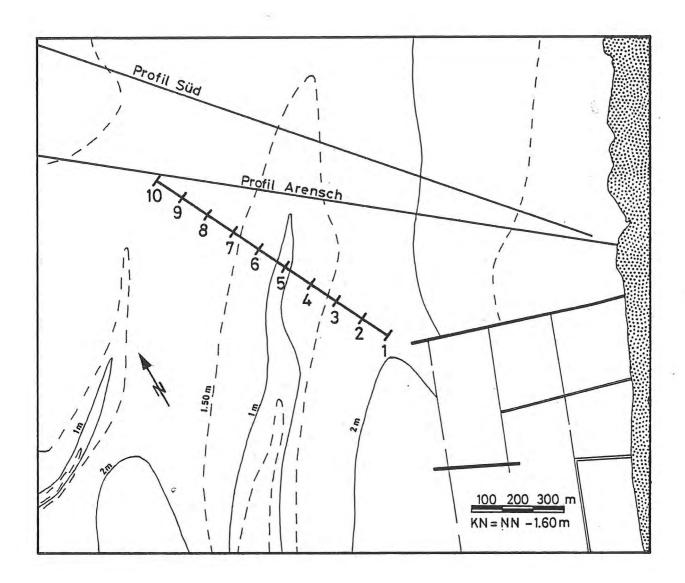


Abbildung 4: Untersuchungsgebiet Sahlenburger Watt, Profil III und Watthöhenlinien

(siehe auch 2.3.8). Vergleiche mit den von GAST (1980) analysierten Silt-Gehalten ergaben eine gute Übereinstimmung der Resultate. Für die Auswertung der Daten des Jahres 1979 wurden die genaueren Werte der Laboranalysen verwendet, die von GAST zur Verfügung gestellt wurden und bei GAST (1980) veröffentlicht sind.

Als Klassifizierungsgröße verwendete GAST (1980) den prozentualen Siltanteil (Partikelgröße kleiner als 63 µm) im Sediment. Bei dem Vergleich der von uns durchgeführten Sediment-Ansprache (Sand, Schlick-Sand, Schlick) mit den von GAST gefundenen Analysenwerten ergaben sich die in Tabelle 3 zusammengestellten Beziehungen.

Tabelle 3: Beziehungen zwischen Grobansprache im Gelände und Analysenwerten nach GAST (1980)

| Grobansprache im Gelände | Werte der Pipette-Analyse von GAST (1980) | | |
|--------------------------|--|--------|--|
| Sand | <15 | % Silt | |
| Schlick-Sand | 15 - 35 | % Silt | |
| Schlick | >35 | % Silt | |

Bei der Übertragung der Daten auf Magnetband wurden die von uns ermittelten Sedimenttypen (sofern nicht die Analysenwerte nach GAST vorlagen) als Sandwatt = 10 %, Mischwatt = 25 %, Schlickwatt = 35 % aufgezeichnet (vergl. Datenausdruck im Anhang 1).

2.2.2 Wasserbedeckungszeit

Anhand des vom ALW Heide zur Verfügung gestellten Materials (Tidenkurven und Watthöhenaufnahmen) wurde für jede Station im Büsumer Watt die Wasserbedeckungszeit an den Probenterminen errechnet und in die Auswertung einbezogen (vergl. Datenausdruck im Anhang 1).

2.2.3 Seston

Der Gehalt an Seston, der im Wasser suspendierten und sedimentierfähigen bzw. abfiltrierbaren Substanz, spielt eine große Rolle bei der Kalkulation der Leistung filtrierender Organismen. Die Arbeitsgruppen des Geologischen Instituts der Universität Kiel (GAST 1980), des Geologischen Instituts der Universität Hamburg (KEMPE 1980), des ALW Heide und des Instituts für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg (THIEL, GROSSMANN, SPYCHALA 1979) haben deshalb mehrfach den Sestongehalt im Wattwasser bestimmt.

Unsere Arbeitsgruppe verwendete dafür Schöpfwasserproben, die in halbstündigem Abstand von der im Büsumer
Watt aufgestellten Forschungsplattform genommen wurden.
Die Wasserproben wurden mittels der Filtrationseinrichtung SM 16510 von Sartorius und einer Unterdruckluftpumpe durch vorgewogene Membranfilter SM 11107 mit der
Porenweite 0,2 um filtriert. Danach wurde bei 60°C bis
zur Gewichtskonstanz getrocknet und gewogen.

2.2.4 Kohlenstoff-Stickstoff-Analyse, Wassergehalt und Glühverlust des Sediments

Um einen Anhaltspunkt über die Verteilung des organischen Anteils im Sediment zu haben und daraus Rückschlüsse auf Nahrungsangebot und Besiedlungsattraktion ziehen zu können, wurden an ausgewählten Stationen mit Hilfe eines Stechrohrs (Fläche der Öffnung = 1 cm²) Sedimentproben entnommen und in 1-cm-Schichten in Glasröhrchen überführt. Die Proben wurden sofort gekühlt und unmittelbar nach der Rückkehr in Hamburg eingefroren. Die oberste Schicht wurde jeweils benutzt, um nach Trocknung (60°/24 h) und Homogenisierung (Kugelmühle/5 min) eine Analyse von Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) vorzunehmen. Das dazu verwendete Geräte war ein Elementar-Analyzer Mod. 1104 der Firma Carlo Erba Strumentazione.

Parallelproben wurden verwendet, um den Wassergehalt des Sediments zu bestimmen. Im Anschluß an die Trocknung des Sediments zur Bestimmung des Wassergehalts wurden die Proben bei 485° C verascht und so der Glühverlust (Anteil Corg) im Sediment bestimmt. Zur Bestimmung des gesamten im Sediment gebundenen Kohlenstoffs (Cges) wurden weitere Parallelproben nach der Trocknung bei 600° C verascht (FARKE 1976).

2.2.5 Sediment-Profil-Kamera (SPK)

Die Grenzschicht Sediment-Wasser wurde mit Hilfe einer Sediment-Profil-Kamera untersucht. Aufbau und Funktion der Kamera gehen aus Abbildung 5 hervor.

Ähnliche Vorrichtungen wurden von RHOADS & YOUNG (1971) und RHOADS & CANDE (1971) zu Untersuchungen in der Tiefsee bzw. mit Hilfe von Freitauchern im Sublitoral bis ca. 30 m Tiefe verwendet.

Für den Einsatz im Wattenmeer wurde eine 16 mm
Filmkamera (Paillard-Bolex H 16) verwendet. Die Kamera
wurde für Einzelbildschaltung, Blitzsynchronisation
und Unterwassereinsatz (druckfest bis 100 m Wassertiefe)
umgerüstet. Vor dem Kameragehäuse wurde ein Klarsichtvorsatz (Wasser-Alkohol-Gemisch als Füllung) befestigt,
der einen Umlenkspiegel enthält.

Nach der Verankerung des Aluminiumrohrgerüstes im Wattboden wurden Kamera und Klarwasserkasten von oben eingesetzt und mit Hilfe der Schneidekante aus Edelstahl in das Sediment gepreßt. Die Stromversorgung für den thyristor-gesteuerten Elektronenblitz (Braun 380 BVC mit Variocontrol 2000) erfolgte durch einen 6-Volt Blei-Akkumulator, der wasserdicht in einem Kunststoffkasten an dem Gerüst befestigt war. Der Zeitabstand zwischen den Einzelbildern war durch einen eingebauten

Zeitgeber variierbar zwischen 3 sec und 200 min.

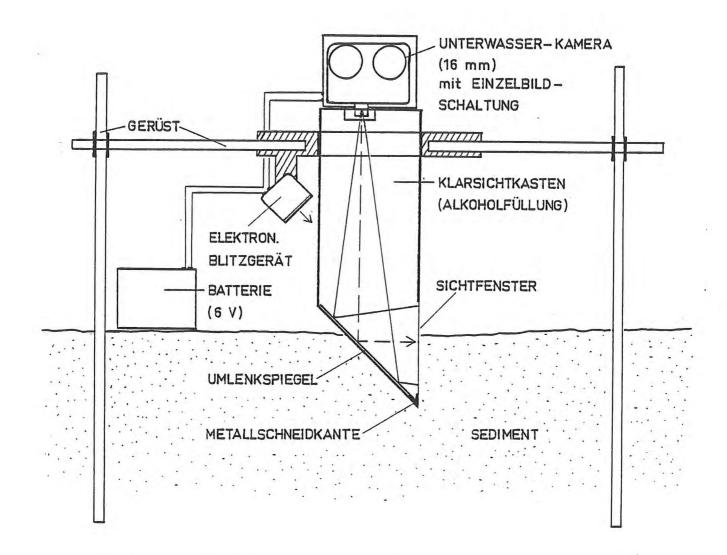


Abbildung 5: Sediment-Profil-Kamera (SPK), schematisch.

Die Kamera wurde am 31.5./1.6., 21. bis 23.6., 18. und 19.7., 28. bis 30.8., 20. bis 22.9., 23. und 24.10. 1978 an Stationen mit verschiedenen Sedimenten und unterschiedlichen Strömungsverhältnissen eingesetzt. Insgesamt wurden ca. 220 m Farbfilm mit ca. 18.000 Einzelaufnahmen belichtet. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe eines Bildbetrachters (Hähnel-Téléray) mit Handbetrieb und mit einem Filmprojektor (Siemens 2000 oder Bell &

Howell 1698), um die Zeitraffereffekte sichtbar zu machen.

Ziel der mit der Sediment-Profil-Kamera durchgeführten Fotografie war es, die Tidephasen mit besonderen Aktivitäten der Makrofauna herauszufinden und artspezifische Verhaltensweisen zu erkennen und gegebenenfalls zu quantifizieren. Zusätzlich sollten Informationen über den Transport von Organismen bei größeren Windbzw. Strömungsgeschwindigkeiten gewonnen werden.

2.2.6 Makrofauna-Stechrohrproben

Um die Grundlagen für die weiteren biologischen Untersuchungen zu erhalten, wurden am 20.10. und am 7.11.1977 auf den Profilen I und II Aufsammlungen der Makrofauna mit Hilfe eines Stechrohres vorgenommen. Das Rohr hatte die lichte Weite von 8 cm und ergab pro Einstich (Tiefe 10 cm) eine Probenmenge von ca. 500 ml Sediment. Die Proben (2 - 3 Parallelproben pro Station) wurden in einem Sieb der Maschenweite 0,5 mm ausgewaschen. Der Rückstand wurde in 8-prozentigem Formol konserviert. Im Labor erfolgten das Zählen und Bestimmen der Arten. Eine Sommerprobennahme fand auf den beiden Profilen und einigen ausgewählten Stationen am 28./29. 8.1978 statt. Die Herbstprobennahme erfolgte am 20.9.1978, eine Winterprobennahme mußte wegen des extrem strengen Winters 1978/79 mit starker Eisbedeckung des Watts ausfallen. Erst am 11.4.1979 konnten wieder Bodenproben genommen werden. Im Jahr 1980 wurden auf einem mit den Geologen vereinbarten Kleintestfeld (St. 51 - 59) am 21.5., 28.8. und 15.9. Stechrohrproben genommen.

2.2.7 Biomassenbestimmung

Zur Bestimmung der Biomassen wurden jeweils alle Individuen einer Art und Probe benutzt. Die Tiere wurden bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, bei 485°C im Muffelofen 4 Stunden geglüht und erneut gewogen. Aus der Gewichtsdifferenz wurde das aschefreie Trockengewicht ermittelt.

Zur Biomassenbestimmung wurden die Proben der Stationen des Kleintestfeldes zu folgenden Terminen herangezogen: 21.9.1978, 11. und 12.4.1979, 21.5., 4.6. und 15.9. 1980. Für die Probennahmen vom 29.8. und 20./21.9.1978 wurden die Biomassen von C. edule an allen Stationen ermittelt.

2.2.8 Fotografie der Sedimentoberfläche

Da die Auswertung von Stechrohrproben einen erheblichen Zeitaufwand erfordert, hätte bei ausschließlicher Anwendung der Stechrohrprobennahme entweder auf die Großflächigkeit der Untersuchung verzichtet werden müssen, oder es hätten nur wenige Aufsammlungen gemacht werden können. Da zur Erfassung der Sukzessionen einzelner Arten aber Untersuchungen in 1 - 2-monatlichen Abständen erforderlich sind, wurde ein neues Verfahren getestet und später erfolgreich eingesetzt: Alle 6 Wochen wurden bei Niedrigwasser an jeder Station 2 Sedimentflächen von jeweils 1/3 m² auf Farbdiafilm (Kodachrome 25 oder Kodachrome 64) fotografiert. Es wurden Spiegelreflexkameras mit dem Negativformat 24 x 36 mm eingesetzt. Auf diese Weise wurde die räumliche und zeitliche Veränderung im Testfeld, die durch die Einwirkung von Organismen auf die Sedimentoberfläche erfolgte, erfaßt.

Wir konnten so die Besiedlungsdichte der für die Sedimentumlagerung und Schwebstoffbindung verantwortlichen Organismen ausreichend genau quantifizieren und anhand von Vergleichsproben mit dem Stechrohr ermitteln, inwieweit die Fotografien den tatsächlichen Sach-

verhalt widerspiegeln. Mit der Oberflächenfotografie wurden neben der Besiedlungsdichte weitere Parameter erfaßt: Rippelform, - größe und -richtung, Verbreitung höherer Pflanzen und Algen, sowie mit eingeschränkter Aussagemöglichkeit Sedimentfarbe und Sedimenttyp.

2.3 Datenauswertung

Die anfängliche Planung, die ermittelten Daten mit Hilfe eines bereits durch niederländische Biologen erarbeiteten Computerprogramms (DANKERS, pers. Mitteilung) auszuwerten, mußte aus Zeit- und Personalgründen nach ersten Versuchen wieder aufgegeben werden. Statt dessen wurden die gesammelten Daten (Tab. 4) mit Hilfe eines eigenen Programms von wesentlich geringerem Umfang auf Band gespeichert und ausgewertet. Das benutzte Gerät war ein Hewlett Packard 9815 A mit angeschlossenem Drukker HP 9871 A. Der Ausdruck der Rohdaten wird im Anhang 1 wiedergegeben.

| Та | b e 1 1 e | 4 : |
|-----|------------|--|
| Auf | Magnetband | gespeicherte Daten |
| | 1. | Datum |
| | 2. | Station |
| | 3. | Korngröße |
| | 4. | Wasserbedeckungszeit in Stunden am Tag der Probennahme |
| | 5 22. | Anzahl der Individuen/m² der 18 wichtigsten Tierarten |
| | 23. | Grad der Bedeckung mit Diatomeen in % |
| | 24. | Grad der Bedeckung mit Grünalgen und höheren Pflanzen in % |

3 Ergebnisse

3.1 Sedimentverteilung im Büsumer Watt

Die Kartierung der Sedimentverteilung im Büsumer Testfeld wurde im Juli 1978 mit der regelmäßigen Ober-flächenfotografie begonnen. Zur Klassifizierung der Sedimente wurden 661 Fotos aus dem Jahr 1978 und 988 Fotos aus dem Jahr 1979 analysiert.

Die in Abbildung 6a dargestellten Sedimentverhältnisse zeigen Durchschnittswerte, die an vier Terminen
zwischen Mitte Juli und Mitte November 1978 gewonnen
worden sind. Sie basieren auf acht Aufnahmen je Station,
zwei bei jeder Begehung.

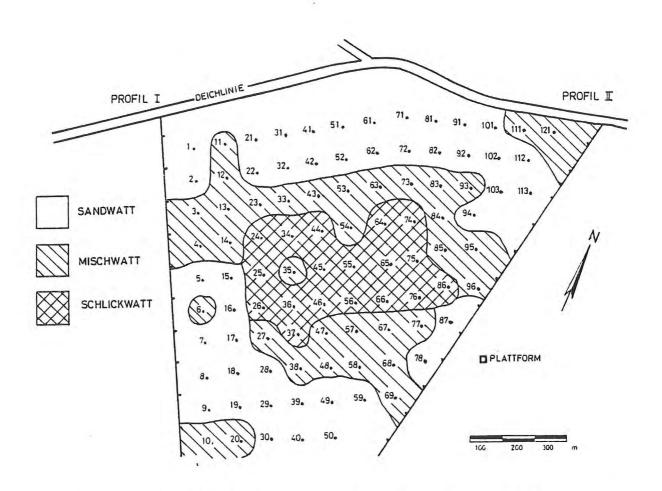


Abbildung 6a: Die Verteilung der Sedimente im Büsumer Testfeld nach der Oberflächenfotografie im Sommer und Herbst 1978.

Die Stationen 45, 46, 55 und 56 konnten 1978 an keinem der Termine erreicht werden, da die Schlickmächtigkeit eine Begehung im Zentrum des ehemaligen Baggerlochs nicht zuließ. Vor dem Deich wurde ein 200 bis 300 m breiter Sandwatt-Bereich registriert, der seewärts in einen Mischwattstreifen von ca. 100 - 150 m überging und der das Schlickwatt-Feld im Zentrum des Testgebietes nahezu vollständig umschloß.

Für das Jahr 1979 ließ sich anhand der Fotografien eine deutliche Veränderung der Sedimentverhältnisse erkennen (Abbildung 6b):

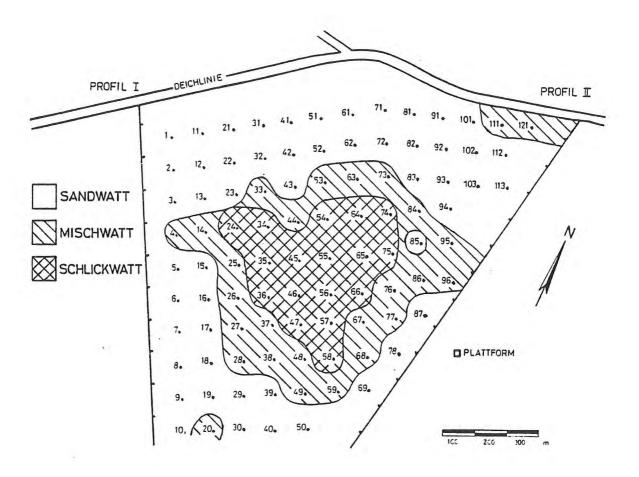


Abbildung 6b: Die Verteilung der Sedimente im Büsumer Testfeld nach der Oberflächenfotografie von April bis Oktober 1979.

Von sechs Fototerminen zwischen Mitte April und Mitte Oktober 1979 konnten im Durchschnitt 12 Fotografien pro Station für die Beschreibung der Sedimente ausgewertet werden.

Die 1978 wegen der großen Schlickmächtigkeit von uns gemiedenen Stationen waren ab Mai 1979 gefahrlos zu betreten. Im Baggerloch hatten sich die Sedimente offensichtlich konsolidiert. Eine Auswirkung auf die Korngrößenverteilung konnte jedoch nicht festgestellt werden, da die Vergleichsproben aus dem Jahr 1978 nicht genommen werden konnten. Der Sandwatt-Bereich hatte sich im Vergleich zu 1978 unter Zurückdrängung des Mischwatts z.B. um die Stationen 3, 4, 11 und 13 ausgedehnt. Der 1978 in der 600-m-Linie (Abstand vom Deich) noch 700 m breite Schlickbereich war im Jahr 1979 nur noch etwa 400 m breit bzw. in seinen Randzonen zu einem Mischwatt geworden, und seine Schlickmächtigkeit war deutlich zurückgegangen. 1979 war der gesamte Schlick- und Mischwatt-Bereich des Testfeldes von einem Sandwatt umgeben. Außer dem zentralen Gebiet mit hohem Schlickanteil war im Testfeld nur noch um die Stationen 111 und 121 ein kleiner schlickiger Bereich verblieben.

3.2 Wasserbedeckungszeiten

Für die Berechnung der Wasserbedeckungszeiten aller Probenorte und Termine von 1978 und 1979 wurde die Watthöhenaufnahme des Jahres 1979 verwendet. Der Bereich über 0 m hatte sich von 1976 (Abb. 3a) bis 1979 (Abb. 3b) nur unwesentlich verändert, sodaß die Verwendung der Höhendaten von 1979 auch für 1978 zulässig war.

Aus dem Datenmaterial ergibt sich die in Abbildung 7 dargestellte Beziehung zwischen Watthöhe und Wasserbedeckungszeit, angegeben als durchschnittliche Mindestwasserbedeckungszeit pro Tag.

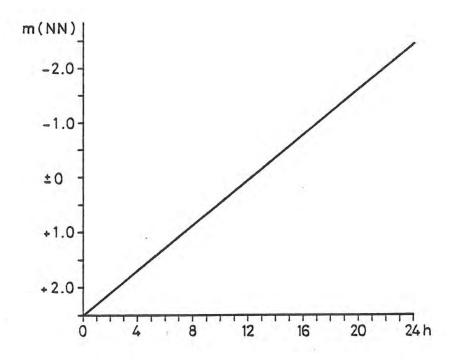


Abbildung 7: Beziehung zwischen Watthöhe und Wasserbedeckungszeit im Büsumer Watt.

(Nach Daten der Watthöhenaufnahme von 1979 und Tideverlaufskurven aus dem Jahr 1980 des ALW Heide, Dezernat Gewässerkunde, Büsum).

3.3 Seston

Am 23. und 24.10.1978 und am 12. und 13.6.1979 wurden Oberflächen-Schöpfwasserproben auf ihren Sestongehalt untersucht. Die Proben wurden von der im Büsumer Watt aufgestellten Forschungsplattform aus entnommen und ergaben im Juni bei einer sehr ruhigen Wetterlage Suspensionswerte von 28 bis 80 mg Trockengewicht pro Liter. Der höchste Wert wurde zwei Stunden vor, der niedrigste bei Hochwasser gemessen. Ähnliche Werte wurden von GAST (1980) und KEMPE (1980) festgestellt.

Der Mittelwert von 28 Sestonproben des Juni-Termins (41 mg/1) wird in Kapitel 3 für die Berechnung der Filtrations- und Depositionsleistung filtrierender Herzmuscheln im Büsumer Watt verwendet.

3.4 Kohlenstoff- und Stickstoffgehalte, Wassergehalt des Sediments

Der Gesamtkohlenstoffgehalt des von erkennbarer Fauna gesäuberten Sediments lag in typischen Arealen des Untersuchungsgebietes im Büsumer Watt zwischen 0,5 und 5 % des Trockengewichts. Die Werte lagen umso höher, je größer der Siltanteil im Sediment war (vergl. hierzu auch KEMPE 1980).

Tabelle 5 gibt die durchschnittlichen Kohlenstoffgehalte in verschiedenen Wattsedimenten wieder, die mit unterschiedlichen Methoden ermittelt wurden.

Tabelle 5:

Kohlenstoffgehalt verschiedener Wattsedimente im Büsumer Testfeld, nach unterschiedlichen Methoden bestimmt.

| Kohlenstoff in % d | es Trockengewichts. |
|--------------------|---------------------|
|--------------------|---------------------|

| | ohne erkennbare Fauna | mit Fauna geglüht bei 485°C bei 600°C | |
|-------------|--------------------------|---|-----------------|
| - | C-N Analyse | bei 485°C | bei 600°C |
| Sandwatt | 0,5 - 1 | < 3 | < 4,5 |
| Mischwatt | 1,5 - 2,8 | 3 - 7 | 6 - 9 |
| Schlickwatt | 2,5 - 5 | > 7 | > 9 |

In Abbildung 8 wird ein Beispiel für die Kohlenstoffgehalte einer typischen Stationsabfolge im Büsumer Watt während des Sommers 1979 wiedergegeben.

Die Werte für das Verhältnis C/N lagen im Büsumer Watt bei 14 und damit verhältnismäßig hoch. Jedoch fand KEMPE (1980) identische Werte.

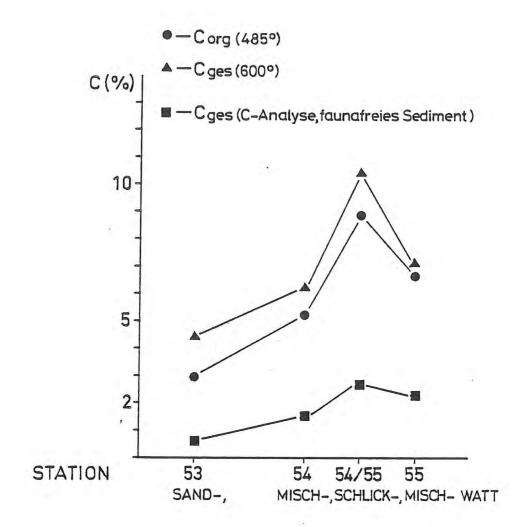


Abbildung 8: Kohlenstoffwerte im Büsumer Watt, August 1979

Der Wassergehalt der Sedimente lag im Testgebiet in der Regel zwischen 20 und 30 % (1 Stunde nach Freifallen der Oberfläche in den obersten 2 cm), wobei mit steigendem Siltanteil auch der Wassergehalt stieg. Für reine Schlickgebiete (Siltanteil > 50%) wird im allgemeinen ein höherer Wassergehalt gefunden (RAGUTZKI 1972), doch treten solche Werte im Testgebiet nur vereinzelt auf.

3.5 Beobachtungen in der Sediment-Wasser-Grenzschicht

Die aus den verschiedenen Einsätzen der Sediment-Profil-Kamera (SPK) (Abb. 9) resultierenden Fotos ergaben eine gute Übersicht des Geschehens in der Grenzschicht Sediment-Wasser während der Wasserbedeckungszeit. Im Folgenden werden einige Aspekte dargestellt, unter denen die Aufnahmen durchgemustert wurden. Quantitative Aussagen können mit dieser Methode allerdings nur mit starken Einschränkungen gemacht werden.



Abbildung 9: Sediment-Profil-Kamera.

3.5.1 Faunenaktivität auf der Sedimentoberfläche

An Einsatzorten unterschiedlicher Sedimentzusammensetzung und Oberflächenbesiedlung wurden deutliche Steigerungen der Faunenaktivität zu Beginn und am Ende der Wasserbedeckungszeit aufgezeichnet, wobei die Aktivität zu Beginn der Überflutung stärker als am Ende war. Diese Steigerung der Aktivität trifft besonders auf die Gastropoden zu: Die Wanderungs- (wahrscheinlich auch

Freß-) aktivität nahm sowohl bei schwacher als auch bei starker Besiedlung des Sediments durch Hydrobia spec. und Littorina littorea erheblich zu (Abb. 10). Während der Hochwasserphase (ca. 90 min vor bis 90 min nach Hochwasser) wurden deutlich geringere Aktivitäten bei diesen beiden Arten festgestellt (vergl. NEWELL 1970). Krebse (Carcinus maenas) wanderten während der Überflutung wiederholt an der Frontscheibe der SPK vorbei (s. auch 3.5.3).



Abbildung 10: <u>Hydrobia spec.</u> und <u>Littorina littorea</u> an Station 1001, 30.8.1978.

3.5.2 Plankton und Nekton

Sehr häufig wurden auf den Fotos Exemplare der Nordseegarnele (Crangon crangon) festgestellt (Abb. 11). Diese Art wird mit der Strömung des auflaufenden Wassers zur Küste getrieben und wandert mit der Ebbe wieder in die Priele ab. Gelegentlich wurden auch Fische (Pomatoschistus spec.) auf den Fotos gesichtet, die gegebenenfalls durch den Lichtfallencharakter der SPK angelockt worden waren.

Unterschiedliche Trübungen des Wassers durch Planktonorganismen und Schwebstoffe waren, entsprechend der Jahreszeit bzw. der Flutphase, zu erkennen, ließen aber anhand der Fotografie sich nicht quantifizieren.

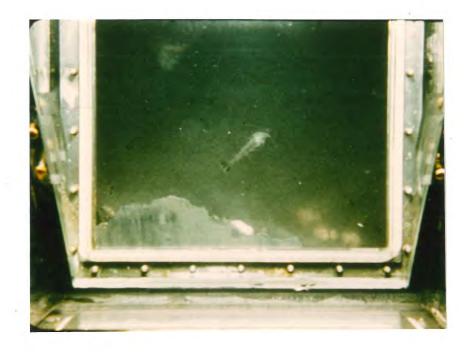


Abbildung 11: Crangon crangon an Station 88 , 30.8.1978.

3.5.3 Lichtfallenfunktion

Bedingt durch den Aufbau der SPK übte diese mit ihren regelmäßigen Lichtblitzen möglicherweise eine Lichtfallenfunktion aus, d.h. Tiere der näheren Umgebung wurden zur Lichtquelle gelockt. Diese positive Photota-xis mariner Organismen wird bereits seit geraumer Zeit kommerziell zum Fischfang genutzt, wirkte jedoch im Testgebiet Büsumer Watt als Störfaktor. In einigen Fällen war deutlich zu verfolgen, wie einmal angelockte Tiere (besonders Krebse) sich vor der Frontscheibe der SPK aufhielten und zum Teil auch die Oberfläche des Sediments störten (Abb. 12).



