

# Schlickuntersuchungen im Wattenmeer der Deutschen Bucht – Zwischenbericht über ein Forschungsprojekt des KFKI

Von Klaus Figge, Rolf Köster, Hjalmar Thiel und Peter Wieland

## Zusammenfassung

Das Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT) fördert gegenwärtig durch das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) ein interdisziplinäres Forschungsvorhaben, das sich mit dem Schlick der Watten in der Deutschen Bucht befaßt. Schlick als marines Ablagerungsmaterial ist zwar im großen und ganzen bekannt, jedoch gibt es bisher keine allgemeingültige wissenschaftliche Definition, die diesen Sedimenttypus charakteristisch beschreibt. In dem Forschungsvorhaben versuchen Hydrologen, Geologen und Biologen gemeinsam, die Schlickverteilung in zwei Testfeldern der Nordseewatten zu erfassen, die Bedingungen der Schlicksedimentation und der Schlickbildung zu erkennen und Merkmale für eine Definition zu erarbeiten. Dieser Bericht gibt eine kurze Einführung in das Forschungsvorhaben, definiert die Probleme und faßt einige erste Ergebnisse zusammen.

## Summary

*At present, the Ministry of Research and Technology of the Federal Republic of Germany funds a research project on muds in the wadden sea of the German Bight via the Board for Research in Coastal Engineering (KFKI). Mud as a marine sedimentation material is well known, however, no generally accepted scientific definition exists for the characterization of this sediment type. Within the project hydrologists, geologists, and biologists try together to map the distribution of muds in two test-areas in the German wadden sea, to elucidate the conditions for mud sedimentation and mud development, and to find characteristics for a mud definition. This report introduces the project, defines problems and gives some first results.*

## Inhalt

|  |     |
|--|-----|
| 1. Einleitung . . . . .  | 187 |
| 2. Das Sahlenburger Watt . . . . .   | 189 |
| 3. Morphologische Veränderungen der Watten in der Dithmarscher Bucht . . . . . | 189 |
| 4. Geologische Untersuchungen . . . . .  | 190 |
| 4.1 Begriffsbestimmung „Schlick“ . . . . .                                     | 190 |
| 4.2 Die Sedimente der Dithmarscher Bucht . . . . .                             | 192 |
| 5. Biologische Untersuchungen . . . . .  | 198 |
| 5.1 Die Auswirkungen der Organismen auf das Sediment . . . . .                 | 198 |
| 5.2 Organismenbestände im Büsumer Watt . . . . .                               | 200 |
| 6. Ausblick . . . . .  | 203 |
| 7. Schriftenverzeichnis . . . . .  | 204 |

## 1. Einleitung

Im Küsteningenieurwesen stellte die Frage nach den Gesetzmäßigkeiten der Schlicksedimentation schon immer ein Problem dar, das früher häufig primär unter dem Aspekt der

Baggerkosten für die Entfernung unerwünschter Schlickanhäufungen gesehen wurde. Auch heute spielen finanzielle Erwägungen im Zusammenhang mit Schlickfragen eine wichtige Rolle. Mit steigendem Umweltbewußtsein rückt jedoch in immer stärkerem Maße die ökologische Bedeutung des Schlicks und auch seine Fähigkeit, Schadstoffe zu adsorbieren, in den Vordergrund. Es erschien dem Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) daher angebracht, dieses Problem wieder aufzugreifen und eine Arbeitsgruppe mit der Untersuchung der Schlicksedimentation an der deutschen Nordseeküste zu beauftragen.

Zum Thema Schlick existiert bereits eine umfangreiche Literatur, zu der auch viele hervorragende Arbeiten aus dem deutschen Raum gehören. Dennoch sind die Kausalitäten der Schlicksedimentation bis heute weitgehend ungeklärt. Das mag zum Teil auf fehlende Messungen oder auf technische Meßprobleme zurückzuführen sein, im wesentlichen aber auf die Schwierigkeit, die komplexen und komplizierten Wechselwirkungen geologischer, biologischer, chemischer und hydrographischer Parameter zu erkennen und zu verstehen. Es gibt noch nicht einmal eine verbindliche und allgemein anerkannte Definition für dieses Sediment. Einigkeit besteht weitgehend darin, daß zu seiner Beschreibung die folgenden Größen herangezogen werden müssen:

- Korngröße (d. h. Feinkörnigkeit),
- Wassergehalt,
- bodenmechanische Eigenschaften (die ihrerseits wieder stark vom Wassergehalt abhängig sind),
- Gehalt an organischer Substanz,
- biologischer Inhalt,
- chemische Eigenschaften (wobei das Schwergewicht auf der organischen Chemie liegt).

Für den Ablagerungsmechanismus sind außerdem zu berücksichtigen:

- Zufuhr von geeignetem Material,
- hydrographische Eigenschaften des Wassers (Bewegung, Salzgehalt, Temperatur),
- chemische und biologische Einflußgrößen bei der Fixierung der Partikel.

Damit wird deutlich, daß die Untersuchung eines solchen Sediments, und zwar seiner Eigenschaften und seiner Entstehungsbedingungen, nicht von Einzelforschern durchgeführt werden kann und sollte, sondern vielmehr durch eine Gruppe, der Vertreter der verschiedenen betroffenen Disziplinen angehören. Dieser Erkenntnis wurde auch beim Schlickprojekt des KFKI Rechnung getragen, in dem Küsteningenieure, Geologen, Biologen und Chemiker aus Behörden, Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen eng zusammenarbeiten.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der Wattgebiete an der deutschen Nordseeküste fällt die ungleichmäßige Verteilung der mit feinkörnigem Material bedeckten Flächen auf. Oftmals finden sich in morphologisch und hydrographisch scheinbar völlig gleichartigen Gebieten sandige und „schlickige“ Sedimente dicht nebeneinander. Zu dieser räumlichen Variabilität tritt häufig noch eine zeitliche, ortsgebundene. Um bei einer Erforschung des Sedimentationsmechanismus solche lokalen und zeitlichen Effekte auszugleichen, wäre es zweckmäßig und wünschenswert, die Untersuchungen auf ein größeres Areal und über einen längeren Zeitraum auszudehnen. Das ist bei den vorhandenen personellen und finanziellen Mitteln nicht möglich. Aus diesem Grunde wurden die Arbeiten des KFKI auf die Dauer von drei Jahren beschränkt und auf zwei Gebiete konzentriert, von denen angenommen werden kann, daß sie für einen größeren Küstenstreifen repräsentativ sind. Ein weiteres Kriterium für die Gebietsauswahl war das Vorhandensein detaillierter Kenntnisse aus früheren oder noch laufenden Untersuchungen. Diese Vorbedingungen schienen am besten erfüllt in der Dithmarscher Bucht südlich von Büsum als Beispiel für ein typisches „rechts-elbisches“ Wattgebiet

und im Sahlenburger Watt zwischen Cuxhaven und Neuwerk, in dem der Einfluß der großen Ästuarie Elbe und Weser sicher eine andere Bedeutung als bei Büsum hat. Die Ästuarie selbst sollen in einem gesonderten Programm untersucht werden.

Die Arbeiten wurden finanziell durch den Bundesminister für Forschung und Technologie unterstützt. Sie begannen im Spätherbst 1977. Erschwernisse traten im untypischen, eisreichen Winter 1977/78 auf, der auch auf dem Watt seine Spuren hinterlassen hatte.

## 2. Das Sahlenburger Watt

Die Untersuchungen im Sahlenburger Watt konnten sich auf langjährige Messungen der Forschungs- und Vorarbeitenstelle Neuwerk (SIEFERT, 1979) stützen und diese zum Teil fortsetzen. Das Schwergewicht lag auf der Fragestellung nach einer Abhängigkeit der Sedimentart und des Sedimentationsgeschehens (Sedimentation/Erosion) von Seegangenergie und Seegangrichtung. Hierzu wurden auf zwei Profilen im Abstand von 14 Tagen Proben genommen, während gleichzeitig Windstärke und -richtung, Wasserstand und Strömung registriert wurden.

Die Ergebnisse ließen eindeutig erkennen, daß enge Beziehungen zwischen Windrichtung und -energie auf der einen Seite und dem Feinkorngehalt der Sedimente auf der anderen Seite bestehen. Die Zusammenhänge gehen so weit, daß aufgrund bestimmter Wetterlagen Aussagen über den Sedimenttyp eines Gebietes möglich sind. Die Ergebnisse korrespondieren sehr gut mit denen, die GÖHREN (1970) bei feinnivellitischen Messungen von Höhendifferenzen gewann. Über die neuen Untersuchungen im Sahlenburger Watt berichten in diesem Heft REINECK u. SIEFERT.

## 3. Morphologische Veränderungen der Watten in der Dithmarscher Bucht

Aus dem Gebiet der Dithmarscher Bucht lag umfangreiches Material über längerfristige morphologische Entwicklungen vor, das es erlaubt, die derzeitigen Vorgänge in das Gesamtse dimentationsgeschehen einzubinden und auf ihre Signifikanz hin zu beurteilen. Dazu wurden zunächst auf der Grundlage von Watthöhenkarten im Maßstab 1 : 10000 mit Höhenstufungen von 10 cm (bzw. 50 cm unter NN - 1,5 m) Bilanzierungen vorgenommen. Den Bezugshorizont bildete die Prieluferlinie (NN - 0,5 m). Für den darüberliegenden Bereich wurden Wattflächen und Wattvolumina, für den darunterliegenden Teil Wasserflächen und Wasservo-

Tabelle 1

Entwicklung der Wattflächen (F) und der Wattvolumina (V) in der Dithmarscher Bucht zwischen 1942 und 1976, bezogen auf die NN - 0,5-m-Linie

| Aufnahme-<br>jahr | Watt | F (1000 ha) |        | V (1000 m <sup>3</sup> ) |        |
|-------------------|------|-------------|--------|--------------------------|--------|
|                   |      | Wasser      | Gesamt | Watt                     | Wasser |
| 1942              | 6,09 | 3,68        | 9,77   | 45,25                    | 92,97  |
| 1956              | 5,61 | 3,51        | 9,12   | 42,94                    | 94,91  |
| 1969              | 5,87 | 3,73        | 9,60   | 47,48                    | 83,83  |
| 1973              | 5,19 | 3,68        | 8,86   | 41,54                    | 86,29  |
| 1976              | 5,07 | 3,39        | 8,46   | 42,31                    | 77,48  |

lumina ermittelt. Die Ergebnisse zeigen die folgenden Aufstellungen (Tab. 1 und 2). Starke Veränderungen traten erwartungsgemäß im Zusammenhang mit der 1970 begonnenen Vordeichung auf.

Die absolute Entwicklung spiegelt sich in dem Index der vertikalen Veränderung der auf NN - 0,5 m bezogenen Watt- und Wasserkörper wieder:

Tabelle 2  
Der Index (m) Wattvolumen : Wattfläche ( $m^3/m^2$ ) für die Jahre 1942 bis 1976

| Aufnahme-<br>jahr | Watt |     | Wasser |     |
|-------------------|------|-----|--------|-----|
|                   | m    | %   | m      | %   |
| 1942              | 0,74 | 100 | 2,52   | 100 |
| 1956              | 0,76 | 103 | 2,70   | 107 |
| 1969              | 0,80 | 108 | 2,24   | 89  |
| 1973              | 0,80 | 108 | 2,34   | 93  |
| 1976              | 0,83 | 112 | 2,28   | 91  |

Diese Zahlen zeigen, daß die Wattflächen auch ohne die Berücksichtigung der Vordeichungseffekte gegenüber den von Wasser bedeckten Flächen abgenommen haben, während das Wattvolumen auf Kosten des Wasservolumens zugenommen hat, d. h., die Watthöhen haben zugenommen. Der Sedimentzuwachs betrug oberhalb NN bis NN + 0,5 m im Mittel 3,9 cm, über NN + 0,5 m 4,9 cm pro Jahrzehnt. Die Hauptpriele mäandrierten bisher ohne wesentliche Verlagerungstendenz. Nach der Vordeichung sind eine Wasserraumabnahme und eine Schrumpfung der Prielenden unmittelbar vor dem neuen Seedeich zu beobachten.

Zur Überprüfung einer Abhängigkeit des Sedimentationsgeschehens von der Wasserbewegung, wie sie im Sahlenburger Watt nachgemessen werden konnte, wurden erste Daten gesammelt, deren Ergebnisse jedoch noch keinen Schluß zulassen. Eine spezielle Veröffentlichung über die Dithmarscher Bucht und ihre Veränderung ist im Rahmen des Abschlußberichtes geplant.

#### 4. Geologische Untersuchungen

##### 4.1 Begriffsbestimmung „Schlick“

Wegen des eingangs erwähnten Fehlens einer allgemein anerkannten Definition des Schlicks stellte sich zunächst die Aufgabe, eine für das Forschungsvorhaben anwendbare Begriffsbestimmung vorzunehmen. Sie wird ermöglicht durch die Untersuchung der Ablagerungen in der Dithmarscher Bucht und den Vergleich der Ergebnisse mit dem Aufbau der Wattsedimente in Ost- und Nordfriesland.

Der Schlick des Wattenmeeres ist ein marines - oder örtlich brackisches - Sediment von komplexer Zusammensetzung. Eine Definition und Beschreibung seiner Eigenschaften ist deshalb nicht durch einen einzelnen Parameter möglich, sondern nur durch die Kombination verschiedener Merkmale. Zur Abgrenzung von anderen Wattsedimenten müssen diese in die Betrachtung mit einbezogen werden.

Die Wattablagerungen werden aus mineralischen und organischen Komponenten aufgebaut.

Sand (2-0,063 mm) und Schluff (0,063-0,002 mm) bestehen überwiegend aus Körnern der

Minerale Quarz, Feldspat und Glimmer. Dazu treten als organische Komponenten Schalen-splitter und Schalen (meist von Foraminiferen).

Im Tonanteil ( $< 0,002$  mm) stehen die Tonminerale im Vordergrund. Außerdem nehmen die Anteile an  $C_{org}$  und organisch-chemischen Verbindungen zu (BRÜMMER, 1968). Im KFKI-Programm sind diese Komponenten durch DEGENS u. KEMPE (1980) näher beschrieben worden.

Bei der Diskussion über Wattsedimente hat es oft durch begriffliche Unklarheiten erhebliche Verwirrung gegeben, da zwischen Korngrößenangaben und Sedimenttypen in nicht ausreichendem Maße unterschieden worden ist.

#### a) Korngrößenangaben nach DIN

|         |   |                |  |   |               |
|---------|---|----------------|--|---|---------------|
| Sand    | 2 | -0,063 mm      | $\left\{ \begin{array}{l} \text{Grobsand} \\ \text{Mittelsand} \\ \text{Feinsand} \end{array} \right.$ | 2 | -0,63 mm      |
|         |   |                |  |   | 0,63-0,2 mm   |
|         |   |                |  |   | 0,2 -0,063 mm |
| Schluff |   | 0,063-0,002 mm |  |   |               |
| Ton     |   | $< 0,002$ mm   |  |   |               |

#### b) Sedimenttypen

|             |                              |
|-------------|------------------------------|
| Wattsand    | (Sediment des Sandwattes)    |
| Schlicksand | (Sediment des Mischwattes)   |
| Schlick     | (Sediment des Schlickwattes) |

Diese drei Sedimenttypen sind Mischsedimente aus Sand, Schluff und Ton im Sinne der DIN-Definitionen. Sie unterscheiden sich in den Mischungsverhältnissen dieser Komponenten.

In weiten Wattgebieten bilden in allen drei Sedimenttypen die Korngrößen zwischen 0,125 und 0,063 mm („very fine sand“ im Sinne der WENTWORTH-Skala) 40 bis 60 % der Gesamtmenge, also näherungsweise die Hälfte des Sediments. Somit erreichen die Anteile der größeren ( $> 0,125$  mm) und der feineren ( $< 0,063$  mm) Korngrößen zusammen in der Regel ebenfalls ungefähr die Hälfte der Gesamtmenge. Die Unterschiede zwischen den Wattsedimenten werden in erster Linie durch das Mischungsverhältnis zwischen diesen Sedimenttypen bestimmt.

Schluff- und Tonanteile  $> 60$  bis  $70$  % sind selten und treten – mit Ausnahme von Ästuaren und anderen brackischen Sedimentationsräumen – nur in wenigen Gebieten mit größerer flächenhafter Verbreitung auf, z. B. in der Umgebung von Muschelbänken.

Eine Angabe des Anteils  $< 0,063$  mm (Schluff und Ton) ermöglicht deshalb eine näherungsweise Beschreibung der Gesamtverteilung, die nur in verhältnismäßig kleinen Bereichen nicht anwendbar ist. Eine allgemeingültige Festlegung von Grenzen, vergleichbar den Korngrößenangaben nach DIN, gibt es bisher nicht. Bei ausschließlichem Bezug auf die Kornverteilung hat sich zunächst folgende Stufung nach dem Gehalt  $< 0,063$  mm als naturgerecht und für eine Darstellung der Zusammenhänge geeignet erwiesen:

$< 10$  % W a t t s a n d (Sandwatt)

Je nach dem Aufbau eines Gebietes kann eine weitere Unterteilung in  
 $< 5$  % Wattsand i. e. S.

5 bis 10 % schwach schlickiger Wattsand erforderlich sein.

10 bis 50 % S c h l i c k s a n d (Mischwatt)

Vielfach ergibt sich die Notwendigkeit einer weiteren Aufgliederung in

10 bis 25 % sandiger Schlicksand (sandiges Mischwatt)

25 bis 50 % schlickiger Schlicksand (schlickiges Mischwatt)

$< 50$  % S c h l i c k (Schlickwatt)

In extremen Gebieten kann die zusätzliche Abtrennung eines stark tonigen Schlicks mit > 85 % Schluff und Ton sinnvoll sein.

Charakteristische Korngrößenmerkmale für das Sediment „Schlick“ sind also:

- > 50 % Schluff und Ton (< 0,063 mm)
- < 50 % sehr feiner Sand (0,063 bis 0,125 mm)
- sehr wenig Sand > 0,125 mm

Die bodenmechanischen Eigenschaften der Wattsedimente sind sehr unterschiedlich. Wattsande sind in der Regel dicht gelagert und trittfest, Schlick ist dagegen flüssig-breig und kohäsiv. Er kann jedoch durch diagenetische Vorgänge verfestigt sein (z. B. die im nordfriesischen Watt als „alter Klei“ auch an der Wattoberfläche weit verbreiteten älteren Schlicke).

Die Werte für Scherfestigkeit, Lagerungsdichte bzw. Porenanteil und Wassergehalt wechseln stark und sind nicht nur von der Kornverteilung abhängig. Geringe Scherfestigkeiten und hohe Wassergehalte lassen ein Sediment für den Beobachter bei der Grobansprache „schlickiger“, niedrige Porenanteile und entsprechend geringe Wassergehalte „sandiger“ erscheinen, als es der im Labor ermittelten Korngrößenverteilung entspricht.

Die angegebene Stufung für die Kornverteilung bezieht sich auf durchschnittliche bodenmechanische Eigenschaften der Wattsedimente. Sie muß durch weitere Bodenkennwerte ergänzt bzw. modifiziert werden. Entsprechend sind die Grenzen von Wattsand, Schlicksand und Schlick nicht scharf, sondern als breite Übergangsbereiche zu verstehen.

Die verschiedenen Zusammenhänge können gegenwärtig noch nicht in praktikabler Form quantifiziert werden. Eine erste systematische Untersuchung ist im Arbeitsjahr 1980 erfolgt. Die Auswertung der Daten ist noch im Gange.

#### 4.2 Die Sedimente der Dithmarscher Bucht

Das Watt in der Nordhälfte der Dithmarscher Bucht wurde von Juni bis September 1978 durch R. GAST kartiert. Eine Wiederholung von Mai bis Juli 1979, mit Ausnahme des Gebietes der nun eingedeichten Flächen, diente der Erfassung zwischenzeitlich eingetretener Veränderungen.

Die Dithmarscher Bucht ist im Vergleich zu Wattengebieten anderer Küstenabschnitte ein schlickarmes Gebiet. Es gibt nur eine größere zusammenhängende Schlickfläche mit Schlickmächtigkeiten von mehr als 30 cm. Diese liegt nördlich vom Helmsand, wo der Helmsander Damm und dessen seitliche Bühnen die Schlicksedimentation gefördert haben. Eine kleinere schlickreiche Fläche liegt südlich von Deichhausen, wo Testfelder für Detailuntersuchungen festgelegt wurden. Schlicksedimentation findet sich ebenfalls im Südostteil des Helmsander Lochs und in einigen alten Rinnenresten auf der mittleren Plate (Abb. 1).

Schlicksand ist jeweils im Umfeld der Schlickgebiete anzutreffen, ist also teilweise auch an ehemalige Rinnen oder noch existierende kleine Priele gebunden. Schlicksandgebiete sind außerdem in Bereichen ruhigeren Wassers hinter als Wellenbrecher dienenden, höher liegenden Sandwattpartien anzutreffen. In solchen Gebieten scheint die Besiedlung mit *Cardium edule* in Zusammenhang mit der Schlicksandbildung zu stehen.

Wattsande nehmen in der nördlichen Hälfte der Dithmarscher Bucht den flächenmäßig größten Anteil ein und bauen die großen Platen westlich des neuen Seedeiches auf.

Zur Ergänzung der Sedimentkartierungen wurden ausgewählte Tierarten in ihrer Verbreitung erfaßt, die an der Sedimentoberfläche entweder selbst oder durch ihre Spuren deutlich zu erkennen waren. Für die Sedimenttypen im Watt scheinen vor allem Kombinationen von Arten unter Berücksichtigung ihrer Besiedlungsdichte charakteristisch zu sein. Recht

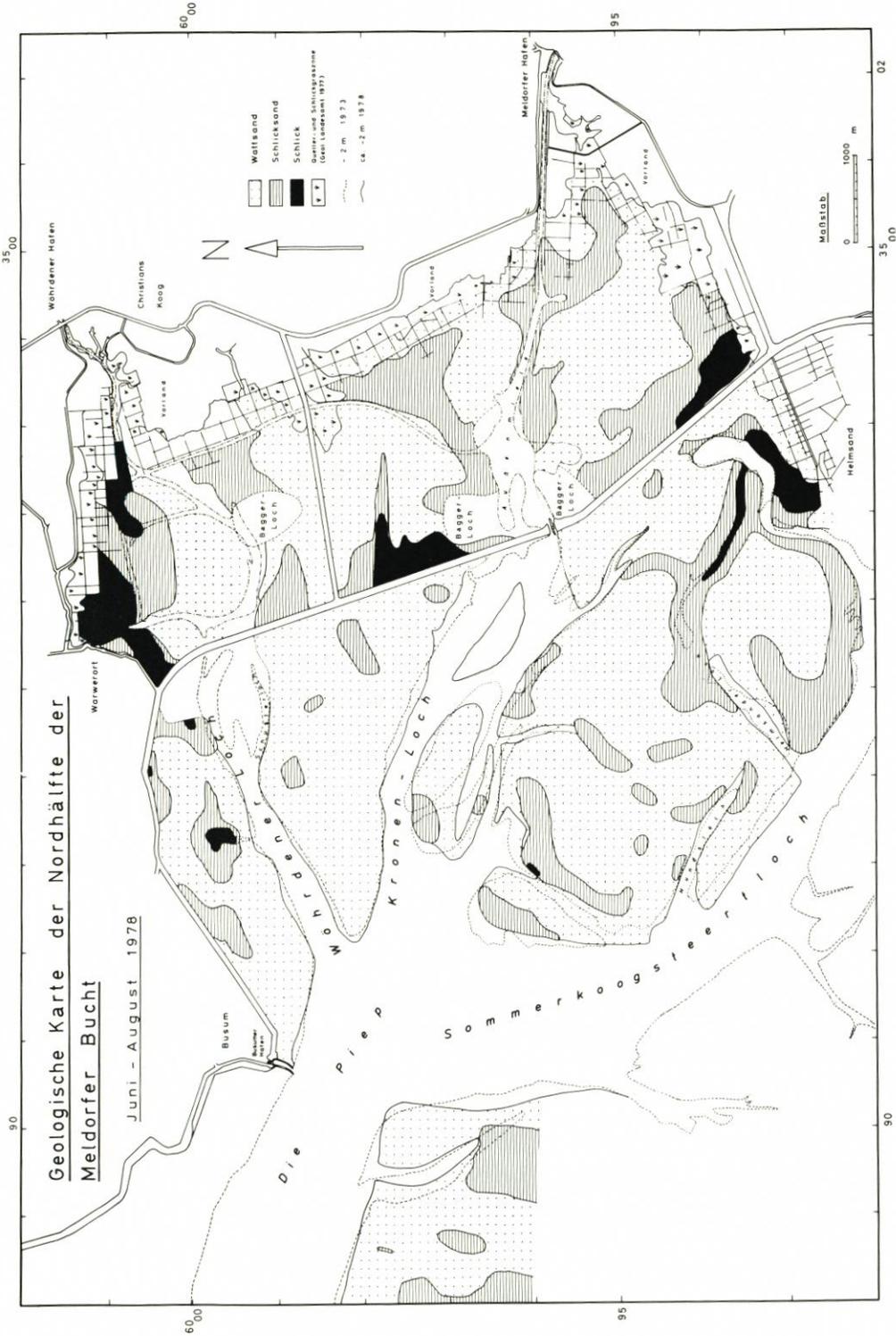


Abb. 1. Geologische Karte der Nordhälfte der Melderfer Bucht im Sommer 1978



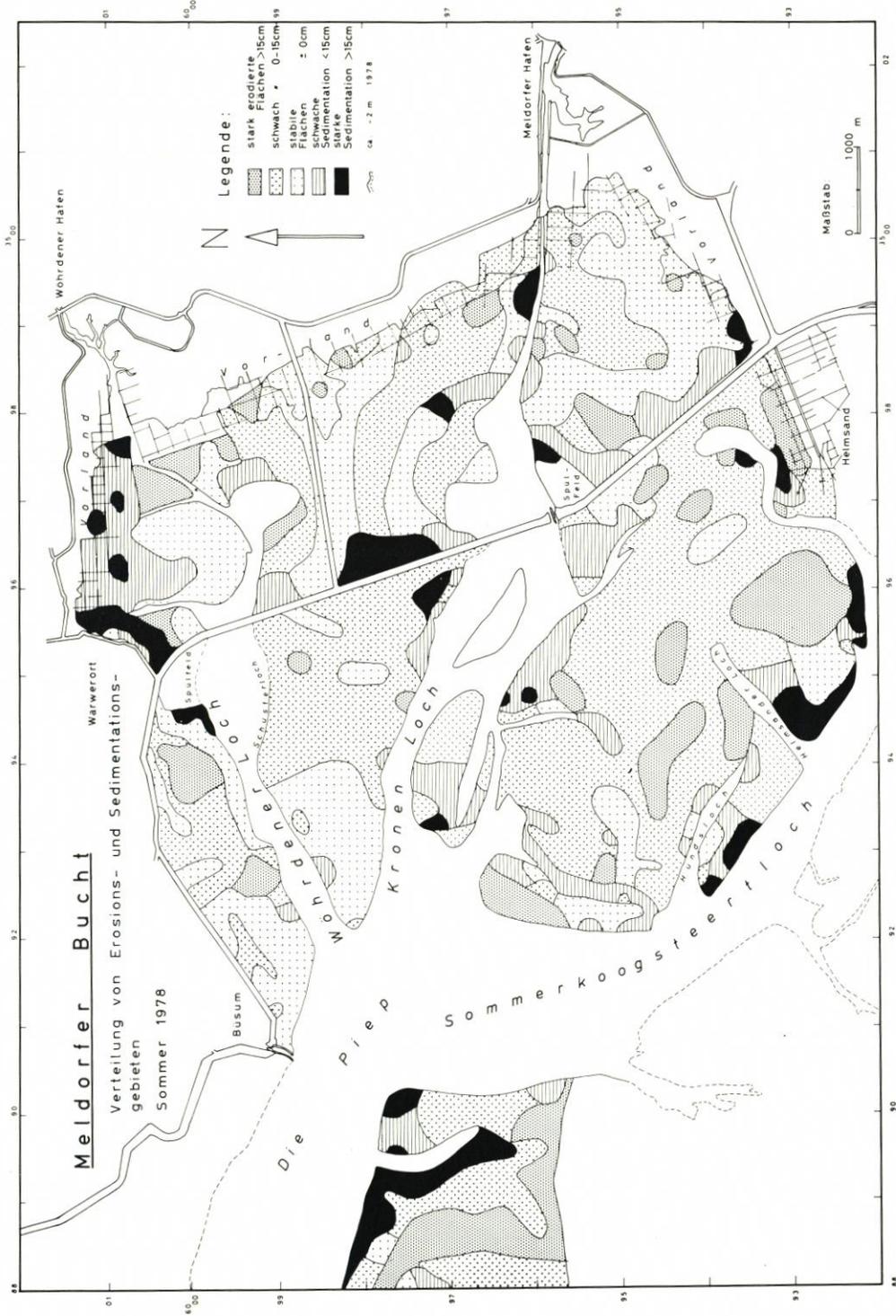


Abb. 3. Verteilung von Erosions- und Sedimentationsgebieten in der Meldorf Bucht im Sommer 1978

gut interpretierbare Ergebnisse liefert z. B. die Kartendarstellung über die Verteilung von *Arenicola marina* und *Cardium edule* (Abb. 2).

Die Tendenz der Veränderungen im Umfeld der Dithmarscher Bucht ist seit Jahrhunderten durch einen Zuwachs der Landflächen charakterisiert. In der Bucht selbst war die Sedimentation in den letzten Jahrzehnten dagegen gering. Der Vergleich von Luftbildern aus den Jahren 1958 und 1977 zeigt, daß sich vor allem die großen Platen in erheblichem Umfang konsolidiert haben. Auch in den beiden Untersuchungsjahren war an den Westrändern der Platen teilweise eine positive Sedimentationsbilanz zu beobachten. Dagegen überwog zwischen den Platen und dem neuen Deich die Erosion (Abb. 3).

Genauere Untersuchungen über kurzfristige Sedimentveränderungen wurden an drei Teststreifen über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren vorgenommen. Zwei dieser Profile grenzen die Testfelder bei Deichhausen nach Westen (1. Profil) und Osten (2. Profil) ab.

#### TESTGEBIET "BÜSUMER WATT"

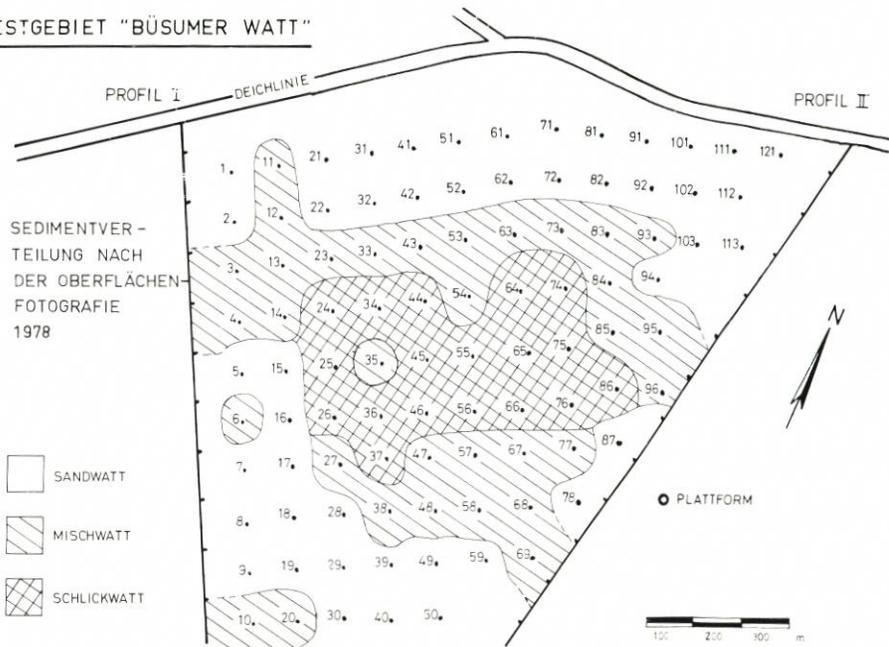


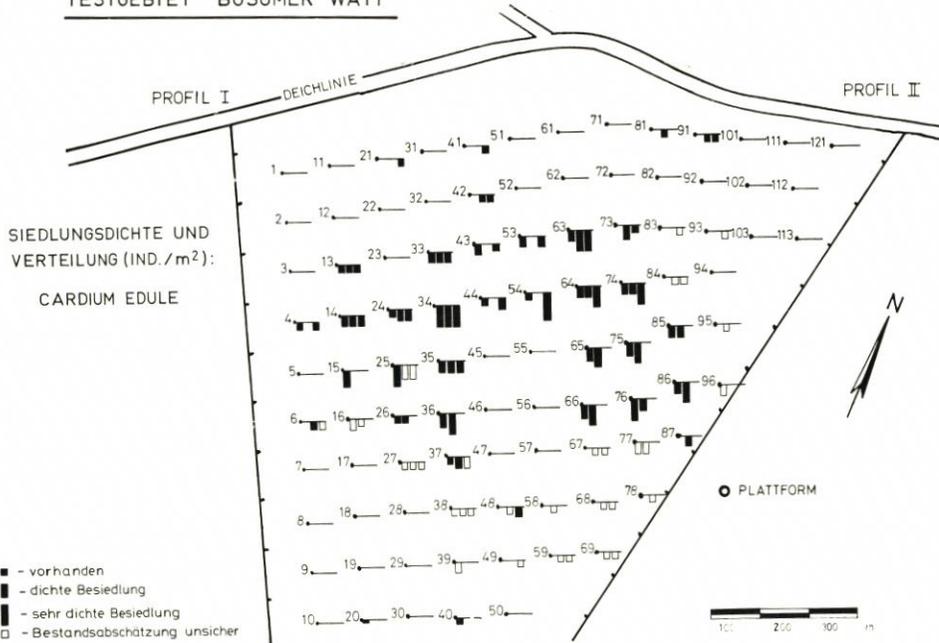
Abb. 4. Testgebiet „Büsumer Watt“ und Lage der Profile I und II

In diesem Bereich wurden 168 2-m-Bohrsondierungen ausgeführt, um Vertikalprofil und Lagerungsdichte der Sedimente zu erfassen. Der teilweise recht mächtige Schlick wird von schmalen Schlicksandstreifen umgeben, auf die Wattsandflächen folgen. Alle Übergänge sind fließend.

Die auffallendsten Veränderungen, die entlang der Profile 1 und 2 beobachtet werden konnten, sind auf vorhergegangene extreme Wetterlagen zurückzuführen. Vor allem starke West- und Nordwestwinde über mehrere Tage brachten stets eine deutliche Abtragung der Wattsandflächen. Ruhiges Wetter oder Ostwind hatten dagegen Sedimentation zur Folge.

Eine auffallende Veränderung der Sedimentzusammensetzung wurde durch die Eisbedeckung der beiden Winter im Untersuchungszeitraum verursacht. Im Winter 1977/78 hatte die Vereisung eine flächige Ablagerung von etwa 10 cm und im Winter 1978/79 von etwa 20 cm und mehr zur Folge. Diese Schlick- und Schlicksandsedimente wurden nach Abschmelzen des Eises während der Frühjahrsstürme schnell wieder abgetragen.

TESTGEBIET "BÜSUMER WATT"



TESTGEBIET "BÜSUMER WATT"

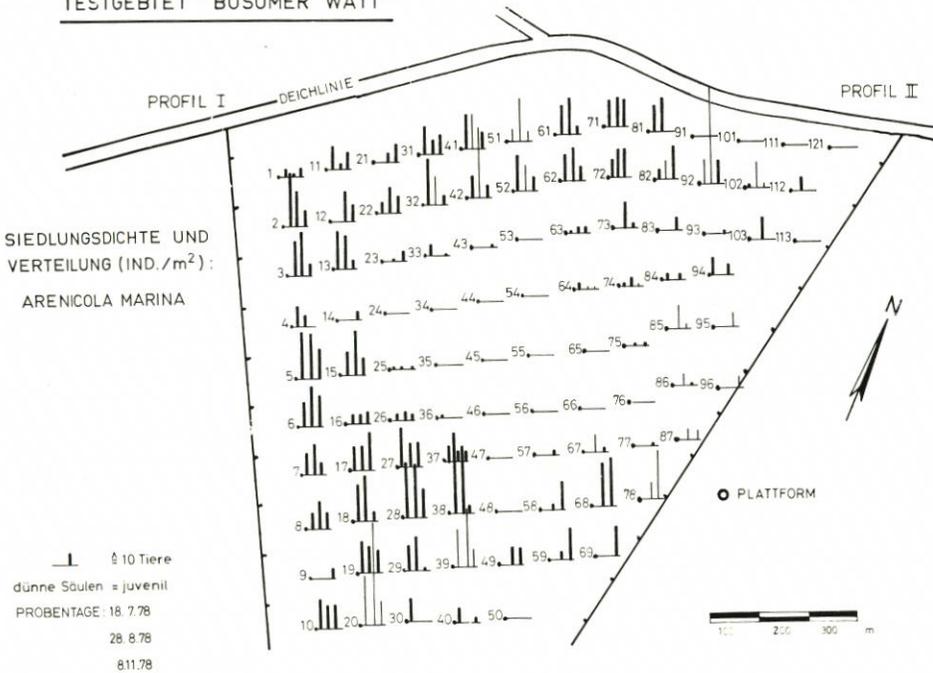


Abb. 5. Siedlungsdichte von *Cardium edule* und *Arenicola marina* im Testgebiet „Büsumer Watt“

## 5. Biologische Untersuchungen

## 5.1 Die Auswirkungen der Organismen auf das Sediment

Die Schlickbildung ist ein Prozeß, der in starkem Maße auch von den Organismen, die auf und im Schlick leben, beeinflußt werden kann. Ein Forschungsvorhaben, das sich die Begriffsbestimmung des Sedimenttyps „Schlick“, dessen Entstehung und Transport zum Ziel gesetzt hat, muß daher zwangsläufig auch dessen lebende Komponenten einbeziehen. Diese lassen sich nach ihren Größen definieren, ohne dabei ihre Funktionen zu berücksichtigen:

Makrofauna: Tiere größer als (0,5) 1 mm. Hierzu gehören die mit bloßem Auge beobachtbaren Muscheln, Schnecken, Würmer und Krebse.

Makrophyten: Blütenpflanzen und Algen.

Meiofauna: Tiere zwischen 0,04 und 1 mm, meist Evertebraten, aber auch Foraminiferen.

Mikrophyten: Einzellige Algen, vorwiegend Diatomeen.

Mikrofauna: Einzellige Organismen, etwa 2 bis 40 µm.

Mikroorganismen: Bakterien und Pilze.

Alle diese Organismengruppen sind für Schlickbildung und Sedimentation von Bedeutung. Der hohe Gehalt an organischer Substanz dient den Bakterien und sedimentfressenden großen Tieren als Nahrung. Organisch gebundene Energie wird dadurch verbraucht, und die Sedimente werden in ihrer Korngröße und Bindigkeit verändert. Das aufgenommene Material wird von vielen Arten zu Kotballen geformt, die weniger leicht transportiert werden und die die turbulente Strömung in der Bodengrenzschicht beeinflussen. Bakterien und besonders Diatomeen können durch ihre hohe Anzahl und durch die Ausscheidung von schleimigen Substanzen die Schlickoberfläche stabilisieren, so daß erst stärkere Strömungen zu Erosion und Umlagerung führen, als dies ohne diese organische Bindung der Fall wäre. In ähnlicher Weise verkleben die Foraminiferen Sedimentpartikel durch ihr in den Pseudopodien ausgestrecktes Protoplasma. Seegräser (*Zostera spec.*), Queller (*Salicornia spec.*) und verschiedene Gräser wie *Spartina spec.* werden seit langer Zeit zur Förderung der Aufschlickung verwendet. Die herabgesetzten Transportgeschwindigkeiten in Pflanzenbeständen führen zu verstärkter Ablagerung und stellen erste Schritte der Landgewinnung dar. Auch fädige Algenbüschel (*Cladophora spec.*) und die blatt- oder schlauchförmigen Grünalgen (*Enteromorpha spec.*, *Ulva spec.*) kommen auf den Wattflächen vor und fördern die Schlicksedimentation.

Über die Auswirkung der Meiofauna auf den Schlickverband liegen nur wenige Beobachtungen vor (CULLEN, 1973), es kann aber als sicher gelten, daß auch diese Faunenkomponente durch Nahrungsaufnahme und -umsatz sowie durch Wühltätigkeit in der Wattenbiocoenose von Bedeutung ist. Einige Zahlenwerte zu Bestandsdichten geben einen Hinweis auf die Bedeutung der Organismen im Wattenschlick (Tab. 3).

Tabelle 3

Hohe Bestandsdichten einiger Organismengruppen in Oberflächensedimenten des Schlickwatts. (Nach FENCHEL u. STRAARUP, 1971; HICKEL u. GUNKEL, 1968; LAMADE, 1978; MCINTYRE, 1969; WESTHEIDE, 1968)

| Organismengruppe                 | Anzahl Organismen cm <sup>-3</sup> |
|----------------------------------|------------------------------------|
| Bakterien                        | 10 <sup>9</sup>                    |
| Diatomeen u. a. einzellige Algen | 10 <sup>7</sup>                    |
| Foraminiferen                    | 3 × 10 <sup>2</sup>                |
| Meiofauna                        | 3 × 10 <sup>2</sup>                |

Am besten bekannt und teils auch quantitativ erfaßt ist die Tätigkeit der Makrofauna in den Wattgebieten. Einige Beispiele sind in den Tabellen 4 bis 6 zusammengefaßt.

Tabelle 4

Bestandsdichte (Indiv./m<sup>2</sup>) und Sedimentumsatz (l/m<sup>2</sup>/Jahr) einiger sedimentfressender Wattorganismen (nach GRAY, 1974 u. ALLER, 1977)

|                                  | Bestandsdichte<br>Indiv./m <sup>2</sup> | Sedimentumsatz<br>l/m <sup>2</sup> /Jahr |
|----------------------------------|---|--|
| <i>Arenicola marina</i>          | 15-85                                   | 60-600                                   |
| <i>Pectinaria californiensis</i> | 560-16 000                              | 12,4                                     |
| <i>Pectinaria gouldi</i>         | 10                                      | 4  |
| <i>Thoracophelia mucronata</i>   | 30 000                                  | 1500                                     |

Tabelle 5

Bestandsdichte (Indiv./m<sup>2</sup>) und Biodeposition (kg Naßgewicht/m<sup>2</sup>/Jahr) einiger filtrierender Wattorganismen (nach ALLER, 1977)

|                      | Bestandsdichte<br>Indiv./m <sup>2</sup> | Biodeposition<br>kg Naßgewicht/m <sup>2</sup> /Jahr |
|----------------------|---|---|
| <i>Cardium edule</i> | 100-600                                 | 24-144  |
| <i>Mya arenaria</i>  | 10-100                                  | 0,2-2   |

Tabelle 6

Die Auswirkung der Muschel *Nucula proxima* auf Wassergehalt und Erodierbarkeit eines Sedimentes im Experiment (nach RHOADS u. YOUNG, 1970)

|  | Sediment mit<br><i>nucula proxima</i> | Sediment ohne<br><i>nucula proxima</i> |
|--|---------------------------------------|--|
| Wassergehalt in der 0 bis 5 cm Sedimentschicht | 53-60 %                               | 45-53 %                                |
| Erodierbarkeit bis 4 cm/sec oszillierend       | hoch                                  | gering                                 |

Die Auswirkungen der Organismen-tätigkeiten sind vielfältig:

- Partikel werden zu Kotballen vereinigt,
- Partikel werden durch abgesonderten Schleim und durch Röhrenbau vereinigt und teils in bestimmte Größenklassen selektiert,
- Partikel werden durch die Nahrungsaufnahme nach Größen sortiert,
- Veränderung des Sediment-Wassergehaltes,
- Veränderung der Erodierbarkeit der Sedimente,
- Stabilisierung der Sedimente durch Röhrenbau.

Die Veränderung der Sedimenteigenschaften wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst:

- Entwicklungsstatus und Größe der Individuen,
- Freß- und Ausscheidungsrate,
- Bestandsdichten in den Populationen,
- Wasser- und Lufttemperatur,
- Wasserbedeckungszeit,
- Sauerstoffangebot und Redoxverhältnisse,
- Strömungen.

Diese Auflistungen lassen erkennen, daß die Auswirkungen der Organismen auf das Sediment starken Fluktuationen unterworfen sind. Die Bestände können im kleinräumigen Maßstab stark variieren, sie sind den jahreszeitlichen Einflüssen unterworfen, und mehrjährig lebende Arten können langfristige Schwankungen verursachen.

## 5.2 Organismenbestände im Büsumer Watt

Innerhalb der Dithmarscher Bucht – und in geringem Umfang auch im Sahlenburger Watt – wurden biologische Kartierungen durch H. GROSSMANN, B. MEIN und H. SPYCHALA vorgenommen. Im Büsumer Watt wurde eine Testfläche ausgewählt, die alle Sedimenttypen aufweist und die alle wichtigen Arten der Makrofauna des Watts beherbergt. Die Organismenkartierungen wurden zunächst in der üblichen Weise durch Probenentnahme und -sortierung vorgenommen (z. B. KÖNIG, 1943; PLATH, 1943). Das erforderliche Stationsnetz mit Abständen von 100 m in dem etwa 1 km<sup>2</sup> großen Gebiet verlangte jedoch eine Reduzierung der nachfolgenden Sortierarbeiten. Aus diesem Grunde wurde ein neues Verfahren vergleichsweise getestet und später fortgeführt, bei dem an jeder Station zwei Flächen von je 1/3 m<sup>2</sup> auf Farbfilm fotografiert wurden. Die Wiederholung der fotografischen Erfassung im Abstand von 4 bis 6 Wochen macht die Veränderungen an einer Station deutlich (Abb. 6 bis 9).



Abb. 6. 28. 8. 78, ungestörte, sandige Oberfläche. Kothaufen von *Arenicola marina* und Kriechspuren von *Hydrobia spec.*

Organismen aus der Sedimentoberfläche, deren Spuren und die Sedimentstrukturen werden mit diesem Verfahren dokumentiert. Das Auszählen der Fauna auf den projizierten Diapositiven in der Kombination mit einigen aussortierten Proben ließ eine Bestandsabschätzung zu (Tab. 7).

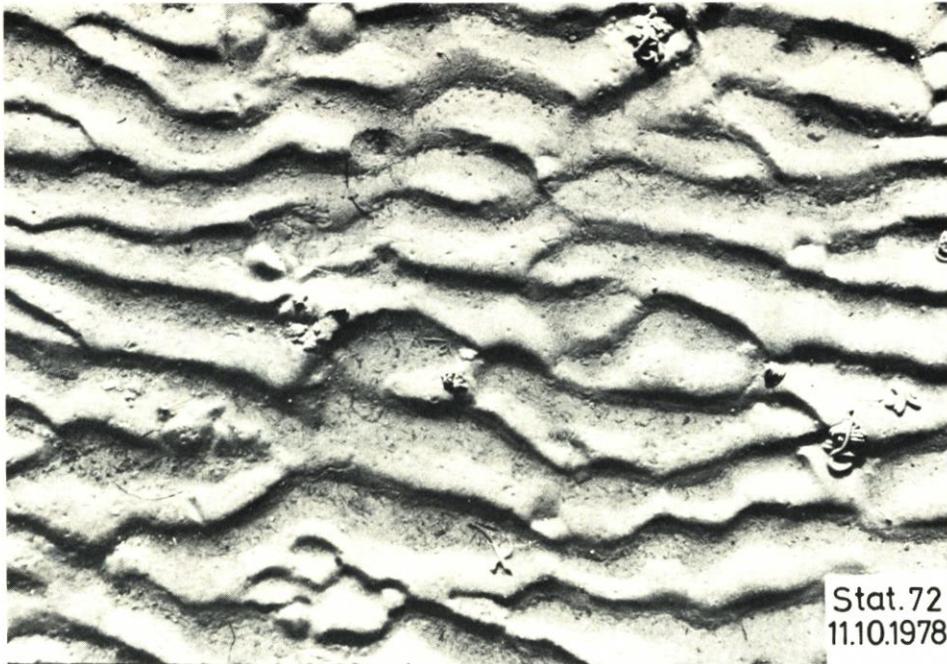


Abb. 7. 16. 10. 78, ausgeprägte Rippeln. Kothaufen und Einsturztrichter von *Arenicola marina*. Freigelegte Röhren von *Pygospio elegans* und Kriechspuren von *Hydrobia spec.*

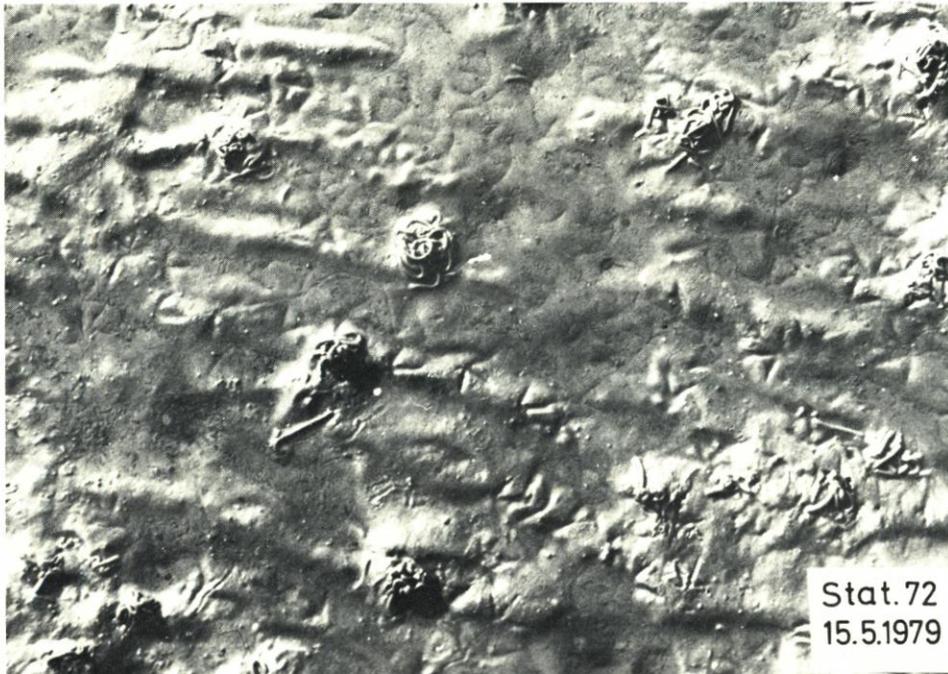


Abb. 8. 15. 5. 79, geringe Schlickauflagerung auf Sandrippeln. Kothaufen von *Arenicola marina* und Kriechspuren von *Hydrobia spec.*

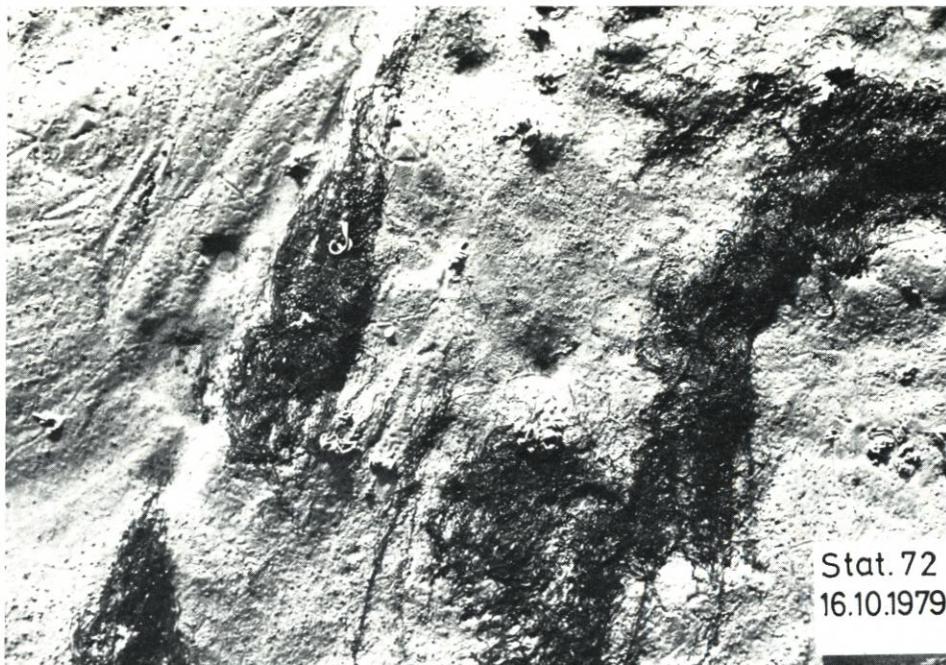


Abb. 9. 11. 10. 79, schlickige Oberfläche mit Algen (*Cladophora spec.*). Kothaufen und Einsturztrichter von jungen und alten *Arenicola marina*. Ca. 5000 *Hydrobia spec.* pro m<sup>2</sup>

Tabelle 7

Maximale Besiedlungsdichten und Biomassen (aschefreies Trockengewicht) für die häufigen Arten der Makrofauna im Testgebiet des Büsumer Watts

| Art                                   | Indiv./m <sup>2</sup> | Biomasse/m <sup>2</sup> |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| <i>Hydrobia ulvae</i>                 | 188 000               | 86 g                    |
| <i>Mya arenaria</i> (diesjähr.)       | 155 000               | 622 g                   |
| <i>Peloscolex benedeni</i>            | 28 000                | 6,5 g                   |
| <i>Cardium edule</i> 5 bis 13 mm lang | 20 500                | 1625 g                  |
| 26 mm lang                            | 1 400                 | 2490 g                  |
| <i>Pygospio elegans</i>               | 12 900                | 25 g                    |
| <i>Heteromastus filiformis</i>        | 8 500                 | 37,5 g                  |
| <i>Tharyx marioni</i>                 | 5 900                 | 10,2 g                  |
| <i>Macoma baltica</i>                 | 3 000                 | 9,6 g                   |
| <i>Corophium spec.</i>                | 1 600                 | 8,8 g                   |

In den Abbildungen 2 und 5 ist die Verteilung von zwei häufigen Arten, *Arenicola marina* und *Cardium edule*, im Testfeld des Büsumer Watts dargestellt. Der Vergleich dieser Karten zeigt die komplementäre Verbreitung beider Arten. Abb. 1 gibt die Sedimentverteilung, wie sie nach der Oberflächenfotografie bestimmt worden ist, wieder und zeigt, daß vergleichbare Verteilungsmuster im Sedimenttyp und bei den Tieren auftreten. Die Verteilung der Organismen steht also in enger Beziehung zu den Sedimenttypen, oder die die Sedimente bestimmenden Faktoren sind gleichfalls für die Tierarten von ökologischer Bedeutung. Aber auch der Einfluß der Organismen auf die Sedimente kann damit zum Ausdruck kommen.

Mit Hilfe von bekannten Filtrationsleistungen und dem Partikelgehalt der Suspension lassen sich z. B. Tagesleistungen der Biodeposition errechnen (Tab. 8).

Tabelle 8  
Besiedlungsdichte (Indiv./m<sup>2</sup>), Biodeposition (g/m<sup>2</sup>) und theoretische Schichtzunahme (mm/Tag) für drei Bivalvia-Arten aus dem Büsumer Watt

| Art                   | Besiedlungsdichte Ind./m <sup>2</sup> | Deposition/Tag  | Schichtzunahme |
|-----------------------|---------------------------------------|---|----------------|
| <i>Cardium edule</i>  | 1400 adulte                           | 700 g/m <sup>2</sup><br>≙ 350 cm <sup>3</sup>         | 0,35 mm/Tag    |
| <i>Macoma baltica</i> | 200 bis 1000                          | 8,6-43 g/m <sup>2</sup><br>≙ 4,3-22,5 cm <sup>3</sup> | 0,022 mm/Tag   |
| <i>Mya arenaria</i>   | bis 100 (max.)                        | 2,5 g/m <sup>2</sup><br>≙ 1,3 cm <sup>3</sup>         | 0,0013 mm/Tag  |

Die Filtrationsleistungen verringern sich stark in den Wintermonaten, da aufgrund der Kälte die Aktivität herabgesetzt ist. Im Winter 1978/79 wurde durch die lang anhaltende Kälte und durch schweren Eisgang eine katastrophale Veränderung bewirkt. Die gesamte *Cardium*-Population wurde vernichtet, und im Frühjahr 1979 haben sich daher zunächst andere Muschelarten angesiedelt, bevor *Cardium* seinen Bestand langsam durch Jungtiere ersetzen konnte (Tab. 9).

Tabelle 9  
Neubesiedlung eines ehemaligen *Cardium*-Bereiches nach Absterben dieser Muschelart im Eiswinter 1978/79

| Art                   | 3. 7. 79<br>1 Probe 1/20 m <sup>2</sup> | 30. 7. 79<br>$\bar{x}$ aus 18 Proben | 16. 8. 79<br>$\bar{x}$ aus 21 Proben |
|-----------------------|---|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <i>Cardium edule</i>  | 0                                       | 8 600                                | 7 700                                |
| <i>Mya arenaria</i>   | 18 000                                  | 104 400                              | 78 100                               |
| <i>Macoma baltica</i> | 13 000                                  | 14 400                               | 9 000                                |

Im Zusammenhang mit der unterschiedlichen Besiedlung steht auch die Konzentration chemischer Komponenten im Sediment, die sich zum Teil durch kleine Organismen oder deren abgesonderten Schleim und die Kittsubstanzen von Wohnröhren erklären läßt. Die von den Organismen produzierten Schleime und andere organische Substanzen dürften wesentlich zu den charakteristischen Eigenschaften des Schlicks beitragen.

## 6. Ausblick

Die gemeinsamen Untersuchungen von Hydrologen, Geologen und Biologen über die Schlickverteilung und die Schlicksedimentation haben ergeben, daß die interdisziplinäre Forschung die Deutung der Meßdaten erleichtert und zu komplementären Ergebnissen führt. Es wird allerdings auch klar, wo noch Lücken vorhanden sind, die durch weitere Teilprojekte ausgefüllt werden müßten, um die komplexen Beziehungen verstehen zu lernen.

## 7. Schriftenverzeichnis

- ALLER, R. C.: The influence of macrobenthos on chemical diagenesis of marine sediments. Dissertation, Yale University, 1977.
- BRÜMMER, G.: Untersuchungen zur Genese der Marschen. Dissertation, Kiel, 1968.
- CULLEN, D. J.: Bioturbation of superficial marine sediments by interstitial meiobenthos. *Nature*, 242, 1973.
- DEGENS, E. T. u. KEMPE, S.: Geochemische und elektronenmikroskopische Untersuchungen der Schlickbildung im Büsumer Watt. Unveröffentlichter Bericht, Geol. Inst. Univ. Hamburg, 1980.
- FENCHEL, T. u. STRAARUP, B. J.: Vertical distribution of photosynthetic pigments and the penetration of light in marine sediments. *Oikos*, H. 22, 1971.
- GRAY, J. S.: Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 12, 1974.
- GÖHREN, H.: Studien zur morphologischen Entwicklung des Elbmündungsgebietes. *Hamb. Küstenf.*, H. 14, 1970.
- HICKEL, W. u. GUNKEL, W.: Untersuchungen über die Häufigkeit der Bakterien in der obersten Sedimentschicht der Deutschen Bucht in Beziehung zu den Substrateigenschaften. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, H. 18, 1968.
- KÖNIG, D.: Vergleichende Bestandsaufnahme an bodenbewohnenden Wattieren im Gebiet des Sicherungsdammes vor dem Friedrichskoog in den Jahren 1935-1939. *Westküste, Kriegsheft*, 1943.
- LAMADE, S.: Die räumliche Verteilung der Foraminiferenarten *Nonion depressulum*, *Elphidium excavatum* und *Elphidium selseyense* im Gezeitenbereich der Meldorfer Bucht. Diplomarbeit, Univ. Hamburg, (unveröff.), 1978.
- MCINTYRE, A. D.: Ecology of marine meiobenthos. *Biol. Rev.*, H. 44, 1969.
- PLATH, M.: Die biologische Bestandsaufnahme als Verfahren zur Kennzeichnung der Wattsedimente und die Kartierung der nordfriesischen Watten. *Westküste, Kriegsheft*, 1943.
- REINECK, H.-E. u. SIEFERT, W.: Faktoren der Schlickbildung im Sahlenburger und Neuwerker Watt. (Beitrag in diesem Heft.)
- RHOADS, D. C. u. YOUNG, D. K.: The influence of deposit feeding organisms on sediment stability and community trophic structure. *J. Mar. Res.*, H. 28, 1970.
- SIEFERT, W.: Zusammenstellung der wichtigsten Meßdaten und Untersuchungsergebnisse 1964/77 aus dem Sahlenburger Watt. Strom- und Hafenausbau Hamburg, Forschungs- und Vorarbeitenstelle Neuwerk, Studie Nr. 41, 1979.
- WESTHEIDE, W.: Zur quantitativen Verteilung von Bakterien und Hefen in einem Gezeitenstrand der Nordseeküste. *Mar. Biol.* 1, 1968.