

# Ökologische Auswirkungen von Sandvorspülungen auf die Strandfauna

Von MICHAELA SCHRATZBERGER und HJALMAR THIEL

## Zusammenfassung

Schutzmaßnahmen zur Erhaltung der nordfriesischen und ostfriesischen Inseln wurden seit 1952 teilweise durch Sandvorspülungen realisiert. Diese verändern den Lebensraum der Strand-Flachwasserfauna, und es stellt sich die Frage nach den Auswirkungen von Sandvorspülungen auf die Lebensgemeinschaften. Während die Reaktion von Makrofauna (> 1 mm) früher bereits untersucht worden war, lagen bisher keine Ergebnisse über Veränderungen in den Beständen der Meiofauna (> 1mm) vor.

Von Mai 1993 bis April 1994 wurden an einem ungestörten sowie einem frisch aufgespülten Strandabschnitt an der Westküste Sylts die Besiedlung der Flachwassergebiete durch Meiofauna untersucht, wobei der Einfluß der Sandvorspülung auf die Faunenzusammensetzung und die Muster der Wiederbesiedlung verfolgt wurde.

## Summary

*To maintain the Nordfriesischen and Ostfriesischen Islands, protection was partly realized in form of beach nourishment. These activities change the habitat of the beach and shallow water fauna and Man has to address the effects of beach nourishment on marine communities. The reaction of makrofauna (> 1 mm) had been investigated recently but not so that of the meiofauna (< 1mm).*

*Colonization of meiofauna was investigated from May 1993 to April 1994 in a natural and an area disturbed by beach nourishment at the west coast of the island of Sylt. The results provided evidence of the influence of beach nourishment on the community structure and on the patterns of re-colonization.*

## Inhalt

1. Einleitung .....	47
2. Untersuchungsgebiet .....	48
3. Material und Methoden .....	50
4. Ergebnisse .....	53
4.1 Sedimentzusammensetzung .....	53
4.2 Besiedlungsmuster .....	55
5. Diskussion .....	61
6. Schriftenverzeichnis .....	64

## 1. Einleitung

Als Folge der erhöhten Sturmfluthäufigkeiten nach 1950 wurde festgestellt, daß sich im Zeitraum zwischen 1952 und 1984 die mittlere jährliche Abbruchrate an allen Küstenabschnitten der Insel Sylt im Vergleich zum Zeitraum zwischen 1870 und 1952 nahezu verdoppelt hatte und durchschnittlich 1,5 m pro Jahr betrug (DETTE u. GÄRTNER, 1987).

Der Bau von Dünendeckwerken und Buhnen konnte die Tendenz der Strandentwicklung grundsätzlich nicht ändern. Um den natürlichen Sandverlust auszugleichen, wurde ab Mitte dieses Jahrhunderts auf vielen nord- und ostfriesischen Inseln zur Stranderhaltung durch Sandvorspülungen übergegangen. An den deutschen Küsten wurde dieses Verfahren 1951/52 am Westende der Insel Norderney erstmals ausgeführt (KRAMER, 1978).

Sandvorspülungen bedeuten, wie auch andere Küstenschutzmaßnahmen, Eingriffe in den Lebensraum mariner Flora und Fauna. Da die Wasserbewegungen im Vorstrandbereich das aufgeschüttete Sediment entlang der Küstenlinie transportieren und verteilen und somit die natürlichen Prozesse zu einem gewissen Grad reproduziert werden (CHARLIER u. DE MEYER, 1989), wird Vorspülung anderen Maßnahmen häufig vorgezogen.

Die Beschreibung der ökologischen Folgen von Sandvorspülungen erweist sich insbesondere wegen der Variabilität physikalischer Einflüsse als schwierig. Die Verteilung der Fauna kann zwar ganz allgemein mit der Natur des Substrats, der Tiefe, den Strömungen und dem Nahrungsvorkommen verknüpft werden, aber durch welche Faktorenkombinationen das Verteilungsmuster einer Lebensgemeinschaft von Fall zu Fall bedingt wird, kann meist nur unzureichend herausgearbeitet werden (WIESER, 1964).

Aussagen über die ökologischen Auswirkungen von Sandvorspülungen stützten sich bisher weitgehend auf die Dokumentation der Reaktion von Makrofauna ( $> 1$  mm) (NELSON, 1993); allerdings sind diese größeren Tiere relativ selten. Die Auswirkungen von Sandvorspülungen auf die Meiofauna ( $< 1$  mm) blieben bislang jedoch unberücksichtigt. Sie bietet die Vorteile größerer Häufigkeit und höherer Diversität. Diese lassen breitere Reaktionsspektren auf Störungen des Lebensraumes erwarten.

Von Mai 1993 bis April 1994 wurde an einem ungestörten sowie einem aufgespülten Strandabschnitt an der Westküste Sylts die Besiedlung der Flachwassergebiete durch Meiofauna untersucht, um die ökologischen Auswirkungen von Sandvorspülungen durch Veränderungen in deren Beständen zu erkennen.

## 2. Untersuchungsgebiet

Sylt, mit 93,5 km<sup>2</sup> die größte der nordfriesischen Inseln, besteht aus einer Dünenlandschaft auf einem Geestkern und ist durch eine Marschlandschaft im Osten charakterisiert. Ausführliche Beschreibungen der biologischen, chemischen und physikalischen Verhältnisse an den Küsten sind bei SCHMIDT (1968) zu finden.

Im Mai 1993 wurden an der Westküste vor List 0,84 Mio m<sup>3</sup> Sediment auf einer Länge von 1,5 km vorgespült. Als Sandentnahmegebiet für diese Vorspülung diente der Salzsand. Er stellt eine nahe am Lister Tief gelegene flache Sandbank dar, welche zum Lister Tief nach Norden steil, nach Süden flach abfällt.

Das geförderte Sediment wurde durch das Entnahmeschiff in Strandnähe transportiert und durch eine mehrere 100 m lange Schwimmleitung zum Strand gepumpt. Am Strand war die flexible Kunststoffleitung in das Sediment eingegraben und mit einem Düker verbunden, welcher senkrecht zur Uferlinie lag. An den Düker wurden nacheinander in beiden Richtungen parallel zur Uferlinie feste Rohrteile angeschlossen, durch welche der Sand zunächst über eine bestimmte Strecke in nördlicher, anschließend in südlicher Richtung an den Strand gespült wurde. Der Strand wurde pro Tag auf einer Strecke von ca. 40–50 Metern vorgespült, wobei das Spülwasser in breiter Fahne senkrecht zur Rohrleitung ins Meer abließ (Abb. 1–3).

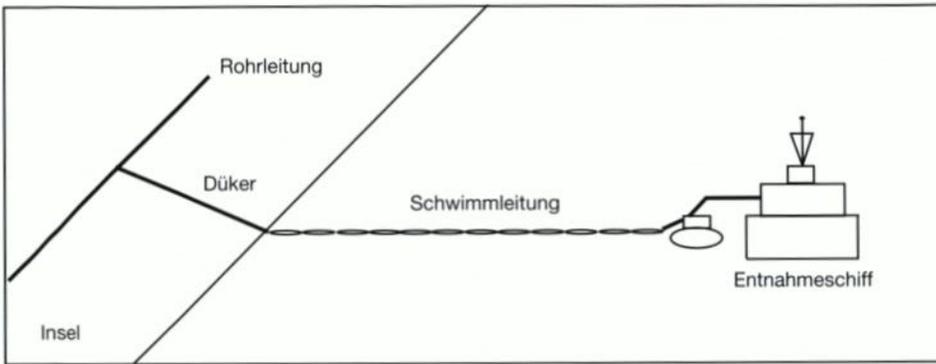


Abb. 1. Schematische Darstellung des Spülvorgangs



Abb. 2. Spülvorgang an einem Spülkörper



Abb. 3. Spülfeld eines Spülkörpers

### 3. Material und Methoden

Die Beprobungen im Bereich des Lister Spülkörpers fanden vor, während sowie in definierten Zeitabständen nach Beendigung des Spülprozesses statt. Diese wurden stets sowohl innerhalb (Stationen 2A–8A) als auch außerhalb (Vergleichsstation 1A) des beeinflussten Gebietes durchgeführt, um zu erarbeiten, welche Rolle jahreszeitliche Aspekte im Laufe des Wiederbesiedlungsprozesses spielen können. Von den 11 beprobten Stationen befand sich lediglich die Vergleichsstation 1A während der gesamten Untersuchung in einem von der Aufspülung völlig unbeeinflussten Gebiet (Abb. 4).