Abbildung 12: Carcinus maenas an Station 111, 3.8.1978.

3.5.4 Infauna

Die Aktivitäten der Infauna ließen sich mit der SPK nur in geringem Maße beobachten. An Einsatzorten, die von Arenicola marina besiedelt waren, konnten wir in einigen Fällen Wühltätigkeit oder auch Kotabgabe erkennen (Abb. 13). Es war deutlich zu erkennen, daß die Kotstränge von A. marina verhältnismäßig instabil sind. Sie zerfallen bei bewegtem Wasser innerhalb einiger Sekunden. Zur Beobachtung der Tätigkeit kleinerer Arten konnte es jedoch einerseits durch die nicht hinreichenden technischen Bedingungen, andererseits durch die zu geringe Verweildauer des Gerätes (in der Regel ein bis zwei Flutphasen) im Sediment nicht kommen.



a) b)

Abbildung 13: Kotabgabe durch Arenicola marina an Station 78, 23.10.1978.

(Aufnahmeabstand: 7 Sekunden)

3.5.5 Sediment- und Muscheltransport

Bei Einsätzen der SPK, die im Herbst bei Strömungsgeschwindigkeiten von 1,5 m/sec und bei Windstärken
um 5 durchgeführt wurden, konnte dokumentiert werden,
daß der strömungsbedingte Sedimentabtrag sehr schnell
vonstatten geht, sobald erst einmal ein Ansatzpunkt
für die wirkenden Kräfte gefunden worden ist. Ebenfalls
war zu erkennen, daß Objekte beträchtlicher Größe, nämlich ausgewachsene Exemplare von Cerastoderma edule,
frei in der Strömung verfrachtet werden können (Abb. 14).

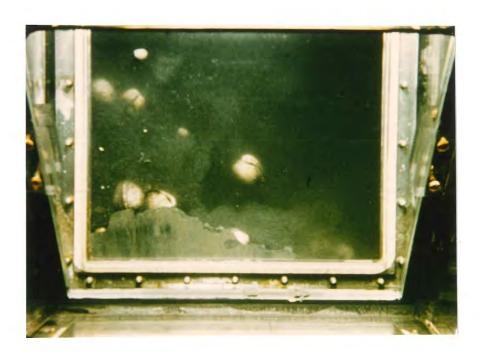


Abbildung 14: Sedimentabtragung und Muscheltransport, Station 78, 24.10.1978.

3.6 Makrofauna, Pflanzenbedeckung und Sedimenttyp

Im Verlauf der Untersuchungen wurden aus 310 ausgewerteten Stechrohrproben aus dem Büsumer Watt die in Tabelle 6 aufgeführten Arten bestimmt. Mit * sind die jenigen Arten gekennzeichnet, die mit Hilfe der Watt-Oberflächen-Fotografie gezählt werden konnten. Nach Abschluß der Bestimmungsarbeiten und der Auszählung wurden die Tiere zur Feststellung der Biomassen verwendet.

3.6.1 Ökologie der Arten und ihre Verbreitung in den Untersuchungsgebieten

> Die Charakterisierung der Arten basiert auf der vorhandenen Literatur und ist nach folgenden Kriterien gegliedert:

- Reproduktion und Larvalstadium,
- Nahrung und Ernährungsweise,
- Sedimentgebundenheit,
- Verbreitung,
- Biodeposition und Bioturbation.

Dieser Beschreibung folgen die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen in der Meldorfer Bucht und im Sahlenburger Watt. Unsere Angaben zur Verbreitung der einzelnen Arten beruhen auf den Stechrohrproben und den Auswertungen der fotografischen Aufnahmen. Die Fotografie erfasst allerdings nur diejenigen Arten, die an der Sedimentoberfläche vorkommen oder sichtbare Spuren wie Kriechspuren, Löcher und Kothaufen hinterlassen. Dafür ließen sich aber auch Arten, die in tieferen Sedimentschichten vorkommen, wie z.B. Arenicola marina oder Mya arenaria, also nicht mit dem Stechrohr erfasst wurden, gut quantifizieren. Auch die Dichte so empfindlicher Organismen wie z.B. Heteromastus filiformis, die beim Sieben leicht zerstört werden, ließ sich durch Auszählen ihrer Kothaufen besser durch die Fotografie bestimmen.

| 0 | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----|
| <u>Gastropoda</u> | (DENINANO 1777) | * |
| Hydrobia ulvae Littorina littorea | (PENNANT 1777) | * |
| Retusa truncatula | (LINNÉ 1758) (BRUGUIÈRE 1792) | * |
| | (BRUGUIERE 1/92) | |
| Bivalvia Mytilus edulis | LINNE 1758 | * |
| Cerastoderma edule | LINE 1736 | , |
| (Cardium edule) | (LINNÉ 1758) | (*) |
| Spisula subtruncata | (DA COSTA 1778) | |
| Macoma balthica | (LINNÉ 1758) | |
| Angulus tenuis | (DA COSTA 1778) | |
| Mya arenaria | LINNE 1758 | * |
| Mysella bidentata | (MONTAGU 1803) | |
| Polychaeta errantia | | |
| Eteone longa | (FABRICIUS 1780) | |
| Anaitides maculata | (LINNÉ 1767) | |
| Anaitides mucosa | (OERSTEDT 1843) | |
| Nereis diversicolor | MÜLLER 1776 | |
| Nephtys hombergii | SAVIGNY 1818 | |
| Nephtys longosetosa | OERSTEDT 1843 | |
| Polychaeta sedentaria | | |
| Scoloplos armiger | (MÜLLER 1776) | |
| Polydora ligni | WEBSTER 1879 | |
| Pygospio elegans | CLAPARÈDE 1863 | (*) |
| Tharyx marioni | (SAINT-JOSEPH 1894) | |
| Heteromastus filiform | is (CLAPARÈDE 1864) | * |
| Scolelepis squamata | (MÜLLER 1798) | |
| Arenicola marina | (LINNÉ 1758) | * |
| Lanice conchilega | (PALLAS 1766) | * |
| Capitella capitata | (FABRICIUS 1780) | |
| Oligochaeta | | |
| Peloscolex benedeni | (UDEKEM 1855) | |
| Crustacea | | |
| Corophium volutator | (PALLAS 1766) | (*) |
| Crangon crangon | (LINNÉ 1758) | |
| Carcinus maenas | (LINNÉ 1758) | |

^{*} zusätzlich durch Fotografie erfaßte Arten

3.6.1.1 Hydrobia ulvae (PENNANT 1777)

Im Frühling bis Sommer reproduziert sich die Wattschnecke durch Eier, die häufig an die eigene Schale geheftet werden. Nach etwa 10 Tagen schlüpfen die Larven und machen eine kurze pelagische Phase durch (PIL-KINGTON 1971). Eine wirksame Verbreitungsmöglichkeit der Schnecke ist das "floating" (Verdriftung durch Anheften an der Unterseite der Wasseroberfläche) (ANDERSON 1971). Untersuchungen von SMIDT (1951) ergaben, daß sie nicht älter als 1,5 Jahre wird.

Die Schnecke ist in der Lage, Material, das an Sedimentkörnern haftet, als Nahrung aufzunehmen, indem sie kleine Partikel schluckt ("deposit-feeder") oder die Partikeloberfläche "abgrast" ("epipsammic-browsing"). Eine sehr wichtige Nahrungsquelle sind benthische Diatomeen (LOPEZ & KOFOED 1980). Hydrobia ulvae lebt auf und in den verschiedenen Sedimenttypen. LOPEZ & KOFOED beobachteten sie sowohl im Sand als auch im Wattenschlick. Im holländischen Wattenmeer fand BEUKEMA (1976) durchschnittliche Besiedlungsdichten von 866 Individuen/m² und eine Biomasse von 0,2 g/m². MUUS (1967) stellte Besiedlungsdichten von 20 000 - 30 000 Individuen/m² fest.

Durch die wiederholte Bindung der Sinkstoffe (s. 1.2) ist die Freßrate von <u>H. ulvae</u> von Bedeutung. LO-PEZ & KOFOED (1980) fanden bei Schnecken von 4 - 4,5 mm Größe bei einer mittleren Korngröße von 40 - 80 µm eine Freßrate von 0,6 mg Sed/Tier/h und bei einer Korngröße von 80 - 100 µm eine Freßrate von 0,46 mg Sed/Tier/h. Das "browsing" gewinnt erst bei größeren Korngrößen an Bedeutung.

Im Büsumer Watt wurde <u>H. ulvae</u> das ganze Jahr auf allen Sedimenttypen gefunden. Abhängigkeiten zur Wasserbedeckungszeit oder zum Diatomeenvorkommen konnten nicht beobachtet werden. Die höchsten Besiedlungsdichten lagen im Zeitraum August - Oktober, die niedrigsten im April - Mai (Abb. 15, vergl. Tab. 7).

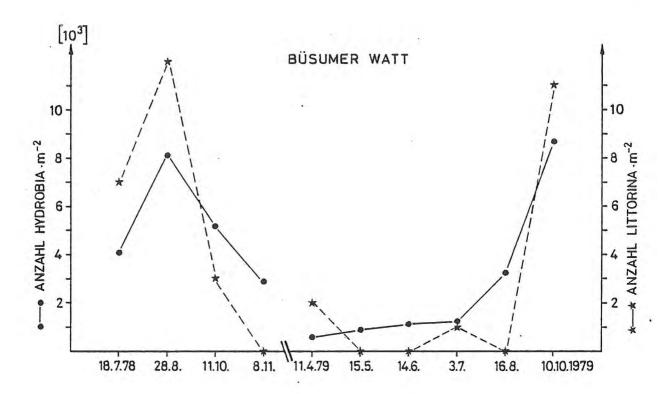


Abbildung 15: Veränderung der durchschnittlichen Besiedlungsdichte der Schnecken <u>Hydrobia</u> <u>ulvae</u> und <u>Littorina</u> <u>littorea</u> von Juli 1978 bis Oktober 1979 im Büsumer Watt.

Tabelle 7:

Die durchschnittliche Besiedlungsdichte von <u>Hydrobia</u> <u>ulvae</u> im Büsumer Watt

August 1978: 8100 Ind/m² (max. Dichte 55000 Ind/m²)

Oktober 1979: 8600 Ind/m² (max. Dichte 53500 Ind/m²)

April/Mai 1979: 750 Ind/m² (max. Dichte 14500 Ind/m²)

Das erhöhte Individuenaufkommen im Spätsommer läßt sich mit dem vermehrten Auftreten von Jungtieren erklären, da die Reproduktionszeit der Wattschnecke im Frühsommer liegt. Diesen durchschnittlichen Besiedlungsdichten entsprechen die in Tab. 8 wiedergegebenen Biomassenwerte.

Tabelle 8:

Biomassenwerte von Hydrobia ulvae im Büsumer Watt

August 1978: 1,3 g/m^2 (Maximalwert: 9 g/m^2)

Oktober 1979: 1,4 g/m² (Maximalwert: 8,7 g/m²)

April/Mai 1979: $0,12 \text{ g/m}^2$ (Maximalwert: $2,4 \text{ g/m}^2$)

Die durchschnittliche Abundanz im Untersuchungsgebiet über das Jahr gemittelt betrug 3450 Ind/m^2 mit einer mittleren Biomasse von $0,6 \text{ g/m}^2$.

Diesen Werten für die Besiedlungsdichte liegt das aus der Fotoauswertung stammende Zahlenmaterial zugrunde. Da die Fotografie allerdings nicht den Anteil derjenigen Schnecken erfassen kann, die unterhalb der Sedimentoberfläche leben, handelt es sich um Minimalwerte. So fanden wir z.B. im September 1978 in den Stechrohrproben durchschnittlich 134200 Ind/m² (max. Dichte

673000 Ind/m²!). Dies entspräche einem Faktor von 16 verglichen mit der Fotoauswertung vom Ende August 1978. Ein genereller Umrechnungsfaktor ließ sich nicht aufstellen. Eine Abschätzung der Besiedlungsdichte über das gesamte Gebiet aufgrund der Stechrohrproben ist nicht zulässig, da die Wattschnecke ein fleckenhaftes Verteilungsmuster aufweist, das durch die relativ geringe Öffnung des Stechrohrs nicht ausreichend erfasst werden konnte.

Im Juni 1980 wurden auf dem Teststreifen im Sahlenburger Watt 20900 Ind/m², im Meldorfer Watt auf dem Kleintestfeld zur gleichen Zeit 53500 Ind/m² (Stechrohrproben) gefunden. Die gefundenen Durchschnittswerte liegen zwischen denen von BEUKEMA (1976) und MUUS (1967).

3.6.1.2 Littorina littorea (LINNE 1758)

Die Strandschnecke pflanzt sich im Frühling durch pelagische Eier fort. Die Larven leben mindestens zwei Wochen planktisch (THORSON 1946). L. littorea ernährt sich hauptsächlich von Algen, aber auch von kleineren Tieren (SCHÄFER 1950). Diese Art scheint als Bewohner der Sedimentoberfläche nicht an einen speziellen Substrattyp gebunden zu sein (MOORE 1937). WOLFF (1973) fand die Strandschnecke auf Steinen, Zostera-Blättern und muddigen Böden. Ihre Verbreitung im Watt scheint hauptsächlich von der Schutzmöglichkeit abzuhängen: Sie wird auf Muschelbänken, Seegraswiesen und in Salzwiesen häufig angetroffen.

Die saisonale Fluktuation der Strandschnecke im Büsumer Watt ähnelte der der Wattschnecke (Abb. 15). So trat die höchste durchschnittliche Besiedlungsdichte Ende August 1978 mit 11 Ind/m² auf (Biomasse 17 mg/m²), die maximale Dichte betrug 230 Ind/m² im schlickigen Substrat. Im Oktober 1979 wurden durchschnittlich 10 Ind/m² (Biomasse 15,4 mg/m²) und Maximalbesiedlungs-

dichten von 280 Ind/m² festgestellt. Über das Jahr gemittelt ergab sich die geringe Besiedlungsdichte von 3 Ind/m². Die Maximalwerte wurden hauptsächlich im Uferbereich mit Beständen von Zostera nana und Spartina townsendigefunden. Auch im Büsumer Watt scheint das Vorkommen der Strandschnecke an Schutz- bzw. Ernährungsmöglichkeiten gebunden zu sein. Wegen der geringen Besiedlungsdichte und der Lebensweise sind nur die Ergebnisse der größerflächigen Fotoauswertung verwertbar.

3.6.1.3 Retusa truncatula (BRUGUIÈRE 1792)

JAECKEL (1951) u.a. berichten, daß R. truncatula Hydrobien erbeuten kann.

Die nur wenige Millimeter große Art wurde nur in sehr geringer Anzahl gefunden, war aber immer mit <u>Hydrobia ulvae</u> vergesellschaftet. Bei der Gesamtberechnung bleibt <u>R. truncatula</u> außer Betracht.

3.6.1.4 Mytilus edulis (LINNE 1758)

Die Miesmuschel pflanzt sich im Frühjahr und Sommer fort. Die Larven machen eine planktische Phase von 3 - 4 Wochen durch (JÖRGENSEN 1946) und setzen sich anschliessend auf Hydroiden, Algen oder anderen Substraten fest (DE BLOK & GEELEN 1959). Nach einiger Zeit lösen sie sich teilweise, und es erfolgt ein zweites, dauerhaftes Festsetzen, so daß es zur Bildung neuer oder zur Erweiterung alter Muschelbänke kommt. Die Bildung neuer Bänke wird durch Hartsubstrate wie Steine oder Herzmuschelschill (VERWEY 1952) unterstützt. Solche Hartsubstrate benötigt Mytilus als "Primärsubstrat", um sich mit ihren Byssusfäden anheften zu können. Sandiger Untergrund reicht für das Anheften nicht aus (KUENEN 1942). Im Bereich von Mytilus-Bänken wird häufig ein stark schlickiges Sediment angetroffen, das ein Hinweis

auf die außerordentliche Biodepositionsleistung dieser Muschel ist. Die Biomasse von Mytilus im Watt ist sehr schwer abzuschätzen, da diese Muschel sehr fleckenhaft, dann aber in sehr dichten Beständen auftritt (BEUKEMA et al. 1978).

Im Büsumer Watt sowie auf dem Teststreifen des Sahlenburger Watts wurden keine Miesmuschelbänke gefunden, da keine für die Anheftung geeigneten Hartsubstrate vorhanden waren. An Stellen mit Herzmuschel- und Klaffmuschel-Schillablagerungen kam es vereinzelt zur Besiedlung, z.B. im Juli 1978 an der Station 54 im Büsumer Watt mit 132 Ind/m². Die Durchschnittsbesiedlung über ein Jahr betrug im Büsumer Watt jedoch nur 0 - 2 Ind/m². Mit dieser Abundanz spielt die Depositionsleistung dieser Art nur eine untergeordnete Rolle im Untersuchungsgebiet.

3.6.1.5 Cerastoderma edule (LINNE 1758) (Cardium edule)

Die Laichperiode der Herzmuschel beginnt im späten Frühling und zieht sich bis in den Sommer hinein. Die planktisch lebenden Larven werden während des ganzen Sommers gefunden (JÖRGENSEN 1946). Nach der Metamorphose können die Juvenilen 4 Wochen mit der Strömung transportiert werden, bis sie eine Größe von 2 mm erreicht haben. Diese Phase endet mit der Ablagerung der jungen Muscheln an ruhigen Plätzen mit feinkörnigen Sedimenten (BAGGERMANN 1953). Cerastoderma edule ist wie Mytilus edulis ein typischer Filtrierer. Die Filtration erfolgt unselektiv und richtet sich allein nach der Partikelgröße (JÖRGENSEN 1966).

Die Herzmuschel gräbt sich direkt unter die Sedimentoberfläche ein. Nach KREGER (1940) und nach KRISTENSEN (1957) toleriert diese Art verschiedene Sedimenttypen, besiedelt aber hauptsächlich muddige Sände.
EISMA (1966) beobachtete die Bevorzugung von Sedimenten
zwischen Korngrößen von 2,75 - 3,30 Phi und einem Silt-

Ton-Gehalt von mindestens 5 %. C. edule wird nicht so sehr von der Sedimentbeschaffenheit als vielmehr von den begleitenden hydrodynamischen Bedingungen beeinflußt. Die Strömungsgeschwindigkeit darf nicht so hoch sein, daß die Muscheln aus dem Sediment gewaschen werden, sie sollte aber groß genug sein, daß genügend Nahrung herantransportiert wird und keine Überschichtung mit Detritus erfolgen kann. C. edule ist häufig im Gezeitenbereich anzutreffen, kommt allerdings nicht im höheren Wattgebiet vor. Es muß eine Wasserbedeckungszeit von mindestens 3 h/Flutphase gewährleistet sein (KRI-STENSEN 1957). C. edule ist fleckenhaft verteilt. An einigen Stellen findet man mehr als 5000 Ind/m² (VER-WEY 1952). BEUKEMA (1976) berechnet eine durchschnittliche Besiedlungsdichte der adulten Tiere im holländischen Watt von 34 Ind/m2 mit einer Biomasse von 4,3 g/m2.

Die Herzmuschel ist für die Biodeposition und die damit verbundene Schlickbildung im Watt von großer Bedeutung. WILLEMSEN (1952) beobachtete eine Pumprate von 0,5 - 2,5 1/h (17 - 20°C). Die Pumpaktivität betrug mindestens 12 h/Tag. Nach VAHL (1972) liegt die Pumprate noch höher, denn sie fand schon bei einer Temperatur von 10°C 2 1/h. Die Diskrepanz wird damit erklärt, daß WILLEMSEN (1952) im Gegensatz zu VAHL (1972) kleinere geschlossene Systeme ohne Sand zum Eingraben benutzte. Daher scheinen VAHLs Werte eher den natürlichen Bedingungen zu entsprechen. DAMAS (1935) berechnete eine "fecal pellet"-Produktion von 10 800 fecal pellets/Tier/Tag, entsprechend einem Volumen von 3240 mm³ Faeces/Tier/Tag.

C. edule schien sowohl im Büsumer Watt als auch im Sahlenburger Watt Sedimente feinerer Korngrößen zu bevorzugen. An 60 % der Stationen, an denen die Herzmuschel auftrat, betrug der Silt-Ton-Gehalt 35 % und mehr, and 20 % der Stationen 15 % und mehr, und nur an 20 % der Stationen war der Silt-Ton-Gehalt geringer als 15 %.

Die höchsten Besiedlungsdichten traten im Zeitraum
Juli 1978 bis November 1978 auch an den Schlickstationen mit durchschnittlichen Dichten von 800 adulten
Ind/m² und einer Biomasse von 115 g/m² auf. Die Maximalwerte erreichten 1400 Ind/m² im Sommer. An den schlickigen Sandstationen fanden sich in diesem Zeitraum 300 Ind/
m², an den Stationen mit sandigem Sediment nur 100 Ind/m².
Im strengen Winter 1978/79 wurden im Büsumer Watt alle
Herzmuscheln durch die langanhaltenden geringen Temperaturen getötet. Ab April 1979 wurde die ins Untersuchungsgebiet eingeschwemmte Brut beobachtet. Im Frühsommer
1980 war diese zu geschlechtsreifen Tieren herangewachsen, die eine ähnliche Verteilung wie 1978 aufwiesen.

Die Individuenzahlen in den Stechrohrproben waren etwa doppelt so hoch wie die aus der Fotoauswertung stammenden Werte. Es zeigte sich aber, daß etwa 50 % der in den Stechrohrproben erfassten Tiere kleiner als 1 cm waren, so daß die Werte für die Adulten gut übereinstimmen. Da für die Abschätzung der Filtrier- bzw. Biodepositionsleistung nur Anzahlen der adulten Organismen verwendet wurden, stellten die Daten aus der Fotoauswertung eine gute Berechnungsgrundlage für die Leistung der Herzmuscheln im Büsumer Watt dar (s. 3.6.6.1).

3.6.1.6 Macoma balthica (LINNE 1758)

Die Plattmuschel laicht in den Monaten April und Mai (LAMMENS 1967). Sie hat pelagische Larven (JÖRGEN-SEN 1946). Die Muschel ernährt sich als selektiver Substratfresser und Filtrierer (BRAFIELD & NEWELL 1961).

M. balthica kommt auf allen sandigen Sedimenten vor, bevorzugt jedoch feinere Korngrößen (WOLFF 1973). GAST (1980) fand diese Art in der Meldorfer Bucht hauptsächlich in schlickigen Arealen (z.B. Wöhrdener Hafen).

M. balthica ist die Charakterart der Wattenbiozönose, obwohl sie oft nur in geringer Anzahl vorkommt. SMIDT

(1951) fand im dänischen Wattenmeer Besiedlungsdichten von 100 Ind/m², BEUKEMA (1976) im holländischen Watt Durchschnittszahlen von 113 Ind/m² mit einer Biomasse von 2,2 g/m². Nach MUUS (1967) liegt die geringe Häufigkeit an der Kombination von starken Temperaturund Salzgehaltsfluktuationen.

Sowohl im Büsumer als auch im Sahlenburger Watt wies die Plattmuschel vorwiegend eine gleichmäßige Verteilung über die Sedimenttypen auf. Im August 1978 traten auf den Profilen im Büsumer Watt 550 Ind/m2 (Biomasse: 8,4 g/m²) auf. Im September 1978 schien die Präferenz bei Sedimenten mit hohen Siltgehalt zu liegen: 360 Ind/m² (10 % Silt), 730 Ind/m² (25 % Silt) und 2580 Ind/m² (35 %). Im Gegensatz zur Herzmuschel überlebte diese Art den extremen Winter 1978/79, da sie in einer Sedimenttiefe bis 10 cm vorkommt (BEUKEMA 1981). Im April 1979 stellten wir eine durchschnittliche Besiedlungsdichte von 160 Ind/m² auf dem Schnitt von Station 51 bis 59 fest, im Juni 1980 waren es 770 Ind/m2, im Sahlenburger Watt hingegen eine doppelt so hohe Dichte von 1500 Ind/m². Die Organismen waren wieder gleichmäßig über die Sedimenttypen verteilt. Die angegebenen Werte stützen sich auf Stechrohrproben, da diese Muschel kaum auswertbare Spuren an der Sedimentoberfläche hinterläßt.

Die Besiedlungsdichte in der Meldorfer Bucht lag deutlich über den von SMIDT (1951) und BEUKEMA (1976) gefundenen Werten. Wegen ihrer konstanten Anwesenheit, gleichmäßigen Verteilung und relativen Häufigkeit spielt diese Art eine wichtige Rolle bei der Bioturbations- und Biodepositionsleistung in den Untersuchungsgebieten.

3.6.1.7 Spisula subtruncata (DA COSTA 1778)

Die Laichperiode von <u>Spisula</u> <u>subtruncata</u> beginnt im Winter und reicht bis in den Frühling hinein (JÖR-GENSEN 1946). Die Muschel ist ein typischer Filtrierer (NEWELL 1970).

In beiden Untersuchungsgebieten trat diese Art nur vereinzelt auf, so daß weder quantitative noch qualitative Aussagen gemacht werden können.

3.6.1.8 Angulus tenuis (DA COSTA 1778)

Die Reproduktionszeit dieser Muschel liegt zwischen Juni und August. Sie ernährt sich filtrierend mit der Tendenz zum selektiven Fressen des Substrates. Die Hauptnahrung sind Detritus und Diatomeen (STEPHEN 1928, TREVALLION 1971). A. tenuis bewohnt feine muddige Sände (WOLFF 1973).

Auch diese Muschel trat in den Untersuchungsgebieten nur in einzelnen Exemplaren auf und bleibt bei den Gesamtbiomassenberechnungen unberücksichtigt.

3.6.1.9 Mya arenaria (LINNÉ 1758)

Die Reproduktionszeit dieser Muschel liegt im Sommer (JUTTING 1943). Sie ernährt sich als "langsamer" Filtrierer (THAMPDRUP 1935, MANN 1952). KÜHL (1952) beobachtete, daß die Larven hauptsächlich muddiges Sediment besiedeln, während die Adulten auch in anderen Sedimenten vorkommen können. Wegen ihres geringen Grabvermögens bevorzugen sie Sedimente, die relativ erosionsfrei sind (WOLFF 1973). Nach Stürmen sieht man im Watt häufig freigespülte Mya, die dann absterben müssen (KÜHL 1955). Diese Art ist gegenüber kalten Wintern sehr viel resistenter als die näher an der Oberfläche lebende Herzmuschel. BEUKEMA (1976) fand im hol-

ländischen Watt durchschnittliche Besiedlungsdichten von 8 Ind/m^2 , entsprechend einer Biomasse von 4,6 g/m^2 .

Im Büsumer Watt war die Klaffmuschel über den gesamten Untersuchungszeitraum anzutreffen. Quantitative Aussagen zu ihrem Vorkommen können wir jedoch nicht machen, da bei der Stechrohrprobenentnahme der relativ große Anteil der adulten Tiere, die tiefer als 10 cm im Sediment leben, nicht erfaßt wurde und auf der Fotografie nur die intakten "Schornsteinöffnungen" auswertbar sind. Die "Schornsteinöffnung", in der sich der Doppelsipho des Tieres befindet, kann je nach Sedimentbeschaffenheit und Größe der Muschel einstürzen. Im Juni 1980 wurden in den oberen 10 cm im Büsumer Watt an Stationen des Teststreifens (51 - 59) 130 Ind/m² gefunden, auf dem Sahlenburger Teststreifen 300 Ind/m². Nach stürmischer Witterung konnten jedoch wiederholt freigespülte adulte Klaffmuscheln in Lebendstellung beobachtet werden, die großflächige Felder bildeten. In diesen Gebieten spielte Mya arenaria sicher eine große Rolle bei der Biodeposition.

3.6.1.10 Mysella bidentata (MONTAGU 1803)

Die frühe Entwicklungsphase dieser Muschel findet in der Mantelhöhle der Adulten statt. Die Larven erscheinen dann zwischen Juni und November im Plankton (JÖRGENSEN 1946). M. bidentata ist ein Filtrierer. Sie kommt auf feinem Sand mit einem Siltgehalt größer als 10 % vor (EISMA 1966).

Diese Art trat im Untersuchungsgebiet sehr selten auf, so daß ihre Filtrierleistung nicht von Bedeutung ist.

3.6.1.11 Eteone longa (FABRICIUS 1780)

Die pelagischen Larven dieser Art werden sowohl zwischen Februar und Juni als auch von August bis Oktober gefunden (THORSON 1946, SMIDT 1951, GIERE 1968). Ihre Nahrung besteht aus Spioniden, besonders Scolelepis squamata (MICHAELIS 1971). E. longa besiedelt feine, muddige Sedimente und vermeidet reinen Schlick (WOLFF 1973). Nach HARTMANN-SCHRÖDER (1971) findet man sie auch auf gröberen Sedimenten, zwischen Zostera, Rhizoiden von Tangen und zwischen leeren Wohnröhren. In der Nordsee ist sie in feinem bis mittleren Substrat mit Pygospio elegans vergesellschaftet (SCHUSTER 1951). MUUS (1967) fand bei Salzgehalten über 18 % Besiedlungsdichten von 40 - 220 Ind/m², BEUKEMA (1976) zählte hingegen nur 2 Ind/m².

Eteone longa trat regelmäßig im Büsumer Watt auf allen Sedimenttypen auf. Die spätsommerlichen Durchschnittswerte lagen bei 155 Ind/m², im April hingegen waren nur wenige Exemplare zu verzeichnen. Im Juni 1980 wurden auf den Stationen 51 - 59 (Teststreifen) 80 Ind/m² gefunden, im Sahlenburger Watt dagegen 900 Ind/m². Die Besiedlungsdichten entsprachen etwa denen, die von MUUS (1967) im dänischen Watt festgestellt wurden. Die Verwühlungen, die E. longa beim Kriechen auf der Oberfläche oder in der obersten Sedimentschicht hervorruft, sind nur von geringem Ausmaß und nicht zu quantifizieren.

3.6.1.12 Anaitides maculata (LINNÉ 1767)

Die Eier von A. maculata werden in einem grünen gallertigen Eikokon auf der Wattoberfläche abgelegt. Das Laichen erfolgt zweimal im Jahr. Die erste Fortpflanzungsperiode liegt in den Monaten März bis Juni, die zweite in der Zeit von Oktober bis November (WOLFF 1973). Die Art lebt räuberisch von anderen Polychaeten, Nemertinen und Balaniden (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). Sie schützt sich durch starke Schleimabsonderung. A. maculata kommt

auf allen Sedimenten von Schlick bis Kies immer in geringer Dichte vor (HARTMANN-SCHRÖDER 1971), bevorzugt jedoch schlickige Böden. BEUKEMA (1976) fand durchschnittlich nur 1 Ind/m² im holländischen Watt.

Im Büsumer Watt trat diese Art im Spätsommer 1978 relativ häufig mit durchschnittlicher Besiedlungsdichte von 80 Ind/m² auf allen Sedimenttypen auf. Nach dem Extremwinter 1978/79 wurden keine Exemplare gefunden. Erst im Frühjahr 1980 trat diese Art in sehr geringer Dichte wieder auf. Zu dem Zeitpunkt wurden im Sahlenburger Watt auch nur einige Individuen an nur einer Station gesammelt.

3.6.1.13 Anaitides mucosa (OERSTEDT 1843)

Diese Art hat eine ähnliche Lebensweise wie A. maculata. Die Unterscheidung der Arten ist außergewöhnlich
schwierig. BUHR (1979) vermutet, daß A. mucosa und A.
maculata Synonyme einer Art darstellen. Die wenigen,
als A. mucosa bestimmten Exemplare wurden zu Berechnungszwecken der Art A. maculata zugeordnet.

3.6.1.14 Nereis diversicolor (MÜLLER 1776)

Die Reproduktion von N. diversicolor wurde unter anderem von DALES (1950) untersucht. Das Laichen findet meistens im Frühling bei Wassertemperaturen über 5°C statt. Die Laichzeit kann sich jedoch auch bis in den August erstrecken (HEIP & HERMAN 1979). Die Eier werden durch Zerreißen der Körperwand in die Grabgänge der Tiere abgelegt. Daraufhin sterben die Weibchen ab. Die Larven sind nicht pelagisch, aber so leicht, daß sie von der Strömung aufgewirbelt und forttransportiert werden können (WOLFF 1973). Die jungen Bodenstadien wandern innerhalb der Gezeitenzone (SMIDT 1951). N. diversicolor verfügt über verschiedene Ernährungsmethoden

(GOEHRKE 1966, 1971, MUUS 1967). Er ist ein Substratfresser, der unsortiert oder auch selektiv Nahrung von der Sedimentoberfläche aufnimmt: tote oder lebende Meiofauna, Bodensubstrat mit Diatomeen, Teile von abgestorbenen Algen, detritisches Material. GOEHRKE (1966) beobachtete, daß N. diversicolor mit Hilfe eines Sekretes zwischen den Borsten der vorderen Parapodien ein trichterförmiges Filternetz zu bauen in der Lage ist. Durch Undulationsbewegungen des Körpers erzeugt er einen Wasserstrom, so daß Partikel im Netz hängen bleiben, die dann zusammen mit dem Netz aufgenommen werden.

N. diversicolor wird von Bodenfischen und Seevögeln gefressen.

N. diversicolor ist eine ausgesprochene euryöke Art. Im lotischen Bereich der Küsten ist sie in gröberen bis feinen Sanden, im lenitischen Bereich vom sandigen Schlick bis zum Faulschlamm anzutreffen. Sie besiedelt auch sandige Sedimente mit Zostera- oder Ulvabewuchs (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). In der Nordsee findet man die Art sowohl in detritusreichen Sänden, z.B. in der Corophium-Pygospio- und in der Arenicola-Cardium-Zone, als auch auf Weichböden mit H₂S-Bildung in der Peloscolex-Capitella-Region (LINKE 1939, REMANE 1940). Sie besiedelt auch Wattflächen, die nur 1 - 2 Stunden pro Tag überflutet werden (HARTMANN-SCHRÖDER 1971).

Trotz dieses hohen ökologischen Potentials fehlt diese Art an einigen Stellen im Bereich der Nordsee. Dies mag an der Instabilität des Sedimentes liegen, welche den Bau der Gänge verhindert, kann aber auch durch Räuber und Konkurrenten erklärt werden. Die Besiedlungsdichten variieren stark, z.B.: Im Tees Ästuar 55 - 300 Ind/m² (GRAY 1976), in dänischen Ästuarien 5000 Ind/m² (MUUS 1967), im Diviengat 5 - 17 Ind/m² (HEIP & HERMAN 1979), im holländischen Watt 36 Ind/m² (BEUKEMA 1976). BEUKEMA (1976) fand eine durch-

schnittliche Biomasse von 1.4 g/m² (Trockengewicht).

N. diversicolor hat einen relativ hohen Anteil an den bioturbaten Vorgängen im Sediment. Er gräbt Gänge im Sediment, die sich unregelmäßig verzweigen und an verschiedenen Stellen der Oberfläche münden. Dieses Gangsystem reicht bis in eine Tiefe von 20 - 30 cm und mißt durchschnittlich 3 - 7 mm im Querschnitt. Die relativ stabilen Gänge sind mit einer Schleimschicht und häufig auch mit einer rostbraunen Schicht Eisenoxidhydrat ausgekleidet. Die Mündungen der Gangsysteme sind an der Sedimentoberfläche häufig durch die sternförmigen Kriechspuren zu erkennen (THAMDRUP 1935, LINKE 1939). Wird der Bau von neuen Sedimentschichten überlagert, muß der Wurm den Bau verlassen und zur neuen Oberfläche durchstoßen. Nereis ruft im Sediment zwei verschiedene Spuren hervor: Hohlformen mit verfestigten Wänden und einfache Schichtzerstörung und Flexuren, die den Wühlweg des Wurmes bezeichnen (SCHÄFER 1956). RENFRO (1973) quantifiziert die Wühlaktivitäten von Nereis diversicolor wie folgt: Wühltiefe: bis 30 cm; Wühlgeschwindigkeit: 3,2 cm/h; Wühlproduktion: 0,1 cm³/h.

Die Besiedlungsdichte von N. diversicolor war im Büsumer Watt während des ganzen Jahres relativ gleichmäßig. Es wurde ein Durchschnittswert von 200 Ind/m² (Biomasse 2 g/m²) ermittelt. Die Besiedlungsdichte lag an den schlickigen Stationen über dem Durchschnitt. Im Frühjahr 1979 wurden nach dem extremen Winter zunächst keine Exemplare gefunden, im Mai war die Art aber wieder im Gebiet vertreten. Auf dem Teststreifen im Sahlenburger Watt betrug die Besiedlungsdichte im Juni 1980 160 Ind/m². Alle Werte basieren auf den Stechrohrproben, da die Fährten auf den Fotos nicht immer eindeutig zu identifizieren waren. Trotz der nicht sehr hohen Abundanz spielt dieser Wurm wegen seiner Größe

eine Rolle bei den Bioturbationsvorgängen im Wattenmeer.

3.6.1.15 Nephtys hombergii (SAVIGNY 1818)

Die Reproduktionszeit von N. hombergii liegt in den Monaten Mai und Juni (SMIDT 1951, WOLFF 1973). Der Wurm lebt räuberisch von Weichbodenorganismen (CLARK 1962), frißt jedoch auch Aas, Detritus und Diatomeen-Sandgemisch. N. hombergii kommt auf schlickig-sandigen Wattflächen vor. AMOUREUX (1968) und auch KIERKEGAARD (1969) beobachteten eine Präferenz für Sandgemische mit Schlickund Tonanteil. Nach THAMDRUP (1935) benötigt diese Art eine Mindestwasserbedeckungszeit von 30 %. Die Art lebt hauptsächlich im Endopsammal (LINKE 1939). Stellenweise kommt sie jedoch an die Oberfläche. Es entstehen lockere, vergängliche Gangsysteme, die kaum als Wohnbauten zu betrachten sind. Die Tiere halten sich nie längere Zeit am gleichen Ort auf. BEUKEMA (1976) fand im holländischen Wattenmeer durchschnittlich 17 Ind/m² mit einer Biomasse von 0,3 g/m2.

Nephtys hombergii trat im Büsumer Watt im Spätsommer 1978 in relativ geringer Anzahl (30 Ind/m²) oder nur in einzelnen Exemplaren auf. Da diese Art bis zu 20 cm Tiefe im Sediment lebt, ist es möglich, daß die Stechrohrproben keine quantitativen Aussagen lieferten. Auch im Büsumer Watt schien diese Art eine Präferenz für Sedimente mit hohem Siltanteil zu haben.

3.6.1.16 Nephtys longosetosa (OERSTED 1833)

Wegen seines selteneren Auftretens ist über die Ökologie dieser Art sehr wenig bekannt. Man nimmt an, daß es sich um einen Räuber handelt. Im Gegensatz zu Nephtys hombergii bevorzugt die Art feinen Sand. Sie kommt nur dort in der Gezeitenzone vor, wo das Sediment mindestens zu 85 % überflutet ist (WOLFF 1973).

Im Büsumer Watt wurden nur einzelne Exemplare gefunden, so daß die Leistung dieser Art ebenfalls nicht quantifiziert werden kann.

3.6.1.17 Scoloplos armiger (MÜLLER 1776)

An der deutschen Nordseeküste liegt die Reproduktionszeit von S. armiger in den Monaten März bis Mai (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). Die Eier werden in einem birnenförmigen, bis zu 2 cm langen Schleimkokon abgelegt, der mit einem durchsichtigen Stiel am Sediment verankert wird. Ein Weibchen kann mehrere Kokons produzieren. Nach GIBBS (1968) enthält ein Kokon je nach Alter des Weibchens 90 - 5000 Eier. Eine pelagische Phase der Larven fehlt.

S. armiger ist ein nicht-selektiver Substratfresser (WOLFF 1973). Die Art stellt keine besonderen Ansprüche an das Sediment, bevorzugt jedoch feine und muddige Sande (WOLFF 1973). Im Wattengebiet lebt sie in wenig schlickhaltigen, wassergesättigten Zonen in bewegtem Substrat (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). S. armiger lebt vagil im Endopsammal und baut in den oberen 10 - 15 cm des Sediments mehr oder wenig regelmäßige Grabgänge, die rasch wieder verlassen werden. Diese reichen nicht bis an die Sedimentoberfläche. SMIDT (1951) fand im dänischen Watt Besiedlungsdichten von 50 - 400 Ind/m2. BEUKEMA (1976) ermittelte eine Durchschnittsbesiedlung von 39 Ind/m² mit einer Biomasse von 0,4 g/m² im holländischen Watt. S. armiger spielt durch Grab- und Freßaktivitäten eine Rolle für die Bioturbation in der oberen Sedimentschicht. MYERS (1973) quantifizierte die Wühlaktivitäten von Scoloplos robustus wie folgt: Wühltiefe: bis 13 cm; Wühlgeschwindigkeit: 0,41 cm/h; Wühlproduktion: 0,013 cm3/h. Entsprechende Werte für S. armiger scheinen zu fehlen.

Im Büsumer Watt wurden im Spätsommer 1978 durchschnittlich 100 Ind/m² gefunden. Die Art schien auch in diesem Gebiet Sedimente mit geringerem Siltgehalt als 25 % zu bevorzugen. In den Jahren 1979 und 1980 traten nur einzelne Exemplare auf. Auch im Sahlenburger Watt war die Besiedlungsdichte mit durchschnittliche 10 Ind/m² sehr gering.

3.6.1.18 Polydora ligni (WEBSTER 1879)

HANNERZ (1956) erbeutete die pelagischen Larven dieser Art in den Monaten Juli bis Oktober. P. ligni ernährt sich als Strudler und nimmt Diatomeen, kleine Algen und Copepoditen aus dem Wasser auf (HEMPEL 1957). Die Art kommt auf verschiedenen Substraten, mit Präferenz der schlickigen Sedimente, vor. Im Schlicksand fand WOHLENBERG (1937) hohe Dichten von 100 - 1000 Ind/m² entsprechend einer Biomasse von 5 g/m². Im Wattenmeer lebt sie allerdings nur in Bereichen, die gar nicht oder nur sehr kurz trockenfallen (HARTMANN-SCHRÖDER 1971).

Im Büsumer Watt wurden nur einzelne Exemplare gefunden.

3.6.1.19 Pygospio elegans (CLAPAREDE 1863)

Die Weibchen von <u>P. elegans</u> legen eine zusammenhängende Eikette von bis zu 16 Eikapseln in ihren Wohngängen ab. Jede Eikapsel enthält bis zu 80 Eier. Die
Larven werden über das ganze Jahr gefunden, jedoch
tritt im Frühling/Sommer ein Maximum auf (SMIDT 1951,
GIERE 1968). Neben der sexuellen wurde auch eine asexuelle Fortpflanzung bei <u>P. elegans</u> beobachtet: Bei Verletzungen oder unter ungünstigen Bedingungen können
die Tiere fragmentieren und 3 - 4 neue Individuen bilden (MUUS 1967).

Diese Art ernährt sich als Taster, indem sie mit

dem Vorderende aus ihrem Wohnbau hervorragt und mit den Tentakeln die Umgebung nach abgestorbenem Plankton, Algenresten und Sandkörnern - von denen Diatomeen abgeweidet werden können - absucht (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). P. elegans stellt keine besonderen Ansprüche an das Sediment, weist aber deutliche Präferenz für feine Substrate, die diatomeen- und detritusreich sind, auf. Die Tiere bewohnen verzweigte Wohngänge, die senkrecht im Sediment ausgebildet sind. Innen besteht der Gang aus gehärteter Schleimtapete, außen haften Sandkörner und Detritus an. Die Art siedelt manchmal so dicht, daß bei Freispülung die röhrenartig erscheinenden Wohngänge einen dichten Rasen bilden (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). THAMDRUP (1935) und auch SMIDT (1951) fanden im dänischen Wattenmeer Besiedlungsdichten von 200 -20 000 Ind/m². Bei einem "Rohgewicht" von 1 mg/Tier (MUUS 1967) entspräche diese Dichte einer Biomasse von $0,2 - 20 \text{ g/m}^2$.

Im Büsumer Watt konnten auf freigespülten Flächen oder abgebrochenen Wattkanten "Pygospiorasen" beobachtet werden (Abb. 16). Die Stechrohrproben ergaben im Spätsommer 1978 eine Durchschnittsbesiedlung von 1500 Ind/m² (max. Dichte 10 900 Ind/m²), im Frühling 1979 wurden 770 Ind/m² (max. Dichte 8400 Ind/m²) beobachtet und im Frühsommer 1980 waren es 800 Ind/m². Die Besiedlungsdichte blieb also über die Jahreszeiten relativ konstant. Auch im Sahlenburger Watt traten ähnliche Werte (1000 Ind/m²) auf. Diese Besiedlungsdichte entspricht einer Biomasse von 0,13 g/m². Das konstante Auftreten dieser Art spielt eine bemerkenswerte Rolle für die Erodierbarkeit, aber auch für die Stabilität des Sediments.



Abbildung 16: Freigespülte Wohnröhren von <u>Pygospio</u> <u>ele-gans</u>, Büsumer Watt

3.6.1.20 Tharyx marioni (SAINT-JOSEPH 1894)

Über die Biologie dieser Art berichtet FARKE (1976). Es wurden Sexualstadien im Plankton gefunden (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). GIBBS (1971) beschreibt eine Population im Bereich von Plymouth, deren Laichzeit im Oktober/November lag. T. marioni ist ein selektiver Substratfresser. Die Art kommt hauptsächlich auf Schlicksandwatten, aber auch auf Grobsänden vor (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). T. marioni wird im deutschen Wattgebiet erst seit relativ kurzer Zeit gefunden. FARKE

(1976) und DÖRJES (1969) geben eine seit ca. 1960 zu beobachtende Zunahme der Art im Watt an. Über den Ausbreitungsmechanismus liegen bisher allerdings nur Vermutungen vor.

Im Büsumer Watt lag die Sedimentpräferenz dieser Art bei Siltgehalten höher als 25 %, jedoch wurde sie auch in Sedimenten mit einem geringeren Siltanteil als 15 % gefunden. Die durchschnittliche Besiedlungsdichte lag im August 1978 bei 660 Ind/m² mit einer maximalen Dichte von 4400 Ind/m². Nach dem kalten Winter 1978/79 traten zunächst keine Organismen dieser Art mehr auf, doch ab Frühsommer 1980 wurden wieder Exemplare in geringer Dichte (100 Ind/m²) gefunden. Im Sahlenburger Watt lag die Besiedlungsdichte im Juni 1980 mit durchschnittlich 1200 Ind/m² etwa um den Faktor 10 höher als im Büsumer Watt.

3.6.1.21 Heteromastus filiformis (CLAPAREDE 1864)

In der Nordsee liegt die Laichperiode von <u>H. fili-formis</u> im Frühling, selten im Herbst (RASMUSSEN 1956). Die Eier werden in gelben gallertigen Kugeln auf dem Substrat abgelaicht. In einer Eimasse liegen mehrere 100 Eier. Die Larven durchleben ein planktisches Stadium. <u>H. filiformis</u> ist ein nicht-selektiver Substratfresser. Er besiedelt hauptsächlich Weichböden. Im Schlickwatt kann es zu hohen Besiedlungsdichten kommen: LINKE (1939) fand 7000 Ind/m². BEUKEMA (1976) zählte Durchschnittswerte von 32 Ind/m². Da dieser Wurm sehr fragil ist, ergibt das Auszählen der Kothaufen auf den Fotografien ein gesicherteres Ergebnis als die Beprobung und das Aussieben (CADÉE 1977).

H. filiformis lebt im Endopelos, wo er feine, unregelmäßig verzweigte Gänge anlegt. Durch Einschleimen erhalten diese eine gewisse Festigkeit. Die Freßgänge liegen in dem schwarzen Sediment der Reduktionszone, was auch an der dunklen Färbung der Kothaufen an der Sedimentoberfläche zu erkennen ist (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). Der Wurm ist gut an dysaerobe Bedingungen adaptiert, da sein Hämoglobin eine besonders hohe Affinität zum Sauerstoff hat (PALS & PAUPTIT 1979).

Durch seine Wühl- und Freßaktivitäten hat auch dieser Polychaet einen wichtigen Anteil an der Bioturbation. Die "sediment-reworking-rate" hängt stark von der Besiedlungsdichte ab, die z.B. im holländischen Watt von Jahr zu Jahr sowie auch jahreszeitlich stark schwanken kann. Nach CADÉE (1979) beträgt sie bei einer Besiedlungsdichte von 500 Ind/m²: 100 ml/Tag, entsprechend einer Sedimentschicht von 4 cm/Jahr; bei einer Besiedlungsdichte von 9000 Ind/m²: 2500 ml/Tag, entsprechend einer Sedimentschicht von 20 cm in den vier Monaten der hohen Dichte.

Im Büsumer Watt besiedelt <u>Heteromastus filiformis</u> bevorzugt schlickhaltige Sedimente, d.h. Sedimente mit einem Siltanteil > 15 %. So lag der Jahresdurchschnitts-wert für Sand bei 555 Ind/m² mit einer Biomasse von 5,2 g/m² und der durchschnittliche Jahreswert für schlickhaltige Sedimente bei 1420 Ind/m², entsprechend einer Biomasse von 13,3 g/m² (Tab. 19).

H. filiformis stellt im Büsumer Watt also einen erheblichen Anteil der vorhandenen Biomasse dar. Nach dem Extremwinter lag im April 1979 die geringste Besiedlung mit durchschnittlich 640 Ind/m² gleichmäßig auf alle Sedimenttypen verteilt vor. Im Sahlenburger Watt fanden wir im Juni 1980 eine Durchschnittsbesiedlung von 2250 Ind/m² (entsprechend einer Biomasse von 21 g/m²) auf allen Sedimenttypen. Die in den Untersuchungsgebieten gefundenen Werte lagen erheblich höher als die von BEUKEMA (1976) im holländischen Watt beobachteten

Tabelle 9:
Besiedlungsdichten von <u>Heteromastus filiformis</u>
im Büsumer Watt von Juli 1978 bis Juni 1979 auf
verschiedenen Sedimenttypen (Ind/m²)

| Siltgehalt | < 15 % | 15 - 35 % | >35 % |
|------------|--------|-----------|-------|
| Datum | 4 | | |
| 18.07.78 | 106 | 2200 | 3600 |
| 28.08.78 | 640 | 780 | 1180 |
| 11.10.78 | 240 | 1212 | 1835 |
| 08.11.78 | 540 | 920 | 1160 |
| 11.04.79 | 700 | 590 | 783 |
| 15.05.79 | 1060 | 1700 | 1110 |
| 14.06.79 | 600 | 2250 | 560 |
| x | 555 | 1380 | 1460 |

Zahlen. Zum Teil könnte die Differenz an der unterschiedlich angewandten Methodik liegen. Unsere Werte beruhen
auf den Ergebnissen der Fotoauswertung, da die Kothaufen
sehr gut zu identifizieren sind (Abb. 17). CADÈES (1977)
Beobachtung, daß das Auszählen der Kothaufen sicherer
wäre als das Aussieben der Tiere traf auch für das Büsumer Watt zu. Die Stechrohrproben lieferten zum größten Teil unvollständige Individuen, so daß auch eine genaue Biomassenbestimmung nicht möglich war. Die angegebene Biomasse wurde nach den Werten von BEUKEMA berechnet.

H. filiformis ist wegen seines massenhaften Vorkommens über das ganze Jahr und in seiner Eigenschaft als nicht-selektiver Substratfresser in schlickigen Gebieten eine der wichtigsten Arten bezüglich der Bioturbationsleistung in dem Untersuchungsgebiet.

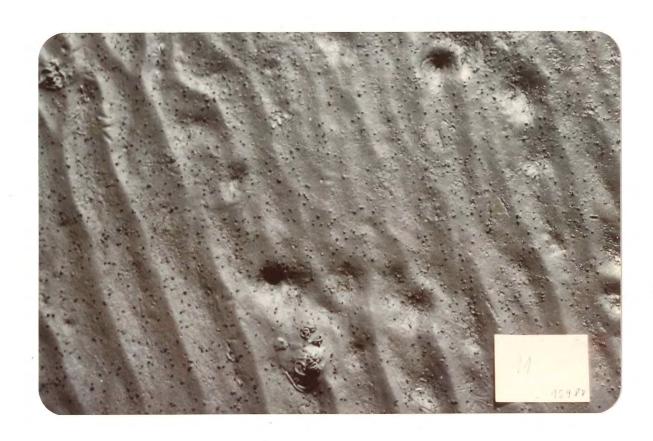


Abbildung 17: Kothaufen von Heteromastus filiformis

3.6.1.22 <u>Scolelepis squamata</u> (MÜLLER 1798)

Die Larven von <u>S. squamata</u> werden in der Zeit von März bis Januar, hauptsächlich aber von Mai bis Juni im Plankton gefangen (HANNERZ 1956). Die Art kommt auf Wattsandflächen und an Stränden vor (WOLFF 1973). <u>S. squamata</u> ist sowohl Filtrierer als auch selektiver Substratfresser und frißt z.B. auch junge Strandschnecken (<u>Littorina spec.</u>).

Im Büsumer Watt wurden nur einzelne Exemplare ge-funden.

3.6.1.23 Arenicola marina (LINNÉ 1758)

Im holländischen Watt werden für A. marina zwei Laichperioden beobachtet: Die Hauptperiode liegt im August und September, die Nebenperiode im November (WILDE & BERGHUIS 1979). Die Eier entwickeln sich im Wohngang des Weibchens. Die Larven von A. marina sind in der Lage zu schwimmen (FARKE et al. 1979). A. marina ernährt sich als Substratfresser von der nährstoffreichen Oberflächenschicht des Sediments. Die Art lebt in J-förmigen Röhren, deren blindes Ende durch eine dünne Sedimentsäule mit dem Freßtrichter an der Sedimentoberfläche verbunden ist. Das Sediment sinkt, je nach Zähigkeit, im Trichter ab, wenn der Wurm am unteren Ende der Säule Sediment aufnimmt. Wegen des geringen Säulendurchmessers (5mm) erreicht das Oberflächensediment den Wurm erst nach einigen Stunden. Fütterungsexperimente zeigten ein gutes Wachstum bei Zugabe von Diatomeen und Bakterien zum Sediment (RIJKEN 1979).

A. marina kommt weder in reinem groben Sand noch in zähem oder weichem Schlick vor. Dies läßt sich damit erklären, daß in der Regel keine Sandkörner größer als 2 mm aufgenommen werden können (KRÜGER 1971), und daß zäher Ton nicht gut in der Sedimentsäule nachsackt. Zu weicher Schlick verhindert den Röhrenbau. GAST (1980) beobachtete A. marina in der Meldorfer Bucht nur bis zu einer Watthöhe von 1,40 m NN. Er fand die Art nicht im trittfesten, dichtgelagerten Schlicksand (Siltanteil 20 - 30 %).

Diese Art bildet im Wattenmeer einen großen Prozentsatz der benthischen Biomasse. So fänd BEUKEMA (1976) eine durchschnittliche Besiedlungsdichte von 17 Ind/m^2 (Biomasse 5 g/m^2) und im Gezeitenbereich mit wenig Schlick 100 Ind/m^2 .

Für die Bioturbation ist A. marina ein wichtiger Organismus. Bei der Nahrungsaufnahme wählt der Wurm nur die feinen Partikel aus, so daß gröberes Material auf seinem Ernährungsniveau eine deutliche Sedimentschicht bildet, z.B. die "Hydrobia-layer". Dieser Vorgang wird als "biogenic graded bedding" bezeichnet (VAN STRAATEN 1956, SCHÄFER 1962). BAUMFALK (1979) fand, daß der Sortiereffekt nicht die Hauptfolge der Ernährungsaktivität von A. marina ist, sondern daß die Zunahme der heterogenen Verteilung der verschiedenen Korngrößenfraktionen an der Sedimentoberfläche durch die ausgeschiedenen Faeces bedingt wird, die durch Strömungen verteilt werden. Das "durchgearbeitete" Sediment weist einen relativ geringen Prozentsatz an groben Partikeln auf. Der Wassergehalt des Sedimentes wird nicht von A. marina beeinflußt (CADÉE 1976). In Tabelle 10 werden die Raten des "durchgearbeiteten" Sediments angegeben, gemessen als produzierte Faeces.

Tabelle 10:
Besiedlungsdichten und Umlagerungsleistung von Arenicola marina

| Gebiet | Besiedlungs- dichte Ind/m ² | umgelagerte Sediment- schicht cm/a | Autor |
|-------------------------|--|--|--------------|
| Jadebusen | 40 | 27 | LINKE 1939 |
| Holländi- sches Watt | 15 | 15 | VAN STRAATEN |
| Holländi- sches Watt | 17 | 6-7 | CADÉE 1976 |

Im Büsumer Watt fanden wir A. marina zu allen Jahreszeiten und auf allen Sedimenttypen. Diese Art zeigte jedoch eine deutliche Präferenz für sandiges Sediment. So zählten wir an den Stationen mit Siltgehalten unter 15 % die durchschnittlich höchsten Besiedlungsdichten von 22 Ind/m^2 (entsprechend einer Biomasse von 6,5 g/m^2 nach BEUKEMA 1976) und auf Sedimenten mit hohem Siltanteil (> 35 %) die geringste Dichte mit 8 Ind/m^2 (entsprechend einer Biomasse von 2,4 g/m^2)(Tab. 11).