Die Probennahmen erfolgten mit Hilfe eines Stechrohrs (Innendurchmesser 5 cm) bei Niedrigwasser 3–7 Meter seewärts des Strandknicks (Abb. 5).

Pro Station wurden fünf Parallelproben über eine Sedimenttiefe von 0–10 cm entnommen. Diese Sedimentkerne wurden in zwei Tiefenhorizonte (0–5 cm und 5–10 cm) unterteilt und mit 4 % Formol fixiert.

Am 11. 6. 1993 und am 19. 4. 1994 wurde an der Station 5A neben der Sedimententnahme parallel zur Wasserlinie zusätzlich ein Profil senkrecht dazu gelegt, wobei der Strandknick die Null-Linie darstellte (Abb. 6 u. 7).

Die quantitative Extraktion der Meiofauna aus den fixierten Sedimentproben erfolgte durch 10minütige Elutriation. Die Konzentration der Organismen aus den Wasserproben geschah über die Filtration durch ein 42- $\mu$ m-Sieb. Anschließend wurden sie mit Bengalrosa angefärbt, unter dem Binokular ausgezählt und nach Großtaxa sortiert.

Für die Sedimentanalyse wurde das Verfahren der „Luftstrahlsiebung“ angewandt, welches auf der Erzeugung eines Vakuums zwischen dem Sieb und einer Saugvorrichtung beruht.

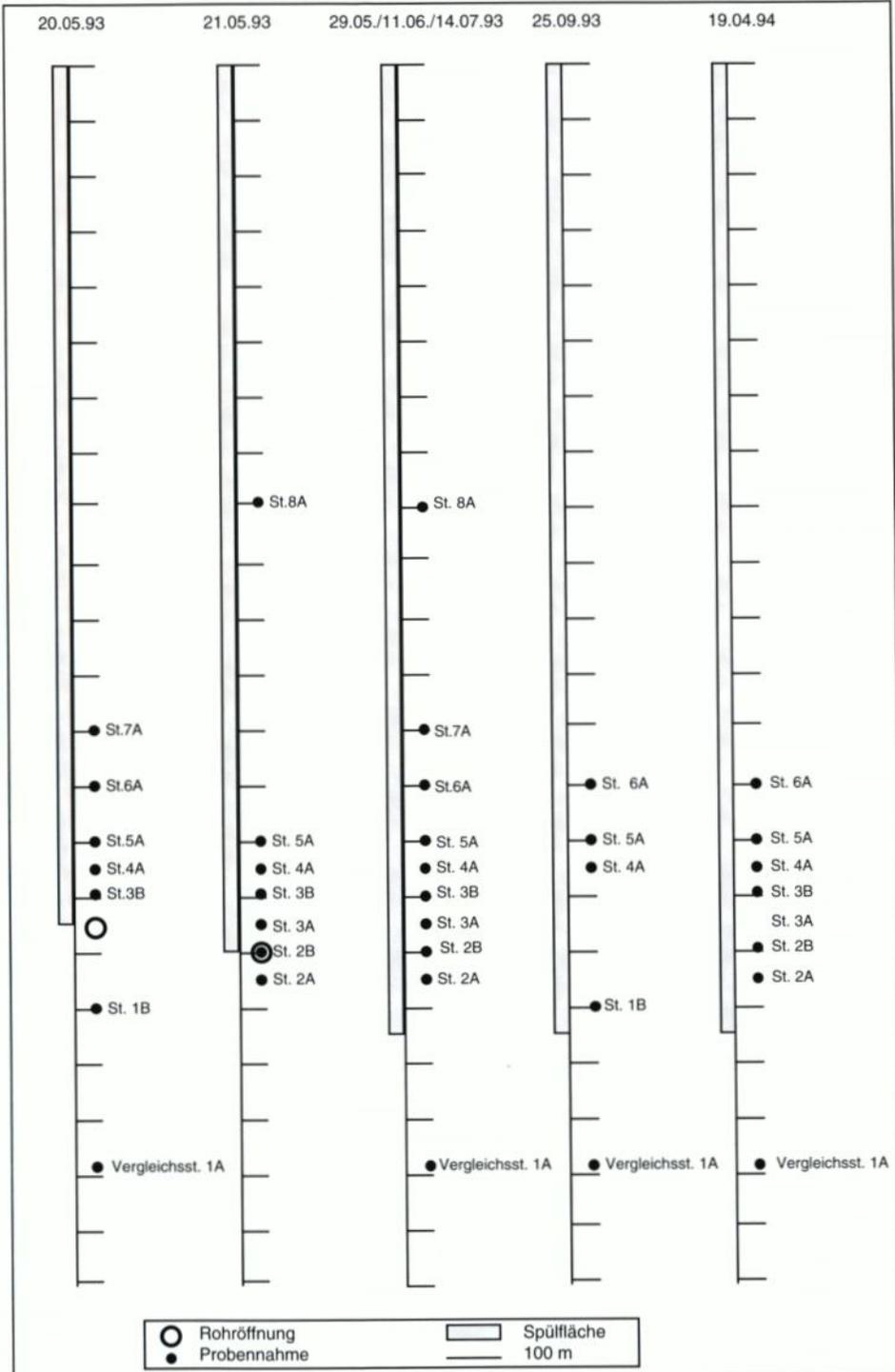


Abb. 4. Beprobungsschema im Bereich des Lister Spülkörpers

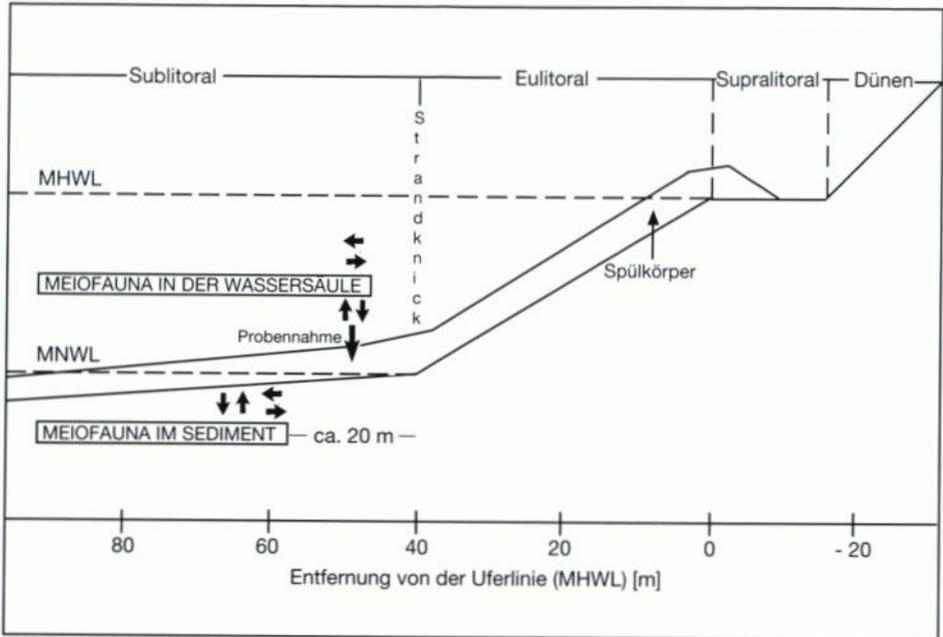


Abb. 5. Probennahmestelle und Ausdehnung des Spülkörpers

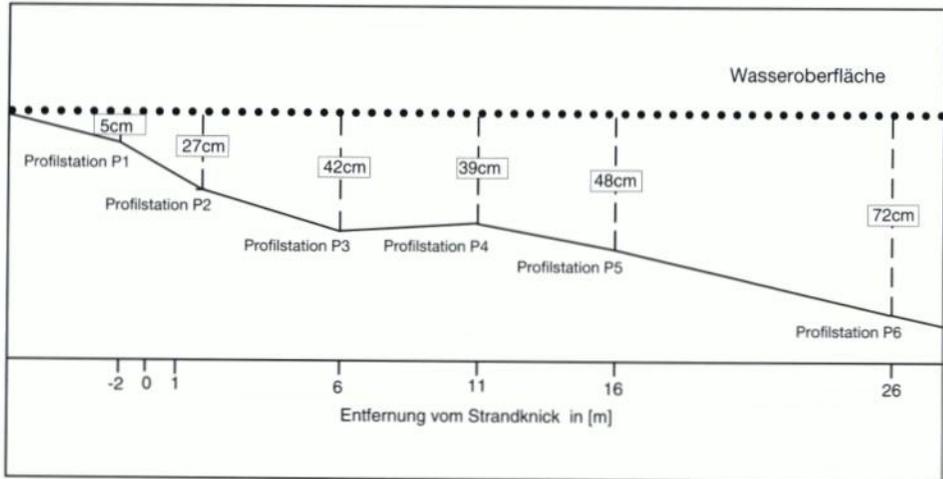


Abb. 6. Beprobungsschema des Profils an der Spülkörper-Station 5A des Lister Spülkörpers am 11. 6. 93