Tabelle 11:
Besiedlungsdichten von <u>Arenicola marina</u> im Büsumer Watt von Juli 1978 bis Juni 1979 auf den verschiedenen Sedimenttypen (Ind/m²)

| Datum | | | |
|----------|---------|----------|--------|
| 18.07.78 | 22 | 26 | 16 |
| 28.08.78 | 25 (80) | 22 (105) | 27 (73 |
| 11.10.78 | 22 | 15 | 3 |
| 08.11.78 | 15 | 13 | 1 |
| 11.04.79 | 22 | 10 | 5 |
| 15.05.79 | 23 | 14 | 3 |
| 14.06.79 | 24 | 16 | 4 |
| x | 22 | 16 | 8 |

Aus Tabelle 11 wird deutlich, daß die geringste Abundanz im November auftrat und die höchste im Juli und August. Die hohen Werte im August waren auf die Jungtiere zurückzuführen, die noch keine Präferenz für Sedimenttypen aufzeigten. Es traten Maximalwerte von 105 Ind/m²

in schlickig-sandigem Sediment auf.

Die hier aufgeführten Werte für die Besiedlungsdichte basieren auf der fotografischen Erfassung der gut zu erkennenden Kothaufen von A. marina (Abb. 18).



Abbildung 18: Kothaufen von <u>Arenicola marina</u> im Büsumer Watt

Da der Sandpier häufig sehr tief im Sediment vorkommt, konnte diese Art von uns nur vereinzelt mit dem Stechrohr erfasst werden. Die Biomassenwerte wurden nach den Daten von BEUKEMA (1976) abgeschätzt.

Der Sandpier spielt im Büsumer Watt eine erhebliche Rolle in der Sedimentumschichtung.

3.6.1.24 Lanice conchilega (PALLAS 1766)

L. conchilega reproduziert sich in den Sommermonaten (THORSON 1946). Der Wurm ist sowohl ein selektiver Substratfresser als auch ein Filtrierer (ZIEGELMEIER 1952). Er bewohnt sandige Sedimente (HARTMANN-SCHRÖDER 1971). Im holländischen Watt fand BEUKEMA (1976) Besiedlungsdichten von 14 Ind/m² mit einer Biomasse von 0,7 g/m² aschefreies Trockengewicht.

Die Funde im Büsumer Watt waren wegen ihrer geringen Anzahl nicht sicher zu quantifizieren.

3.6.1.25 Capitella capitata (FABRICIUS 1780)

Nach der Kopulation laichen die Weibchen von C. capitata etwa 130 Eier in ihren Gängen ab. Die Larven schlüpfen nach 2 Wochen. Danach ist sowohl eine planktische als auch eine nicht-pelagische Entwicklung möglich (THORSON 1946, RASMUSSEN 1956, MUUS 1967). Nach THOR-SON scheint die Reproduktion während des ganzen Jahres möglich zu sein. C. capitata ist ein nicht-selektiver Substratfresser, der sich auch von verrotteten Pflanzen ernährt (WOLFF 1973). Diese Art scheine keine besonderen Ansprüche an das Sediment zu stellen (HARTMANN-SCHRÖDER 1971), bevorzugt jedoch feines, muddiges Substrat (WOLFF 1973). Sie verträgt stärkere Verschmutzung des Wassers und relativ niedrige Sauerstoffkonzentrationen. SMIDT (1951) fand im dänischen Watt Besiedlungsdichten von 100 Ind/m². Selbst bei hohen Besiedlungsdichten spielt dieser Wurm wegen seiner geringen Größe quantitativ keine große Rolle. Er lebt in senkrechten Wühlgängen im Sediment, die ausgeschleimt sein können, aber nicht von Dauer sind.

Im Büsumer Watt betrug die über das Jahr gemittelte Besiedlungsdichte 550 Ind/m^2 . Die höchste Abundanz war im Juni mit 1000 Ind/m^2 (max. Dichte 5700 Ind/m^2) zu ver-

zeichnen. Im Sahlenburger Watt lag die Besiedlungsdichte im Juni bei 300 Ind/m² (max. Dichte 700 Ind/m²)

<u>C. capitata</u> kam auf allen Sedimenttypen vor. Auf Grund
seiner geringen Größe spielt dieser Polychaet, selbst
bei hohen Besiedlungsdichten, nur eine untergeordnete
Rolle bei der Bioturbation.

3.6.1.26 Peloscolex benedeni (UDEKEM 1855)

Reife Tiere von P. benedeni werden im Frühjahr und Sommer gefunden (MUUS 1967). Die Eier werden in Eikokons abgelegt, deren größte Dichte im Themseästuar mit 12 000 Ind/m² im Juli beobachtet wurde (HUNTER & ARTHUR 1978). Die gleichen Autoren fanden ebendort ab Mitte Juni eine erhöhte Anzahl frischgeschlüpfter Würmer. MUUS (1967) fing P. benedeni im Detritussand und in sauerstoffarmen Biotopen, z.B. unter Schichten von faulendem Seegras. Er beobachtete Dichten von 5000 - 15 000 Ind/m² (max. Dichte 53 000 Ind/m²) in dänischen Ästuaren.

Im Büsumer Watt lagen die durchschnittlichen Besiedlungsdichten deutlich unter den von MUUS (1967) gefundenen Werten. Allerdings kam es an einigen Stationen zu maximalen Dichten mit 13 700 Ind/m² im August und 13 300 Ind/m² im Juni. Im Frühling lag die Durchschnittsbesiedlung bei 680 Ind/m². Das Jungtieraufkommen führte im Mai und Juni mit 3400 Ind/m² zu hohen Werten. Im September traten nur noch 450 Ind/m² auf. Im Sahlenburger Watt waren im Juni 1800 Ind/m² zu verzeichnen.

3.6.1.27 Corophium volutator (PALLAS 1766)

Die Reproduktionszeit des Schlickkrebses liegt im Frühling und Sommer (MUUS 1967). Seine Nahrung besteht aus Detritus: Mit seinen Gnathopoden filtert er Schwebstoffe aus dem Wasser, und mit seinen Antennen nimmt er festen Detritus von der Sedimentoberfläche auf (ENEQUIST 1950). C. volutator bewohnt verschiedene Sedimente, aber hauptsächlich solche mit feineren Korngrößen. Für die Verbreitung ist die Wasserbewegung von größerer Bedeutung als der Substrattyp (MUUS 1967). Die Besiedlungsdichten fluktuieren stark. So fand SMIDT (1951) im dänischen Wattenmeer für drei verschiedene Jahre folgende Besiedlungsdichten: 7100, 1300, 2200 Ind/m². Die maximale Besiedlungsdichte betrug 24 000 Ind/m². Der Schlickkrebs baut sich im Sediment Röhren (THAM-DRUP 1935). Durch die Erzeugung des Atemwasserstromes kann Corophium erhebliche Mengen von Partikel aufwirbeln, die dann von Strömungen abtransportiert werden können.

In unserem Untersuchungsgebiet trat der Schlickkrebs nur selten auf. An deichnahen Stationen mit sandigem Sediment kam es in den Monaten Mai und Juni nur stellenweise zu Besiedlungsdichten bis 3000 Ind/m². Für das gesamte Büsumer Watt spielte <u>C. volutator</u> über das Jahr betrachtet also keine wesentliche Rolle bezüglich der Biodepositions- oder Bioturbationsleistung.

3.6.1.28 Crangon crangon (LINNE 1758)

Für <u>C. crangon</u> werden drei Reproduktionsperioden im Jahr angegeben: zwei im Sommer und eine im Winter (HAVIN-GA 1930, TIEWS 1954). Die Tiere werden 2 Jahre alt. Die Garnele ist omnivor, kann ihrer Beute aber gezielt nachstellen (REISE 1976). Die Art kommt nur auf Sandboden vor. BEUKEMA (1976) fand eine durchschnittliche Besiedlungsdichte von 7 Ind/m² im holländischen Wattenmeer.

Im Büsümer Watt sowie im Sahlenburger Watt wurden Schwärme von <u>C. crangon</u> in den Wattpfützen beobachtet. Ihr Hauptvorkommen war im Monat Juni zu verzeichnen.

Diese Art gehört nicht zum eigentlichen Benthos und ist nicht an der Biodepositionsleistung beteiligt. Beobachtungen mit der Sediment-Profil-Kamera zeigten jedoch, daß kurzfristige Aufenthalte von <u>C. crangon</u> auf der Sedimentoberfläche zu Aufwirbelungen des Sedimentes führen können.

3.6.2 Diatomeenrasen und Pflanzenbedeckung des Sediments

Diatomeenvorkommen, die in dichten Beständen als Sedimentüberzüge sichtbar wurden, und der Grad der Bedeckung des Sedimentes mit Pflanzen wie <u>Spartina townsendii</u> und <u>Zostera nana</u> sowie mit Algen (<u>Ulva lactuca</u>, <u>Cladophora spec</u>., <u>Enteromorpha spec</u>) konnten anhand der Fotografien gut abgeschätzt werden (100 % \(\text{ dichter Diatomeenrasen bzw. kein Sediment sichtbar; Abschätzung in 5 %-Stufen).

3.6.2.1 Diatomeenrasen

Auf die Bedeutung der Kieselalgen und ihre sedimentverbauenden Eigenschaften wurde bereits im Kapitel
1.2 kurz eingegangen. Die anhand der Oberflächenfotografie über einen Jahresverlauf abgeschätzte Bedeckung
der Sedimente wird in Tabelle 12 wiedergegeben, wobei
die Bedeckungsgrade auf den verschiedenen Sedimenttypen
des Untersuchungsgebietes gemittelt wurden.

Aus Tabelle 12 wird deutlich, daß Sedimente mit höherem Schlickgehalt (Schlickwatt, Mischwatt) dichteren Diatomeenbewuchs aufweisen als die sandigen Sedimente. Dieser Zusammenhang geht auch aus Abbildung 19 hervor. Die höchste Diatomeendichte wurde mit durchschnittlich 54 % auf Schlickstationen im Juni 1979 gefunden. Der darauffolgende Fotografie-Termin im Juli 1979 wies für dieselben Stationen dagegen nur durchschnittlich 5 %, den Minimalwert, auf. Offensichtlich waren die

Tabelle 12:

Diatomeenrasen (prozentuale Sedimentbedeckung) im Testgebiet Büsumer Watt von Juli 1978 bis Oktober 1979. (In der Regel 2 Aufnahmen pro Station und Termin)

= Maximum

- Minimum

| Aufnahme- Datum | Sandwatt (44 Stationen) | Mischwatt (37 Stationen) | Schlickwatt (18 Stationen) |
|--------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 18.07.78 | 7 | 12 | 14 |
| 28.08.78 | 15 | 24 | 15 |
| 11.10.78 | 18 | 21 | 6 |
| 08.11.78 | 12 | 24 | 19 |
| 11.04.79 | 12 | 20 | 21 |
| 15.05.79 | 27 | 42 | 42 |
| 14.06.79 | 28 | 36 | 54 |
| 03.07.79 | 12 | 4 | 5 |
| 16.08.79 | 4 | 11 | 8 |
| 10.10.79 | 8 | 13 | 9 |

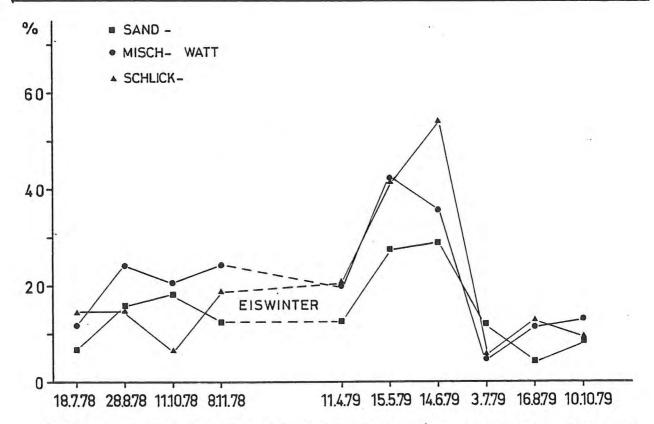


Abbildung 19: Testgebiet Büsumer Watt; prozentuale Bedeckung der verschiedenen Sedimenttypen durch Diatomeen

(nach einer Massenentwicklung) abgestorbenen Diatomeenauflagerungen durch Strömung abgehoben und verfrachtet
oder in das Sediment eingearbeitet worden. Da hiermit
eine Verlagerung von erheblichen Mengen an organischem
Material stattgefunden hat, bedarf dieses Phänomen einer näheren Diskussion.

3.6.2.2 Pflanzenbedeckung

Der Teststreifen im Sahlenburger Watt war ganz und das Testgebiet im Büsumer Watt überwiegend frei von größeren Pflanzenbeständen. Lediglich im nordöstlichen Teil des Gebietes war ein andauernder Pflanzenbewuchs als Ufergürtel zu erkennen. Dieser wurde annähernd von der 1-m-Höhenlinie umgrenzt und bestand in der Hauptsache aus den Arten Spartina townsendii und Zostera nana. Im nordwestlichen Teil des Gebietes (Stationen 1, 11, 21) gab es ebenfalls einen kleinräumigen Zosterabestand. Diese Arten hatten keinen sichtbaren Einfluß auf die Sedimentation.

Vereinzelt wurden im Testgebiet Algen gefunden (<u>Ul-va lactuca</u>, <u>Enteromorpha spec.</u>, <u>Cladophora spec.</u>), die sich jedoch nur einige Wochen halten konnten und daher kaum Einfluß auf die Sedimente und auf die Sedimentation ausübten. Unter den bei Ebbe flach auf dem Sediment liegenden Cladophora-Thalli fand sich regelmäßig eine flache Aufsandung. In der Gesamtbilanz sind diese Sedimentansammlungen jedoch nur von lokaler Bedeutung. Die Bedeutung des Pflanzenbestandes wird später erörtert werden (Kapitel 4).

3.6.3 Verteilung der wichtigsten, die Sedimente beeinflussenden Arten im Büsumer Watt - Ergebnisse der Oberflächenfotografie

3.6.3.1 Arenicola marina

A. marina ist durch die auf die Sedimentoberfläche abgegebenen, großen Kothaufen die auffälligste Art im Büsumer Watt. Sie ist sehr regelmäßig und großflächig vertreten.

Aus den Abbildungen 20 a, b geht ihre durchweg starke Besiedlung der sandigen Sedimente hervor. Die höchsten Abundanzen der Art waren im Testgebiet Büsumer Watt regelmäßig auf der ca. 500 x 300 m großen, ebenen Sandfläche im Süd-Westen des Gebietes und auf dem Sandstreifen in der Nähe des Deiches festzustellen. Auch nach dem Eiswinter 1978/79 war A. marina etwa in der im Vorjahr ermittelten Verteilung vorhanden.

Für die Bilanzierung der durch Fauna bewegten Sedimente spielt A. marina eine erhebliche Rolle (s. 3.6.6).

3.6.3.2 Heteromastus filiformis

H. filiformis ist durch 2 - 3 mm große dunkle
Kothaufen auf der helleren Sedimentoberfläche gut zu
erkennen. Die Art bevorzugt als Lebensraum das Mischwatt, kann aber auch in anderen Sedimenttypen existieren (Abb. 21 a, b). Hohe Besiedlungsdichten traten in
der Regel in den deichferneren Gebieten mit längerer
Wasserbedeckungszeit auf. Auffällig war eine sporadisch
auftretende Massenbesiedlung, die in den meisten Fällen
jedoch nur von kurzer Dauer war.

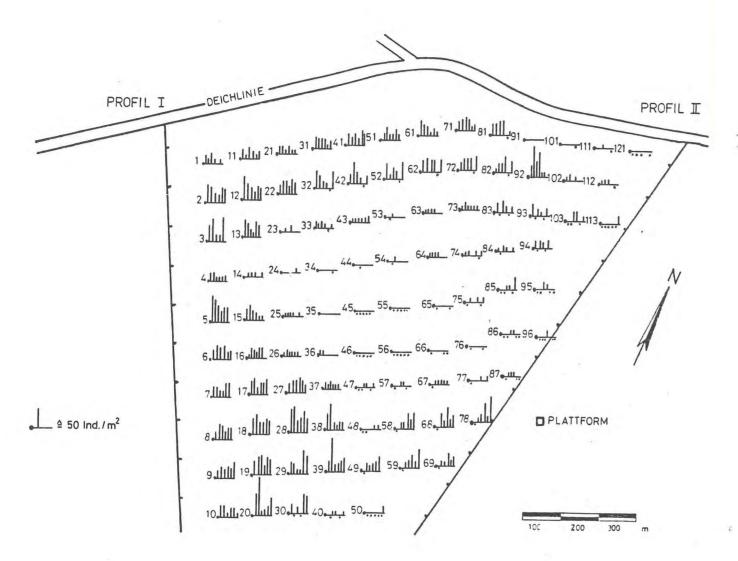


Abbildung 20 a:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von Arenicola marina nach der Oberflächenfotografie. (18.07.1978; 28.08.1978; 11.10.1978; 08.11.1978; 14.04.1979; 15.05.1979.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

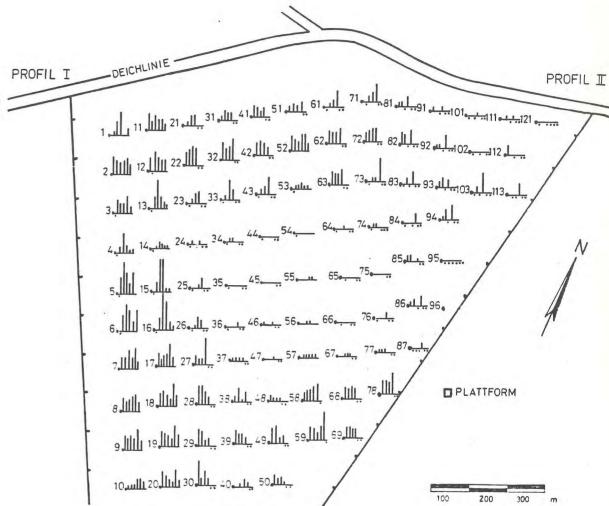


Abbildung 20 b:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von Arenicola marina nach der Oberflächenfotografie. (14.06.1979; 03.07.1979; 16.08.1979; 10.10.1979; 04.06.1980; 15.09.1980.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

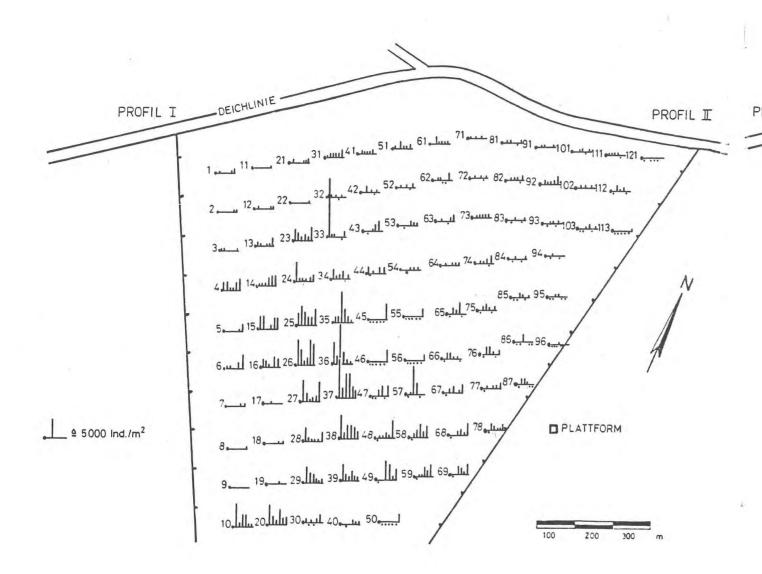


Abbildung 21 a:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von

Heteromastus filiformis nach der Oberflächenfotografie.

(18.07.1978; 28.08.1978; 11.10.1978; 08.11.1978;

14.04.1979; 15.05.1979.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

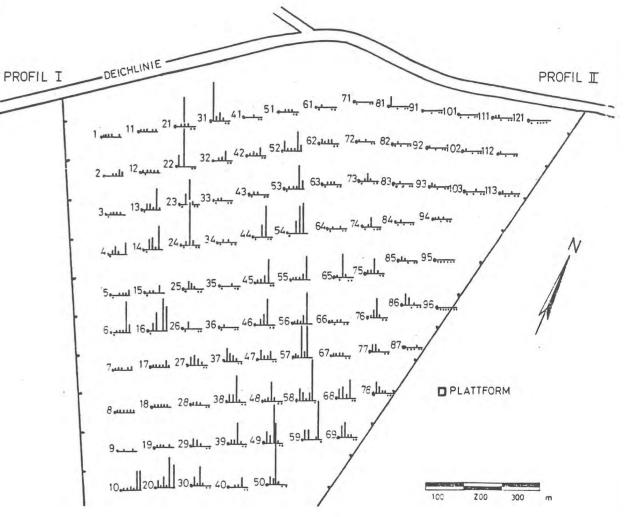


Abbildung 21 b:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von

Heteromastus filiformis nach der Oberflächenfotografie.

(14.06.1979; 03.07.1979; 16.08.1979; 10.10.1979;

04.06.1980; 15.09.1980.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß

für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

3.6.3.3 Cerastoderma edule

Die Verteilung der Muschel (Abb. 22 a und b) weist ein nahezu identisches Muster wie diejenige der Sedimente mit höherem Siltanteil auf. Im ersten Abschnitt unserer Untersuchungen (bis Ende 1978) lag ein Muschelfeld mit Dichten um 1000 Ind/m² vor. Der Eiswinter 1978/79 vernichtete die bestehende Muschelpopulation nahezu vollständig. Die Überschlickung des Muschelfeldes wurde ersetzt durch die vollständige Überschlickung des gesamten Gebietes. Dieser Schlick war das durch Eisschollen auf das Watt getragene Seston, das nach der Schmelze in unterschiedlichen Mächtigkeiten (s. GAST 1980) auf der Oberfläche liegenblieb. Im Sommer 1979 erfolgte eine Neubesiedlung des vorjährigen Cerastoderma-Feldes durch Brutfall verschiedener Muschelarten (Tab. 13).

Tabelle 13: Neubesiedlung eines vorjährigen Cerastoderma-Feldes im Sommer 1979 durch Brutfall verschiedener Arten (Ind/m^2)

| Art | 15.05.79 8 Stichproben | 03.07.79 1 Probe 1/20m ² | 30.07.79 x aus 18 Proben | 16.08.79 x aus 21 Proben |
|-------------------------|---------------------------|---|--------------------------------|--------------------------------|
| Cerastoder- ma edule | 0 | 0 | 8.600 | 7.700 |
| Mya arena- ria | 0 | 18.000 | 104.000 | 78.000 |
| Macoma balthica | 0 | 13.000 | 14.400 | 9.000 |

Die Verlagerung des Cerastoderma-Feldes im Untersuchungszeitraum ist in Abbildung 23 wiedergegeben.

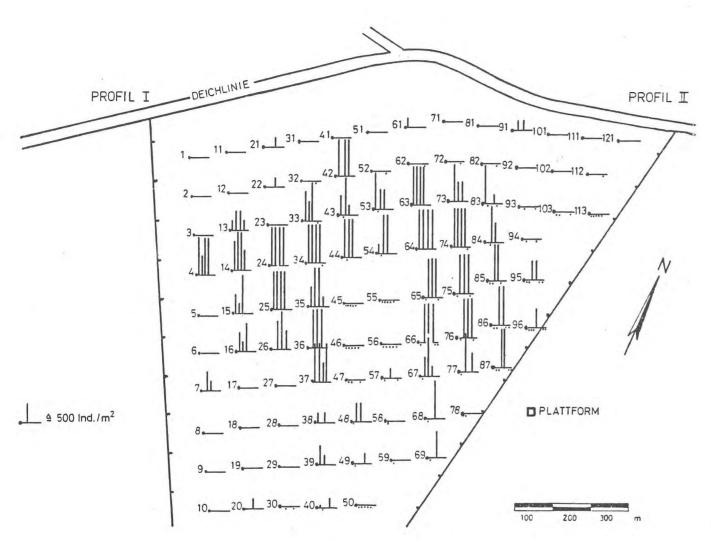


Abbildung 22 a:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von

Cerastoderma edule nach der Oberflächenfotografie.

(18.07.1978; 28.08.1978; 11.10.1978; 08.11.1978;

14.04.1979; 15.05.1979.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

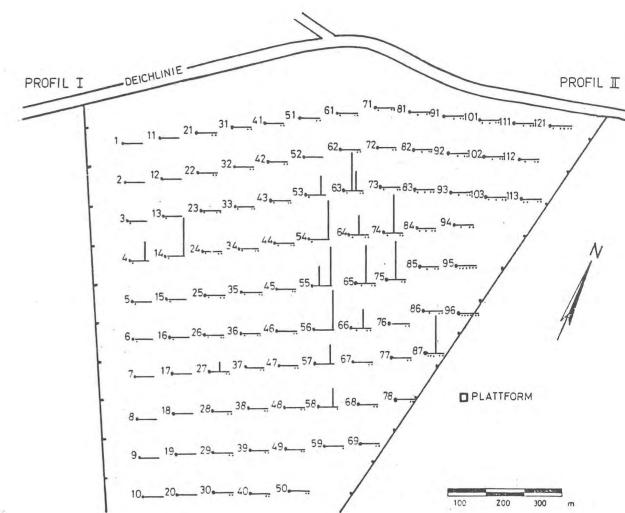


Abbildung 22 b:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von

Cerastoderma edule nach der Oberflächenfotografie.

(14.06.1979; 03.07.1979; 16.08.1979; 10.10.1979;

04.06.1980; 15.09.1980.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

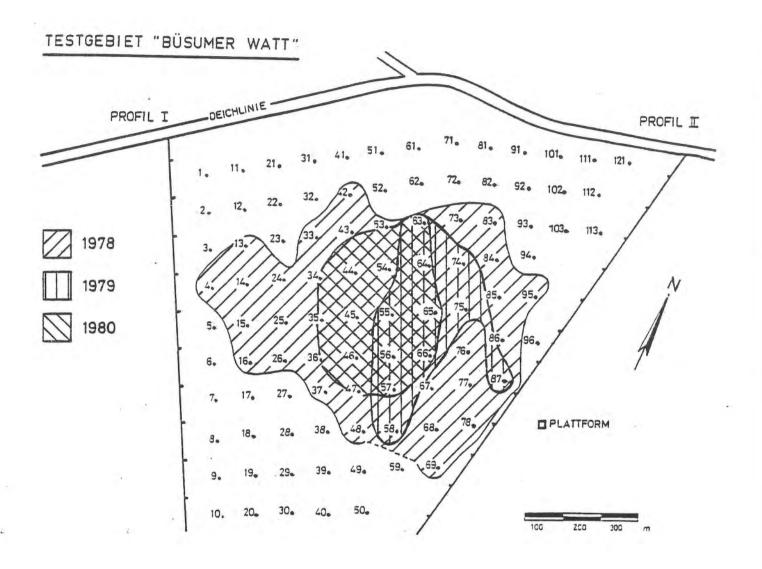


Abbildung 23: Verlagerung des Cerastoderma-Feldes im . Büsumer Watt 1978 - 1980

3.6.3.4 Hydrobia ulvae

Die Wattschnecke kommt im Büsumer Watt auf allen Sedimenttypen vor (Abb. 24 a und b), zeigt aber unterschiedliche Besiedlungsdichten. Bevorzugt werden offenbar von Pflanzen bedeckte Areale. Allerdings treten

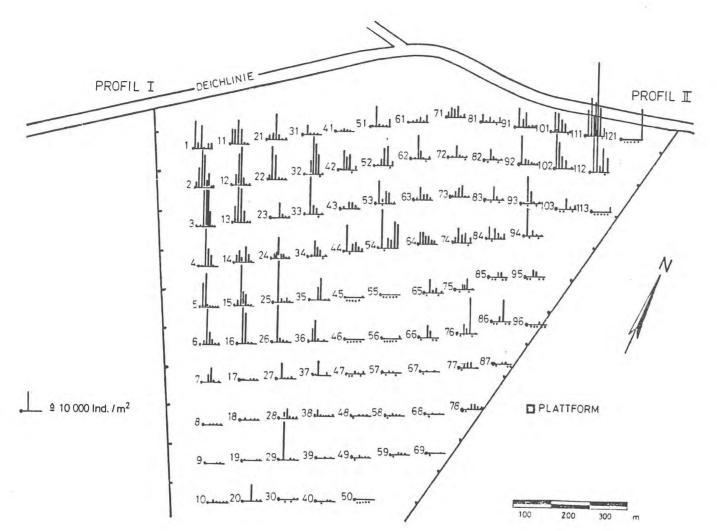


Abbildung 24 a:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von Hydrobia ulvae nach der Oberflächenfotografie. (18.07.1978; 28.08.1978; 11.10.1978; 08.11.1978; 14.04.1979; 15.05.1979.)

Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

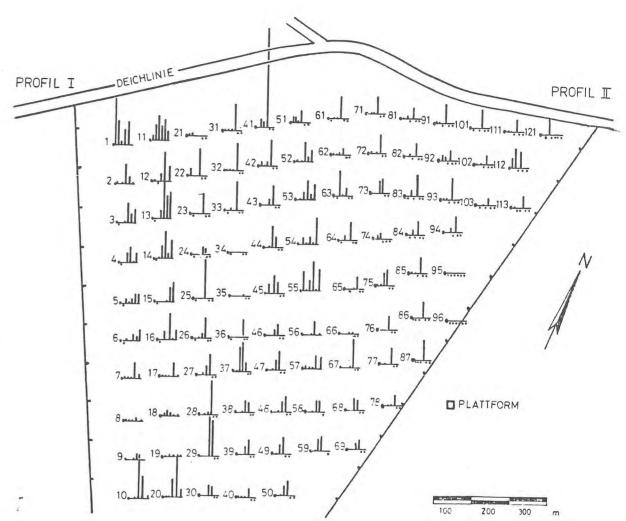


Abbildung 24 b:

Testgebiet Büsumer Watt, Besiedlungsdichte von Hydrobia ulvae nach der Oberflächenfotografie. (14.06.1979; 03.07.1979; 16.08.1979; 10.10.1979; 04.06.1980; 15.09.1980.)
Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswerbares Foto vorlag.

auch im nordwestlichen Bereich des Testfeldes hohe Abundanzen auf, für die eine Erklärung nicht gefunden werden konnte.

3.6.3.5 Diatomeenrasen

Der Grad der Bedeckung des Sediments mit Diatomeenrasen ist auf den Stationen in der Nähe des Hauptpriels
höher als auf den landwärts gelegenen sandigen Bereichen (Abb. 25 a, b). Es gibt Stationen, die Diatomeenrasen an den Untersuchungstagen regelmäßig aufwiesen
(10, 20, 58, 59) und an denen der Bedeckungsgrad mit
nur geringen Abweichungen im Verlauf der Untersuchungen
annähernd gleich stark war. Der Jahresgang der Bedeckung
des Sedimentes durch Diatomeenrasen für die verschiedenen Sedimenttypen wurde in Abbildung 19 wiedergegeben.

3.6.4 Beziehungen zwischen dem Vorkommen der wichtigsten Tierarten und den Korngrößenklassen der Sedimente

Eine direkte Abhängigkeit der Besiedlung des Sediments durch die verschiedenen Arten und dem prozentualen Siltanteil (Fraktion <63 µm) konnte im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt werden. Auch von anderen Autoren (z.B. BEUKEMA 1976) wird dies für andere Wattgebiete bestätigt.

Die am 20.09.1978 genommenen Stechrohrproben wurden als Grundlage für eine eingehende Betrachtung der einzelnen Arten und ihrer Beziehung zur Sedimentbeschaffenheit benutzt. In Tabelle 14 wird diese Beziehung wichtiger Arten zum Sediment wiedergegeben. Die in Tabelle 14 genannten Beziehungen stellen allerdings nur Tendenzen dar. Eine deutliche oder ausschließliche Bevorzugung eines bestimmten Sedimentes ist bei keiner Art zu konstatieren. Die Zu- bzw. Abnahmen der Arten bei wechselndem Siltanteil des Sediments sind nur

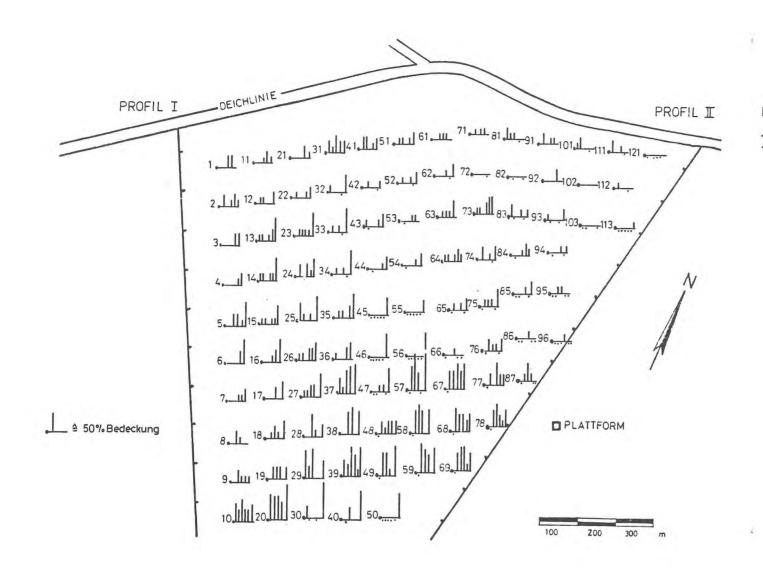


Abbildung 25 a:

Testgebiet Büsumer Watt, Bedeckung der Sedimentoberfläche mit Diatomeenrasen nach der Oberflächenfotografie. (18.07.1978; 28.08.1978; 11.10.1978; 08.11.1978; 14.04.1979; 15.05.1979.)
Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

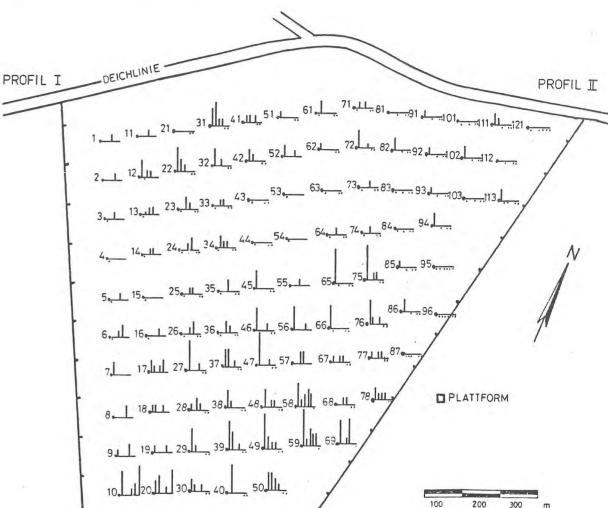


Abbildung 25 b:

Testgebiet Büsumer Watt, Bedeckung der Sedimentoberfläch mit Diatomeenrasen nach der Oberflächenfotografie. (14.06.1979; 03.07.1979; 16.08.1979; 10.10.1979; 04.06.1980; 15.09.1980.)
Ein Punkt (.) unter der Grundlinie gibt an, daß

für diesen Termin kein auswertbares Foto vorlag.

gering, und die überwiegende Zahl der Arten scheint Sedimente mit mittlerem Siltanteil tolerieren zu können. Der für die einzelnen Arten bestimmende Faktorenkomplex aus biotischen und abiotischen Parametern ist so umfangreich, daß sich zwischen den Faktoren Korngröße und Besiedlungsdichte keine signifikante Korrelation nachweisen läßt. Besonders die biotischen Parameter sind stark variabel und verändern das Besiedlungssystem kleinräumig.

Tabelle 14:
Beziehung wichtiger Arten zum Sediment; Büsum 20.09.1978

| | Art | |
|---|--|--|
| Keine erkennbare Abhängigkeit vom Siltgehalt des Sediments | Cerastoderma edule Hydrobia spec. Eteone longa | |
| Maximum bei mittlerem Siltanteil | Littorina littorea Anaitides maculata Anaitides mucosa Tharyx marioni Capitella capitata Peloscolex benedeni | |
| Zunahme bei steigendem Siltanteil | Macoma balthica Mya arenaria Heteromastus filiformis | |
| Rückgang bei steigendem Siltanteil | Nereis virens Pygospio elegans | |

In Abbildung 26 werden die durchschnittliche Besiedlungsdichte, die Maximaldichte, das Trockengewicht und das aschefreie Trockengewicht der Makrofauna aus den

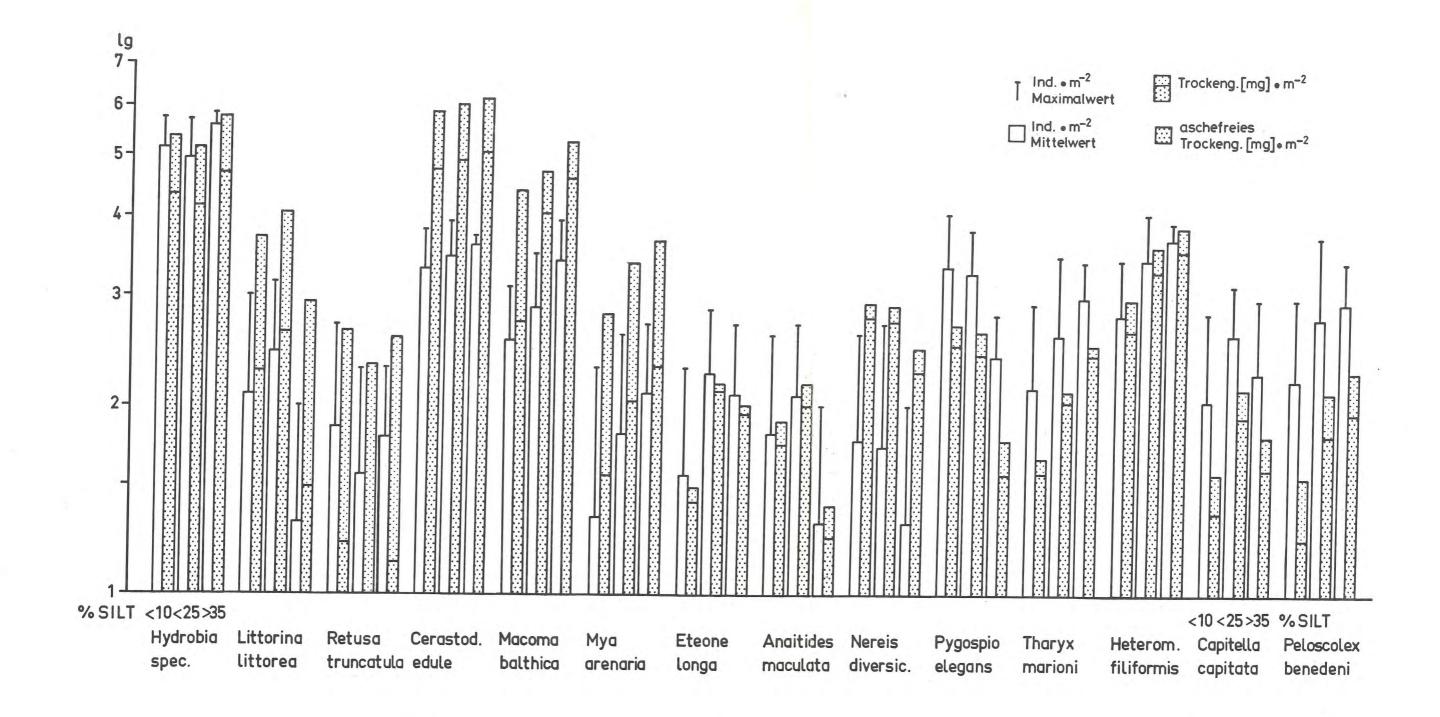


Abbildung 26: Testgebiet Büsumer Watt, Beziehung wichtiger Arten zum Sediment (Stechrohrproben August/September 1978)

Nach Sedimenttypen gegliedert werden für jede Art folgende Werte angegeben: Abundanzen (Mittel- und Maximalwert), Trockengewicht und Biomasse (aschefreies Trockengewicht) pro m².

oberen 10 cm für August/September 1978 im Testgebiet Büsumer Watt wiedergegeben.

3.6.5 Biomassenwerte

Anhand der Stechrohrproben von August/September 1978 und Juni 1980 wurden die Biomassenwerte für die Makrofauna der Untersuchungsgebiete ermittelt. Zusätzlich wurden die durch die Oberflächenfotografie und aus Literaturdaten bekannten Besiedlungsdichten von Arenicola marina und Mya arenaria dazu verwandt, Gesamtbiomassen hochzurechnen.

3.6.5.1 Biomassenwerte der verschiedenen Sedimenttypen

Tabelle 15:
Biomassen-Mittelwerte, Büsumer Watt, August/September
1978

| Sediment | Biomasse (aschefreies Trockengewicht) | | |
|---------------------------|---------------------------------------|--|--|
| | Stechrohrproben (10 cm) | einschließlich A. marina u. M. arenaria | |
| Sandwatt (44 Stat.) | 41,88 7 11,17 | ca. 50 | |
| Mischwatt (37 Stat.) | 26,08 7 6,08 | ca. 30 | |
| Schlickwatt (18 Stat.) | 74,88 7 21,98 | ca. 75 | |
| Gesamt 99 Stat. | | ca. 47 | |

In Tabelle 15 werden die Biomassen-Mittelwerte der Makrofauna in den oberen 10 cm des Sediments, ermittelt als Glühverlust, angegeben. Für die Berechnung der mit den Stechrohrproben nicht erfaßten Arten A. marina und

M. arenaria wurden die von BEUKEMA (1976) und von BEUKEMA & VLAS (1979) gemachten Angaben über die Biomassen dieser Arten verwendet. Es wird deutlich, daß diese beiden großen Arten nur im Sandwatt wesentlich zur Biomasse beitragen. Berücksichtigt werden muß hierbei noch, daß die Biomasse der übrigen Fauna unter der 10-cm-Schicht (z.B. <u>Heteromastus filiformis</u>) nicht in die Berechnungen eingehen. Es handelt sich also um Minimalwerte.

3.6.5.2 Biomassenwerte der einzelnen Stationen

Für die Stationen 1 bis 39, die das Testfeld begrenzenden Profile I und II (Büsumer Watt) sowie das Profil III (Sahlenburger Watt) wurden die Gesamtbiomassen bestimmt bzw. hochgerechnet und in den Graphiken mit der entsprechenden Watthöhe wiedergegeben (Abb. 27 - 34). Die Werte sind aus je 2 Parallelproben gemittelt. Zu berücksichtigen ist, daß die Höhe der Biomasse durch Besiedlung mit verschiedenen Arten zustande kommt, so daß der Gesamtbiomassenwert nur als pauschale Information zu werten ist.

Auf dem Profil I (Abb. 27) läßt sich eine Tendenz zur Verringerung der Biomassenwerte von Station 1001 - 1011 in Richtung des Hauptpriels erkennen, der an die Station 1011 anschließt. Auf diesem hauptsächlich sandige Sedimente aufweisenden Profil stellt A. marina den größten Anteil an der Biomasse. Auf dem Schnitt der Stationen 1 - 10 (Abb. 28) steigt die Biomasse bis zur Station 7 an, um dann abzufallen.

Der Nebenpriel, der sich ca. 400 - 500 m vom Deich im Testgebiet befindet (s. Watthöhenkarte 3 a, b), scheint einen Einfluß auf die Fauna und damit

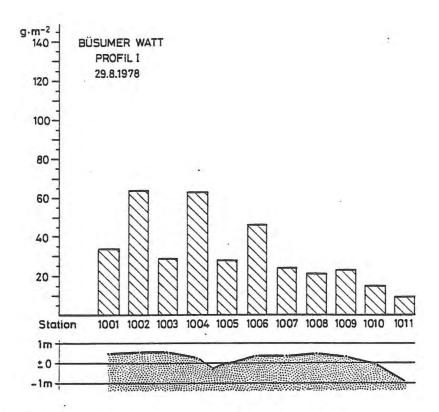


Abbildung 27: Büsumer Watt, Profil I, Gesamtbiomassen und Watthöhe

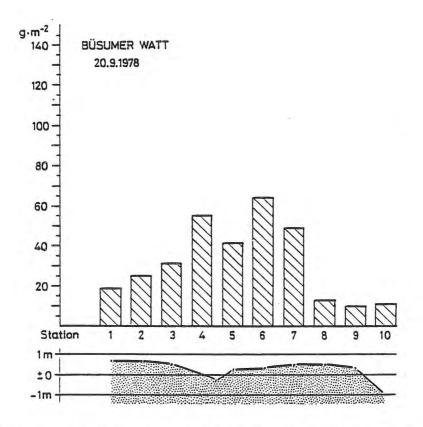


Abbildung 28: Büsumer Watt, Stationen 1 - 10, Gesamtbiomassen und Watthöhe

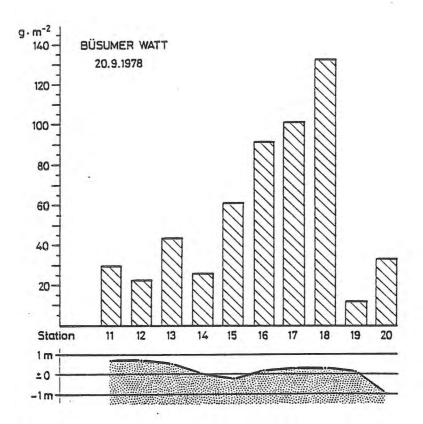


Abbildung 29: Büsumer Watt, Stationen 11 - 20, Gesamtbiomassen und Watthöhe

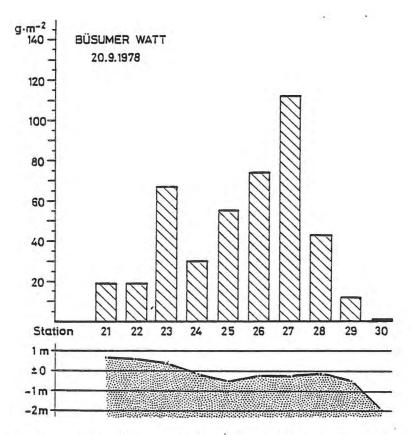


Abbildung 30: Büsumer Watt, Stationen 21 - 30, Gesamtbiomassen und Watthöhe

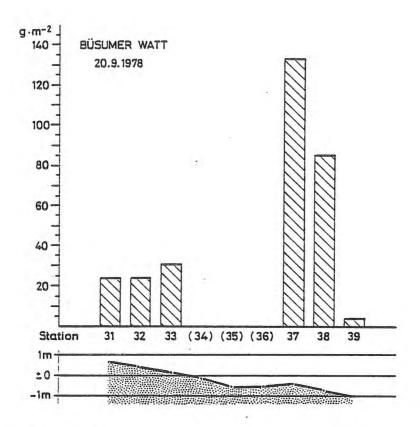


Abbildung 31: Büsumer Watt, Stationen 31 - 39, Gesamtbiomassen und Watthöhe

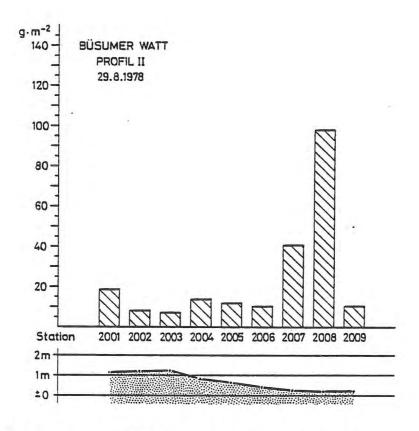


Abbildung 32: Büsumer Watt, Profil II,
Gesamtbiomassen und Watthöhe

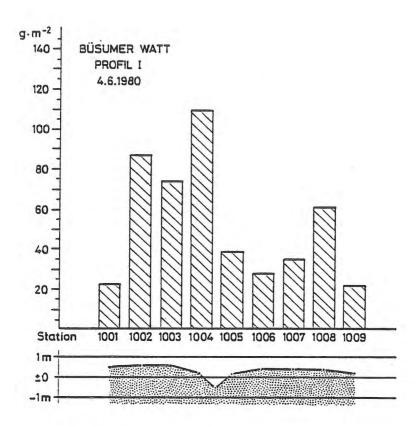


Abbildung 33: Büsumer Watt, Profil I, Gesamtbiomassen und Watthöhe

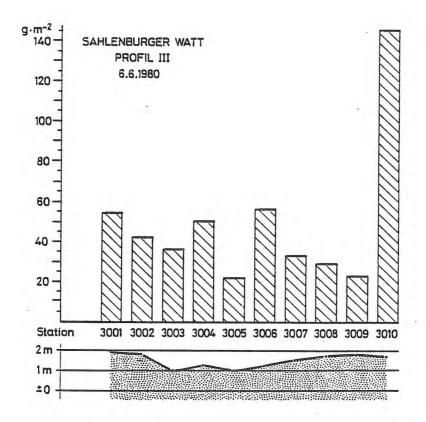


Abbildung 34: Sahlenburger Watt, Profil III, Gesamtbiomassen und Watthöhe

auf die Biomasse zu haben: Die Schwankungen der Biomassenwerte auf dem Profil I sind bei noch flachem Nebenpriel geringer als auf den Schnitten 1 - 10 (Abb. 28), 11 - 20 (Abb. 29), 21 - 30 (Abb. 30) und 31 - 39 (Abb. 31). Dort wird der Priel breiter und tiefer. Auf dem Schnitt 31 - 39 (Abb. 31) konnten einerseits wegen des Priels, andererseits wegen der Schlickmächtigkeit nicht alle Stationen beprobt werden.

Profil II weist bis zur Station 2006 eine annähernd gleich hohe Biomasse an allen Stationen auf. Die hohen Werte der Stationen 2007 und 2008 resultieren aus der hohen Arenicola-Dichte. A. marina benötigt eine Mindestwasserbedeckungszeit, die sie erst ab Station 2007 findet (Abb. 32).

Abbildung 33 zeigt, daß im Juni 1980 im Vergleich mit August 1978 die Biomassenwerte nahezu aller Stationen auf dem Profil I höher lagen.

Auf dem Profil III (Sahlenburger Watt) liegen die Biomassenwerte ähnlich wie auf dem Profil I im Büsumer Watt, das ihm in seiner Charakteristik sehr ähnlich ist. Herausragend ist lediglich die Station 3010, auf der eine starke Besiedlung durch juvenile M. arenaria die Biomassenwerte erheblich beeinflußte (Abb. 34).

3.6.6 Sedimentbewegung durch Makrofauna-Benthos im Büsumer Watt

Für die überwiegende Zahl der im Untersuchungsgebiet (und allgemein im Wattenmeer) für den Sedimenttransport bedeutenden Arten (A. marina, H. filiformis, C. edule. M. balthica, M. arenaria) liegen die Ergebnisse umfangreicher Untersuchungen über ihre Lebensaktivität vor (z.B. BEUKEMA & DE VLAS 1979, WITTE & DE WILDE

1979, PALS & PAUPTIT 1979). ALLER (1977) gibt einen Überblick über die vorhandenen Daten, die auch die Grundlagen für die Berechnung der Sedimentbewegung durch die verschiedenen Arten in der vorliegenden Arbeit geben.

Die im Zeitraum 1977 - 1981 im Testgebiet Büsumer Watt ermittelten Werte für Faunenbestand, Wasserbedek-kungszeit und Schwebstoffmenge werden benutzt, um eine überschlägige Berechnung der durch die Fauna bewegten Sedimentmengen vorzunehmen (s. auch Datenanhang 1). Dabei wird nach der Art der Sedimentbeeinflussung durch die Tiere unterschieden: Für filtrierende Organismen wird die Quantität der Ablagerung von Sedimenten (Biodeposition), für sedimentfressende bzw. grabende Organismen die Umlagerung (Bioturbation) angegeben.

Ergebnisse zur <u>Verfestigung</u> der Sedimente durch die Fauna (Biostabilisation) liegen nicht vor, da es bisher keine Messungen für die Veränderung der Erodierbarkeit verschiedener Sedimenttypen bei unterschiedlicher Besiedlung nach Arten und Besiedlungsdichten gibt.

3.6.6.1 Biodeposition

Biodeposition bezeichnet die Ablage aufgenommener Stoffe durch Organismen in einer anderen als der ursprünglichen Umgebung, wobei Änderungen in Zusammensetzung und Konsistenz der Stoffe auftreten können.

Ein großer Teil der Biodepositionsleistung wird im marinen Bereich von filtrierenden Organismen erbracht. Im Büsumer Watt sind es in erster Linie die Muscheln Cerastoderma edule (Herzmuschel), Mya arenaria (Klaffmuschel) und Macoma balthica (Rote Bohne), die in

hohen Abundanzen auftreten. Die für diese Arten im Büsumer Watt ermittelten Besiedlungsdichten und die daraus errechneten Biodepositionswerte werden in Tabelle 16 wiedergegeben.

Tabelle 16:
Biodepositionsleistung filtrierender Organismen im
Büsumer Watt (eigene Untersuchungen/Berechnung nach
verschiedenen Autoren)

| | Max. Besied- lung/m ² | exp. Depo- sition/ d (nach) | Schicht- zunahme |
|-------------|-------------------------------------|--|---------------------------|
| C. edule | 1400 adulte | 700 g/m^2 $\triangleq 350 \text{ cm}^3$ (VAHL 1972) | 0,35 mm/d 10,5 mm/Mon. |
| M. balthica | 200 - 1000 | $8,6 - 43 \text{ g/m}^2$ $\triangleq 4,3 - 22 \text{ cm}^3$ (BUBNOVA 1972) | Ó,1 mm/Mon. |
| M. arenaria | bis 100 | 2,5 g/m ² ≙ 1,3 cm ³ (ALLEN 1962) | 0,004 mm/Mon. |

Da die Werte für die Besiedlungsdichten aus den Sommermonaten stammen und die experimentell ermitteltten Depositionsraten in der Regel bei 17 - 22°C bestimmt wurden, sind die in Tabelle 16 angegebenen Werte als Maximalwerte anzusehen.

Die filtrierenden Organismen sind in der Lage, die Partikel der Schwebstoff-Fracht nach Größe, Oberflächenstruktur und Qualität zu sortieren. Geeignete Nahrungspartikel werden in den Magen-Darmtrakt aufgenommen und, zu Kotballen geformt, ausgeschieden. Ungeeigne te Partikel werden dagegen vor der Aufnahme in den Darm umge-

leitet und als Pseudo-Kotballen wieder aus dem Kiemenraum gespült. Das Verhältnis von Kotballen zu PseudoKotballen ist also von der Zusammensetzung des Seston
abhängig. Wegen der hohen Besiedlungsdichten in Wattengebieten ist die Bildung von Kotballen häufig so groß,
daß der Wattenboden völlig von ihnen bedeckt ist. Allerdings verfallen diese Partikel zum Teil sehr schnell
wieder in Größenklassen, die denen der Suspensionsfracht
im Wasser entsprechen.

Die Kotballen sind durch ihre Prägung im Darm häufig stabiler als die Pseudo-Kotballen, die im Sedimentverband durch mechanische Beanspruchung leichter verfallen und bereits eher in Suspension gehen. Aus diesem
Grunde sind die in Tabelle 16 angegebenen Werte für
die Schichtzunahme eher hypothetischer Natur. Das durch
die Biodeposition abgelagerte Material wird teilweise
resuspendiert, fortgetragen und an anderer Stelle wieder in den Kreislauf eingebracht.

3.6.6.2 Bioturbation

Bioturbation ist die "Verwühlung der Sedimente in Gewässern (einschließlich der Watten) durch Organismen" (THIEL 1981).

Störungen mariner Sedimentschichten werden durch das gesamte Benthos verursacht, wobei Abhängigkeiten einerseits von der Körpergröße und Anzahl, andererseits von der Lebensweise der Organismen bestehen. Ein Maß für die Leistung der Organismen ist die "turnover rate", d.h. die Zeit, in der eine Population das von ihr bewohnte Sediment einmal total umschichtet. Aus der Literatur (Zusammenfassung in ALLER 1977) sind für verschiedene Arten "turnover rates" zwischen 10 Wochen und 15 Jahren bekannt. Die "turnover rate" ist allerdings als rein rechnerischer Wert zu betrachten, da durch die Fauna

nur selten eine Selektion erfolgt und so Sedimentbezirke teilweise unbeeinflußt bleiben können, während andere mehrfach bewegt werden.

Der im Testgebiet Büsumer Watt sehr häufig vorkommende Sandpier Arenicola marina ist sowohl von seiner Anzahl als auch von seiner Individualleistung her der wichtigste Sedimentbeweger. Das Sediment der Oberfläche wird durch den Freßtrichter in die Wohnröhre eingebracht und nach der Darmpassage durch den Kotgang wieder auf der Wattoberfläche abgelegt, wobei die charakteristischen Arenicola-Haufen entstehen (Abb. 18). Die maximale Abundanz der Art betrug im Untersuchungszeitraum im Büsumer Watt annähernd 100 adulte Tiere/m². Jedes Individuum transportiert im Sommerhalbjahr ca. 13 - 15 g Sediment/Tag. Bei einer Maximalbesiedlung erfolgte danach im Testgebiet allein durch A. marina ein Sedimenttransport von 1,3 - 1,5 kg m⁻²d⁻¹. Umgerechnet auf eine gleichmäßig starke Schicht würden mit diesen Sommerwerten etwa die oberen 25 - 30 cm einmal pro Jahr umgelagert werden. Durch den Rückgang der Freßund Grabaktivität im Winter wird die Gesamt-Jahresleistung auf etwa 15 - 20 cm/Jahr verringert. Bei diesen pauschalen Abschätzungen muß jedoch berücksichtigt werden, daß nicht eine bestimmte Sedimentschicht in die Umlagerung einbezogen wird, sondern daß kleinräumig starke Unterschiede auftreten, die durch die Trichterund Kothaufenbildung bzw. durch deren Auffüllung und Zerstörung dazu führen, daß im wesentlichen Oberflächensedimente mehrfach transportiert werden.