Die 48 Stunden bei 60 °C getrockneten Sedimente passieren dabei einen DIN-genormten Siebsatz, dessen Prüfsiebe in geometrischer Reihe beginnend bei einer Maschenweite von 45 µm in 0,5-phi-Intervallen bis zu einer Maschenweite von 4000 µm ansteigen. Für jedes Sieb betrug die Siebzeit mindestens drei Minuten und wurde je nach Sedimenteigenschaften auf 6 bzw. 9 Minuten erhöht.

Die Berechnung des Medians (Q 50) und des Sortierungskoeffizienten erfolgte auf der Basis der bei GIERE et al. (1988) und GRAY (1984) beschriebenen Formeln.

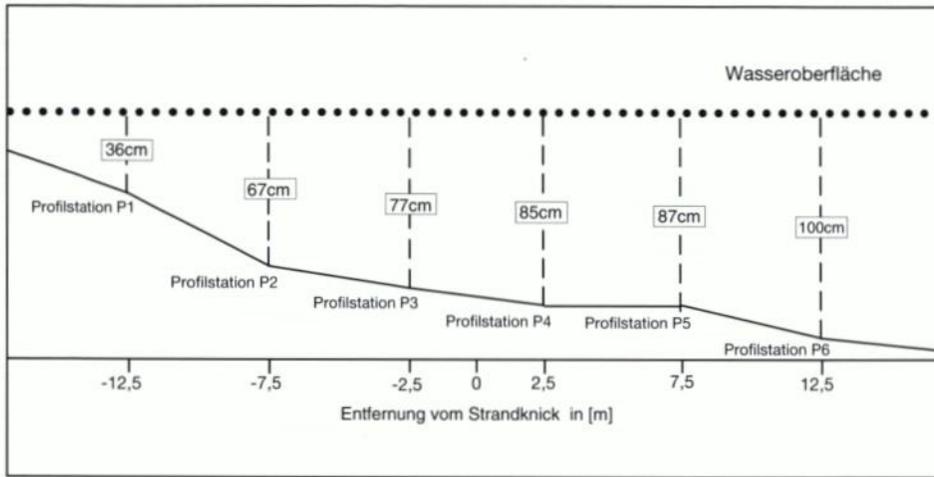


Abb. 7. Beprobungsschema des Profils an der Spülkörper-Station 5A des Lister Spülkörpers am 19. 4. 94

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Sedimentzusammensetzung

Im räumlichen und zeitlichen Verlauf änderte sich die Sedimentzusammensetzung entlang des Spülkörpers kaum (Tab. 1).

Der Median lag in den oberflächlichen 10 cm des Sediments zwischen 0,22 und 0,49 mm. Der Sedimenthorizont zwischen 0 und 5 cm war im Gegensatz zum Horizont zwischen 5 und 10 cm durch einen geringeren Anteil an groben Sedimentbestandteilen gekennzeichnet.

Das Sediment an der unbeeinflussten Vergleichsstation 1A war besser sortiert als das an den aufgespülten Stationen.

Tab. 1. Korngrößenverteilung im Lister Untersuchungsgebiet am 21. 5., 29. 5., 14. 7. und 25. 9. 93 (\* Mittelwert aus 3 Parallelen, \*\* keine Probennahme)

Station	1A	2A	2B	3A	3B	4A	5A	6A	7A	8A
21. 5. 93										
Median [mm]	**	0,27	0,33	0,32	0,35	0,29	0,28	**	**	0,36
Sort.koeff.	**	0,65	0,79	0,55	0,82	0,76	0,52	**	**	0,48
29. 5. 93										
Median [mm]	0,28*	0,22	0,27	0,31	0,33	0,33	0,29*	0,39	0,33	0,32
Sort.koeff.	0,49*	0,41	0,62	0,47	0,58	0,55	0,57*	0,61	0,58	0,48
14. 7. 93										
Median [mm]	0,27*	0,33	0,42	0,33	0,38	0,34	0,28*	0,52	0,39	0,40
Sort.koeff.	0,48*	0,45	0,61	0,53	0,56	0,45	0,53*	0,44	0,47	0,37
25. 9. 93										
Median [mm]	0,38*	**	**	**	**	0,25	0,30*	0,31	**	**
Sort.koeff.	0,60*	**	**	**	**	0,51	0,47*	0,49	**	**

Mit zunehmender Entfernung seawärts vom Strandknick waren am 11. 6. 1993 und am 19. 4. 1994 sowohl eine Verringerung des mittleren Korngrößendurchmessers als auch des Sortierungskoeffizienten verbunden (Abb. 8 u. 9).

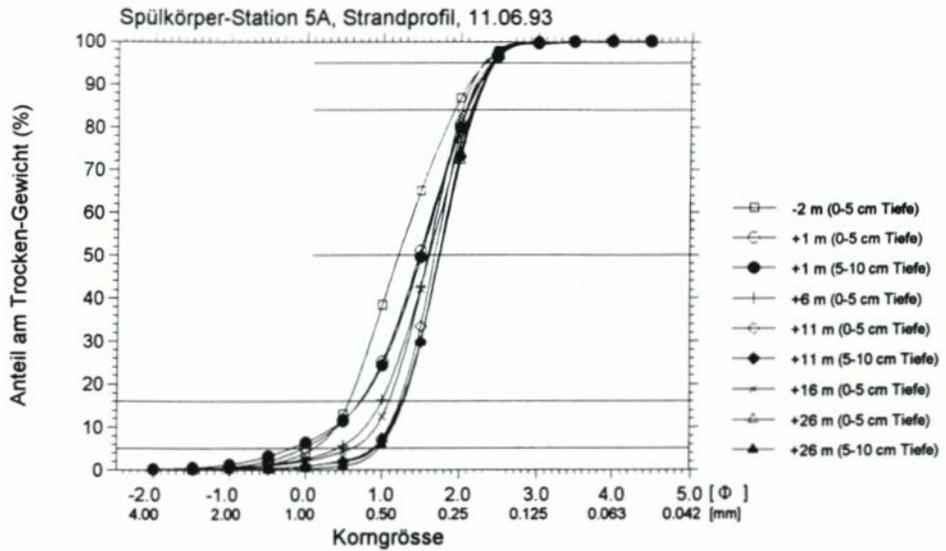


Abb. 8. Verteilung der Korngrößen im Sediment an den Profilstationen P1-P6 des Lister Spülkörpers am 11. 6. 93