Die Sedimentumlagerung, wie sie für A. marina, H. filiformis u.a. aufgezeigt worden ist, beschränkt sich allerdings nicht nur auf den Transport von Sediment-partikeln im Bereich der obersten Sedimentschicht und auf den kleinen Lebensumkreis der einzelnen Art. Es ist

auch zu berücksichtigen, daß durch die Organismen die Sedimentoberfläche strukturiert wird. Arenicola erzeugt Trichter und umfangreiche Kotstränge in Haufen, Heteromastus bildet kleine Kothaufen aus einzelnen, kleinen Ballen. Die auf diese Weise stärker strukturierte Oberfläche bietet Strömungen bei ab- und auflaufendem Wasser leichten Widerstand, und die Strukturen werden zerstört. Ein Teil des Sedimentes wird rollend am Boden transportiert, die leichteren Sedimentkomponenten können in Suspension gehen und weiter fortgetragen werden.

3.6.6.3 Sedimentbewegung durch die Hauptarten der erfaßten Makrofauna im Büsumer Watt

Für das von den Profilen I und II begrenzte Testgebiet im Büsumer Watt (ca. 1 km²) wurde eine Berechnung der durch die vier Hauptarten täglich bewegten Menge an partikulärem Material aufgestellt (Tab. 17).

Tabelle 17:
Durch die Hauptarten der Makrofauna bewegtes partikuläres Material im Büsumer Watt

| Art | vertre | ten an | $\triangleq m^2 \cdot 10^3$ | bewegtes Material kg·10 ³ /d |
|-------------|--------|--------|-----------------------------|--|
| A. marina | 60 Sta | tionen | 600 | 175 - 225 |
| H. filifor- | 60 | n | 600 | 10 - 20 |
| C. edule | 30-40 | 11 | 300 - 400 | 113 - 226 |
| M. balthica | 40-50 | u , | 400 - 500 | 4,2 - 22 |
| | | | gesamt ca | 300 - 500 |

Die in Tabelle 17 genannten Werte beruhen auf den von 1977 bis 1981 ermittelten Daten und auf den verfügbaren Literaturangaben über die zum Teil experimentell gefundenen Auswirkungen der Fauna auf das Sediment. Die Werte sind das Ergebnis einer überschlägigen Berechnung, können in ihrer Größenordnung aber als gesichert angesehen werden.

Das durch die Fauna bewegte Sediment wird jeweils über unterschiedliche Entfernungen transportiert, die von wenigen Zentimetern bei <u>C. edule</u> bis zu über 60 cm bei <u>A. marina</u> reichen können. Bei einer Bilanzierung des gesamten Energiehaushaltes der Fauna müssen diese Leistungen berücksichtigt werden.

- 4 Diskussion
- 4.1 Methodische Ansätze
- 4.1.1 Erfassung der Vorgänge in der Grenzschicht Sediment-Wasser mit der Sediment-Profil-Kamera

Die in Kapitel 3.5 beschriebenen Ergebnisse der Untersuchungen in der Sediment-Wasser-Grenzschicht, die in dieser Form zum ersten Mal im Wattenmeer durchgeführt wurden, gaben einige erste Anhaltspunkte über die biologischen Aktivitäten und die Sediment-Transportmechanik während der Überflutungsphase. Ebenso konnten Verhaltensweisen von Hydrobia ulvae, die bisher nur experimentell dokumentiert wurden (BARNES 1981) in situ aufgezeichnet werden. H. ulvae hat einen Aktivitätsrhythmus, der von den Gezeiten bestimmt wird: Während des Niedrigwassers vergraben sich die Schnecken in der obersten Schicht des Sediments, und bei auflaufendem Wasser kommen sie wieder an die Oberfläche. Dort fressen sie, lassen sich aber zum Teil auch durch eine Luftblase auftreiben und deichwärts transportieren. Diese Lebensweise führt zu einer sich lokal ständig ändernden Abundanz, die sich aber großflächig nicht nachweisen läßt.

Durch die Zeitrafferaufnahmen wird deutlich, daß die 1 - 5 mm großen Schnecken durch ihre Aktivität die Sedimentoberfläche verwühlen, sie gleichzeitig quasi "aufrauhen" und damit die Erosion durch überströmendes Wasser fördern.

Bei stürmischer Wetterlage bildete die SedimentProfil-Kamera selbst ein deutliches Hindernis für die
Strömung im Watt, und es kam zu Auskolkungen am im Sediment eingesetzten Klarsichtvorsatz. Unabhängig von diesem wohl kaum zu überwindenden Nachteil ergaben die Filmaufnahmen, daß selbst so große "Partikel" wie adulte Cerastoderma edule mit einer Länge bis zu 30 mm von der Strömung transportiert werden. Diese Beobachtung macht deutlich, daß die erodierende und transportierende Kraft sich bei geeigneten Ansatzpunkten schon bei mittleren Windstärken und Strömungsgeschwindigkeiten erheblich auswirkt.

Die neben einer Arenicola-Wohnröhre eingesetzte Kamera ließ deutlich werden, daß die Unebenheiten am Wattboden, in diesem Fall die Kothaufen von A. marina, schon relativ schwachen Strömungen Angriffsmöglichkeiten bieten, die einen Zerfall der Kothaufen zur Folge haben. Man kann davon ausgehen, daß beim Zerfallen der Kothaufen deren feinkörniger bzw. leichterer Anteil in Suspension geht und mit der Strömung weitertransportiert wird.

4.1.2 Vergleich der verschiedenen Probennahme-Methoden

Der Vergleich der Ergebnisse von Oberflächenfotografie und Stechrohrproben zeigte deutlich, daß diese beiden Methoden - nebeneinander angewendet - sich gut ergänzen und zu brauchbaren Resultaten führen: Während die Stechrohrproben mit einer erfaßten Fläche von 50,3 cm² Organismen erst mit einer Häufigkeit von 100 - 200 Ind/m² quantitativ erfassen können, wobei eine gleichmäßige Verteilung vorausgesetzt ist, werden die Organismen bzw. deren Spuren auf der Sedimentoberfläche durch die Fotografie schon bei einer Häufigkeit unter 10 Ind/m² erkannt. Die Anzahl der durch die Oberflächenfotografie erfaßbaren Tierarten beträgt im Untersuchungsgebiet 8 - 10 von den 29 vorkommenden Arten der Makrofauna.

Nahezu quantitativ wurden die Arten <u>Littorina littorea</u>, <u>Arenicola marina</u> und <u>Heteromastus filiformis</u> mit der Fotografie erfaßt. Über diese Genauigkeit hinaus hat die fotografische Auszählung der Fauna auch den Vorteil des wesentlich geringeren Zeitaufwandes bei der Auswertung, verglichen mit den Stechrohrproben.

Für die verschiedenen Arten zeichnen sich im wesentlichen die folgenden Tendenzen im Vergleich beider Methoden ab:

Hydrobia ulvae wies die höchste Besiedlungsdichte nach Stechrohrproben am 20.09.1978 an der "Schlickstation" 37 auf. Der höchste fotografisch ermittelte Wert lag erheblich darunter. Bei gleichmäßiger Verteilung erweist sich also die Auswertung von Stechrohrproben als genauer, da auch die bereits in das Sediment hineingewanderten Schnecken mitgezählt werden. Nach dem Ablaufen des Wassers ziehen sich immer mehr Hydrobien in das Sediment zurück, so daß bei der Auswertung der Fotografien auch der Zeitpunkt nach dem Trockenfallen berücksichtigt werden muß. Ein Umrechnungsfaktor zwischen den nach den beiden Methoden gefundenen Werten läßt sich nicht generell angeben; Faktoren zwischen 1 und 100 können auftreten.

Littorina littorea ist im Vergleich mit H. ulvae eine verhältnismäßig große Schnecke. Sie ist in der Regel mit etwa 3 - 30 adulten Exemplaren/m² an Stationen vertreten, die überwiegend sandig sind oder Hartsubstrate (Buhnen, Steine, Muschelschill) aufweisen. Selten wurden bei der Auswertung der Fotografien Abundanzen über 100 Ind/m² gefunden. Bei Auftreten von Juvenilen konnten jedoch vereinzelt Bestandsdichten von über 1000 Ind/m² nachgewiesen werden.

Stechrohrproben erwiesen sich als ungeeignet, ein realistisches Bild der Besiedlungsstärke mit <u>L. littorea</u> zu geben, da bei den vorhandenen geringen Abundanzen mindestens 20 Stechrohrproben pro Station erforderlich gewesen wären.

Cerastoderma edule kann bei massenhaftem Auftreten sehr gut anhand der Oberflächenfotografie erkannt werden. Die Muschel lebt direkt unter der Sedimentoberfläche und verursacht auf ihr charakteristische Veränderungen (REISE 1976). Bei hoher Besiedlungsdichte sind die Ergebnisse beider Methoden etwa gleich. Eine Unterteilung nach Altersklassen läßt sich allerdings nur durch Auswertung von Stechrohrproben vornehmen.

Mytilus edulis kommt im Testgebiet nur vereinzelt, an geeignetes Hartsubstrat geheftet vor. Eine Mytilus-Bank ist nicht vorhanden. Das zahlenmäßig geringe Auftreten dieser Art konnte nur fotografisch bestimmt werden; Stechrohrproben waren ungeeignet.

Macoma balthica kann durch die Fotografie nicht erfaßt werden, da sie keine ausreichend typischen Spuren an der Sedimentoberfläche hinterläßt.

Mya arenaria wird nur zum Teil durch die Fotografie erkannt, da sie sehr tief im Sediment sitzen kann und

lediglich große Exemplare typische "Schornsteinöffnungen" erzeugen, in denen sich ihr "Doppelsipho"
befindet. Dieser wird jedoch beim Trockenfallen in die
Tiefe zurückgezogen. Eine exakte Aussage kann die Fotografie nicht liefern, da je nach Sedimentbeschaffenheit
und Größe der Muschel die Öffnungen zerstört werden und
zusanden können. Kleinere Muscheln bleiben in der Regel
ohne Einfluß auf die Sedimentoberfläche.

Bei der Entnahme von Sedimentproben muß berücksichtigt werden, daß die adulten Muscheln sich erheblich tiefer als 10 cm aufhalten und folglich nicht in den Proben erscheinen.

Arenicola marina wird durch die Fotografie der Sedimentoberfläche ausgezeichnet erfaßt, während die Stechrohrproben ihrer geringen Entnahmetiefe und kleinen Fläche wegen ungeeignet sind. Erst Sedimentproben bis in 40 cm Tiefe und mit einer Mindestfläche von 1/10 - 1/3 m² würden ausreichend vergleichbare Zahlen ergeben.

Pygospio elegans läßt sich fotografisch gut erfassen, wenn die Sedimentoberfläche durch leichte Erosionsvorgänge oder Kantenabbrüche geprägt ist. In diesen Fällen treten die typischen, in der Regel aus Sedimentpartikeln gebauten und rötlich bis bräunlich gefärbten Wohnröhren des Polychaeten zutage (vergl. Abb. 16). Eine genaue quantitative Angabe über die Besiedlungsverhältnisse ist allerdings nur durch das Auswerten der Stechrohrproben möglich.

Heteromastus filiformis ist neben A. marina quantitativ am besten mit der Fotografie zu erfassen, da die typischen Kotballen am oberen Ende der Wohnröhren die Aktivität des Wurmes deutlich machen. Im direkten Vergleich von Individuenzahlen nach Aufnahmen und nach Stechrohrproben fällt auf, daß sich aus den Stechrohrpro-

ben weniger Tiere pro Flächeneinheit nachweisen lassen. Dieses ist dadurch zu erklären, daß eine unterschied-lich große Zahl der Würmer sich zeitweise kontrahiert und sich dann unterhalb der Eindringtiefe des Stechrohres aufhält.

<u>Diatomeen</u> werden durch das Sieben im Anschluß an die Entnahme der Stechrohrproben ausgespült und gehen dadurch völlig verloren. Eine Beurteilung der Wattbedeckung mit Diatomeen durch die Auswertung der Oberflächenfotografien ist daher vorzuziehen, wenn eine spezifische Aussage mit dieser recht groben Methode auch nicht möglich ist.

Grünalgen und höhere Pflanzen können durch Entnahme von Stechrohrproben nicht ausreichend beschrieben werden, da ihr Vorkommen meist sehr fleckenartig ist. Die Auswertung der Oberflächenfotografie erlaubt dagegen eine recht gute Aussage über die Bewuchsverhältnisse im Watt, so daß diese Methode in Verbindung mit der im Gelände erstellten Beschreibung vorzuziehen ist.

4.2 Organismen und Wattsedimente

4.2.1 Biomassenwerte im Vergleich

Die Biomassenwerte im Büsumer Watt liegen, bedingt durch die im Vergleich mit anderen Wattgebieten hohen Besiedlungsdichten einiger Arten, im Durchschnitt bei $47~{\rm g/m}^2$. Aus einer umfangreichen Studie von BEUKEMA (1976) werden demgegenüber Werte von $26,2~{\rm g/m}^2$ für das gesamte holländische Wattenmeer angegeben. WOLFF (in BEUKEMA 1976) fand im südwestlichen Teil des niederländischen Wattenmeeres $45~{\rm g/m}^2$. Im Südosten von England berechneten KAY & KNIGHTS (1975) als Mittelwert einer großflächigen Untersuchung $24~{\rm g/m}^2$. REISE (1981) fand in längerfristigen Untersuchungen der Watten an der

schleswig-holsteinischen Nordseeküste keine bemerkenswerte Abweichung der Biomassenwerte im Vergleich mit holländischen Werten.

Bei einem Vergleich von Biomassenwerten aus verschiedenen Untersuchungen muß berücksichtigt werden, daß es keine allgemein anerkannte Methode für die Probennahme bei Wattuntersuchungen und für die Klassifizierung der Sedimenttypen gibt: Während in der vorliegenden Arbeit Gebiete mit einem Silt-Anteil unter 15 % als Sandwatt, mit 15 - 35 % Silt-Anteil als Mischwatt und mit über 35 % Silt-Anteil als Schlickwatt bezeichnet werden, legte BEUKEMA (1976) die Grenzen mit Silt-Anteilen 1,5 % (sand), 1,5 - 5 % (mixed), 5 % (silty) fest. In Sedimenten mit "hohem" Silt-Anteil in 1 - 3 km Entfernung von der Küste fand er eine mittlere Biomasse von 41,6 g/m². Dieser Wert für küstennahe Regionen des Watts nähert sich also denjenigen des Büsumer Watts.

Da in den Biomassen des Büsumer Watts der Faunenanteil unter 10 cm Tiefe lediglich für Mya und Arenicola geschätzt wurde, andere Tiere dieser Sedimentschicht (z.B. tieferlebende Polychaeten) jedoch vernachlässigt wurden, kann im Büsumer Watt ein geringfügig höherer Wert als in den anderen Wattengebieten als realistisch angesehen werden. Die besonders geschützte Lage des Büsumer Watts legt den Schluß nahe, daß günstige Voraussetzungen im Ökotop eine höhere Besiedlungsdichte und damit auch eine höhere Biomasse und Produktion des Untersuchungsgebietes im Vergleich mit anderen Wattengebieten erlauben.

Die Bedingungen, die zu einer höheren Biomasse und gegebenenfalls Produktion führen, lassen sich nicht eindeutig angeben. Als Landeinflüsse kommen die Wasserbedeckungszeit und das Nahrungsangebot in Frage. Aber auch der Einfluß des Menschen auf den Lebensraum Watt ist zu

berücksichtigen. Das Untersuchungsgebiet ist in der Meldorfer Bucht gelegen, die ein Teilgebiet der Deutschen Bucht darstellt. Diese geschützte Lage bedeutet vermutlich, daß die Sedimentationsbedingungen günstiger sind als in den offenen holländischen Wattgebieten. Das deichnahe Testfeld steht aber unter Umständen auch unter dem Einfluß der Nährstoff- und Nahrungszufuhr aus organischen Abwässern. Ebenso könnte sich der Zustrom von als Nahrung verwertbarer organischer Substanz aus der Elbe auswirken.

Die nicht eindeutig erkennbaren Bedingungen für die Unterschiede in der Besiedlungsdichte erlauben es nicht, diese Werte auf andere Gebiete vor unseren Küsten zu übertragen. BEUKEMA (1976) spricht für das holländische Watt von einer Abnahme der Bestandsdichte bzw. der Biomasse mit zunehmender Entfernung von der Küste. Ohne eigene Untersuchungen zum Vergleich vorlegen zu können, kann aus der Ablagerung feinerer Sedimentkomponenten und der damit verbundenen organischen Substanz im Küstenvorfeld diese Verteilung als allgemeingültig angesehen werden. Damit dürfen auch die Gesamtleistungen der Wattorganismen in Biodeposition und Bioturbation mit zunehmender Entfernung von der Küste abnehmen. Veränderungen im Artenbestand bedingen allerdings auch Veränderungen in der Intensität der Sedimentbeeinflussung.

4.2.2 Beziehung der wichtigen Arten zum Sediment

Die Problematik des Sedimenttransports im marinen Bereich wird bereits seit geraumer Zeit untersucht (z.B. POSTMA 1967, RHOADS 1973) und von CREUTZBERG & POSTMA (1979) wurden Experimente zur Erosion und Deposition silthaltiger Sedimente durchgeführt. In allen diesen Veröffentlichungen, wie auch bei KÖSTER (1981), wird auf die wichtige Rolle der auf und im Sediment lebenden Organismen hingewiesen. Auch die Flora wird stets erwähnt. Die Auswirkung von Pflanzenbeständen auf die Aufschlik-

kung ist bekannt, und im ersten Viertel dieses Jahrhunderts wurden in großen Wattbereichen Anpflanzungen
im Küstenvorfeld vorgenommen, um durch die entstehenden
Stillwasserzonen zwischen der Vegetation die Ablagerung
von Schwebstoffen, damit eine Erhöhung des Wattniveaus
und letztlich einen Landgewinn zu erreichen (KÖNIG 1949).

Im Testfeld des Büsumer Watts sind nur Einzelvorkommen des Quellers (Salicornia europaea) und geringe Flächenbestände des Schlickgrases (Spartina townsendii) unterhalb des Deiches im Nordostteil des Testfeldes vorhanden. Ein kurzfristiger Einfluß dieser beiden Pflanzenarten kann nur als sehr gering angesehen werden. Das gilt auch für die im Testfeld seltenen Bestände der Grünalge Cladophora spec., während die Diatomeen, wenn sie in den Frühjahrs- und Sommermonaten dichte Rasen bilden, die Sedimentoberfläche durch Schleimabsonderung stabilisieren helfen. Die Schleimabsonderung der Diatomeen erzeugt eine sehr gleichmäßige glatte Oberfläche, die bei ruhiger Wetterlage dazu führt, daß die Wasserströmung annähernd laminar verläuft, also keine Sedimentauflockerung zuläßt. Erst nach Überschreiten der Erosionsgrenzgeschwindigkeit kehrt sich der sedimentstabilisierende Effekt des Diatomeenrasens um: An Randbereichen der Diatomeenrasen kommt es zu flachen Auskolkungen, die in der Folge zu einem verstärkten Sedimentabtransport führen.

Die Auswirkungen der Tiere im Watt lassen sich für die Sedimentablagerung und den -transport in Nah- und Fernwirkungen untergliedern, in Wirkungen, die im engeren Einflußbereich des einzelnen Tieres liegen und solche, die über den passiven, strömungsbedingten Transport zu Veränderungen in anderen Gebieten führen.

Die Fernwirkung ist kaum quantifizierbar und auch stark von Strömungsintensität und -richtung abhängig.

Der Schlickkrebs (Corophium) erzeugt einen Atmungsund Nahrungsstrom, durch den zahlreiche Partikel aufgewirbelt und durch die Strömung fortgetragen werden können. Dieses Material wird bei auflaufendem Wasser küstenwärts getragen und kann sich ablagern, bei ablaufendem Wasser können die Partikel abtransportiert werden
und weit entfernt vom Herkunftsgebiet zur Ablagerung
kommen. Die Fernwirkung kann auch durch die Deposition
von Kotpillen und -haufen gefördert werden. Sie bieten
der Strömung eine günstige Angriffsfläche, durch die die
Erosion eingeleitet bzw. gesteigert wird.

Bei filtrierenden Organismen überwiegt die Nahwirkung kurzfristig die Fernwirkung. Seston wird aus dem Wasser herausfiltriert, die Schwebstofffracht nimmt also ab, und gleichzeitig wird partikuläres Material in das Wasser abgegeben. Ein großer Teil der filtrierten Stoffe wird allerdings in Form von Kotballen auf dem Sediment deponiert und damit zunächst vom Transport ausgeschlossen. Die durch Kotpillen und -stränge stark strukturierte Sedimentoberfläche bietet allerdings stärkeren Strömungen Angriffsflächen, und die Erosion wird dadurch gefördert.

In ähnlicher Weise sind auch die stabilisierende und die destabilisierende Wirkung einzelner Arten von den Strömungsbedingungen abhängig. Röhrenbauende In- und Epifauna hat in Stillwasserzonen und bei geringen Wasserbewegungen stabilisierende Effekte, Erosion und Sedimenttransport werden verhindert oder herabgesetzt. Nimmt die Strömungsgeschwindigkeit jedoch zu, so kommt es an festen Gegenständen zu Auskolkungen, muldenförmigen Vertiefungen, die ihrerseits der Strömung Angriffsflächen bieten. Solche Effekte können durch Wohnröhren von Polychaeten (z.B. Pygospio elegans) und auch durch in der Sedimentoberfläche lebende Muscheln und Schnecken erzeugt werden.

Während sedimentfressende Organismen im Wesentlichen die Sedimente umlagern, können filtrierende Arten stark zur Sedimentauflagerung beitragen. Arten aus dem Testfeld mit erheblichen Auswirkungen auf den Sedimentverband sind Arenicola marina und Cerastoderma edule. Ihre kurzzeitigen Leistungen und ihre Auswirkungen im Nahbereich können experimentell sehr wohl quantifiziert werden, doch langfristig und für den Fernbereich lassen sich keine Angaben machen. Für C. edule läßt sich die Bio deposition als theoretische Gesamtsumme aus Einzelleistung und Bestandsdichte berechnen. Für das Testfeld ergab sich rein rechnerisch eine Schicht von maximal 10 cm/Jahr, doch ist das kein realistischer Wert für die Aufschlickung am Standort der Muscheln. Strömungsbedingt wird der größte Teil des Kot- und des Pseudokotmaterials aus dem Nahbereich des Individuums und aus dem Bereich der Population forttransportiert. Für die Herzmuschel stellt dieser Abtransport eine Notwendigkeit dar, denn eine fortgesetzte Aufschlickung mit dem Verbleib des Materials im Bereich der Population würde zu einer Veränderung des Lebensraumes, zu einem Anstieg des Silt-Anteils und damit zur Verschlickung des Mischwatts führen. Solche Veränderungen würde C. edule nicht vertragen (DÖRJES 1970), sie würde im weichen Sediment nicht aufwärts wandern können, zu tief in das Sediment einsinken und mit ihren kurzen Siphonen die Sedimentoberfläche nicht mehr erreichen.

Cerastoderma edule als die Hauptart für die Biodeposition gibt ein Beispiel für den engen Zusammenhang zwischen Lebensweise und Umweltbedingungen. Für die Fragen der Sedimentation, der Sedimentbildung und der Sedimentkonstanz wird deutlich, daß eine starke Wechselwirkung zwischen biologischer Aktivität und hydrographischen Einflüssen besteht.

Am Ort der Population von <u>C. edule</u> geschieht also die Biodeposition als eine nur begrenzte und zeitweilige

Aufschlickung. Der deponierte Schlick wird später durch Strömungen und Wellenschlag resuspendiert, seine Komponenten werden von einander getrennt und weitertransportiert. Den auflandigen Schlicktransport unterstützen die Muscheln, indem sie Schlickkomponenten aus der Suspension zeitweilig festlegen. Die grundsätzlichen Zusammenhänge zwischen biotischen und abiotischen Einwirkungen auf das Sediment und insbesondere die Funktionen der Biodeposition werden von HAVEN & MORALES-ALANO (1966) eingehend diskutiert.

Insgesamt wird deutlich, daß die Organismen des Watts sich in unterschiedlichem Umfang am Sedimentgeschehen beteiligen und erhebliche Seston- und Sedimentmengen umsetzen, daß aber die hydrographischen Bedingungen wesentlich die Sedimentverteilung und die Schlickakkumulation bedingen.

Die durch die vier wichtigsten Arten (Arenicola marina, Heteromastus filiformis, Cerastoderma edule, Macoma balthica) täglich bewegte Sedimentmenge lag im Testgebiet Büsumer Watt zwischen 300 und 500 kg. 10³ (Sommerwert). Dieser Wert entspricht einer Schicht, die im Millimeterbereich liegt. Über das Jahr gemittelt ergibt dieses eine durch Fauna bewegte Sedimentschicht von 5 - 10 cm Dicke.

Im Vergleich mit der Sedimentumlagerung und Erosion durch abiotische Einflüsse, die besonders im Winterhalbjahr zu enormen Wattveränderungen führen können, erscheint die biotische Leistung gering. Darüber hinaus
ist auch der jahreszeitlich bedingte Wechsel der Faunenaktivität von Bedeutung: Bei großer Faunenaktivität
und ruhiger Wetterlage in der warmen Jahreszeit ist die
Beeinflussung der Sedimente durch die Fauna erheblich
und gut erfaßbar. Bei stürmischen Wetterlagen und geringer Faunenaktivität im Winter ist sie im Vergleich
mit den abiotischen Einflüssen verschwindend gering.

Das Benthos scheint somit eine quasi "Katalysator"Funktion zu erfüllen: In Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit des Wassers wird entweder die Ablagerung von Schwebstoffen verstärkt, oder der Abtransport
von Sedimenten wird durch die Bildung von Angriffsflächen in Form von Faeces unterstützt.

Diese Überlegungen machen deutlich, daß Biodeposition, Bioturbation und Biostabilisation wesentliche Auswirkungen der Organismen auf den Sedimentverband im
Watt darstellen, daß aber Bioerosion ebenso bedeutsam
ist. Die Veränderungen der Sedimentbeschaffenheit und
der Watthöhe unterliegen antagonistischen Kräften, die
sich aus dem Verhalten der Organismen und den hydrographischen Bedingungen ableiten lassen.

Die Quantifizierung der biotischen Einflüsse auf das Watt (s. 3.6.6) kann letztlich nur als theoretische Berechnung aus der Summe der Einzelleistungen der erfaßbaren Arten erfolgen. Im vorliegenden Programm wurden lediglich die Makrofauna und ihr Einfluß auf das Sediment untersucht. Es ist aber bekannt, daß auch andere Faunengruppen (Megafauna, Meiofauna, Mikrofauna) ihre Umgebung zum Teil erheblich beeinflussen können. Beispielsweise trägt die Avifauna, die in beträchtlichen Dichten zur Mauser-oder Zugzeit im Watt zu finden ist, erheblich zur Störung der Sedimente bei. Neben der mechanischen Beeinflussung der Sedimente durch die Fauna muß auch die chemische Wirkung der Sekrete auf den Sedimentverband erwähnt werden. Nähere Untersuchungen hierzu wurden bisher nur am Beispiel einzelner Tierarten durchgeführt (z.B. ALLER & YINGST 1978).

4.3 Schlick aus biologischer Sicht

Bei der Klassifizierung von Sedimenten wird der Begriff "Schlick" sehr unterschiedlich angewendet. Für die vorliegende Arbeit wurde die Definition nach SINDOWSKI (1973) zur Grobansprache im Gelände benutzt. Die Unterscheidung in die drei Sedimentklassen Sandwatt, Mischwatt und Schlickwatt erwies sich aus biologischer Sicht im Untersuchungsgebiet als ausreichend.

Andere Methoden der Sedimentbeschreibung bedienen sich weiterer Unterteilungen (PLATH 1943, SINDOWSKI 1961) oder orientieren sich an der Korngrößenverteilung nach DIN (FIGGE et al. 1980). Eine Einteilung mariner Sedimente aus biologischer Sicht wird häufig nach den Charakterarten der Lebensgemeinschaften vorgenommen (THORSON 1957).

Von DÖRJES (1970) werden einige Arten als Indikatorarten für das von ihnen bewohnte Sediment angegeben. Die von ihm genannte Zuordnung der Arten scheint jedoch nur als Anhaltspunkt gelten zu können, denn die wattbewohnenden Arten sind stark euryök, also zur Besiedlung sehr unterschiedlicher Standorte befähigt. Eine Zuordnung von Arten zu den Sedimenttypen, wie sie von DÖRJES (1970) vorgenommen wurde, konnte für das Testgebiet Büsumer Watt nicht bestätigt werden (s. Kap. 3.6.4). Dies kann sowohl an der Kleinräumigkeit unserer Untersuchungen als auch an der unterschiedlichen Klassifizierung der Sedimente liegen. Ebenso kann das Fehlen eines größeren Schlickgebietes im Testfeld dafür verantwortlich sein, daß eine ausgeprägte faunistische Zonierung fehlt.

HAUSER & MICHAELIS (1975) ordnen verschiedene Biozönosen unterschiedlichen Biotopen zu, die sich durch Strömungsverhältnisse, Sedimentfarbe und Sedimentbewuchs sowie durch einige chemische und physikalische Parameter unterscheiden. Die unterschiedlichen Gliederungsmerkmale und Verfahrensweisen lassen einen Vergleich und eine
Verallgemeinerung nicht zu.

Die im Büsumer Watt gefundene Makrofauna setzt sich ausschließlich aus euryöken Arten zusammen, die eine enge Zuordnung zu den Sedimenttypen nicht erlaubt. Streng stenöke Arten, die zur Beschreibung bzw. zur Charakterisierung von Sedimenttypen geeignet wären, traten im gesamten Untersuchungszeitraum nicht auf. Von den bei DÖRJES (1970) für das Schlickwatt als typisch eingestuften Arten ergaben sich im Büsumer Watt Abweichungen.

Hydrobia ulvae, Littorina littorea, Retusa truncatula und Peloscolex benedeni treten nicht nur im Schlickbereich auf, sondern sind im Büsumer Watt auch sehr zahlreich im Mischwatt- und sogar im Sandwatt gefunden worden (vergl. Abb. 26). Sie alle sind daher nicht als Indikatorarten für den Schlickbereich geeignet.

Die sedentären Polychaeten <u>Scoloplos</u> <u>armiger</u> und <u>Scolelepis squamata</u>, die nach DÖRJES (1970) als Anzeiger für Sandwatt-Bereiche gelten, traten im Büsumer Watt nur in so geringen Individuenzahlen und außerdem auch im Mischwatt und in sandigen Bereichen auf, daß auch sie nicht als Anzeiger für bestimmte Sedimenttypen verwendet werden konnten.

Zur Frage nach der Charakterisierung von Schlick oder seiner Kennzeichnung können also unsere Untersuchungen wenig beitragen, da Indikatoren nicht auftraten. Es ist aber deutlich geworden, daß es insbesondere Kotpillen, also Ausscheidungsprodukte von Wattorganismen sind, die den Hauptanteil dessen ausmachen, was von den am Schlick-Projekt beteiligten Arbeitsgruppen als schlickiges Material bezeichnet wurde. Besonders an geschützten Stationen wurde als schlickige Sedimentauflage eine dicke Schicht von Kotpillen verschiedener Organismen der Makrofauna gefunden.

Diese Kotpillen binden Schlickkomponenten, nämlich kleinpartikuläres organisches und anorganisches Material und
halten dieses zunächst auf dem Meeresboden. Die Mächtigkeit der Schlickauflage ist einerseits von der Leistung
der Organismen abhängig, andererseits aber von der Akkumulationsdauer oder von den Turbulenzbedingungen. Kann das
Schlickmaterial längere Zeit am Ort der Entstehung liegen
bleiben, so wird es teilweise in das Sediment eingearbeitet
und dieses wird schlickiger. Strömungen und Turbulenzen lassen die Kotpillen zerfallen und das feinpartikuläre Material gerät wieder in Suspension und wird fortgetragen.

Das suspendierte Material wird aber beim Durchgang durch die Organismen nicht nur in seiner Korngröße verändert. Einerseits zerlegen die Organismen organische Substanzen durch die Verdauung in Teilkomponenten, andererseits werden Schleimsubstanzen dem Darminhalt beigemischt, die stark verklebende Eigenschaften besitzen. So wie der Abbau organischer Substanz durch Bakterien im Darm gefördert wird, so wird auch die Schleimproduktion erhöht. Die abgegebenen Kotballen enthalten zusätzlich einen Teil der Darmbakterien. Es ist bekannt, daß nach der Abgabe von Kotmaterial dessen Gehalt an organischer Substanz schnell wieder ansteigt. Das ist eine Auswirkung erneuter Besiedelung durch Bakterien, die auch nach der Zerkleinerung der Kotballen erhalten bleibt und den realtiv hohen Anteil an organischer Substanz im Schlick mit bedingt.

Die Bakterien nutzen die organische Substanz im Kotmaterial. Wegen der geringen Partikelgröße und der relativ großen Gesamtoberfläche können die Bakterien hohe Populationsdichten aufbauen. Die Bakterien selbst und bakterielle Exkrete tragen zur Bindigkeit des Schlickmaterials bei. Das gilt auch für detritische Substanzen, die KEMPE (1980) reichlich im Sediment fand.

Neben der Makrofauna und den Bakterien tragen zur Partikelbindung und -ablagerung, besonders von feinpartikulärem Material, auch die übrigen Komponenten des Benthos bei: Meiofauna, Protozoen und Pilze. Schleimabsonderungen, ausgeschiedene Nahrungsreste, Pilzhyphen und die Pseudopodien der Foraminiferen und anderer Protozoen können die Partikel verkleben, erhöhen die Werte an organischer Substanz und bewirken auch mit die Klebrigkeit des Schlickmaterials.

Die Ablagerung von Schlick wird demnach durch zahlreiche Organismen gefördert, aber auch die Heterogenität des
Materials ist daraus bedingt. Eine allgemeingültige Definition läßt sich daher nicht erstellen, zumal die organismischen Effekte langfristig den physikalischen und chemischen
Effekten unterliegen.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsvorhabens waren die Fragen nach Schlickbildung und Schlicksedimentation gestellt worden. Die Arbeiten sollten längerfristig nach Möglichkeit auch zu einer Definition des Begriffes Schlick führen, um für Küstenbauarbeiten eine operable Einheit zu gewinnen. Die biologischen Arbeiten wurden auf ein Testfeld im Büsumer Watt der Meldorfer Bucht und auf einen Schnitt im Sahlenburger Watt beschränkt, und es wurde die Aufgabe gestellt, mit Hilfe der Bestandskartierung die biogene Schlicksedimentation zu quantifizieren.

- 1. Mit Hilfe regelmäßiger Oberflächenfotografie wurde eine Karte der Sedimentverteilung für das Testfeld erstellt, die annähernd den Ergebnissen der geologischen Bearbeitung entspricht.
- 2. Die im Testgebiet vorhandenen Tierarten ließen sich nicht bestimmten Sedimenttypen zuordnen. Die Tendenzen, die sich aus der Verbreitung bestimmter Tierarten ableiten lassen, reichen nicht zu einer Charakterisierung von Sedimenttypen aus.
- 3. Die Werte für die Biomasse der Makrofauna liegen im Testgebiet mit etwa 47 g aschefreiem Trockengewicht/m² wenig höher als Vergleichswerte aus dem holländischen Watt, entsprechen aber denen aus anderen deutschen Wattengebieten.
- 4. Für die Biodeposition kommen im Testgebiet als filtrierende Arten vor allem <u>Cerastoderma edule</u> und <u>Macoma balthica</u> in Betracht, die in den Sommermonaten täglich etwa 120 250 kg.10³ partikuläres Material aus dem Wasser entnehmen und den größten Teil davon als Kot- und Pseudokotpillen am Boden ablagern. <u>C.edule</u> bewirkt hiervon über 90 %.
- 5. Für die sedimenttransportierende Bioturbation sind im Testfeld vor allem <u>Arenicola marina</u> und <u>Heteromastus filiformis</u> verantwortlich, die zusammen in den

Sommermonaten täglich circa 180 - 250 kg.10³ umlagern.

<u>A.marina</u> bewegt dabei über 90 % dieser Sedimentmasse von der Oberfläche zurück auf die Sedimentoberfläche, während <u>H.filiformis</u> Material aus 10 - 30 cm Tiefe auf dem Sediment ablagert.

- 6. Biodeposition und Bioturbation unterliegen jahreszeitlichen Änderungen mit der Aktivität der Tiere und längerfristigen Schwankungen durch die Sukzessionen in den Populationen.
- 7. Die Schlickbildung wird im Wesentlichen durch die Biodeposition gefördert. Feinpartikuläres Material der Schwebstofffracht wird beim Durchgang durch den Darm ärmer an primär vorhandener organischer Substanz, die als Nahrung aufgenommen wird. Gleichzeitig wird dieses Material mit Abbaustoffen und Schleim versetzt. Die in Kotpillen verklebten feinen Partikel werden auf dem Sediment abgelagert und von Bakterien besiedelt, die die organischen Substanzen weiter aufschliessen.
- 8. Dieses Schlickmaterial kann durch Bioturbation in das Sediment eingearbeitet werden, oder es wird mechanisch zerkleinert durch die Strömung transportiert und in Stillwasserzonen sedimentiert.
- 9. Das feinpartikuläre Material erhält durch Bakterien und tote organische Substanzen neben den elektrostatischen Kräften zusätzliche Bindigkeit.
- 10. Bezogen auf das Testfeld findet am Ort der Biodeposition fortlaufend Schlickbildung statt, jedoch wird die Aufschlickung durch den Transport mit den Wasserströmungen verhindert.
- 11. Dauerhafte Schlickablagerung wird vom Strömungsregime beherrscht.

Literaturverzeichnis

- ALLEN, J.A. (1962): Preliminary experiments on the feeding and excretion of bivalves using Phaeodactylum labelled with ³²P. J. mar. biol. Ass. U.K. <u>42</u>, 609 623
- ALLER, R.C. (1977): The influence of macrobenthos on chemical diagenesis of marine sediments. Dissertation, Yale University, 600 S.
- ALLER, R.C. & J.Y. YINGST

 (1978): Biogeochemistry of tube-dwellings:

 A study of the sedentary polychaete Amphitri
 trite ornata (Leidy).
 J. Mar. Res. 36,2, 201 254
 - AMOUREUX, L. (1968): Recherches écologiques sur les annélides polychètes du genre Nephtys. -Arch. Zool. exp. gén. 109, 69 - 77
 - ANDERSON, A. (1971): Intertidal activity, breeding, and the floating habit of Hydrobia ulvae in the Ythan estuary.
 J. mar. biol. Ass. U.K., 51, 423 427
 - BAGGERMAN, B. (1953): Spatfall and transport of <u>Cardium</u>

 <u>edule</u> L.
 Arch. néerl. Zool., 10, 315 342
 - BARNES, R.S.K.(1981): Factors affecting climbing in the coastal gastropod <u>Hydrobia ulvae</u>.
 J. mar. biol. Ass. U.K., <u>61</u>, 301 306

- BAUMFALK, Y.A. (1979): Heterogeneous grain size distribution in tidal flat sediment caused by bioturbation activity of <u>Arenicola marina</u> (Polychaeta). Neth. J. Sea Res. <u>13</u>, (3/4) 428 440
- BEUKEMA, J.J. (1976): Biomass and species richness of the macro-benthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 10, 2, 236 261
- BEUKEMA, J.J., W. de BRUIN & J.J.M. JANSEN (1978):

 Biomass and species richness of the macrobenthic animals living on the tidal flats of the Dutch Wadden Sea: long term changes during a period with mild winters.
 Neth. J. Sea Res. 12, 58 77
- BEUKEMA, J.J. & J. de VLAS (1979):

 Population parameters of the lugworm Arenicola marina, living on the tidal flats of
 the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 13, (3/4), 331 353
- BLOK, J.W. de & J.F.M. GEELEN (1959):

 The substratum required for the settling of mussels (Mytilus edulis L.)
 Arch. néerl. Zool. 13 (Suppl. 1), 446 460
- BRAFIELD, A.E. & G.E. NEWELL (1961):

 The behaviour of Macoma balthica L.
 J. mar. biol. Ass. U.K. 41, 81 87
- BUBNOVA, N.P. (1972): The nutrition of the detritus-feeding mollusks Macoma balthica L. and Pertlandica arctica (Gray) and their influence on bottom sediments.
 Oceanol. 12, 899 905

11

- BUHR, K.J. (1979): Eine Massensiedlung von Lanice conchilega (Polychaeta: Terebellidae) im WeserÄstuar. Veröff. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven
 17, 101 149
- CADÉE, G.C. (1976): Sediment reworking by <u>Arenicola ma-rina</u> on tidal flats in the Dutch Wadden Sea. -Neth. J. Sea Res. <u>10</u>, (4), 440 460
 - (1977): Het effect van pierenspitten op de worm <u>Heteromastus</u>. Waddenbulletin <u>12</u>, (2), 312 313
 - (1979): Sediment reworking by the polychaete Heteromastus filiformis on a tidal flat in the Dutch Wadden Sea. Neth. J. Sea Res. 13, (3/4), 441 456
- CLARK, R.B. (1962): Observations on the food of Nephtys. Limnol. Oceanogr. 7, 380 385
- CREUTZBERG, F. & H. POSTMA

 (1979): An experimental approach to the distribution of mud in the southern North Sea.
 Neth. J. Sea Res. 13,(1), 99 116
 - DALES, R.P. (1950): The reproduction and larval development of Nereis diversicolor O.F. M. J. mar. biol. Ass. U.K. 29, 321 360
 - DAMAS, D. (1935): Le rôle des organismes dans la formation des vases marines. -Annales Soc. géologique Belgique 58, 143 - 151
 - DÖRJES, J., S. GADOW, H.E. REINECK & I.B. SINGH (1969):

 Die Rinnen der Jade (südliche Nordsee). Sedimente und Makrobenthos.
 Senckenbergiana maritima 50, 5 62

- DÖRJES, J. (1970): Das Watt als Lebensraum, in:

 REINECK (Hrsg.): Das Watt, Ablagerungs- und

 Lebensraum.
 W. Kramer, Frankfurt/Main, S. 71 105
- EISMA, D. (1966): The distribution of benthic marine molluscs off the main Dutch coast. Neth. J. Sea Res. 3, 107 163
- ELWERT, D. (1977): Erläuterungen zur Bodenkarte 1 : 10000 Speicherkoog Dithmarschen, Nordteil I und II. -Geologisches Landesamt Schleswig-Holstein, Kiel
- ENEQUIST, P. (1950): Studies on the soft-bottom amphipods of the Skagerak. Zool. Bidr. Uppsala 28, 297 492
- FARKE, H. (1976): Tharyx marioni (Polychaeta,,Cirratulidae): Biologie, Larvalentwicklung, Populationsdynamik und Einordnung in die Wattbiozönosen. Diss. Kiel, 97 S.
- FARKE, H., P.A.W.J. de WILDE & E.M. BERGHUIS (1979):

 Distribution of juvenile and adult Arenicola

 marina on a tidal mud flat and the importance
 of nearshore areas for recruitment.
 Neth. J. Sea Res. 13, (3/4), 354 367
- FIGGE, K., R.KÖSTER, H. THIEL & P. WIELAND (1980):

 Schlickuntersuchungen im Wattenmeer der

 Deutschen Bucht Zwischenbericht über ein

 Forschungsprojekt des KFKI.
 Die Küste 35, 187 204

- GAST, R. (1980): Die Sedimente der Meldorfer Bucht (Deutsche Bucht): Ihre Sedimentpetrographie und Besiedlung, Typisierung und Schwermetall-gehalte. Dissertation, Kiel, 262 S.
- GIBBS, P.E. (1968): Observations on the population of Scoloplos armiger at Whitstable. J. mar. biol. Ass. U.K. 48, 225 254
 - " (1971): A comparative study of reproductive cycles in four polychaete species belonging to the family Cirratulidae.
 J. mar. biol. Ass. U.K. <u>51</u>, 745 796
- GIERE, O. (1968): Die Fluktuationen des marinen Zooplanktons im Elbe-Ästuar. -Arch. Hydrobiol. 31 (Suppl. Elbe-Ästuar 3) 389 - 546
- GOERKE, H. (1966): Nahrungsfiltration von Nereis diversicolor O.F. MÜLLER (Polychaeta, Nereidae). Veröffentl. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven
 10, 48 49

11

- (1971): Ernährungsweise der Nereisarten (Polychaeta, Nereidae) der deutschen Küsten. -Veröffentl. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 13, 1 - 50
- GRAY, J.S. (1976): The fauna of the polluted River Tees estuary. Estuar. Coast. Mar. Sci. 4, 653 676

HANNERZ, L. (1956): Larval development of the polychaete families Spionidae Sars, Disomidae, Mesnil, and Poecilochaetidae n.fam. in the Gullmar fjord (Sweden). Zool. Bidr. Uppsala 31, 1 - 204

HARTMANN - SCHRÖDER, G. (1971): Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta, in: DAHL, Tierwelt Deutschlands, 58. Teil VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 594 S.

HAUSER, B. & H. MICHAELIS (1975):

Makrofauna der Watten, Strände, Riffe und
Wracks um den Hohen Knechtsand in der
Wesermündung.
Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1974,
Bd. XXVI

- HAVEN, D.S. & R. MORALES-ALAMO (1966):

 Aspects of deposition by oysters and other invertebrate filter-feeders.
 Limnol. Oceanogr. 11, 487 498
- HAVINGA, B. (1930): Der Granat (<u>Crangon crangon Fabr.</u>)
 in den holländischen Gewässern.
 J. Cons. CIEM 5, 57 87
- HEIP, C. & R. HERMAN (1979):

 Production of <u>Nereis diversicolor</u> O.F. MÜLLER

 (Polychaeta) in a shallow brackish water.
 Estuar. Coast. Mar. Sci. <u>8</u>, 297 305
- HEMPEL, C. (1975): Über den Röhrenbau und die Nahrungsaufnahme einiger Spioniden (Polychaeta sedentaria) der deutschen Küsten. -Helgol. Wiss. Meeresunters. <u>6</u>, 100 - 135

HICKEL, W. (1979): Das Wattenmeer als Sinkstoff-Falle. - Umschau 79, (19), 608 - 609

HUNTER, J. & D.R. ARTHUR (1978):

Some aspects of the ecology of <u>Peloscolex</u> <u>benedeni</u> UDEKEM (Oligochaeta: Tubificidae) in the Thames estuary. -Est. Coast. Mar. Sci. 6, 197 - 208

JAECKEL, S.G.A. (1951): Zur Verbreitung und Lebensweise der Opisthobranchier in der Nordsee. -Kieler Meeresforsch. 8, 249 - 259

JUTTING, (1943): Mollusca C. Lamellibranchia. Fauna Nederland 12, 1 - 477

JØRGENSEN, C.B. (1946): Lamellibranchia
in: G. THORSON, Reproduction and larval development of danish marine bottom invertebrates Medd. Komm. Dan. Fisk.-Havunders. (Plankton)
4, (1), 277 - 311

(1966): Biology of suspension-feeding. - Pergamon Press, London, 357 S.

KAY, D.G. & R.D. KNIGHTS

(1975): The macro-invertebrate fauna of the intertidal soft sediments of south east England. -

J. mar. biol. Ass. U.K. 55, 811 - 832

KEMPE, S. (1980): Abschlußbericht für das Schlickprojekt des FFKI, Teilvorhaben "Geochemische und elektronenmikroskopische Untersuchungen der Schlickbildung im Büsumer Watt".-Unveröffentlicht

- KIRKEGAARD, J.B.
 - (1969): A quantitative investigation of the central North Sea polychaeta. Spolia Zool. Mus. Haun. 29, 1 285
- KÖNIG, D. (1949): Die Ausbreitung des Grases <u>Spartina</u>
 <u>townsendii</u> an der schleswig-holsteinischen
 Westküste und ihre Folgen für die Landeskulturarbeiten. Forschung und Fortschritt <u>25</u>, (7/8)
- KREGER, D. (1940): On the ecology of <u>Cardium edule</u> L. Arch. néerl. Zool. <u>4</u>, 157 200
- KRISTENSEN, I. (1957): Differences in density and growth in a cockle population in the Dutch Wadden Sea.-Arch. néerl. Zool. 12, 351 453
- KRÜGER, F. (1971): Bau und Leben des Wattenwurms Arenicola marina. Helgoländ. Wiss. Meeresunters. 22, 149 200
- KÜHL, H. (1952): Über die Siedlungsweise von Mya arenaria. Zool. Anz., Suppl. 16, 385 391
 - " (1955): Studien über die Klaffmuschel Mya arenaria, 3. Das Junggut. Arch. Fischereiwiss. 6, 33 44
- KUENEN, D.J. (1942): On the distribution of mussels on the intertidal sand flats near Den Helder. Arch. néerl. Zool. 6, 117 157

- LAMMENS, J.J. (1967): Growth and reproduction in a tidal flat population of Macoma balthica (L.) Neth. J. Sea Res. 3, 315 382
- LINKE, O. (1939): Die Biota des Jadebusens. Helgol. Wiss. Meeresunters. 1, (3), 201 348
- LOPEZ, G.R. & L.H. KOFOED (1980):

 Epipsammic browsing and deposit-feeding in

 mud snails (Hydrobiidae).
 J. Mar. Res. 38, (4), 585 599
- LUCK, G. & H.-H. WITTE

 (1979): Erfassung morphologischer Vorgänge
 der ostfriesischen Riffbögen in Luftbildern,

in: DFG-Forschungsbericht: Sandbewegung im Küstenraum. -

Boppard (Boldt) S. 207 - 221

- MANN, H. (1952): Vergleichende Untersuchungen an einigen Muscheln des Watts.Zool. Anz. Suppl. 16, 374 378
- MICHAELIS, H. (1971): Beobachtungen über die Mäander von Scolelepis squamata. Natur & Museum 101, 501 506
- MOORE, B.J. (1937): The biology of <u>Littorina littorea</u>.
 J. mar. biol. Ass. U.K. 21, 721 742
- MÜLLER, C.D. (1960): Fauna und Sediment in der Leybucht.-Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1959 Bd. X
- MUUS, B.J. (1967): The fauna of danish estuaries and lagoons.
 Medd. Dan. Fisk.-Havunders. (n.s.) 5, 1 316

MYERS, A. (1973): Sediment reworking, tube building, and burrowing in a shallow subtidal marine bottom community. Diss., University of Rhode Island, Kingston R.I.

NEWELL, R.C. (1970): Biology of intertidal animals. - Logos Press Ltd., London, 555 S.

OEBIUS, H.U. & H. FENNER

(1979): Analytische und experimentelle Untersuchung der Auswirkung von Flachwasserwellen auf die Reststromkomponente am Meeresboden, in: DFG-Forschungsbericht: Sandbewegung im Küstenraum. Boppard (Boldt), 259 - 272

PALS, G. & E. PAUPTIT

(1979): Oxygen binding properties of the coelomic haemoglobin of the polychaete <u>Heteromastus filiformes</u> related with some environmental factors. Neth. J. See Res. 13, (3/4), 581 - 592

PILKINGTON, M.C.

(1971): The veliger stage of <u>Hydrobia ulvae</u> (Pennant). Proc. Malacol. Soc. London 39, 281-287

- PLATH, M. (1943): Die biologische Bestandsaufnahme als

 Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente

 und die Kartierung der nordfriesischen Watten.
 Westküste, Kriegsheft
- POSTMA, H. (1967): Sediment transport and sedimentation in estuarine environment. In: G.H. LAUFF, Estuaries, Am. Ass. Advancement Science, Washington D.C. 158 179

- RAGUTZKI, G. (1973): Vergleichende bodenphysikalische Untersuchung über die Eigenschaften von Schlick in Verlandungsfeldern. Forschungsstelle Norderney, Jahresbericht 1972, Bd. XXIV, 77 102
- RASMUSSEN, E. (1956): Faunistic and biological notes on marine invertebrates III. Biol. Medd. 23, 1 84
- RAT VON SACHVERSTÄNDIGEN FÜR UMWELTFRAGEN

 (1980): Sondergutachten "Umweltprobleme der
 Nordsee". Kohlhammer, Stuttgart u. Mainz, 503 S.
- REISE, K. (1976): Feinddruck auf die Wattfauna der Nordsee. Diss. Göttingen, 141 S.
 - " (1981): Gutachten zur Bodenfauna im Gebiet der Nordstrander Bucht. Schriftenreihe der Landesregierung SchleswigHolstein 12
- REMANE, A. (1940): Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. In: DAHL, die Tierwelt der Nord- und Ostsee,
 34. Lieferung, 238 S.
- RENFRO, W.C. (1973): Transfer of ⁶⁵Zn from sediments by marine polychaete worms.
 Mar. Biol. <u>21</u>, 305 316
- RHOADS, D.C. & S. CANDE

 (1971): A sediment profil camera for in situ

 study of animal sediment relations.
 Limnol. Oceanogr. 16, 110 114

RHOADS, D.C. & D.K. YOUNG

(1971): Animal - sediment relations in Cape Cod Bay, Massachusetts; II. Reworking by Molpadia oolitica (Holothuroidea). - Mar. Biol. 11, (3), 255 - 261

- RIJKEN, M. (1979): Food and food uptake in Arenicola marina. Neth. J. Sea Res. 13, 406 421
- SCHÄFER, W. (1950): Über Nahrung und Wanderung im Biotop bei der Strandschnecke <u>Littorina</u> <u>littorea</u>. -Arch. Molluskenkd. 79, 1 - 8
 - (1956): Wirkungen der Benthosorganismen auf den jungen Schichtverband. Senckenb. Bd. 37, (3/4), 183 263
 - " (1962): Aktuopaläontologie, nach Studien in der Nordsee. Kramer, Stuttgart, 666 S.
- SCHUSTER, O. (1951): Die Lebensgemeinschaften auf dem Südwatt der Nordsee-Insel Mellum. Senckenb. 32, 49 65
- SIEFERT, W. (1979): Zusammenstellung der wichtigsten
 Meßdaten und Untersuchungsergebnisse 1964 1977 aus dem Sahlenburger Watt. Strom und Hafenbau Hamburg, Forschungsund Vorarbeitenstelle Neuwerk, Studie 41
- SINDOWSKI, K.H. (1961): Einteilung Wattsedimente. Arch. Niedersächs. Landesamt Hannover

- SINDOWSKI, K.H. (1973): Das ostfriesische Küstengebiet. Samml. Geol. Führer 57, 1 172
- SMIDT, E.L.B. (1951): Animal production in the Danish
 Wadden Sea. Medd. Komm. Dan. Fisk.- Havunders. (Fisk.)
 11, (6), 1 151
- STEPHEN, A.C. (1928): Notes on the biology of <u>Tellina</u>

 <u>tenuis</u> da Costa.
 J. mar. biol. Ass. U.K. <u>15</u>, 683 702
- STRAATEN, L.M.J.V. van

 (1956): Composition of shell-beds formed in
 tidal flats environment in the Netherlands
 and in the bay of Arcachon (France). -
- THAMDRUP, H.M.(1953): Beiträge zur Ökologie der Wattenfauna auf experimenteller Grundlage.
 Medd. Komm. Dan. Fisk.-Havunders. (Fisk.)

 10, (2), 1 125
- THIEL, H., M. GROSSMANN & H. SPYCHALA

 (1979): KFKI Schlickprogramm "Einwirkungen
 von Organismen auf den Schlick". Zwischenbericht, unveröffentlicht
- THIEL, H. (1981): Aviturbation eine Hypothese. Seevögel 2, 69 74
- THORSON, G. (1946): Reproduction and larval development of Danish marine invertebrates.
 Medd. Komm. Dan. Fisk.- Havunders. (Plankt.)