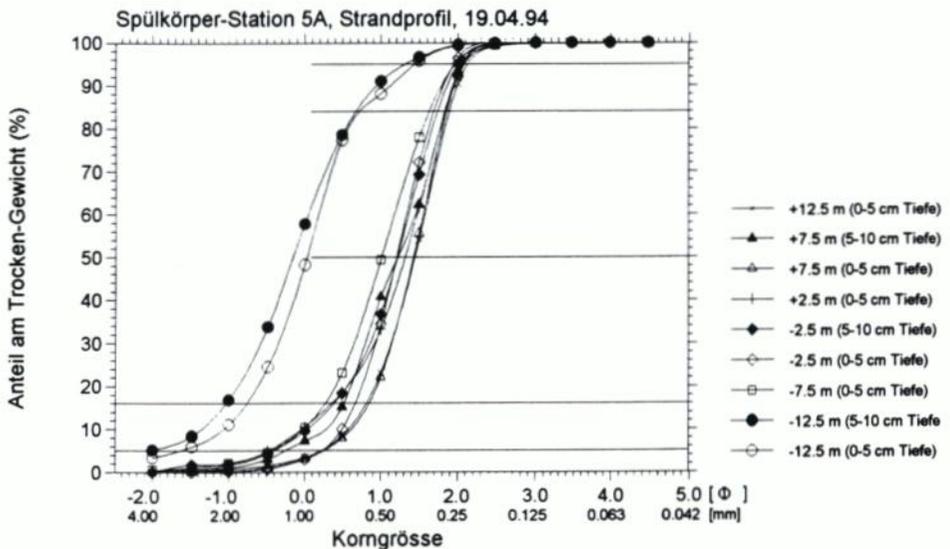


Abb. 9. Verteilung der Korngrößen im Sediment an den Profilstationen P1-P6 des Lister Spülkörpers am 19. 4. 94

## 4.2 Besiedlungsmuster

Die Gesamtindividuenzahlen in der oberen Sedimentschicht (0–5 cm) waren bis zum 19. 4. 1994, also bis 12 Monate nach Beendigung der Vorspülung, an der Vergleichsstation 1A höher als an den Stationen, die vor der Sandvorspülung lagen und von dieser beeinflusst wurden.

Von Beginn der Untersuchungsphase an stiegen die Gesamtindividuenzahlen an den aufgespülten Stationen zwar kontinuierlich an, erreichten jedoch bis zur letzten Beprobung nicht die Individuenzahlen der Station 1A (Abb. 10).

Der Hauptanteil der Meiofauna kam an allen Stationen in den oberen 5 cm des Sediments vor, und die Gesamtindividuenzahlen sowie die Individuenzahlen der einzelnen Tiergruppen stiegen mit zunehmender, seewärts gerichteter Entfernung vom Strandknick an (Abb. 11 bis 13).

Unabhängig von der systematischen Stellung wiesen verschiedene Tiergruppen Ähnlichkeiten in ihren Besiedlungsmustern auf (Abb. 14):

Ciliaten und Tardigraden erreichten saisonal hohe Individuenzahlen. Für die aufgespülten Stationen waren geringere Individuenzahlen charakteristisch als für die unbeeinflusste Vergleichsstation 1A.

Nematoden und Turbellarien kamen mit hohen, jedoch veränderlichen Individuenzahlen im Untersuchungsgebiet vor. Während der Spülprozeß andauerte, wurden an den aufgespülten Stationen an einigen Terminen höhere Individuenzahlen erreicht als im unbeeinflussten Vergleichsgebiet. Nach Beendigung der Störung überstiegen die Individuenzahlen an der Vergleichsstation zunächst jedoch die des aufgespülten Gebiets, sie gingen dann aber in zunehmend einheitlichere Werte entlang des gesamten Spülkörpers über.

Das Besiedlungsmuster der Gastrotrichen war durch schwankende Individuenzahlen charakterisiert. Die Gastrotrichen besiedelten das aufgespülte Gebiet stärker als die Vergleichsstation. In einem begrenzten Zeitraum während und kurz nach der Vorspülung (Ende Mai bis Juni 1993) waren die beeinflussten Stationen durch gleichmäßige Besiedlung charakterisiert. Im weiteren Verlauf der Beprobungen nahmen räumlich und zeitlich unregelmäßige Häufigkeitsschwankungen zu.

Die Individuenzahlen der Harpacticiden waren zunächst sehr gering, stiegen aber während des gesamten Untersuchungszeitraums an den aufgespülten Stationen an. Ein Jahr nach Beendigung der Vorspülung wurden an den beeinflussten Stationen aber immer noch geringere Individuenzahlen erreicht als im unbeeinflussten Vergleichsgebiet.

Mit Ausnahme der Harpacticiden wiesen alle Tiergruppen an den aufgespülten Stationen höhere prozentuale Anteile an den Gesamtindividuenzahlen auf als an der Vergleichsstation.

Für den Lister Spülkörper konnte entlang der küstenparallel gelegenen Stationen kein Zusammenhang zwischen den Sedimentparametern und den Häufigkeiten ausgewählter Tiergruppen nachgewiesen werden.

Lediglich in der Verteilung der Meiofauna senkrecht zur Wasserlinie waren nach unseren Daten geringfügige Abnahme des mittleren Korngrößendurchmessers mit zunehmender Entfernung seewärts vom Strandknick und Zunahme der Gesamtindividuenzahlen verknüpft.

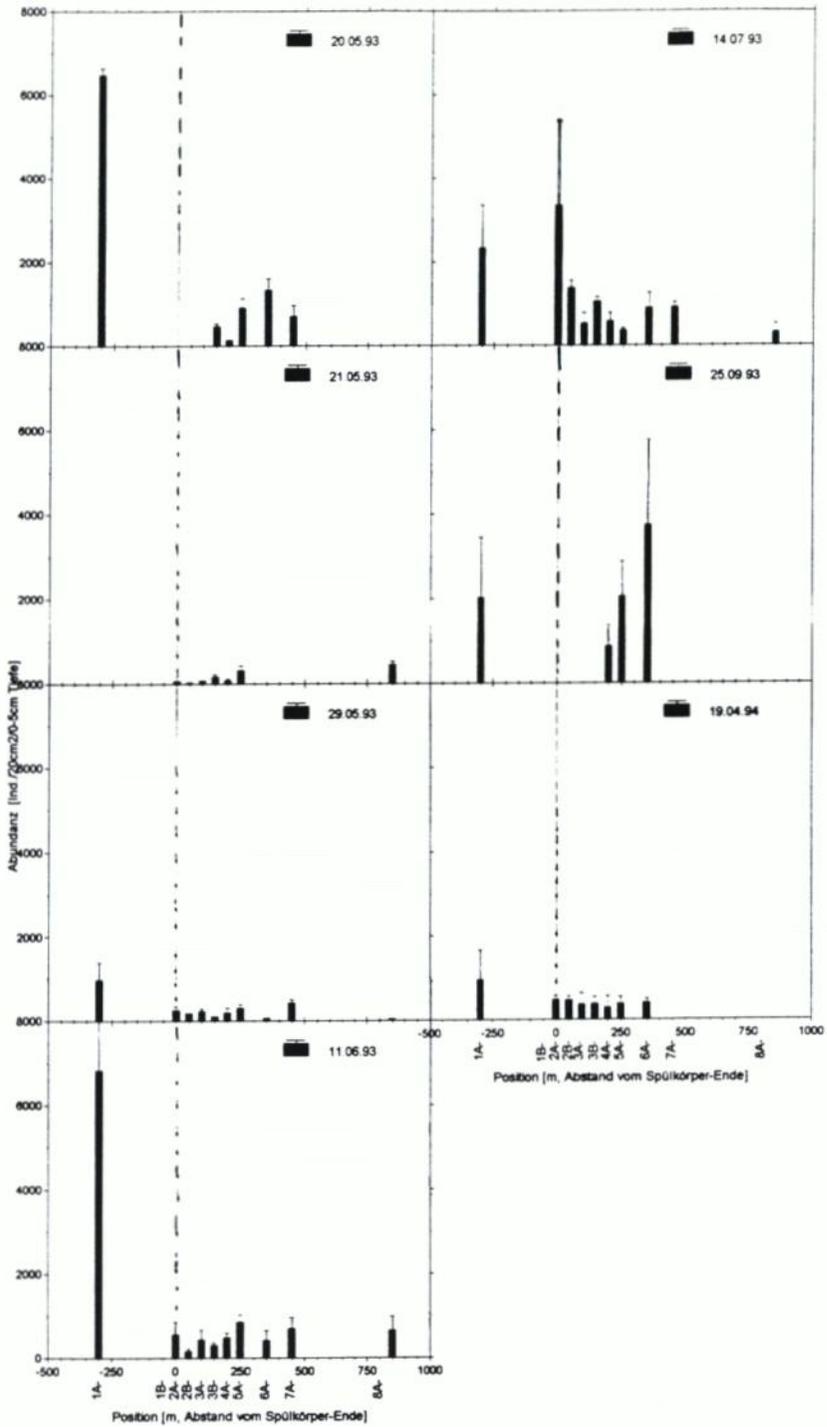


Abb. 10. Veränderungen der Gesamtindividuenzahlen vom 20. 5. 93 bis zum 19. 4. 94 an den Stationen 1A-8A

List93/94: Vergleichsstation 1A

List93/94: Spülkörper-Station 2A

List93/94: Spülkörper-Station 5A

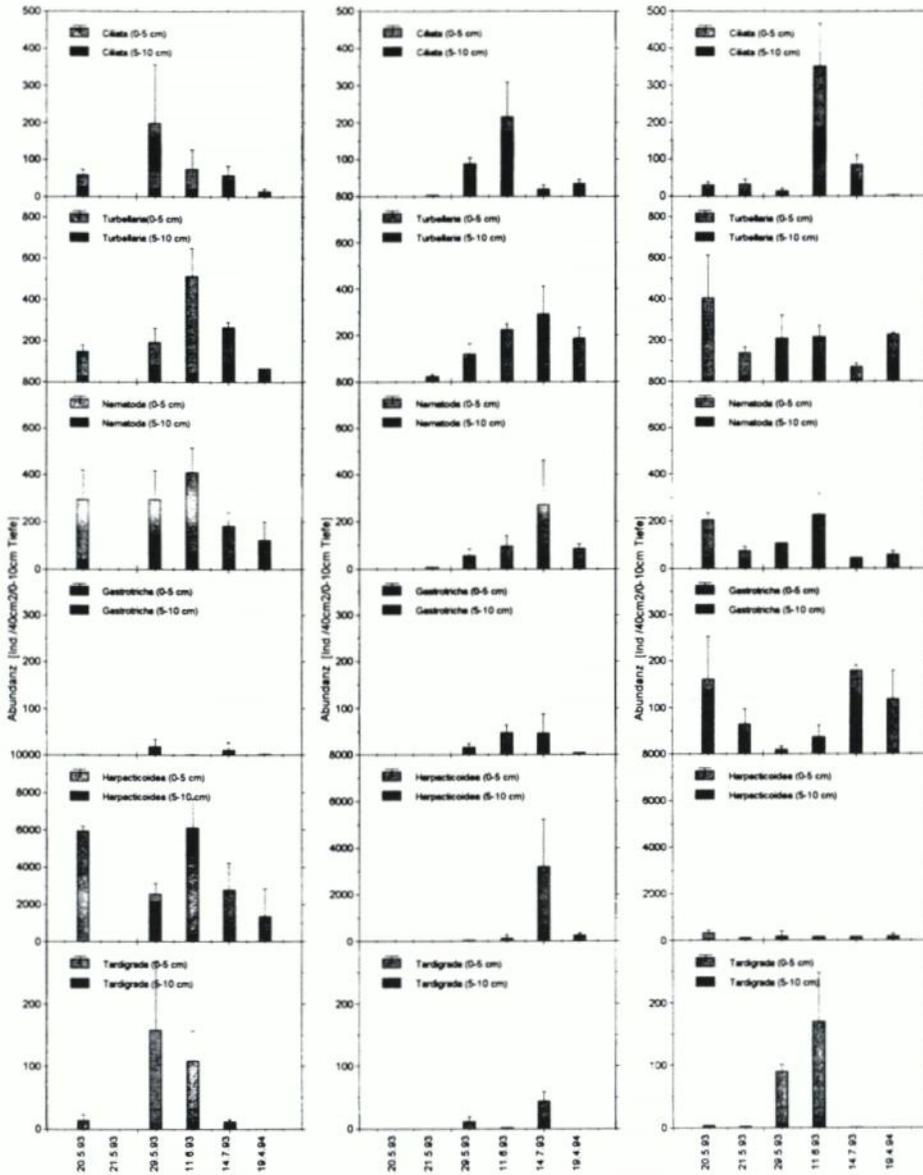


Abb. 11. Vertikalverteilung ausgewählter Taxa an der Vergleichsstation 1A und den Spülkörper-Stationen 2A und 5A des Lister Spülkörpers (Abundanzmaßstäbe nicht einheitlich)

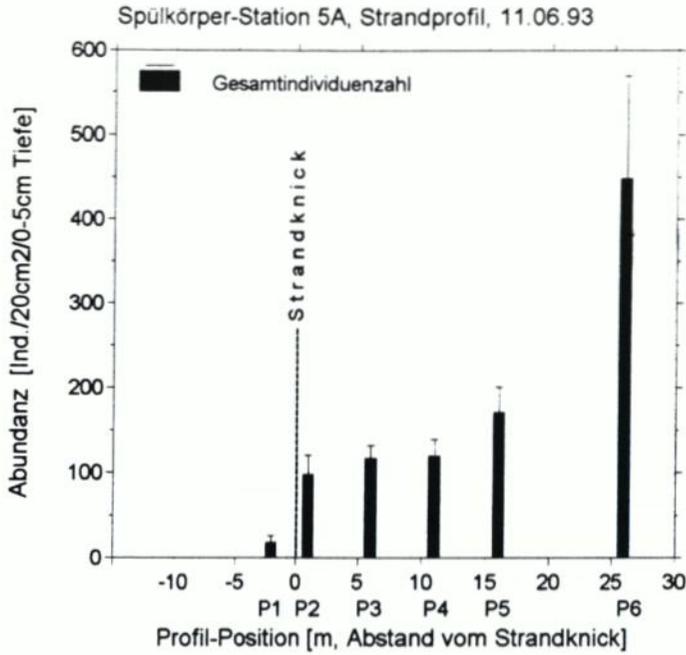


Abb. 12. Veränderung der Gesamtindividuenzahlen mit zunehmender, seewärts gerichteter Entfernung vom Strandknick an den Profilstationen P1-P6 des Lister Spülkörpers am 11. 6. 93

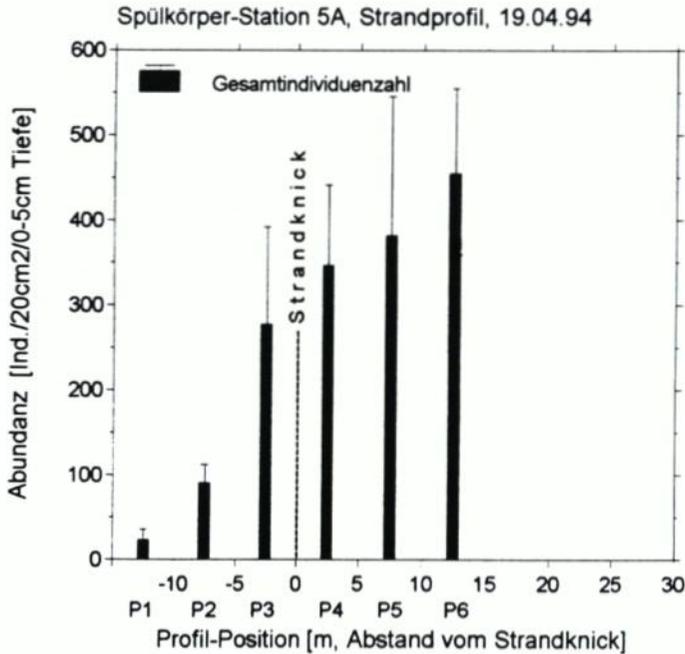


Abb. 13. Veränderung der Gesamtindividuenzahlen mit zunehmender, seewärts gerichteter Entfernung vom Strandknick an den Profilstationen P1-P6 des Lister Spülkörpers am 19. 4. 94

List93/94: Ciliata, gesamt

List93/94: Turbellaria, gesamt

List93/94: Nematoda, gesamt

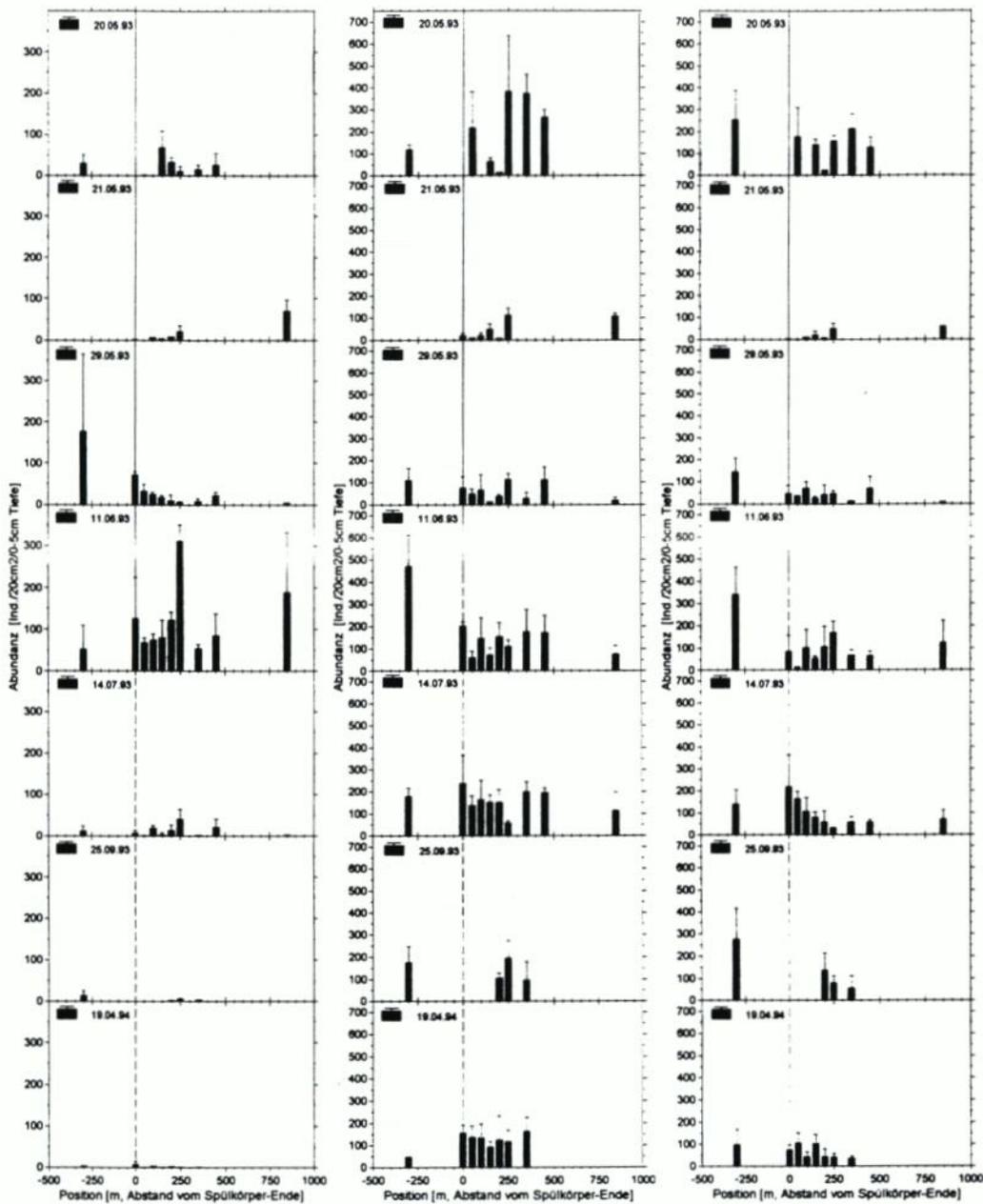


Abb. 14. Veränderungen der absoluten Abundanzen ausgewählter Tiergruppen entlang der Stationen 1A-8A des Lister Spülkörpers in Sedimenttiefen zwischen 0 und 5 cm (Abundanzmaßstäbe nicht einheitlich)

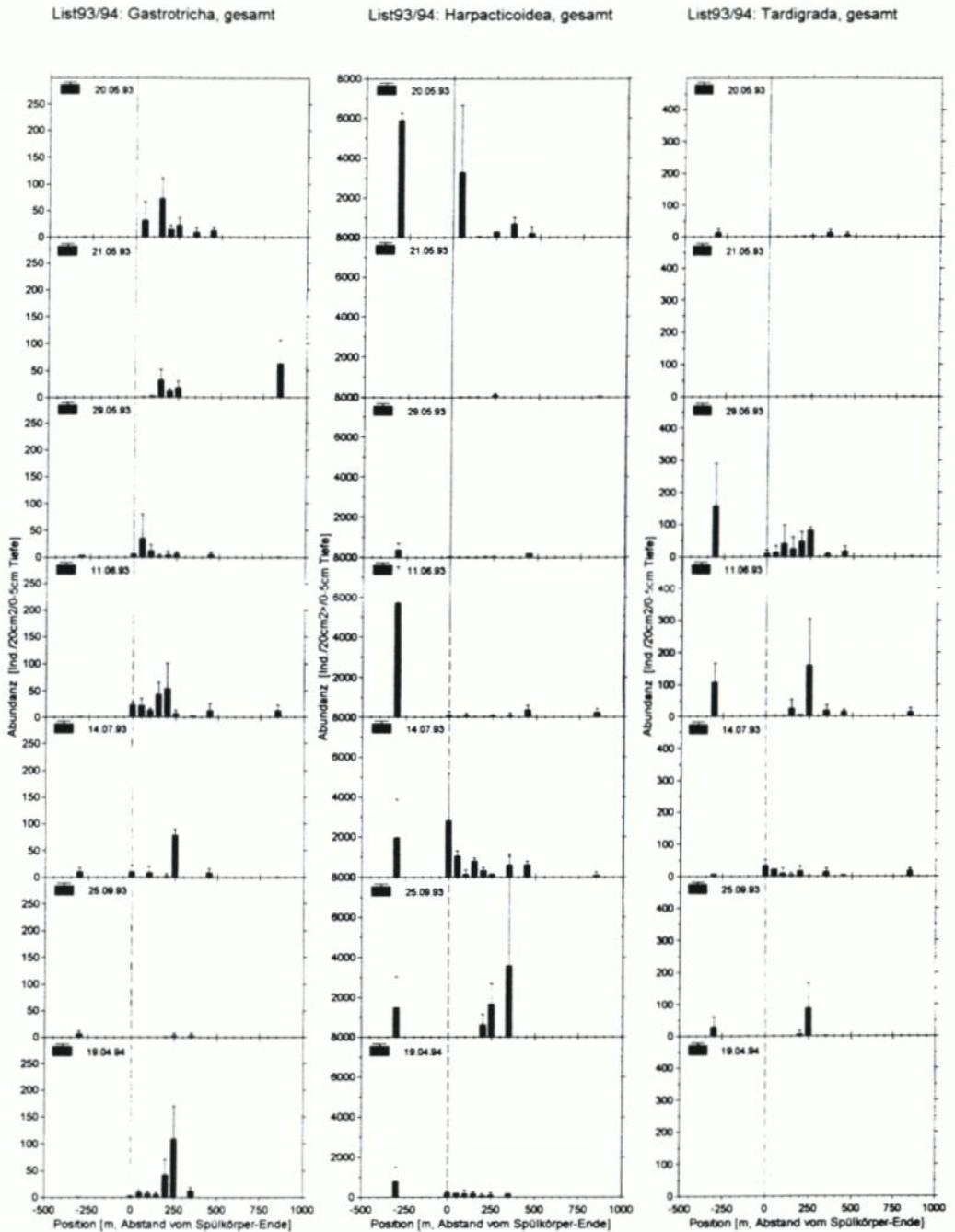


Abb. 14. (Fortsetzung)

## 5. Diskussion

Alle Umgestaltungen in dem natürlichen System der Strand- und Flachwasserregionen, die der Sicherung eines bestimmten Zustandes der Topographie dienen sollen, stellen gleichzeitig Eingriffe in den Lebensraum dar. Diese haben kurzfristige Auswirkungen durch die Maßnahmen der Ingenieure und langfristige durch die Änderungen der hydrographischen Bedingungen und der davon abhängigen Sedimentstrukturen. Unter den Gesichtspunkten von Arten- und Biotopschutz sind die Fragen nach Umfang und Dauerhaftigkeit der Änderungen berechtigt.

Die Beobachtungen, die während und nach einer Sandvorspülung auf Sylt gemacht werden konnten, belegen deutlich, daß die veränderte Region schnell wieder besiedelt wird, der Lebensraum für die Sandfauna und dessen Zusammensetzung aber langfristig verändert werden.

Aus dem Sandentnahmegebiet gelangten Korngrößen an den Strand, welche dort natürlicherweise nicht auftreten. Das vorgespülte Sediment war in seiner Zusammensetzung heterogener als das Sediment im unbeeinflussten Vergleichsgebiet. Infolge der ständigen Aufwirbelung des Sandes im Vorstrandbereich und der hohen Sedimenttransportraten war jedoch schon wenige Tage nach Beendigung der Vorspülung der Spülkörper hinsichtlich der Korngrößenverteilung nicht mehr vom unbeeinflussten Vergleichsgebiet zu unterscheiden. Der Spülprozeß verursachte starke Verwirbelungen des Sediments bis in Tiefen > 10 cm. Schwere Bestandteile des Spülsandes sedimentierten zuerst, während feinere Partikel länger in Suspension blieben und so transportiert wurden.

Bis zu einer Tiefe von 10 cm bestand weder während noch nach Beendigung der Vorspülung ein Zusammenhang zwischen den untersuchten Sedimentparametern und den Häufigkeiten der verschiedenen Tiergruppen. So bleibt es fraglich, ob die Verteilung der Meiofauna auf der Basis von Korngrößenverteilungen zu erklären ist.

CONRAD (1976) konnte zeigen, daß weniger der mittlere Korngrößendurchmesser als vielmehr die Angularität, d. h. die Winkeligkeit der Sandkörner bedeutend ist. Große Angularität bewirkt demnach eine größere Heterogenität des Lebensraums, welche v. a. in einer erhöhten Anzahl an Habitaten und einem erhöhten Schutz vor Erosion resultiert.

So mag die Frage nach der Sediment-Meiofauna-Korrelation zwei Antworten haben. Entweder reagieren die Individuen wirklich nicht auf das Korngrößengefüge, oder der Streß durch andere Umweltfaktoren überschattet diese (JANSSON, 1968). An Sandstränden wirkt v. a. die Wasserbewegung als Extremfaktor.

Die Meiofauna reagiert mit schneller Besiedlung des Spülkörpers auf die Störung des natürlichen Lebensraumes. Bereits nach einer Tide sind alle Tiergruppen – vermutlich in veränderter Artenzusammensetzung – im Spülkörper vorhanden. Die absoluten und relativen Häufigkeiten aller Tiergruppen im Spülkörper zeigen jedoch deutliche Unterschiede zum angrenzenden natürlichen Lebensraum.

Festzustellen ist, daß die Sandvorspülung keine Veränderung der vertikalen und horizontalen Verteilungen der Meiofauna bewirkt hat, wie sie für natürliche, ungestörte Lebensräume charakteristisch sind. Die intensive Vermischung von Sediment und Fauna beim Spülvorgang wird offensichtlich durch Wanderung der Fauna in kurzer Zeit in die Verteilungsmuster zurückgeführt, welche ungestörte Lebensräume kennzeichnen. Ein Einfluß der Sandvorspülungen auf die Faunenzusammensetzung und die Muster der Wiederbesiedlung durch Meiofauna ist jedoch deutlich nachgewiesen worden.

Innerhalb weniger Stunden nach Beendigung der Vorspülung stiegen die Häufigkeiten aller Tiergruppen zunächst deutlich an. Dabei kann es sich nur um Individuen gehandelt haben, welche mit der Tidenströmung in den wiederzubesiedelnden Lebensraum gelangten.

Untersuchungsergebnissen PALMERS (1984) zufolge muß Rekrutierung als ein mehrstufiger Prozeß betrachtet werden, der von folgenden Faktoren abhängt:

1. Verfügbarkeit von Besiedlern
2. Fähigkeit der Besiedler, den gestörten Lebensraum zu erreichen
3. Fähigkeit der Besiedler im neuen Lebensraum zu überleben.

Die Größe des zu besiedelnden Lebensraumes und die Entfernung von potentiellen Besiedlern hat zum einen Einfluß auf die spätere Artenzusammensetzung der Lebensgemeinschaft, zum anderen auf die Zeit, die benötigt wird, bis ein Siedler erstmals im neuen Lebensraum auftritt (COULL u. PALMER, 1984).

Für die Besiedlung des großen Gebietes eines Spülkörpers scheint die passive Einwanderung der Besiedler über die Wassersäule dominierend. Für Lebensräume, welche – wie der Lister Spülkörper – durch variable Faunenzusammensetzungen, fehlende Untergrundstrukturen (z. B. Makrofauna-Wohnröhren im Sediment) und starke Wasserbewegungen charakterisiert sind, muß die Wiederbesiedlung durch Meiofauna überwiegend als passiver Prozeß als Folge von Resuspension gedeutet werden (PALMER, 1984) (Abb. 15).

Die schnelle Besiedlung des Sylter Spülkörpers war nur infolge der starken Wasserbewegungen und den damit verbundenen hohen Faunentransportraten möglich. PALMER u. GUST (1985) konnten nachweisen, daß die Meiofauna den gleichen Erosions- und Suspensionsprozessen unterliegt wie das Sediment und mit diesem verdriftet wird. Dabei muß berücksichtigt werden, daß solche Tiere, die sich nicht an Sandkörner anheften können, einen geringeren Äquivalentdurchmesser besitzen als die ungebundenen Sandkörner und folglich leichter und weiter bei gegebenen Transportbedingungen verdriftet werden.

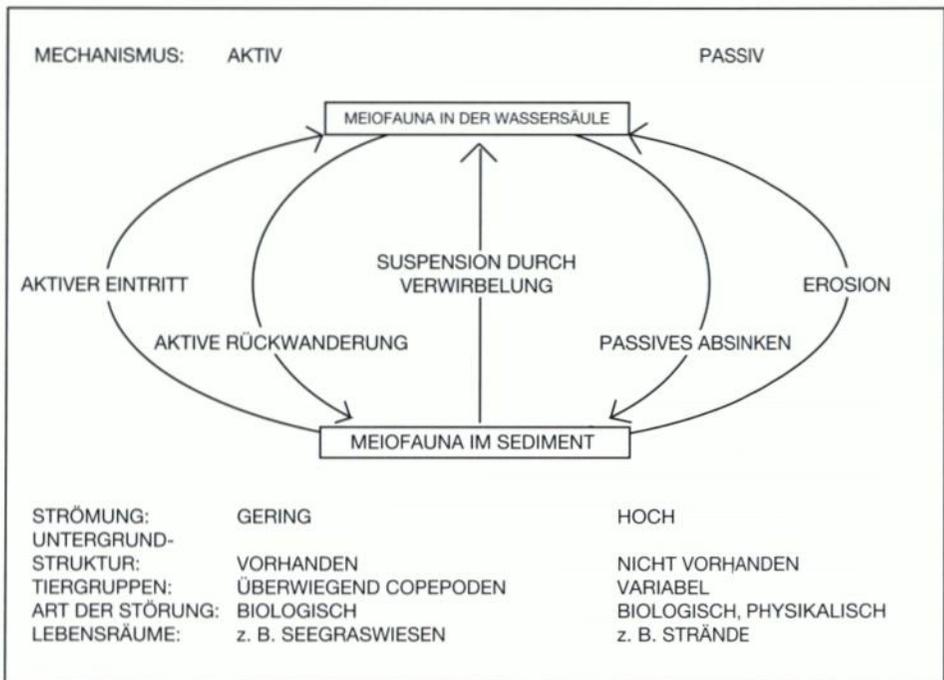


Abb. 15. Illustration der aktiven und passiven Mechanismen, welche den Eintritt von Meiofauna aus dem Sediment in die Wassersäule bewirken (verändert aus: PALMER, 1984)

Für den Lister Spülkörper konnte gezeigt werden, daß auf dem systematischen Niveau der Tiergruppe schon bald nach der Beendigung der Vorspülung keine deutlichen Unterschiede zwischen den Besiedlungsmustern des gestörten Gebiets und eines natürlichen Strandabschnitts bestehen. In welchem Maße und wie lange jedoch auf dem Niveau der Arten die Zusammensetzung durch die Vorspülung verändert wird, bleibt ungeklärt. Für anthropogene Effekte wird angenommen, daß sie Strukturen mariner Lebensgemeinschaften auf einem höheren taxonomischen Niveau beeinflussen als natürliche Umweltvariablen (z. B. Wassertiefe). So stellten WARWICK (1988) und HERMAN u. HEIP (1988) fest, daß zur Beschreibung von Faunenzusammensetzungen entlang von Verschmutzungsgradienten Artbestimmungen oft nicht erforderlich sind. Im Vergleich zu einem höheren taxonomischen Niveau sind oftmals keine zusätzlichen Aussagen möglich.

Der Versuch, die Auswirkungen anthropogener Eingriffe in den Lebensraum mariner Fauna durch Veränderungen benthischer Gemeinschaftsstrukturen zu verdeutlichen, führte bislang zu unterschiedlichen Ergebnissen. Für einen portugiesischen Küstenabschnitt konnte ein Einfluß von Verschmutzung auf Biomasse, Diversität und Anzahl der Taxa weder für die Makro- noch für die Meiofauna nachgewiesen werden (AUSTEN et al., 1989). SANDULLI u. DE NICOLA-GIUDICI (1989) dagegen konnten in einem Laborexperiment zeigen, daß die Häufigkeiten aller Meiofauna-Taxa proportional zum organischen Gehalt des Sedimentes abnehmen.

Im Rahmen dieser Studie wurde eine für jede Tiergruppe spezifische Antwort auf die Vorspülung festgestellt. Diese äußerte sich in charakteristischen Besiedlungsmustern, welche auf unterschiedliche Besiedlungsfähigkeiten der Arten in einem veränderten Lebensraum zurückgeführt werden können. Dabei erwiesen sich Arten mit kurzen Generationszeiten oder mehreren Fortpflanzungsperioden (r-Strategen) als erfolgreichere Besiedler (HOCKING u. OLLASON, 1981). Der untersuchte Lebensraum von Sylt ist in hohem Maße physikalisch durch Seegang, Strömungen und Sedimenttransport bestimmt, und die Anzahl der r-Strategen dürfte deswegen hoch sein.

Meiofauna an Hochenergie-Küsten ist aufgrund der variablen physikalischen, chemischen und biologischen Bedingungen, welchen sie ausgesetzt ist, resistenter gegenüber Störungen des Lebensraumes. Diese Gründe führten ALONGI et al. (1983) als Ursache der hohen Toleranz von estuarinem Meiobenthos gegenüber Umweltstress auf.

Durch Sandvorspülungen wird der Flachwasserbereich verändert. Infolge der Dynamik, welche vorgespülte Küstenabschnitte kennzeichnet und der Lebensstrategien der dort vorkommenden Meiofauna, beginnt eine Wiederbesiedlung des Spülkörpers zwar schon wenige Stunden nach Beendigung der Vorspülung, dennoch sind die ökologischen Auswirkungen dieser Stranderhaltungsmaßnahme auf die Sandlückenfauna auch noch ein Jahr nach Beendigung des Eingriffs nachzuweisen. So treten die Harpacticiden im Spülkörper mit deutlich geringeren Individuenzahlen auf als im ungestörten Vergleichsgebiet. Auch in anderen Studien erwiesen sich die Harpacticiden als die Tiergruppe, welche am sensibelsten auf Störungen der natürlichen Lebensbedingungen reagierte (SANDULLI u. DE NICOLA-GIUDICI, 1990).

Unter den Gesichtspunkten von Biotop- und Artenschutz stellt sich somit die Sandvorspülung an der Westküste Sylts als eine umweltverträgliche Maßnahme dar. Auch bei in Zukunft erforderlich werdenden Strand- und Dünensicherungen kann davon ausgegangen werden, daß die Maßnahmen nur relativ kleine Strandbereiche beeinflussen werden, während anschließende, weit größere Strecken ungestört bleiben und als Quelle für die Wiederbesiedler erhalten werden. Ein Transport der Fauna mit dem Küstenlängsstrom, der auch das Sediment entlang der Küsten versetzt, sowie die Tidenströmungen sorgen als natürliche, stets vorhandene Prozesse für die Wiederbesiedlung des Lebensraumes.

## 6. Schriftenverzeichnis

- ALONGI, D. M., D. F. BOESCH u. R. J. DIAZ: Colonization of Meiobenthos in Oil-Contaminated Subtidal Sands in the Lower Chesapeake Bay. *Marine Biology* 72: 325-335, 1983.
- AUSTEN, M. C., R. M. WARWICK u. M. C. ROSADO: Meiobenthic and Macrobenthic Community Structure Along a Putative Pollution Gradient in Southern Portugal. *Mar. Pollut. Bull.* 20: 398-405, 1989.
- CHARLIER, R. H. u. C. P. DE MEYER: Coastal Defense and Beach Renovation. *Ocean and Shoreline Management* 12: 525-543, 1989.
- CONRAD, J. E.: Sand Grain Angularity as a Factor Affecting Colonization by Marine Meiofauna. *Vie Milieu* 26(2): 181-198, 1976.
- COULL, B. C. u. M. PALMER: Field Experimentation in Meiofaunal Ecology. *Hydrobiologia* 118: 1-19, 1984.
- DETTE, H. H. u. J. GÄRTNER: Erfahrungen mit der Versuchssandvorspülung vor Hörnum im Jahre 1983. *Die Küste*, H. 45: 209-258, 1987.
- GIERE, O., A. ELEFTHERIOU u. D. J. MURISON: Abiotic Factors. In: R. P. Higgins u. H. Thiel (eds): *Introduction to the Study of Meiofauna*. Smithsonian Institution Press, Washington D. C., London, 488 pp., 1988.
- GRAY, J. S.: *Ökologie mariner Sedimente. Eine Einführung*. Springer Verlag, Berlin, 1984.
- HERMAN, P. M. J. u. C. HEIP: On the Use of Meiofauna in Ecological Monitoring: Who Needs Taxonomy? *Mar. Pollut. Bull.* 19: 665-668, 1988.
- HOCKIN, D. C. u. J. G. OLLASON: The Colonization of Artificially Isolated Volumes of Intertidal Estuarine Sand by Meiobenthic Copepods. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 53: 9-29, 1981.
- JANSSON, B.-O.: Quantitative and Experimental Studies of the Interstitial Fauna in Four Swedish Beaches. *Ophelia* 5: 1-71, 1968.
- KRAMER, J.: Küstenschutzwerke an der deutschen Nord- und Ostsee. *Die Küste*, H. 32: 124-139, 1978.
- NELSON, W. G.: Beach Restoration in the Southeastern US: Environmental Effects and Biological Monitoring. *Ocean and Coastal Management*. 19: 157-182, 1993.
- PALMER, M. A.: Dispersal of Marine Meiofauna: a Review and Conceptual Model Explaining Passive Transport and Active Emergence with Implications for Recruitment. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 48: 81-91, 1984.
- PALMER, M. A. u. G. GUST: Dispersal of Meiofauna in a Turbulent Tidal Creek. *J. mar. Res.* 43: 179-210, 1985.
- SANDULLI, R. u. M. DE NICOLA-GIUDICI: Effects of Organic Enrichment on Meiofauna: a Laboratory Study. *Mar. Pollut. Bull.* 20: 223-227, 1989.
- SANDULLI, R. u. M. DE NICOLA-GIUDICI: Pollution Effects on the Structure of Meiofaunal Communities in the Bay of Naples. *Mar. Pollut. Bull.* 21: 144-153, 1990.
- SCHMIDT, P.: Die quantitative Verteilung und Populationsdynamik des Mesopsammons am Gezeiten-Sandstrand der Nordseeinsel Sylt. I. Faktorengefüge und biologische Gliederung des Lebensraumes. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 53: 723-779, 1968.
- WARWICK, R.: The Level of Taxonomic Discrimination Required to Detect Pollution Effects on Marine Benthic Communities. *Mar. Pollut. Bull.* 19: 259-268, 1988.
- WIESER, W.: Biotopstruktur und Besiedlungsstruktur. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 10: 359-376, 1964.