 4, (1), 1 523

- THORSON, G. (1957): Bottom communities (Sublittoral or shallow shelf).
 Geol. Soc. America 67, (1), 461 534
- TIEWS, K. (1954): Die biologischen Grundlagen der Büsumer Garnelenfischerei. Ber. Dtsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. 13, (4), 235 269
- TREVALLION, A. (1971): Studies on <u>Tellina tenuis</u> Da Costa III. Aspects of general biology and energy flow.
 J. exp. mar. Biol. Ecol. 7, 95 122
- VAHL, 0. (1972): Porosity of the gill, oxygen consumption and pumping rate in <u>Cardium edule</u> L. (Bivalvia). Ophelia 10, 109 118
- VERWEY, J. (1952): On the ecology of cockle and mussel in the Dutch Wadden Sea, their role in sedimentation, and the source of their food supply.
 Arch. néerl. Zool. 10, 271 239
- WILDE, P.A.W.J. de & E.M. BERGHUIS

 (1971): Spawning and gametic production in

 Arenicola marina in the Netherlands,

 Wadden Sea.
 Neth. J. Sea Res. 13, (3/4), 503 512
- WILLEMSEN, J. (1952): Quantities of water pumped by mussels

 (Mytilus edulis) and cockels (Cardium edule).
 Arch. néerl. Zool. 10, 153 160

WITTE, F. & P.A.W.J. de WILDE

(1979): On the ecological relation between Nereis diversicolor and juvenile Arenicola marina. -

Neth. J. Sea Res. 13, (3/4), 394 - 405

- WOHLENBERG, E. (1937): Die Wattenmeer Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgol. Wiss. Meeresunters. 1, 1 92
- WOLFF, W.J. (1973): The estuary as a habitat. Zool. Verhandl. <u>126</u>, 1 242
- ZIEGELMEIER, E. (1952): Beobachtungen über den Röhrenbau
 von Lanice conchilega (Pallas) im Experiment
 und am natürlichen Standort. Helgol. Wiss. Meeresunters. 4, 107 129

A N H A N G

Datenausdruck Stechrohrproben (Auszug):

| DATTOM | | STATION | SILT (%) | WASSER4 BEDECKUNG (h) HYDROBIA | LITTORINA | RETUSA | CERASTODERMA | MYTILUS | MACOMA | MYA | ETEONE | ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA PELOSCOLEX | DIATOMEEN (%) | PFLANZEN- BEDECKUNG (%) |
|--|--|----------------------------------|----------|---|---------------------------------|--------|---------------------------------|---------|------------|-----|--|---|-------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------------------|---|--|---------------|----------------------------|
| 2010. 2010. 2010. 2010. 2010. 2010. | 7 1001 7 1002 7 1003 7 1004 7 1005 7 1006 7 1008 7 1009 | .1 .1 .1 .1 | | 30 200 12000 65 260 129000 5900 | 20 0 460 66 | | 20 0 66 200 130 130 | | 800 | | 330 660 200 400 | 130 260 530 | 66 | | | 66 | | 66 | 1000 1400 200 3050 200 66 | 28 0 0 0 46 0 6 6 | | |
| 2010. | 7 1010 7 2001 | .1 | | 1500 6400 | C | | | | 20 0 | | 130 330 | | 4 60 | 66 | | 130 | 130 | 1 30 | 3600 800 | 130 16200 | | |
| 2010.7 2010.7 2010.7 2010.7 2010.7 2010.7 2010.7 2010.7 | 7 20 02 7 20 03 7 20 04 7 20 05 7 20 06 7 20 07 7 20 08 7 20 09 7 20 10 7 20 11 | .1 .1 .1 .1 .1 .1 | | | 265 800 130 66 1400 | 3 30 | 66 3 30 5 30 6 6 | | 6 6 | | 330 265 200 330 130 400 330 66 130 | 66 66 66 | 66 66 130 200 265 | 130 460 | 130 | 200 | 20 0 130 930 320 0 | 66 200 130 330 | 800 2000 | 8000 660 800 130 1200 200 | | |
| 711.7 711.7 711.7 711.7 711.7 711.7 711.7 | 7 1001. 7 1002. 7 1003. 7 1004. 7 1005. 7 1006. 7 1008. 7 1009. | 1 1 1 1 1 1 1 | | 24700 160000 75300 53000 95100 9400 4400 200 100 700 | 100 | 400 | 100 500 100 100 | | 1400 | | 800 200 400 300 100 | 400 1200 100 200 100 100 | 100 | 100 100 | | 200 | 2500 100 600 | | 1900 800 400 200 3500 100 200 | 18000 1700 100 | | |
| 711,7 711,7 711,7 711,7 | 1011. 20 01. 20 02. 20 10. 20 11. 20 12. | 1 | | 1400 28200 69800 400 | 100 | | | | 400 100 | | 100 100 | 100 | 800 | 100 | 200 | | | | 250 0 330 0 1230 5200 100 2600 | 2050 0 540 0 | | |

| DATTOM | STATION | SILT (%) | WASSERT BEDECKUNG (h) | HYDROBIA | LITTORINA | RETUSA | CERASTODERMA | MYTILUS | MACOMA | МУА | ETEONE | ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA | PELOSCOLEX |
|--------------------|--------------|----------|--------------------------|----------------|-----------|--------|--------------|---------|--------|--------------|--------|-----------|--------|---------|-----------|-----------|----------|--------|--------------|------------|--------------|
| 50.557.20 | (0.00± 0.00± | | 200 2 | 1 22242 | | - | 524.2 | | 5 134 | | | | | | | | | | | | |
| 2908.78 2908.78 | 1001.1 | | 11.5 | | | | 200 | | 1800 | | 200 | 1. | 400 | | 20 0 | | 1500 | | 1000 3200 | | 1700 |
| 2908.78 | 1002.1 | | | 110400 | | | 1000 | | 20 0 | | | | | | | | 800 | | 2000 | | |
| 2908.78 | 1002.2 | 9 | 10.0 | 44600 | | | 1000 | | 1400 | | 200 | 7.1 | | | | | 200 | | 1600 | | |
| 2908.78 | 1003.1 | | 10.0 | | | | 600 | | 12/20 | | 400 | | | | | | 200 | 200 | | 1200 | 4600 |
| 2908.78 2908.78 | 1003.2 | | 10.0 | | 200 | | 20.00 | | 200 | | 400 | | 200 | | 20.0 | | 400 | | | 1200 | |
| 2908.78 | 1004.2 | | | 100000 | | | 2000 | | 400 | | 200 | 200 | 200 | | 20 0 | | 200 | | 200 | | 20 0 40 0 |
| 2908.78 | 1005.1 | | 14.0 | | | | 400 | | 300 | | 20 0 | | | | 20 0 | | 1000 | | 2200 | | 200 |
| 2908.78 | 1005.2 | | 14.0 | 3200 | | | | | | | 1000 | | | | 80.0 | | 200 | 0 - | | 1200 | |
| 2908.78 | 1006.1 | | 12 5 | 188000 | | | 200 | | | | | | | | | | | | | 1000 | 2400 |
| 2903.78 | 1006.2 | | | 125000 | | | 200 | | 1000 | | | 200 | | | | | | | | 1200 | 2400 |
| 2908.78 | 1007.1 | | 12.5 | 121000 | | | | | | | | | 400 | | | | | | 1000 | 200 | 200 |
| 2908.78 | 1007.2 | | 12.5 | 60000 | | | | | | | 600 | | | | | | 800 | | 600 | | |
| 2908.78 | 1008.1 | | 11.5 | 24000 | | | | | 5.4 | | 20 0 | 200 | | | | 72.1 | 800 | | | 2002 | |
| 2908.78 | 1008.2 | | 11.5 | 24000 | | - | 400 | | 200 | | | 200 | | | | 20 0 | 600 | 200 | | 1400 | 2 24 2 |
| 2908.78 | 1010.1 | | 14.0 | 2800 | | | 400 | | 200 | | | 400 | | 200 | | | 13000 | | 2000 | | 2 20 0 |
| 2908.78 | 1010.2 | | 14.0 | 200 | | | 200 | | 200 | | | 400 | | 200 | | | 2800 | | 2 20 0 | | |
| 2908.78 | 1011.1 | | 18.5 | 5800 | | | | | | | 400 | | 200 | | | | 1200 | | 4000 | 6200 | 200 |
| 2908.78 | 1011.2 | | 18.5 | 20 0 | | | | | 20 0 | | 200 | | 400 | | | | 1000 | | 1400 | 400 | |
| 2908.78 | 2001.1 | | 2.0 | 37600 | | | 1000 | | 200 | | 400 | | 200 | | | | 600 | | 200 | 800 | 2 20 0 |
| 2908.78 | 20 01 .2 | | 2.0 | 64000 | | | 33.73 | | 200 | | 800 | | 600 | | | | | | 1400 | | 14000 |
| 2908.78 | 20 02.1 | | 5.0 | 400 | | | | | 85 | | 400 | | 200 | | 20 0 | | 1600 | | 1200 | 800 | |
| 2908.78 2908.78 | 2002.2 | | 7.0 | 14000 15200 | | | 200 | | 20 0 | | 20 0 | | 600 | | | | 1200 | | 2000 | | 9600 |
| 2908.78 | 2004.1 | | 9.0 | 48000 | | | 1000 | | 600 | | 20 0 | 200 | 200 | | | | 1000 | | 2000 600 | 200 800 | 9200 |
| 2908.78 | 2004.2 | | 9.0 | 58200 | | | 1000 | | 800 | | 20 0 | 200 | 200 | | | | 1600 | | 600 | 800 | 1800 |
| 2908.78 | 2005.1 | | 11.5 | 57400 | | | 1600 | | 200 | | 200 | | 200 | 200 | | | 400 | | 400 | 200 | 800 |
| 2908.78 | 2005.2 | | 11.5 | 31400 | | | 1600 | | 400 | | 20 0 | 200 | | | | | 800 | | | 200 | 800 |
| 2908.78 | 20 06 . 1 | | 13.0 | 46600 | | | 2000 | | 200 | 200 | | 400 | 200 | 200 | | | 5000 | 800 | 200 | 400 | 200 |
| 2908.78 | 2006.2 | | 13.0 | 27000 | | | 2800 | | 1600 | 600 | | 400 | 200 | 200 | | | | 1200 | 200 | 400 | 20 0 |
| 2908.78 | 2007.1 | | 14.0 | 5 2 20 0 | | | 3600 | | | 400 | | | | | | | | No. | 2000 | | |
| 2908.78 | 2007.2 | | 14.0 | 27400 | | | 7800 | | | 1800 | 400 | 1000 | 200 | 200 | | 200 | | | 5600 | 1202 | |
| 2908.78 | 2008.2 | | | 174000 | | | 1800 | | | 1200 1600 | | 200 | 400 | 200 | | | 11400 | 2800 | 1200 | 600 | 400 |
| 2908.78 | 2009.1 | | 14.0 | 1400 | | | .4000 | | 1400 | 1000 | 20 0 | | 400 | 400 | | | 400 | | 3400 2600 | 400 | |
| 2908.78 | 2009.2 | | 14.0 | 5400 | | | 400 | | 800 | | 20.0 | | 400 | | | | 3000 | 2400 | 8400 | 200 | |
| 2908.78 | 2010.1 | | 14.0 | 3.7.7 | | | | | 200 | | | | | | | | 800 | | 800 | | |
| 2908.78 | 9.1 | 10 | 13.0 | 1100 | | | | | | | | 100 | | | | 800 | 1400 | | 200 | 200 | |
| 2908.78 | 10.1 | | | 100 | | | | | | | | | 100 | | | | 2000 | | 2400 | 1100 | 100 |
| 2908.78 | 57.1 | 25 | 21.5 | | | | 7.7 | | | | 200 | | 300 | | | 100 | 7 | 4000 | 4400 | 100 | 3000 |
| 2908.78 | | | 16.0 | | | | 300 | | 200 | | 200 | 4.5.4 | 400 | | | 300 | | 20 00 | 7500 | 100 | 1100 |
| 2908.78 2908.78 | | | 15.5 | 100600 | | | 2200 | | 1200 | | | 100 | 600 | 20.0 | | 1300 | | 3 30 0 | 8600 | 4000 | 400 |
| 2300,10 | 04.1 | 3,3 | 24.0 | 10000 | | | 2200 | | 1100 | | | | 100 | 200 | | | | 600 | 500 | | 900 |

PFLANZEN-BEDECKUNG (%)

DIATOMEEN (%)

| | | | 3 | | | | MA | | | | | | | | | | | | S | | | 9 |
|------------|---------|----------|---------|-----------------|-----------|--------|----------------|---------|---------|-----------|--------|-----------|--------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|--------------|------------|------------|---------------|
| DATUM | STATION | SILT (%) | WASSERT | HYDROBIA | LITTORINA | RETUSA | CERASTODERMA | MYTILUS | МАСОМА | MYA | ETEONE | ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA | PELOSCOLEX | DIATOMEEN (%) |
| 20 09 .78 | 12.1 | 25 | 10.0 | 70600 | 1000 | | 300 | | 100 | | | 100 | 100 | | | | | | 242 | | | |
| 20 09 . 78 | 2.1 | | | | | 100 | | | 200 | | 20 0 | 100 | 100 | | | | 1700 | | 100 | 1100 | 1000 | |
| 2009.78 | 3.1 | | 11.5 | | 1400 | | 3 30 0 | | 20 0 | | 600 | 400 | 100 | | | | 800 | | 2500 | 100 | 200 | |
| 2009.78 | 4.1 | | | 191800 | | 500 | 3 30 0 | | 600 | | 100 | | 100 | | | | 000 | 100 | 1600 | 500 | 800 | |
| 2009.78 | 5.1 | | 13.0 | | | | 3700 | | 400 | | 44.4 | 400 | 100 | | | | 1200 | | 400 | 200 | 500 | |
| 2009.78 | 6.1 | | | 239200 | | | 3400 | | 700 | | | 200 | 100 | | | | 300 | | 2500 | - | | |
| 2009.78 | | | | 249400 | | | 400 | | | | | 100 | 100 | | | | | 100 | 700 | | | |
| 20 09 . 78 | | | 11.5 | 5800 | | | | | | | | | | | | | 700 | | | 200 | | |
| 2009.78 | 11.1 | | 10.0 | | | 1000 | 800 | | 1000 | | 200 | 100 | | | | | 6200 | | 600 | 1300 | 1400 | |
| 2009.78 | 12.1 | 25 | 10.0 | 38800 | 1000 | 100 | 300 | | 100 | | | | | | | | 6100 | y 1 | 300 | 400 | , | |
| 2009.78 | 13.1 | 25 | 11.5 | 88200 | | | 4000 | | 900 | 200 | 300 | 700 | | | | | 600 | | 2600 | 400 | | |
| 2009.78 | | | 14.0 | | | 100 | 3500 | | 400 | 100 | 300 | 700 | | | | | 100 | | 2700 | 400 | 5000 | |
| 2009.78 | 15.1 | | 15.0 | | | 1753 | 6900 | | 2 20 0 | 300 | 300 | 300 | | | | 200 | | | 5000 | | 100 | |
| 2009.78 | 16.1 | 10 | 14.0 | 423100 | -11 | | 6700 | | 800 | | | | | | | | 100 | | 1300 | 100 | 100 | |
| 2009.78 | | | | 521100 | | | 400 | | 300 | | | 100 | | 100 | | | 100 | | 100 | | | |
| 20 09 .78 | | | 13.0 | 6500 | | | 4300 | | | | | 100 | | 1000 | | 100 | | 200 | | | | |
| 2009.78 | | | 14.0 | 500 | | 40 | | | | | | | | | | 400 | 800 | | 100 | | | |
| 20 09 .78 | | | 21.5 | | | | | | uz char | بالاحتماد | | | | | | | | 800 | 2200 | 100 | 200 | |
| 20 09 .78 | | | 10.0 | 39900 | | 300 | 1300 | | 20 0 | 200 | -270- | | | | | | 1800 | | 400 | | 900 | |
| 20 09 . 78 | 22.1 | 10 | 10.0 | 30000 | 100 | | 1900 | | 100 | | 100 | | | | | | 0900 | | 100 | 200 | | |
| 2009.78 | 23.1 | 25 | 12.5 | 78600 | | 20 0 | 6000 | 1 | 3 20 0 | | 700 | | | | | - | 3700 | | 3400 | 100 | | |
| 2009.78 | | | 14.5 | 520 00 | | 100 | 4000 | | 800 | | | | 100 | | | | 400 | 200 | 3 30 0 | | 200 | |
| 2009.78 | | | 16.5 | 45000 | | | 5500 | | 2300 | 500 | 500 | 100 | | 100 | | | 100 | | 8000 | 700 | 2400 | |
| 2009.78 | 26.1 | | | 242400 | | | 8800 | | 1100 | | 100 | | 500 | | | | | | 10700 | | 900 | |
| 2009.78 | 27.1 | | | 523500 | | | 7100 | | 800 | | | 200 | 100 | | | | | 1200 | 4200 | 200 | 200 | |
| 20 09 .78 | 29.1 | | 14.5 | 84800 5100 | | | 2000 | | 300 | | | | co. | 400 | | | 500 | 100 | 1900 | | | |
| 2009.78 | 30.1 | | | 100 | | | | | 100 | | | | 100 | | | | 100 | 800 | 3100 | 900 | | |
| 20 09 . 78 | 31.1 | | | 900 | 200 | 100 | 400 | | 900 | 100 | 600 | 200 | | | | | 2500 | 800 | 600 | 20.0 | 200 | |
| 2009.78 | 32.1 | | 11.5 | 29400 | 500 | 100 | 3800 | | 300 | 400 | 20 0 | 200 | | 100 | | | 4200 | | 1200 | 300 500 | 200 300 | |
| 2009.78 | 33.1 | 25 | 14.0 | 00000 | 100 | | | | 111 | | | | | | | | | | | 7.52 | | |
| 2009.78 | 37.1 | | | 80000 673500 | 100 | | 2300 | | 800 | | | | | Lesius. | | | 300 | Section . | 700 | 10000 | 100 | |
| 2009.78 | 38.1 | | | 39100 | 100 | | 50 00 420 0 | | 0000 | 100 | 100 | | | 200 | | | 100 | 1600 | 7600 | 100 | 1400 | |
| 2009.78 | 39.1 | | | 200 | 100 | | 200 | 20 0 | 700 | | | | | 100 | | | 100 | 400 | 4300 | 100 | 400 | |
| 2009.78 | 52.1 | | 10.0 | 18300 | 400 | 100 | 2600 | | 300 | 100 | 100 | | | | | | 100 | 300 | 3600 | 300 | 400 | |
| 2009.78 | 84.1 | | 7.0 | 69400 | 100 | | 1700 | | 100 | 100 | 100 | | | | | | 2800 | 100 | 800 | 200 | 300 100 | |
| 20 09 . 78 | 101.1 | 10 | 2.0 | 10400 | | | 4000 | 1 | 300 | | | | 400 | | | | 9900 | 100 | 800 | 100 | 200 | |
| /1104.79 | 1002.1 | | 6.5 | 13700 | | | | - | | | | | | | | | - 500 | | | 100 | 2800 | |
| 1104.79 | 1003.1 | | 6.5 | 2000 | | | | 1 | 000 | | | | | | | | | | 300 | | 100 | |
| 1104.79 | 1004.1 | 10 | 8.0 | 61000 | | | | | 10.15 | | | | | | | | | | 12.7 | | 17.27 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

PFLANZEN-HEDECKUNG (%)

| | | | 1 | | | < | | | | | | | | | | | | | | | - 3 |
|--|--|----------------------|--------------------------|---|------------------------|--|---------|---------------------------------------|-----|--------|-----------|---------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------------------------------|--------|---|-----------|--|---------------|
| DATUM | STATION | SILT (K) | RAT | HYDROBIA | LITTORINA | RETUSA CERASTODERMA | MYTILUS | MACOMA | MYA | ETEONE | ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA | PELOSCOLEX | DIATOMEEN (%) |
| 1104.79 1104.79 1104.79 1104.79 1104.79 | 1002.1 1003.1 1004.1 1005.1 | 1 10 | 0 6.5 0 8.0 5 9.5 | 20 00 610 00 770 00 | | | | 1000 | | | | | | | | | | 30 C | | 2800 100 | |
| 1104.79 1104.79 1104.79 1104.79 1104.79 | 1007.1 1008.1 1009.1 1010.1 1011.1 | 10 | 7.5 7.0 7.5 9.5 | 14300 20000 100 500 | | | 0. | 100 | | 100 | | | | | 100 | 200 700 | | 100 | è | 20 0 100 | |
| 1104.79 1104.79 1104.79 1104.79 1104.79 | 51.1 52.1 53.1 58.1 59.1 | 10 10 | 7.5 | 7800 187200 200 | 650 0 240 0 40 0 | 2600 600 400 200 1000 | | 400 400 400 | | 200 | | | | 20 0 | | 8400 400 1000 800 | | 100 2600 600 1800 4200 | | 1000 200 400 5000 400 | |
| 2105.80 2105.80 2105.80 2105.80 2105.80 2105.80 | 53.2 54.1 54.2 55.1 | 35 35 35 35 | 10.0 | 149800 109000 42800 123400 39200 62400 | 400 800 400 | 1620 0 1800 600 2600 220 0 | | 120 0 1000 60 0 40 0 40 0 | | | 200 | 400 600 600 800 200 | 200 | | | 800 1000 200 600 2200 | 200 | 6200 14800 27400 23400 20800 12200 | 200 | 800 200 6200 4400 3200 2400 | |

PFLANZEN-BEDECKUNG (%)

| ВАТОМ | STATION | SILT (%) | WASSER1 BEDECKUNG (h) | | LITTORINA | RETUSA | CERASTODERMA | MYTILUS | MACOMA | MYA | ETEONE | . ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA | PELOSCOLEX | DIATOMEEN (%) | PFLANZEN- BEDECKTING (%) |
|--------|--------------|----------|--------------------------|------------------|-----------|--------|--------------|---------|--------|-----|--------|-------------|--------|---------|-----------|-----------|----------|--------|--------------|-------------|--------------|---------------|--------------------------|
| 406.80 | 52.1 | 25 | 9.5 | 600 | 400 | | 20 0 | | | | | | | | - 4 | | | | | | | | |
| 406.80 | 52.2 | 10 | 9.5 | 3200 | | 20 0 | 20 0 | | | 800 | 200 | | 20 0 | | | | 3000 | | 7800 | 2400 | 1000 | | |
| 406.80 | 53.1 | 35 | 11.0 | 99000 | | | 800 | | 600 | 200 | 200 | | | | | | 1800 | | | 9000 | 2600 | | |
| 406.80 | 53.2 | 25 | 11.0 | 322400 | | 400 | 1800 | | 1200 | 200 | | | 400 | | | | 2000 | | 11400 | | 4000 | | |
| 406.80 | 54.1 | 35 | 12.5 | 162400 | 400 | | 20 00 | | 20 0 | 200 | | | 400 | | | | 1400 | | 11600 | | 8200 | | |
| 06.80 | 55.1 | 35 | 13.0 | 191400 | 7600 | 42.70 | 2600 | | 1600 | 200 | | | 400 | | 20 0 | | 1000 | | 17200 | 12.12 | 20 0 | | |
| 06.80 | 55.2 | 35 | 13.0 | 830 00 7520 0 | | 200 | 4200 | | 200 | | | | 20 0 | | 200 | | 1000 | 1000 | 13400 | 400 | 3200 | | |
| 06.80 | 56.1 | 35 | 14.5 | 32400 | 600 | | 1600 | | 1800 | 400 | | | 600 | | | | 400 | 1000 | 13600 | 600 | 6600 | | |
| 06.80 | 56.2 | 35 | 14.5 | 88600 | 200 | | 2 20 0 | | | 200 | | | 1000 | | | | 200 | | 29 000 | 400 2400 | 1800 6200 | | |
| 25 17 | | | | 777.50 | 200 | | | | 1600 | | 200 | | 200 | | | | 1000 | 400 | 18800 | | 20400 | | |
| 06.80 | 57.1 | 35 | 14.5 | 3800 | | | 800 | | 600 | | 200 | | | | | | | | | 200 | 20400 | | |
| 06.80 | 57.2 | 35 | 14.5 | 3400 | | | 1600 | | 600 | | 200 | | 20.0 | | | | 600 | | 23400 | 600 | 5000 | | |
| 06.80 | 58.1 | 25 | 14.0 | 5050 | | | CAAD. | | 800 | | 400 | | 200 | | | | 400 | 200 | 27200 | | 9200 | | |
| 06.80 | 58.2 | 25 | 14.0 | 2400 | | | | | 1600 | 200 | 400 | | 200 | | | 200 | 600 | 200 | San Salar | 800 | 3400 | | |
| 06.80 | 59.1 59.2 | 25 | 14.5 | 1800 | | | 200 | | 20 0 | 200 | | | 400 | | | 200 | 20 00 | | 24200 | | 4200 | | |
| 06.80 | 60.1 | 10 | 19.5 | | | | 5.270 | | 1200 | | | 200 | .00 | | | | 200 | | 20600 | 400 | 200 | | |
| 06.80 | 60.2 | 10 | 18.5 | | | | 400 | | 400 | 200 | | 200 | | | | | 200 | | 15800 | 200 | 1400 | | |
| | 22.5 | | | | | | | | 1200 | | 200 | | | | | | 200 | 200 | 14100 | 200 | 1200 | | |

| Матом | STATION SILT (%) | HYDROBIA | LITTORINA | RETUSA | CERASTODERMA | MYTILUS | MACOMA | MYA | ETEONE | ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA | PELOSCOLEX | DIATOMEEN (%) | PFLANZEN- BEDECKUNG (%) |
|--|--|--|-----------|--------|--------------|---------|--|-------------------|---|-----------|--|---------|-----------|-----------|---|--|--|-------------------|---|---------------|----------------------------|
| 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 | 30 01.1 10 30 01.2 10 30 02.1 35 30 02.2 25 30 03.1 25 30 03.2 25 30 04.1 25 30 04.2 25 30 05.1 35 30 05.2 35 | 4600 4400 10400 14800 32200 25800 800 400 16800 26600 | | 20 00 | 200 | | 240 0 220 0 1 20 0 20 00 14 00 2 20 0 20 00 12 00 20 0 | 400 | 800 | 200 | 400 200 200 200 200 200 200 400 | | | 200 | 30 00 1800 2000 1800 20 0 40 0 80 0 40 0 20 0 | | 3200 1000 1000 1800 4600 4400 2600 3000 1400 | 400 200 | 1400 1000 5600 2800 1800 7200 3600 1000 1400 200 | | |
| 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 606.80 | 30 06.1 35 30 06.2 35 30 07.1 35 30 07.2 25 30 08.1 10 30 08.2 10 30 09.1 10 30 10.2 10 | 620 00 47600 20000 46000 1200 200 3800 15800 61400 230 00 | | | 800 200 | | 1800 1400 1600 1600 1200 1800 1000 1600 1400 | 200 200 600 | 20 0 240 0 80 0 140 0 60 0 140 0 80 0 120 0 180 0 | | 200 400 400 200 200 | 20 0 | | | 800 600 600 1600 400 3800 200 1200 | 5400 6800 1800 2000 2000 400 200 1000 | 32 00 5400 2400 2000 2400 | 600 400 200 | 2400 6600 600 200 200 200 | | |

| DATUM | STATION | SILT (%) | WASSER1 BEDECKUNG (h) | BIA | LITTORINA | RETUSA | CERASTODERMA | MYTILUS | MACOMA | MYA | ETEONE | ANAITIDES | NEREIS | NEPHTYS | ARENICOLA | SCOLOPLOS | PYGOSPIO | THARYX | HETEROMASTUS | CAPITELLA | PELOSCOLEX | DIATOMEEN (%) | PFLANZEN- BEDECKUNG (%) |
|---------|---------|----------|--------------------------|--------|-----------|--------|--------------|---------|--------|-----|--------|-----------|--------|---------|-----------|-----------|----------|--------|--------------|-----------|------------|---------------|----------------------------|
| 1509.80 | 52.1 | 10 | 10.5 | 128600 | | | 600 | | 800 | | | | 20.0 | | | | | | | | | | |
| 1509.80 | 52.2 | 10 | 10.5 | 57200 | 200 | | 20 0 | | 20 0 | | 600 | 200 | 20 0 | | | | 1000 | | 5400 | 400 | 200 | | |
| 1509.80 | 53.1 | 25 | 12.5 | 72400 | 20.0 | 400 | | | 600 | | 200 | 200 | | | | | 800 | | 4200 | 200 | 1200 | | |
| 1509.80 | 53.2 | 25 | 12.5 | 101000 | | 200 | | | 1000 | | 200 | 600 | | | | | an alon | | 6600 | 200 | 1000 | | |
| 1509.80 | 54.1 | 35 | 14.0 | 102200 | 100 | 300 | | | 200 | | 600 | | 600 | | | | 200 | | 11800 | 400 | 800 | | |
| 1509.80 | 55.1 | 35 | 14.0 | 39800 | 3 | 300 | 6800 | | | | | | 400 | | | | | | 12200 | 400 | 800 | | |
| 1509.80 | 55.2 | 35 | 14.0 | 21800 | - | | 8600 | | 600 | | 20.0 | | 200 | | | | | | 19400 | | 4800 | | |
| 1509.80 | 56.1 | 35 | 16.0 | 26600 | | | 9000 | | 200 | | 20 0 | | 600 | | | | | 200 | | | 1800 | | |
| 1509.80 | 57.1 | | | | | | 1000 | | 200 | 100 | | | 400 | | | | | | 11600 | | 1000 | | |
| 1509.80 | 58.1 | - | 15.5 | 13400 | | | 500 | | 200 | 100 | | | 1200 | | | | | | 20000 | 200 | 300 | | |
| 2191133 | | | 44.0 | 13400 | | | 20.0 | | 300 | 800 | 100 | | 100 | | | | 200 | 100 | 14500 | 23.44 | 800 | | |
| 1509.80 | 59,1 | | 16.0 | 1700 | | | 400 | | | | 100 | | | | | | | | 200 | | | | |
| 1509.80 | 60.1 | | 18.5 | 1700 | | | 300 | | 400 | | 100 | | 200 | | | | 200 | 100 | 9800 | | 1200 | | |
| 1000 | | | | | | | 300 | | 400 | | 100 | | 200 | | | | | | 13800 | | 100 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |