

Neubau der Geeste-Nordmole

Ergebnisbericht der Bestandserfassung des
Makrozoobenthos im Herbst 2022

Anlage 11.12

Anlage zum
wasserbehördlichen Verfahren

Bremerhaven, den 12. JUNI 2025



Auftraggeber:
bremenports GmbH & Co. KG
Bremerhaven

27.09.2023

Auftraggeber: bremenports GmbH & Co. KG
Bremerhaven

Titel: Neubau der Geeste-Nordmole
Ergebnisbericht der Bestandserfassung des Makrozoobenthos im
Herbst 2022

Auftragnehmer: BioConsult GmbH & Co.KG

Auf der Muggenburg 30
28217 Bremen
Telefon +49 421 6207108
Telefax +49 421 6207109

Lerchenstraße 22
24103 Kiel
Telefon +49 431 53036338

Internet www.bioconsult.de
eMail info@bioconsult.de

Bearbeiter: Dr. Lydia Becker
Dipl. Biol. Petra Schmitt
Dr. Sandra Jaklin

Datum: 27.09.2023

Inhalt

Inhalt.....	3
1. Anlass der Untersuchung	6
2. Untersuchungsgebiet und Vorhabenbestandteile	8
3. Material & Methoden	9
3.1 Probenahmedesign	9
3.2 Erfassung Makrozoobenthos und Sedimente	10
3.2.1 Eulitoral.....	10
3.2.2 Sublitoral.....	11
3.2.3 Hartsubstrate, Epifauna und Bewuchs	12
3.3 Bearbeitung der Proben im Labor	13
3.3.1 Greifer- und Stechrrohrproben	13
3.3.2 Hartsubstrate.....	13
3.3.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung.....	13
3.3.4 Bestimmung des Glühverlust	13
3.4 Taxonomische Hinweise	14
3.4.1 Arten der Roten Liste und Neozoen	14
3.5 Datenbehandlung und Datenauswertung	14
3.5.1 Klassifizierung der Sedimente	15
3.5.2 Ermittlung der Artenzahl.....	15
3.5.3 Ermittlung der Abundanz und Biomasse	16
3.5.3.1 Eulitoral	16
3.5.3.2 Sublitoral	16
3.5.3.3 Hartsubstrate	16
3.5.4 Statistische Auswertung	16
4. Ergebnisse	18
4.1 Habitatcharakterisierung	18
4.2 Sedimente.....	20
4.2.1 Eulitoral.....	20
4.2.2 Sublitoral.....	20
4.3 Benthos	22
4.3.1 Artenspektrum des gesamten Beprobungsgebietes	22
4.3.2 Eulitoral.....	24
4.3.2.1 Artenspektrum Eulitoral	24
4.3.2.2 Besiedlungskennwerte Eulitoral	24
4.3.2.3 Dominanzverhältnisse nach Abundanz und Biomasse	26
4.3.3 Sublitoral.....	28
4.3.3.1 Artenspektrum Sublitoral.....	28
4.3.3.2 Besiedlungskennwerte Sublitoral	29
4.3.3.3 Dominanzverhältnisse nach Abundanz und Biomasse Sublitoral	30
4.3.4 Hartsubstrate.....	31
4.3.4.1 Artenspektrum Hartsubstrate	31
5. Einordnung der Ergebnisse.....	33
5.1 Einordnung des aktuellen Zustands des Makrozoobenthos.....	33
5.1.1 Artenspektrum und Artenzahlen.....	34

5.1.2	Hartsubstrate.....	35
5.1.3	Besiedlungskennwerte der eulltoralen und sublitoralen Bereiche	35
5.2	Fazit	36
Literatur.....		37

Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Lageplan Geeste-Nordmole (Bestand und Neubauplanung).....	7
Abb. 2:	Stationen zur Erfassung des Makrozoobenthos.....	9
Abb. 3:	Van-Veen-Greifer (0,1 m ² Fläche) für die Erfassung der Infauna.	12
Abb. 4:	Inhalt Greifer; Kratzprobe am Molenkopf.	12
Abb. 5:	Übersicht über das eulitorale Probengebiet, Blickrichtung Geeste-Nordmole. 18	
Abb. 6:	Eulitorales Probengebiet in Nähe der Geeste-Nordmole.	18
Abb. 7:	Algenbewuchs der Geeste-Nordmole.	19
Abb. 8:	Exemplarischer Inhalt Van-Veen-Greifer.	19
Abb. 9:	Gewichtsanteile (%) der einzelnen Korngrößen-Fraktionen sowie der Glühverlust (%) an den 8 eulitoralen Stationen des Untersuchungsgebietes. 21	
Abb. 10:	Gewichtsanteile (%) der einzelnen Korngrößen Fraktionen sowie der Glühverlust (%) an den 12 sublitoralen Stationen des Untersuchungsgebietes.	22
Abb. 11:	Taxazahlen pro Station, Eulitoral.	25
Abb. 12:	Verteilung mittlere Abundanz (Ind./m ²) und Biomasse (g/m ²) pro Station..	26
Abb. 13:	Clusteranalyse eulitorale Station nach Abundanz.	27
Abb. 14:	Verteilung der sublitoralen Kennwerte pro Station.	30
Abb. 15:	Clusteranalyse sublitorale Stationen.	32
Tab. 1:	Klassifizierung der Kornfraktionen nach Figge (1981) und Laurer et al. (2014).....	15
Tab. 2:	Gesamttaxaliste Beprobungsgebiet.....	23
Tab. 3:	Taxazahlen und Diversitätsindices (Shannon-Wiener-Index H', Eveness J') der eulitoralen Stationen.	25
Tab. 4:	Kennwerte mittlere Abundanz und Biomasse der eulitoralen Stationen.	26
Tab. 5:	Ergebnisse aus SIMPER Analyse bezogen auf die mittlere Abundanz und Biomasse der eulitoralen Stationen.....	27
Tab. 6:	Kennwerte Taxazahl gesamt, Abundanz und Biomasse der sublitoralen Stationen (Einzelgreifer).	29
Tab. 7:	Ergebnisse aus SIMPER Analyse bezogen auf Abundanz und Biomasse der sublitoralen Stationen.....	31

1. Anlass der Untersuchung

Die Mündung der Geeste in die Weser in Bremerhaven wird durch zwei Molenbauwerke gegen See-
gang und Strömung gesichert. Im Schutz der Molen liegt der Schleusenvorhafen mit Einfahrtsbereich
in die Doppelschleuse des Fischereihafens. Darüber hinaus befinden sich hier Liegeplätze der Lot-
senbrüderschaft, des Wasser- und Schifffahrtsamtes, eines Seenotkreuzers, der Binnenschifffahrt,
der Anleger der Weserfähre Bremerhaven - Nordenham Blexen, des Zolls und der Wasserschutzpo-
lizei.

Die Geeste-Nordmole hat nach rd. 100 Jahren Standzeit das Ende der nutzbaren Lebensdauer er-
reicht. Die Standsicherheit der Mole ist im jetzigen Zustand nicht mehr nachzuweisen und die Mole
daher seit längerem für die Öffentlichkeit gesperrt. Teile der Mole sind in der Nacht vom 17. auf den
18. August 2022 abgesackt und haben in der Folge zu einem vorgezogenen Rückbau des Molenturms
geführt.

Die bremenports GmbH & Co. KG plant den Neubau der Geeste-Nordmole in Spundwandbauweise.
Der Neubau erfolgt in geänderter Lage und Verlängerung (s. Abb. 1). Für das Vorhaben wird die
Verpflichtung zur Durchführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung angenommen, im Rahmen de-
rer die zu erwartenden Umweltauswirkungen zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten sind. Für
den erweiterten Vorhabenbereich lagen keine aktuellen Daten zum Makrozoobenthos vor.

Um den Ist-Zustand des Makrozoobenthos im Bereich der Geeste-Nordmole zu erfassen, wurde die
BioConsult GmbH & Co. KG durch bremenports mit einer vorhabensspezifischen Bestandserfassung
des Makrozoobenthos (Eulitoral und Sublitoral) beauftragt. Die Bestandserfassung deckt sowohl die
Bereiche ab, die durch das Vorhaben direkt betroffen sind als auch Bereiche, in denen indirekte
Wirkungen (Veränderung der Hydromorphologie) zu erwarten sind.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Ergebnisse der Bestandserfassung (MZB) und liefert eine Ein-
ordnung der Befunde als Grundlage für eine Auswirkungsprognose zum Bauvorhaben.



Abb. 1: Lageplan Geeste-Nordmole (Bestand und Neubauplanung).

2. Untersuchungsgebiet und Vorhabenbestandteile

In enger Abstimmung mit bremenports (Herr Ulrich Kraus) wurde ein Untersuchungskonzept zur Beprobung des Gebietes rund um den Mündungsbereich der Geeste in die Weser erstellt. Unter Berücksichtigung des aktuellen Planungs- und Kenntnisstands über die anzunehmenden Vorhabenauswirkungen wurde die Lage und Anzahl der Stationen/Greifer zur Beprobung des Makrozoobenthos konkretisiert (3.1).

Aktuell liegen im nördlichen Bereich der alten Geeste-Nordmole Flachwasser- und Wattbereiche. Diese bislang nicht unterhaltenen Flächen werden durch die nördliche Verschwenkung der Mole in tiefe und regelmäßig unterhaltende Hafenwasserbereiche überführt (zusätzliche Wasserfläche Abb. 1). Die Lebensraumbedeutung für das MZB nimmt in diesem Bereich ab. Weiter werden durch den Bau und die morphologische Anpassung an die künftige Geeste-Nordmole zusätzliche Landflächen entstehen, die einem Verlust von ca. 9000 m² Wasserfläche entsprechen (Abb. 1).

Die durch die baubedingte Baggerung ausgelöste Mobilisierung von Sedimenten lässt Auswirkungen auf die Lebensraumfunktion im Umfeld der Geestemündung erwarten. Durch die Neugestaltung wird zudem der intensiv unterhaltende Bereich des Geestevorhafens vergrößert und es kommt tendenziell zu einer höheren, flächenbezogenen Sedimentation. Durch die Unterhaltung des Geestevorhafens werden während eines Unterhaltungsintervalls somit größere Sedimentmengen in die Weser abgeführt, die ebenfalls Auswirkungen auf die Makrozoobenthosgemeinschaften im Einflussbereich haben können. Die möglichen Auswirkungen durch die Mobilisierung von Sedimenten (Sauerstoffzehrung, Schadstofffreisetzung, Überdeckung) werden dadurch relativiert, dass der Geestevorhafen bereits heute sehr intensiv unterhalten wird (ca. jeden zweiten Tag) und damit mit dem ablaufendem Wasser sehr regelmäßig größere Sedimentmengen in die Weser transportiert werden.

Der Untersuchungsraum für das Makrozoobenthos deckt zum einen die Nahbereiche des Vorhabens ab, die in ihrer Funktion für das Makrozoobenthos eine deutliche Veränderung erfahren werden (Umwandlung von Flachwasser/Watt in Sublitoral und vice versa). Zum anderen werden weiter entfernte Bereiche beprobt, die potenziell von indirekten Wirkungen betroffen sein können. Zusätzlich wird das Makrozoobenthos punktuell im Bereich der dauerhaft mit Wasser bedeckten Bereiche des Vorhafens untersucht, um den Zustand dieser bereits jetzt intensiv unterhaltenen Bereiche nach Umsetzung der Maßnahme prognostizieren zu können.

3. Material & Methoden

3.1 Probenahmedesign

Das Probenahmedesign wurde von BioConsult auf Basis der im August 2022 vorliegenden Planungsgrundlagen im Rahmen der Angebotserstellung für die faunistische Bestandserhebung entwickelt.

Der Vorhabenbereich umfasste sublitorale (ständig mit Wasser bedeckte) und eulitorale (trockenfallende) Bereiche, deren Beprobung zur Erfassung der Fauna eine unterschiedliche Methodik erforderte. Die sublitoralen Bereiche wurden durch den Einsatz eines Schiffes beprobt, während die trockenfallenden Wattbereiche zu Fuß bei Niedrigwasser beprobt wurden.

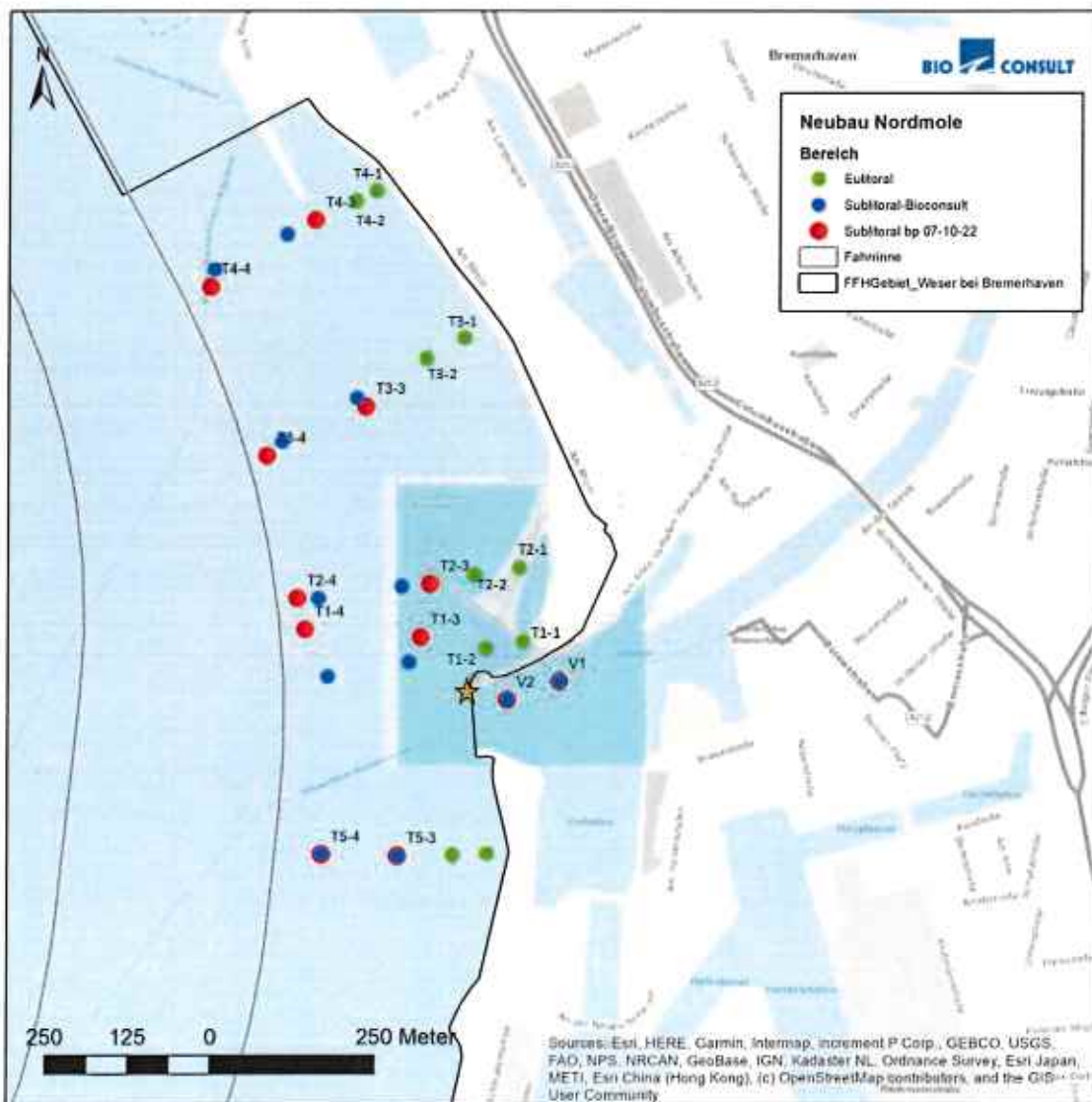


Abb. 2: Stationen zur Erfassung des Makrozoobenthos.
Grün: eulitorale Stationen, Rot: sublitorale Stationen, Stern: Entnahme der Hartsubstrate

Ausgehend vom Verlauf der alten Geeste-Nordmole wurde das MZB im nördlichen Bereich entlang von 4 Transekten (T1 bis T4) vom Nahbereich der Fahrrinne (70 m Entfernung) bis zum ufernahen (oberen) Eulitoral beprobt (Abb. 2). Die Stationen von Transekt T1 und T2 verliefen dabei z. T. durch den geplanten Baubereich bzw. durch Flächen, die in ihrer Funktion für das Makrozoobenthos deutlich verändert werden. Die Transekte T3 und T4 schlossen sich nördlich an und umfassten Bereiche, die potenziell von einer veränderten Hydromorphologie betroffen sein könnten. Pro Transekt sollten 4 Stationen beprobt werden, wobei 2 Stationen das Eulitoral und 2 Stationen das Sublitoral abdeckten.

Im südlichen Bereich der alten Geeste-Nordmole fand sich ein weiterer Transekt T5 mit je zwei Stationen im sublitoralen Bereich. Hier sind ebenfalls indirekten Wirkungen auf das Makrozoobenthos zu erwarten. Die ursprünglich im Antrag geplanten eulitoralen Stationen (Abb. 2, eulitoraler Bereich T5 grün) wurden aus dem Design ausgeschlossen. Im Vorhafen, unmittelbar unterhalb der alten Mole wurden zwei weitere sublitorale Stationen (V1 und V2) beprobt.

Zusätzlich wurden die Hartsubstrate rund um den Molenkopf auf Bewuchs und Makrozoobenthos untersucht (gelber Stern).

3.2 Erfassung Makrozoobenthos und Sedimente

3.2.1 Eulitoral

Zu Charakterisierung des Habitats erfolgte eine fotografische Dokumentation des eulitoralischen Probengebietes. Hieraus ersichtlich sind bspw. Sedimentbeschaffenheit, Oberflächen sowie makroskopisch sichtbare Lebensspuren und Pflanzen.

Die quantitative Beprobung des Makrozoobenthos (Infauna) auf den eulitoralischen Flächen nördlich der alten Mole fand am 21.09.2022 zu Fuß bei Niedrigwasser statt. Es wurden insgesamt 8 Stationen (s. Abb. 2) mittels Stechrohr ($\varnothing$ 7 bzw. $\varnothing$ 15 cm: Station T1-1; T2-1; Eindringtiefe 20-30 cm) beprobt. Pro Station wurden 7 parallele Stechrohrproben gewonnen, die im Radius von 10 m um die Stationskoordinate verteilt wurden. Die Proben wurden anschließend im Feld über 500 μ m gesiebt. Die gesiebten Proben wurden in Weithalsgefäße überführt und mit 4 %igem, gepuffertem Formalin für die spätere Laborbearbeitung konserviert.

Für die Analyse der Korngrößenverteilung wurde pro Station an einem repräsentativen Standort mit einem kleinen Stechrohr ($\varnothing$ 4,5 cm Durchmesser, Eindringtiefe 10 cm) eine Sedimentprobe gewonnen und in eine Weithalsflasche überführt. Die Probe wurde bis zur weiteren Bearbeitung im Labor tiefgefroren.

3.2.2 Sublitoral

Die Probenahme im Sublitoral erfolgte am 11.10.2022.

Für die Beprobung des sublitoralen Makrozoobenthos (Infauna) wurden jeweils 12 Stationen (Abb. 2) mittels van-Veen-Greifer (0,1 m² Grundfläche, Abb. 3) beprobt.

Das gewonnene Material wurde an Bord nach zwei Methoden behandelt:

- 1) Greiferinhalt besteht überwiegend aus Feinsand-Mittelsand: Greiferinhalt wurde aus dem Spültisch direkt über ein Sieb mit einer Maschenweite von 1 mm gesiebt
- 2) Greiferinhalt besteht überwiegend aus Steinen-Kies-Grobsand: Greiferinhalt wurde über den Spültisch in eine große Maurerbalje (65 Liter) überführt. Der Baljeninhalt wurde mit Seewasser aufgespült und der Überstand jeweils über ein Sieb mit 1 mm Maschenweite gegeben. Der Dekantiervorgang wurde solange wiederholt, bis keine Tiere mehr im Überstand beobachtet wurden, mindestens jedoch 5-mal pro Greifer. Das restliche in der Balje befindliche Sediment wurde nach weiteren Tieren durchsucht und diese ggf. der Siebprobe zugeführt. Bei Schill- und Kiesaufkommen wurde zusätzlich zum 1 mm Sieb ein Schillsieb mit 2 cm Maschenweite verwendet und der Schill separat fixiert, um die auf dem Schill und Kies befindliche Aufwuchsfafa zu erfassen.

Bewachsene Steine und Schill wurden komplett mitgenommen. Alle Siebrückstände wurden in beschriftete Kunststoff-Weithalsflaschen überführt und mit 4 %igem Formol für die weitere Bearbeitung im Labor konserviert.

Für die Analyse der Korngrößenverteilung wurde aus jedem Greifer mit einem Stechrohr (4,5 cm Durchmesser, Eindringtiefe 10 cm) eine Sedimentprobe entnommen und in eine Weithalsflasche überführt. Der Anteil der so entnommenen Sedimentprobe (80 cm²) an der mit dem Greifer erfassten Gesamtfläche (1000 cm²) beträgt rd. 8 %. Dieser Probenverlust ist vernachlässigbar und wird bei der weiteren Analyse der Infauna nicht berücksichtigt. Von einer Stechrohrprobe wurde nur dann abgewichen, wenn aufgrund eines höheren Kiesanteils in dem Greifer eine größere Sedimentmenge entnommen werden musste (vgl. DIN 18 123). In diesem Fall wurde nur eine Sedimentprobe pro Station aus einem vierten zusätzlichen Greifer entnommen. Die Sedimentproben wurden gekühlt gelagert, im Anschluss an die Probenahme ins Labor transportiert und bis zur Aufarbeitung tiefgefroren.

Zusätzlich zu den Sedimentanalysen im Labor, erfolgte an Bord für jeden Greifer eine Ansprache der Sedimente mittels Fingerprobe in Anlehnung an DIN 4022. Hierbei wurde die Korngrößenzusammensetzung geschätzt sowie Konsistenz, Farbe, Geruch, Detritusanteil und sonstige Auffälligkeiten (Steine, Schill) vermerkt. Diese Beobachtungen sind jedoch nur als zusätzliche Information zu betrachten und ergänzen ggf. die aus den Laboranalysen gewonnen Ergebnisse bzw. dienen zur Überprüfung von unplausiblen Ergebnissen. Die dargestellten Ergebnisse basieren auf der Auswertung der Labordaten; lediglich Informationen über das Vorkommen von Holz, Schill und größeren Steinen entstammen ggf. den Vorort-Ansprachen.



Abb. 3: Van-Veen-Greifer (0,1 m² Fläche) für die Erfassung der Infauna.

3.2.3 Hartsubstrate, Epifauna und Bewuchs

Die Probenahme fand am 19.09.2022 statt.

Insgesamt wurden vier Hartsubstrat Proben am bzw. in unmittelbarer Nähe zum Molenkopf (Abb. 2) genommen. Die Proben wurden mittels van-Veen-Greifer (0,1 m² Fläche) bzw. mittels Baggerschaufel (s. Abb. 4) genommen.

Das gewonnene Material (Steine und Schill) wurde mit 4 %igem Formal für die weitere Bearbeitung im Labor konserviert



Abb. 4: Inhalt Greifer; Kratzprobe am Molenkopf.

3.3 Bearbeitung der Proben im Labor

3.3.1 Greifer- und Stechrohrproben

Das in jeder einzelnen Greifer- bzw. Stechrohrprobe enthaltene Makrozoobenthos wurde im Labor zunächst nach Großtaxa sortiert. Jedes Individuum bzw. jede Kolonie wurde anschließend unter dem Binokular bzw. Mikroskop soweit möglich bis auf das Artniveau bestimmt und die Anzahl der Individuen pro Art notiert. Die Biomasse wurde für jede Art bzw. jedes Taxon als Frischgewicht (Abtupfung der Tiere auf Saugpapier) erhoben. Bei den Bivalvia wurde die Mantelhöhlenflüssigkeit mitgewogen. Die Grenze der Wägegenauigkeit lag bei 0,0001 g.

3.3.2 Hartsubstrate

Das Material wurde auf vorhandenes Makrozoobenthos untersucht und im Labor zunächst nach Großtaxa sortiert. Jedes Individuum bzw. jede Kolonie wurde anschließend unter dem Binokular bzw. Mikroskop soweit möglich bis auf das Artniveau bestimmt.

3.3.3 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Für die Korngrößenbestimmung wurde die aufgetaute Sedimentprobe bei 105°C getrocknet und nach Abkühlung gewogen (Ausgangssprobe). Das getrocknete Material wurde anschließend der Siebanalyse zugeführt. Die Siebung erfolgte als Maschinensiebung mit einem Satz von Analysensieben gemäß der DIN ISO 3310-1 auf Drahtsiebböden (20 cm Durchmesser) mit einer Siebdauer von 10 min bis 15 min. In dieser Untersuchung wurde eine Reihe von 6 Siebmaschenweiten mit sukzessiver Verdopplung der Maschenweite (0,063 mm, 0,125 mm, 0,25 mm, 0,5 mm, 1 mm, 2 mm) verwendet. Die Siebmaschenweiten wurden entsprechend der vorzunehmenden Klassifizierung der Sedimente gewählt (s. Kap. 3.5.1). Die aus der Siebung gewonnenen Daten werden als Gewichtsprozent/Fraktion bezogen auf die Ausgangssprobe dargestellt. Die Bestimmung der Korngrößen erfolgte nach DIN 18 123:2011-04.

3.3.4 Bestimmung des Glühverlust

Die organischen Anteile von Sedimenten werden durch ihren Glühverlust bestimmt, dessen Analyse in DIN 18 128:2002-12 genormt ist. Nach dem Auftauen wurde ein repräsentativer Teil der jeweiligen Probe im Labor bei 55°C für 48 h oder bis zur Massenkonzanz getrocknet und nach Abkühlung gewogen (Trockenmasse). Nach DIN findet die Bestimmung des Glühverlustes durch Veraschung bei 550°C für 12 h im Muffelofen statt. Hiervon wird bei stark organischen Sedimenten (Schlicke) abgewichen und der Glühverlust über langsame Trocknung (min. 48 h bei 55°C, bis zur Massenkonzanz) und langsames Veraschen (485°C für 12 h) ermittelt. Hiermit wird berücksichtigt, dass bei einer Veraschung mit hohen Temperaturen Oxidationsprozesse von Carbonaten zu einer Verfälschung der

Werte führen können. Der Glühverlust wird aus der Differenz der Massen vor und nach dem Glühvorgang errechnet und als Massenprozent angegeben.

3.4 Taxonomische Hinweise

Die taxonomische Bestimmung der Arten erfolgte anhand der gängigen Bestimmungsliteratur bzw. anhand von neuerer Literatur, (v.a. Literatur zu einzelnen taxonomischen Gruppen von „The National Marine Biological Analytical Quality Control Scheme“, NMBAQC). Die Namensgebung der Arten, Gattungen etc. entspricht dem aktuellen Stand nach WoRMS (World Register of Marine Species). Hierfür wurden die in der Laborroutine verwendeten taxonomischen Bezeichnungen vor der Datenanalyse mit den international gültigen taxonomischen Bezeichnungen verglichen. Dabei wurde die von WoRMS auf der Internetseite www.marinespecies.org angebotene Funktion „Match Taxa“ genutzt. Die im Bericht enthaltenen taxonomischen Bezeichnungen entsprechen dem Stand vom 17.08.2023.

In einigen Fällen war eine genaue Artzuweisung der Organismen nicht möglich und es erfolgte innerhalb der Linnéischen Systematik eine Zuordnung in die nächst höhere taxonomische Gruppe (Gattung, Familie, Ordnung, Klasse, Stamm). Unklarheiten in der taxonomischen Bestimmung waren z.B. bei der Klasse der Hydrozoa darin begründet, dass die für eine Artzuweisung benötigten Hydrotheken nicht vorhanden waren. Ebenso lassen oftmals juvenile Formen eine Artbestimmung nicht zu, da die erforderlichen Merkmale noch nicht ausgeprägt sind.

3.4.1 Arten der Roten Liste und Neozoen

Die in den Proben enthaltenen wirbellosen Arten der „Rote Liste der gefährdeten Tiere Deutschlands“ wurden auf Basis der Liste in Rachor et al. (2013) für die Nordsee identifiziert.

Die gefundenen Neozoen wurden nach gängiger Literatur (Rachor et al. 2013; Zettler et al. 2018) und anhand des Neobiota Berichts über Eingeschleppte Arten in deutschen Küstengewässern (Lackschewitz et al. 2022) identifiziert.

3.5 Datenbehandlung und Datenauswertung

Das Ziel der Untersuchung lag darin, die benthische Lebensgemeinschaft zu beschreiben und im Hinblick auf mögliche Auswirkungen durch das Vorhaben zu analysieren und zu bewerten. Grundlage hierfür war die Ermittlung ökologischer Gemeinschaftskennwerte v.a. hinsichtlich Artenvielfalt, Individuendichte und Vorkommen sensibler bzw. geschützter Arten. Die Arten die besonders sensitiv auf Störungen (u.a. Sedimenteintrag, Umlagerung) reagieren, wurden speziell innerhalb der untersuchten Bereiche: Eulitoral, Sublitoral und auf den Hartsubstraten thematisiert.

3.5.1 Klassifizierung der Sedimente

Die Klassifizierung der Sandkornfraktionen erfolgte für diesen Bericht nach Figge (1981) bzw. Laurer et al. (2014). Dieses Vorgehen weicht von den Vorgaben nach StUK4 (DIN EN ISO 14688- 1-2003) etwas ab. Die Unterschiede zwischen der Klassifizierung nach DIN EN ISO 14688-1-2003 und Figge (1981) beziehen sich v.a. auf die Abgrenzung der Korngrößenfraktionen im Mittelsandbereich, während für die Grenzen Ton/Schluff zu Sand und Sand zu Kies keine Unterschiede bestehen. Die Klassifizierung nach Figge (1981) bzw. Laurer et al. (2014) wurde gewählt, um die Einteilung der Sedimenttypen zu vorangegangenen Untersuchungen vergleichbar zu halten und den aktuellen Kartierungen der Biotope und Sedimente (BfN und BSH) in den deutschen Meeresgewässern zu entsprechen. Die Klassifizierung der einzelnen Kornfraktionen nach Figge (1981) zeigt Tab. 1.

Tab. 1: Klassifizierung der Kornfraktionen nach Figge (1981) und Laurer et al. (2014).

Mittlere Korngröße	Benennung nach (Figge (1981))	Kürzel	Weitere Unterteilung
< 63 µm	Ton/Schluff („Schlick“)	T/U	-
63–250 µm	Feinsand	fS	63–125 µm 125–250 µm
250–500 µm	Mittelsand	mS	-
500–2.000 µm	Grobsand	gS	500–1000 µm 1000–2000 µm
2.000–16.000 µm	Kies	G	2000–4000 µm 4000–8000 µm 8000–16000 µm

3.5.2 Ermittlung der Artenzahl

Um eine realistische Einschätzung der Artenzahlen innerhalb eines Bereiches (Station, Stationsgruppe, Gesamtgebiet) zu bekommen, erfolgte die Zählung der „Arten“ folgendermaßen: 1) jedes Taxon, das auf Artebene bestimmt wurde, wurde als „Art“ gezählt, 2) jedes Taxon, das unterhalb der Artebene (Gattung, Familie, etc.) bestimmt wurde, wurde als „Art“ gezählt, wenn ausgeschlossen werden konnte, dass durch ebenfalls in der Probe vorkommende Arten oder Gattungen, eine mögliche Doppelzählung erfolgt. So wurde z.B. auf Gattungsebene *Obelia* spp. nicht gezählt, wenn die Art *Obelia bidentata* in den Proben vorkam. Kam keine Art der Gattung vor, wurde die Gattung (*Obelia* spp.) als „Art“ gezählt. Ebenso wurde auf Familienebene *Nereididae* indet. nicht gezählt, wenn eine Gattung der Familie (z.B. *Alitta* spp.) oder eine Art dieser Familie (*Alitta succinea*) vorkamen. Die taxonomische Hierarchie entspricht dabei der o.g. Liste aus WoRMS.

Die Erfassung des Gesamtartenspektrums erfolgte nach der oben beschriebenen Methode auf Basis des Gesamtgebietes (gemeinsame Betrachtung aller Stationen) und für die beprobten Teilbereiche Eulitoral, Sublitoral und Hartsubstrate.

3.5.3 Ermittlung der Abundanz und Biomasse

3.5.3.1 Eulitoral

Die Anzahlen und Biomassen der Organismen der sieben entnommenen Stechrohre wurden auf einen Quadratmeter [m²] standardisiert. Im Anschluss wurden die Stationsmittelwerte aus den sieben Repliken errechnet, die als Grundlage für die faunistische Charakterisierung der Stationen dienen. Aufgrund fehlender quantitativer Daten (Individuenzahlen) für die Arten der Großgruppen Hydrozoa und Bryozoa (s.o.), sind diese nicht in die Berechnung der Abundanzen pro Station eingegangen. Die Biomasse wurde innerhalb der Hydrozoa und Bryozoa nur für größere Koloniestücke erhoben. Kleine festsitzende Kolonien wurde nicht vom Siedlungssubstrat gekratzt und daher nicht gewogen.

3.5.3.2 Sublitoral

Alle faunistischen Daten der van-Veen-Greifer (Abundanz, Biomasse) wurden für die statistischen Analysen auf einen Quadratmeter [m²] standardisiert. Aufgrund fehlender quantitativer Daten (Individuenzahlen) für die Arten der Großgruppen Hydrozoa und Bryozoa (s.o.), sind diese in die Berechnung der Gesamtabundanzen pro Greifer nicht eingegangen. Die Biomasse wurde innerhalb der Hydrozoa und Bryozoa nur für größere Koloniestücke erhoben. Kleine festsitzende Kolonien wurde nicht vom Siedlungssubstrat gekratzt und daher nicht gewogen.

3.5.3.3 Hartsubstrate

Die gefundenen Arten wurden innerhalb der Betrachtung des Gesamtartenspektrums berücksichtigt. Rote Liste Arten bzw. Vorkommen von Neozoen wurden gekennzeichnet (Kap. 3.4.1). Eine Bewertung von Abundanz und Biomasse fand nicht statt.

3.5.4 Statistische Auswertung

Innerhalb der eulitoral Stationen konnte eine mittlere Taxazahl, Abundanz und Biomasse des Makrozoobenthos pro Station aus den sieben Repliken berechnet werden.

Für die eulitoral Stationen wurden Diversitätsindices, Shannon-Wiener-Index H' (Shannon & Weaver 1949) und die Evenness (Gleichverteilung der Taxa innerhalb der Repliken) J' (Pielou 1966) ermittelt. Die Diversität [H'], ein Index der Taxavielfalt und Gleichverteilung, wurde nach Shannon & Weaver (1949) wie folgt berechnet:

$$H' = - \sum_{i=1}^t p_i \cdot \ln p_i \quad (t = \text{Gesamttaxazahl}, i = i\text{-te Art}; p = \text{relative Häufigkeit des } i\text{-ten Taxa})$$

Der Index der Gleichmäßigkeit oder Äquität gibt das Verhältnis der ermittelten Shannon-Diversität der Arten (H') zur maximal möglichen Diversität ($H'_{\max}$) an. Die Evenness [J'] wurde nach Pielou

(1966) ermittelt. Evenness -Werte liegen zwischen 0 und 1. Ist $J' = 1$, so sind alle vorhandenen Taxa in gleich hoher Individuenzahl vorhanden, die Gleichverteilung der Taxa ist also maximal.

$$J' = H' / H'_{\max} \quad (H'_{\max} = \text{maximal möglicher Wert von } H')$$

Für die sublitoralen Stationen konnten aufgrund fehlender Repliken keine aussagekräftigen Diversitätsindices bestimmt werden. Taxazahl, Abundanz und Biomasse wurden als totale Werte für die Stationen ermittelt.

Neben den univariaten Parametern (Taxazahl, Abundanz, Biomasse, Diversität und Äquität) ermöglichen multivariate Methoden eine Untersuchung der Unterschiede zwischen Stationen und Gruppierungen unter Einbeziehung von Artenspektrum und Abundanzen. Diese Ergebnisse ermöglichen eine bessere Einordnung der Gemeinschaftsstruktur unterschiedlicher Gebiete/Stationen. Die im Rahmen dieser Untersuchung verwendeten multivariaten Analysen (MDS, Clusteranalyse, SIMPROF und SIMPER) wurden unter Verwendung des Software-Pakets „Primer 6.1.1.2 & PERMANOVA+“ (Plymouth Marine Laboratory) berechnet.

Um seltene und dominante Taxa bei den multivariaten Auswertungen gleichmäÙiger zu gewichten, wurden die Abundanzdaten mit der 2. Wurzel transformiert. Die Ergebnisse der multivariaten Methoden basieren auf einer Ähnlichkeitsmatrix (Clarke 1993). Als ÄhnlichkeitsmaÙ für die Taxa-Abundanzstruktur wurde die Bray-Curtis-Similarität gewählt. Basierend auf dieser Ähnlichkeitsmatrix wurde eine Clusteranalyse (mit der Methode „Group average“) durchgeführt, wodurch Gruppierungen anhand der Ähnlichkeit von Stationen bezüglich ihrer Gemeinschaftszusammensetzung identifiziert werden können. Ein mit der Clusteranalyse assoziierter SIMPROF (Similarity Profile) Test gibt zusätzlich Aufschluss über die statistische Signifikanz dieser Gruppierungen. Die Ergebnisse beider Tests werden in einem hierarchischen Dendrogramm wiedergegeben.

Durch eine SIMPER-Analyse wurden diejenigen Taxa ermittelt, die am meisten zur Ähnlichkeit innerhalb einer Gruppe bzw. zur Unähnlichkeit zwischen Gruppen beitragen (Clarke & Warwick 2001).

4. Ergebnisse

4.1 Habitatcharakterisierung

Die eulitoralen Bereiche des Probengebiets zeichneten sich, ausgehend von der Deichkante, durch überwiegend schlickiges Sediment mit leichtem Diatomeenbelag und ebb-induzierten Rippeln aus. In den Rippeltälern fand sich Detritus. Weserwärts (näher zur Niedrigwasserlinie) waren die Sedimente feiner (Abb. 5). Lediglich an den Stationen die im ufernahen Bereich direkt nördlich der alten Mole lagen, fand sich ein fester überwiegend sandiger Boden (Abb. 6). An der Geeste-Nordmole zeigte sich ein Bewuchs, der sich überwiegend durch Blasentang (*Fucus vesiculosus*) und Grünalgen entlang der Hochwasserlinie auszeichnete (Abb. 7).



Abb. 5: Übersicht über das eulitorale Probengebiet, Blickrichtung Geeste-Nordmole. Es zeigte sich ein überwiegend schlickiges Sediment mit ebb-induzierten Rippeln.



Abb. 6: Eulitorales Probengebiet in Nähe der Geeste-Nordmole. Hier fand sich überwiegend sandiger Wattboden.



Abb. 7: Algenbewuchs der Geeste-Nordmole.

Innerhalb der sublitoralen Bereiche zeigte sich eine klare Veränderung des Sediments zur Fahrwasserrinne. Die Greifer in den flacheren sublitoralen Bereichen brachten überwiegend schlackiges Sediment hervor. Eine Ausnahme bildete erneut eine sandige Station unmittelbar nördlich angrenzend zur alten Mole. Die Stationen in unmittelbarer Nähe zur Fahrwasserrinne zeichneten sich durch grobes Sediment (Grobsand/Kies) aus (Abb. 8).



Abb. 8: Exemplarischer Inhalt Van-Veen-Greifer.
Links: Flachwasserbereich
Rechts: angrenzend zum Fahrwasser

4.2 Sedimente

4.2.1 Eulitoral

Im Eulitoral waren überwiegend Ton/Schluff und Feinsand die vorherrschenden Korngrößen des Sedimentes (Abb. 9). Die geografische Verteilung der Stationen ist in Kapitel 3.1 (Abb. 2) dargestellt.

Die ufernahen Stationen, insbesondere T1-1 und T2-1, die in Nähe zur alten Mole liegen, wiesen einen vergleichsweise hohen Feinsandanteil (ffS + fS ohne ffS) auf (T1-1: 65,4 %; T2-1: 77,8 %). In Station T1-1 und T2-1 waren zudem höhere Anteile an mittelsandigen Korngrößen zu finden (T1-1: 19,7 %; T2-1: 12,7 %).

Die weiter nördlich liegenden ufernahen Stationen T3-1 und T4-1 wiesen einen Ton/Schluff Anteil von ~ 40 % auf, die Feinsandanteile (ffS + fS ohne ffS) lagen bei ~ 60 %.

Die im mittleren Eulitoral, an der Niedrigwasserlinie liegenden Stationen T1-2, T2-2, T3-2 und T4-2 wiesen eine sehr ähnliche Sedimentzusammensetzung auf. Die Ton/Schluff Anteile lagen zwischen 60 – 70 %. Der Feinsandanteil (ffS + fS ohne ffS) lag zwischen 28,3 (T2-2) und 35,8 % (T3-2). Mittelsande und größere Korngrößen waren an den genannten Stationen nur in geringen Prozentzahlen (< 3,4 %) vertreten. Die Proben der Stationen T1-2 und T4-1 enthielten keinen Grobsand (gS1) oder größere Korngrößen.

4.2.2 Sublitoral

Die geografische Verteilung der Stationen ist der Stationskarte Kapitel 3.1 (Abb. 2) zu entnehmen.

Die Auswertung der Korngrößenverteilung der sublitoralen Bereiche nördlich der alten Mole wies eine deutliche Abnahme der Ton/Schluffanteile zur Fahrrinne auf. Während beispielsweise die Stationen T2-3 und T3-3 mit 91,3 % und 90,8 % deutlich von Ton/Schluffanteilen dominiert wurden, fanden sich auf gleicher Höhe an den Stationen T2-4 und T3-4, in Richtung Fahrwasser, nur noch Anteile von 4,4 % und 11,7 % (Abb. 10).

Ein ähnliches Bild zeigte sich im Ton/Schluffanteil für Station T4-3 zu T4-4. Hier lag der Ton/Schluffanteil an Station T4-3 bei 71,4 %, an Station T4-4 bei 3,1%. Station T1-3 wies auf gleicher Höhe mit den schluffreichen Stationen einen vergleichsweise niedrigen Wert von 34,1 % auf.

An den Stationen T2-3 und T3-3 sind neben Ton/Schluff weitere Korngrößen nur in geringen Anteilen vertreten. Feinsandanteile (ffS) liegen bei T2-3 bei 3,3 %, an Station T3-3 bei 4 %. Weitere Korngrößenanteile beider Stationen machen < 5,3 % des Gesamtanteils aus.

Station T4-3 enthielt neben dem hohen Ton/Schluffanteil auch höhere Anteile an Feinsand (ffS + fS ohne ffS) 14,9 %. Die Mittelsandanteile (mS) lagen bei 7%, weitere Korngrößen machten Anteile <1,3 % aus.

An Station T1-3 lagen die Anteile an Feinsand (ffS + fS ohne ffS) bei 28 %, die Anteile an Mittelsand (mS) bei 24,5 %. Grobsand (gS1) machte 9,9 % aus, weitere Korngrößen lagen in ihren Anteilen unter 2,6 %.

Die Stationen T1-4 und T2-4, nahe der Fahrwasserrinne, wiesen vergleichsweise hohe Anteile an Kies (G) mit 42,9 % und 51,9 % auf. Weiter fanden sich hier höhere Anteile an Mittelsand (mS) von 31,1 % (T1-4) und 18,9 % (T2-4).

An den Stationen T3-4 und T4-4 machten die Kiesanteile (G) je 20,8 % und 14,1 % aus. Die Anteile an Mittelsand lagen bei 31 % (T3-4) und 59 % (T4-4).

Die sublitoralen Stationen unmittelbar südlich der alten Mole V1 und V2 wiesen einen hohen Ton/Schluffanteil von 74 % und 78,7 % auf. Die Feinsandanteile (ffS + fS ohne ffS) lagen bei 18,1 % und 13,7 %. Mittelsandanteile (mS) lagen bei 7,4 % und 5,9 %. Weitere Korngrößenanteile lagen bei <1 %.

Die sublitorale Station T5-3 hatte hohe Anteile an Kies (36,2 %), Mittelsand (21,5 %) und Grobsand (gS1 = 13,3 %). Die Station T5-4 hatte hohe Anteile an Grobsand (gS1 = 45 %; gS2 = 31 %). Der Kiesanteil lag bei 10,7 %.

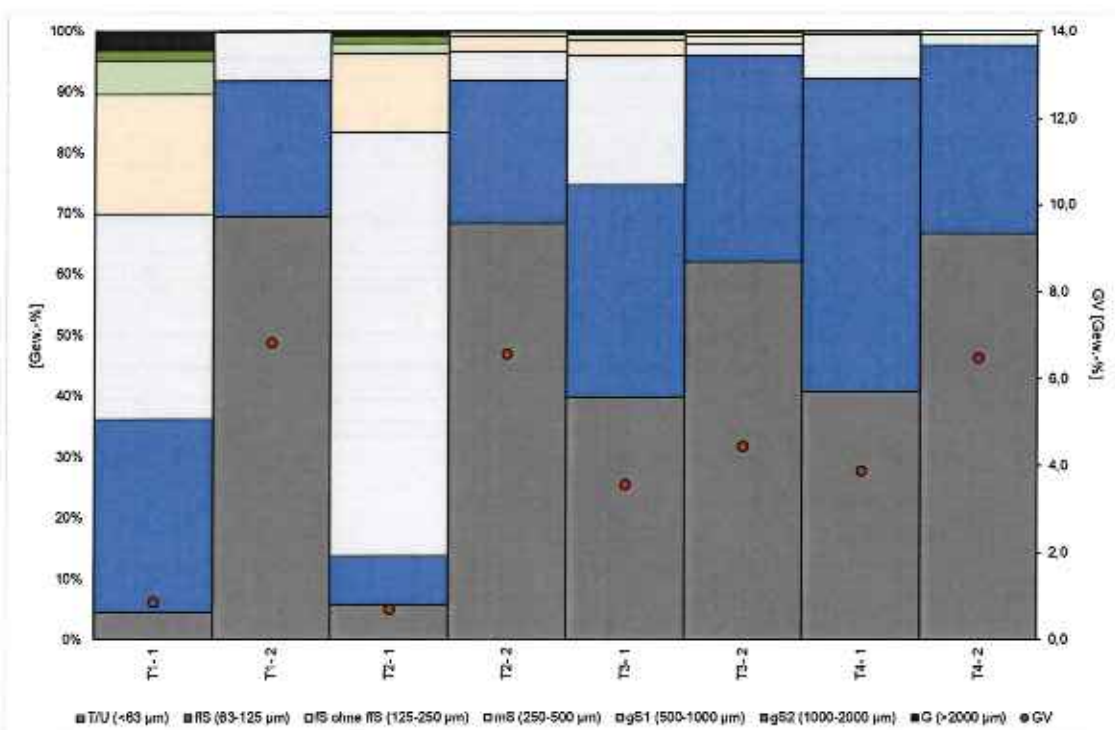


Abb. 9: Gewichtsanteile (%) der einzelnen Korngrößen-Fraktionen sowie der Glühverlust (%) an den 8 eulitoral Stationen des Untersuchungsgebietes.

Korngrößenfraktionen: T/U = Ton/Schluff, ffS = Feinstsand, fS = Feinsand, mS = Mittelsand, gS=Grobsand, G=Kies. GV = Glühverlust.

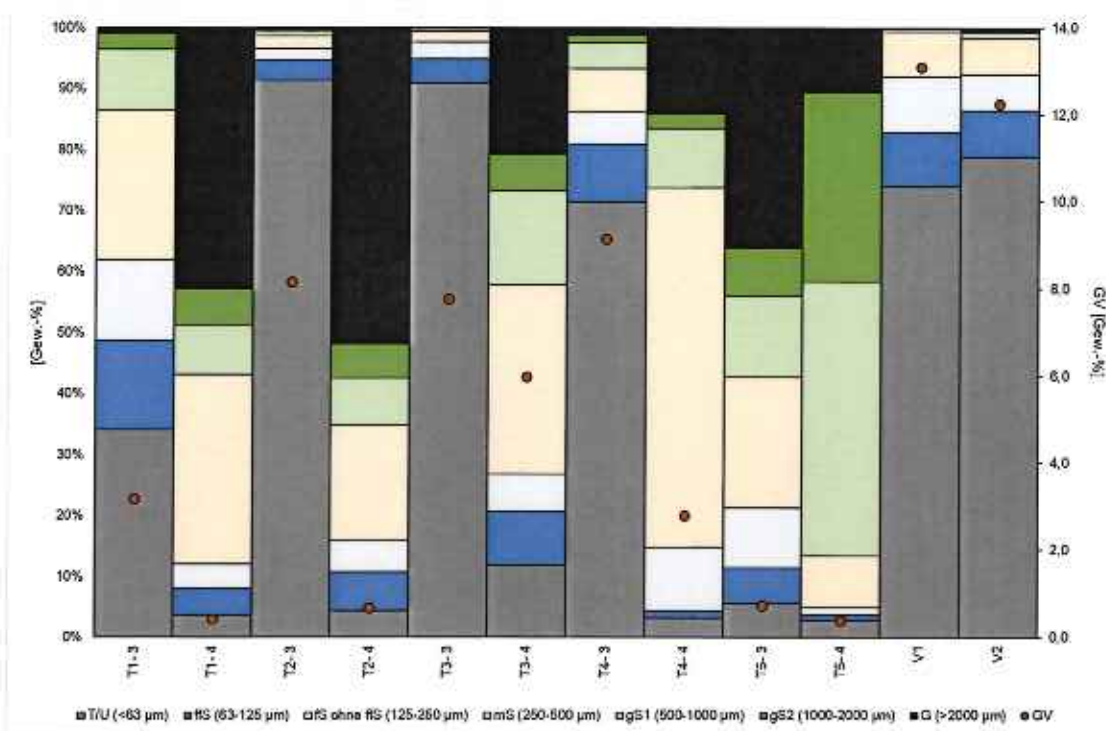


Abb. 10: Gewichtsanteile (%) der einzelnen Korngrößen Fraktionen sowie der Glühverlust (%) an den 12 sublitoralen Stationen des Untersuchungsgebietes.

4.3 Benthos

4.3.1 Artenspektrum des gesamten Beprobungsgebietes

Bei der Beprobung wurden insgesamt 36 Arten aus 7 Großgruppen erfasst. Die meisten Arten gehörten zu der Großgruppe der Crustacea (10 Arten), gefolgt von Polychaeta (9 Arten), Hydrozoa (7 Arten) und Bivalvia (4 Arten). Weiter wurden Bryozoa (3 Arten), Oligochaeta (2 Arten) und Ascidiacea (1 Art) gefunden.

Zehn der gefundenen Arten waren Neozoen. Von den zehn Arten fanden sich sechs im Eulitoral (E), acht im Sublitoral (S) und sechs auf den Hartsubstraten (HS): *Cordylophora caspia* (E, S, HS), *Tubificoides heterochaetus* (E), *Boccardiella ligierica* (S, HS), *Marenzelleria viridis* (E, S), *Neomysis americana* (E, S), *Magallana gigas* (S, HS), *Amphibalanus improvisus* (E, S, HS), *Hemigrapsus takanoi* (HS), *Incisocallope aestuaris* (S), *Melita nitida* (E, S, HS).

Zwei Arten sind auf der Roten Liste zu finden. Darunter die Hydrozoe *Sertularia cupressina* (gelistet als G) und die Pfeffermuschel *Scrobicularia plana* (gelistet als 1). *Sertularia cupressina* fand sich als Bruchstück südlich der alten Mole im Sublitoral an Station V1, *Scrobicularia plana* wurde in drei Proben der nördlich zur alten Mole liegenden Station T2-1 im Eulitoral gefunden. Die Einstufung der Pfeffermuschel als „vom Aussterben bedroht“ basiert auf dem Bestandsrückgang und den sehr

geringen Vorkommen in der Ostsee, während die Art im Wattenmeer noch relativ weit verbreitet ist und in geeigneten Habitaten auch mit höheren Abundanzen auftritt.

Tab. 2: Gesamttaxaliste Beprobungsgebiet.

Zusätzlich zur Taxaliste sind jeweils die Fundorte der Taxa (E = Eulitoral, S = Sublitoral & ES = Hartsubstrate) aufgeführt.

*: kein für das Gesamtartenspektrum als eigenständige Art gewertetes Taxon,

Rote Liste nach Rachor et al. (2013): 1: vom Aussterben bedroht, G: Gefährdung unbekannten Ausmaßes.

Neozoen nach Rachor et al. (2013), Zettler et al. (2018) und Neobiota Bericht (Lackschewitz et al. 2022)

Großtaxa	Taxa	Rote Liste	Neozoen	E	S	HS
Hydrozoa	<i>Aequorea</i> spp.					X
	<i>Bougainvillia muscus</i>					X
	<i>Clytia hemisphaerica</i>					X
	<i>Cordylophora caspia</i>		X	X	X	X
	<i>Hartlaubella gelatinosa</i>				X	
	<i>Obelia</i> spp. *				X	
	<i>Obelia bidentata</i>				X	X
	<i>Sertularia cupressina</i>	G			X	X
Bryozoa	<i>Buskia nitens</i>				X	X
	<i>Einhornia crustulenta</i>			X	X	X
	<i>Farrella repens</i>				X	
Oligochaeta	<i>Baltidrilus costatus</i>			X		X
	<i>Tubificoides heterochaetus</i>		X	X		
Polychaeta	<i>Alitta succinea</i>			X	X	X
	<i>Arenicola marina</i>			X		
	<i>Boccardiella ligerica</i>		X		X	X
	<i>Eteone longa</i>			X		
	<i>Hediste diversicolor</i>			X	X	
	<i>Heteromastus filiformis</i>			X	X	X
	<i>Marenzelleria viridis</i>		X	X	X	
	<i>Nereididae</i> Indet. *			X	X	X
	<i>Polydora cornuta</i>					X
	<i>Pygospio elegans</i>			X		
	<i>Scopelogadus ophioides</i>					
Bivalvia	<i>Macoma balthica</i>			X		
	<i>Magallana gigas</i>		X		X	X
	<i>Mytilus edulis</i>				X	X
	<i>Scrobicularia plana</i>	1		X		
Crustacea	<i>Amphibalanus improvisus</i>		X	X	X	X
	<i>Apocorophium lacustre</i>					X
	<i>Corophium volutator</i>			X	X	
	<i>Crangon crangon</i>			X	X	
	<i>Gammarus</i> spp. *			X		
	<i>Gammarus locusta</i>			X		
	<i>Gammarus salinus</i>				X	
	<i>Hemigrapsus takanoi</i>		X			X
	<i>Incisocallope aestuarius</i>		X		X	

Großtaxa	Taxa	Rote Liste	Neozoen	E	S	HS
	<i>Melita nitida</i>		X	X	X	X
	<i>Neomysis</i> spp. *			X	X	
	<i>Neomysis americana</i>		X	X	X	
Ascidacea	<i>Ascidacea</i> indet.				X	

4.3.2 Eulitoral

4.3.2.1 Artenspektrum Eulitoral

Insgesamt umfasst das eulitorale Artenspektrum 22 Taxa aus sechs Großgruppen. Die meisten Taxa gehörten zu den Polychaeten und Crustaceen (8 Taxa). Innerhalb der Großgruppen Oligochaeta und Bivalvia fanden sich je zwei Taxa, Bryozoen und Hydrozoen waren mit je nur einer Art vertreten (*Einhornia crustulenta*, *Cordylophora caspia*).

Sechs der gefundenen Arten waren Neozoen: *Cordylophora caspia*, *Tubificoides heterochaetus*, *Marenzelleria viridis*, *Neomysis americana*, *Amphibalanus improvisus*, *Melita nitida*. *Scrobicularia plana* ist auf der roten Liste zu finden.

Da im Rahmen des Bauvorhabens von Auswirkungen durch die Mobilisierung von Sedimenten (Sauerstoffzehrung, Schadstofffreisetzung, Überdeckung) auf das Makrozoobenthos im Untersuchungsgebiet auszugehen ist, soll an dieser Stelle speziell das Vorkommen sensibler Taxa (Hydrozoen, Bryozoen & *Mytilus edulis*) thematisiert werden.

Das Vorkommen der in der roten Liste geführte Art *Scrobicularia plana* an der ufernahen und vom Bauvorhaben direkt betroffenen Stationen T2-1 wurde bereits in Kap. 4.3.1 beschrieben.

Innerhalb Bryozoen und Hydrozoen wurden im Eulitoral nur zwei Arten nachgewiesen (*Cordylophora caspia* und *Einhornia crustulenta*). Die Neozoe *Cordylophora caspia* an Station T3-1 in nur einer Replike zu Biomassewerten von 0,0016g nachgewiesen. *Einhornia crustulenta* wurde einmalig als Aufwuchsart an Station T1-1 gefunden.

4.3.2.2 Besiedlungskennwerte Eulitoral

Insgesamt fanden sich an den deichnahen Stationen mehr Taxa als an den Stationen nahe der Niedrigwasserlinie. Die höchste Gesamttaxazahl fand sich an Station T4-1 mit 12 Taxa. Es handelt sich um die nördlichste der ufernahen Stationen. Betrachtet man die mittleren Taxazahlen pro Station relativiert sich der Wert auf 5 Taxa. Die Diversität (H') ist an Station T1-1 mit einem Wert von 2,1 vergleichsweise hoch. Die Gleichverteilung der Arten (J') innerhalb der Repliken lag bei 0,9.

Weitere Werte sind in Tab. 3 einzusehen. Die Gesamttaxazahlen und mittleren Taxazahlen pro Station finden sich zusätzlich in Abb. 11.

Tab. 3: Taxazahlen und Diversitätsindices (Shannon-Wiener-index H' , Evenness J') der eulitoral Stationen. Daten aus DIVERSE Analyse PRIMERV.6.

Station	Taxazahl gesamt	mittlere Taxazahl	Shannon- Wiener index H' (log base e)	Evenness J'
T1-1	11	5	2,1	0,9
T1-2	3	1	0,8	0,7
T2-1	7	5	1,8	0,9
T2-2	6	2	1,6	0,9
T3-1	11	5	2,1	0,9
T3-2	7	3	1,6	0,8
T4-1	12	5	2,2	0,9
T4-2	8	3	1,8	0,9

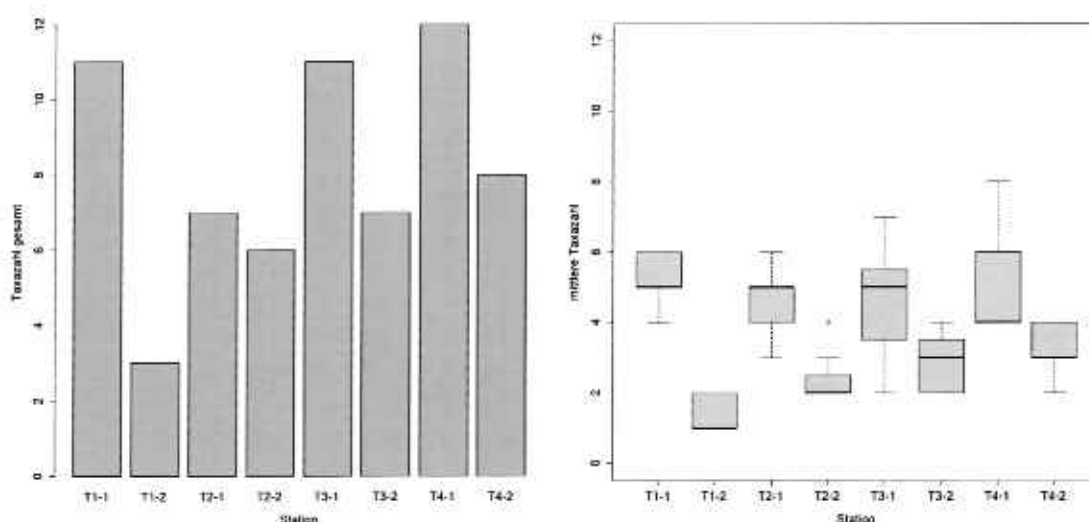


Abb. 11: Taxazahlen pro Station, Eulitoral.

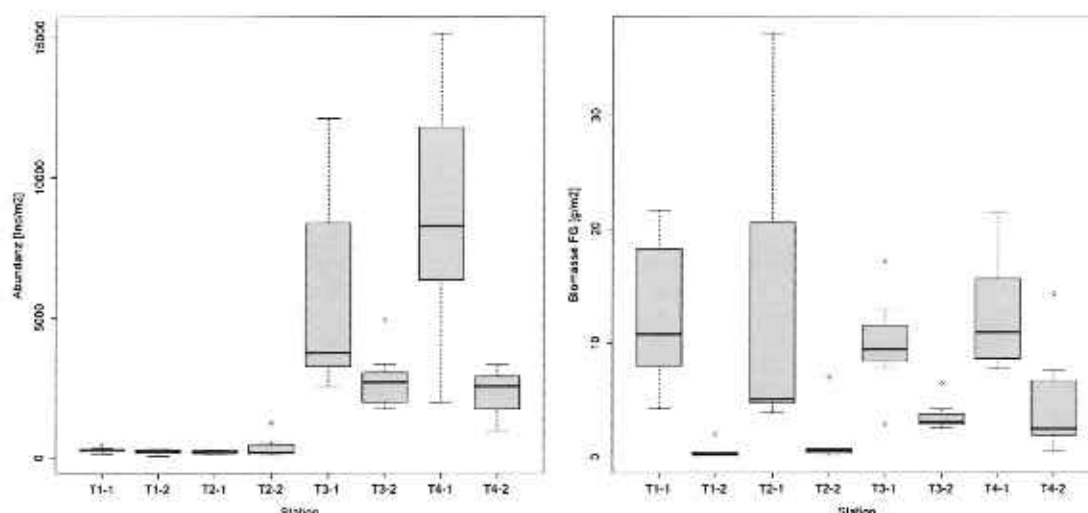
Links: Gesamttaxazahl pro Station, Rechts: mittlere Taxazahl pro Station

An Station T4-1 fand sich auch die höchste mittlere Abundanz. Sie lag bei 8798 Ind./m². Insgesamt wiesen die eulitoral Stationen der Transekte 3 und 4 höhere Abundanzen auf als die Stationen der Transekte 1 und 2. Die Biomasserverteilung zeigte ähnlich der Taxazahlen höhere mittlere Werte an den ufernahen Stationen. Ein Trend zu mehr Biomasse an den nördlichen Transekten 3 und 4 ist erkennbar. Die höchste mittlere Biomasse (13,82 g/m²) war an Station T2-1 zu finden. Hier fanden sich viele Exemplare der Muschel *Scrobicularia plana* (~24 Ind./m²).

Weitere Kennwerte sind in Tab. 4 einzusehen. Die Verteilung von Abundanz (Ind/m²) und Biomasse (g/m²) finden sich in Abb. 12.

Tab. 4: Kennwerte mittlere Abundanz und Biomasse der eulitoral Stationen.

Station	Abundanz (Ind./m ²)	Biomasse FG (g/m ²)
T1-1	271	12,7
T1-2	204	0,5
T2-1	194	13,8
T2-2	365	1,4
T3-1	5935	9,9
T3-2	2750	3,6
T4-1	8798	12,7
T4-2	2277	4,9

Abb. 12: Verteilung mittlere Abundanz (Ind./m²) und Biomasse (g/m²) pro Station.

4.3.2.3 Dominanzverhältnisse nach Abundanz und Biomasse

Ausgehend von der mittleren Abundanz der eulitoral Stationen zeigten sich in der Clusteranalyse signifikante Unterschiede in der Artzusammensetzung der Stationen T1-1 und T2-1 zu den restlichen eulitoral Stationen (Abb. 13).

Die durchschnittliche Ähnlichkeit der Stationen T1-1 und T2-1 lag bei etwa 60%. Die dominanten Arten waren alle Polychaeten (*Hediste diversicolor*, *Marenzelleria viridis*, *Pygospio elegans* und *Heteromastus filiformis*; vgl. Tab. 5).

Die restlichen eulitoral Stationen wurden hauptsächlich von drei Arten dominiert. Der Schlickkrebs *Corophium volutator* (79,9%) war die mit Abstand häufigste Art. Weitere dominante Arten waren *Hediste diversicolor* und *Baltidrilus costatus* (Tab. 5). Die Ähnlichkeit der Stationen lag bei 76,9 %.

Für die mittlere Biomasseverteilung der Arten wurden keine signifikanten Unterschiede durch die Clusteranalyse gefunden. Die durchschnittliche Ähnlichkeit der Stationen lag bei 41 %. Es zeigte sich auch hier eine klare Dominanz von *Corophium volutator* (43,3 %), gefolgt von *Hediste diversicolor* (35,72 %). Weitere Arten waren *Heteromastus filiformis*, *Baltidrilus costatus* und *Pygospio elegans*. Sie machten allerdings weniger als 6 % der dominanten Arten aus (Tab. 5).

Tab. 5: Ergebnisse aus SIMPER Analyse bezogen auf die mittlere Abundanz und Biomasse der eulitoral Stationen. In Klammern: der Anteil der Art am Gesamtartenspektrum der zusammengefassten Stationen.

Dominante Arten nach Abundanz		Dominante Arten nach Bio- masse
Station T1-1, T2-1	T1-2, T2-2, T3-1, T3-2, T4-1, T4-2	Station T1-1, T1-2, T2-1, T2-2, T3-1, T3-2, T4-1, T4-2
<i>Hediste diversicolor</i> (35 %) <i>Marenzelleria viridis</i> (25,4 %) <i>Pygospio elegans</i> (22 %) <i>Heteromastus filiformis</i> (8 %)	<i>Corophium volutator</i> (80 %) <i>Hediste diversicolor</i> (7,9 %) <i>Baltidrilus costatus</i> (7,1 %)	<i>Corophium volutator</i> (43,3 %) <i>Hediste diversicolor</i> (35,72 %) <i>Heteromastus filiformis</i> (5,6 %) <i>Baltidrilus costatus</i> (4,2 %) <i>Pygospio elegans</i> (3,8 %)

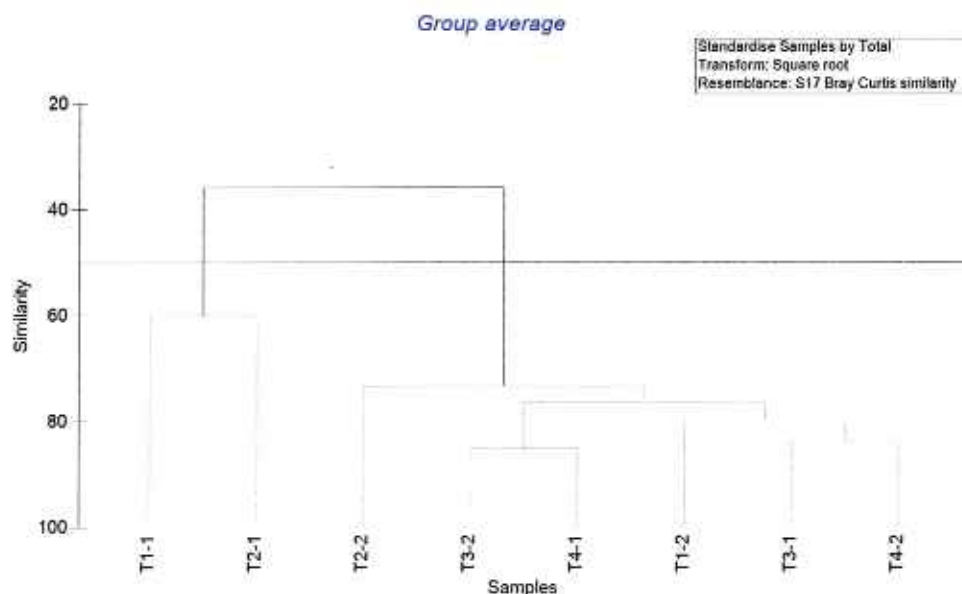


Abb. 13: Clusteranalyse eulitorale Station nach Abundanz. Basierend auf Square root transformierten Abundanzdaten der eulitoral Stationen

4.3.3 Sublitoral

4.3.3.1 Artenspektrum Sublitoral

Insgesamt umfasst das sublitorale Artenspektrum 25 Taxa aus sechs Großgruppen. Die meisten Taxa gehörten zu den Crustaceen (8 Taxa). Polychaeten stellten sechs Taxa, gefolgt von Hydrozoen mit 5 Taxa und Bryozoen (3 Taxa). Für die Gruppe Bivalvia fanden sich je zwei Taxa, für die Ascidien ein Taxon.

Acht der gefundenen Arten waren Neozoen: *Cordylophora caspia*, *Boccardiella ligetica*, *Marenzelleria viridis*, *Neomysis americana*, *Magallana gigas*, *Amphibalanus improvisus*, *Incisocalloipe aestuarius*, *Melita nitida*. Die Hydrozoe *Sertularia cupressina* ist auf der roten Liste zu finden.

Da im Rahmen des Bauvorhabens von Auswirkungen durch die Mobilisierung von Sedimenten (Sauerstoffzehrung, Schadstofffreisetzung, Überdeckung) auf das Makrozoobenthos im Untersuchungsgebiet auszugehen ist, soll an dieser Stelle speziell das Vorkommen sensibler Taxa (Hydrozoen, Bryozoen & *Mytilus edulis*) thematisiert werden.

Das Vorkommen der in der roten Liste geführte Art *Sertularia cupressina* an der im Vorhafen liegenden Station V1 wurde bereits in Kap. 4.3.1 beschrieben.

Innerhalb der Hydrozoen wurde die Neozoe *Cordylophora caspia* lediglich an Station T2-3 mit einer Biomasse von 0,059 g/m² nachgewiesen. Auch die Hydrozoe *Sertularia cupressina* wurde lediglich an einer Station (V1) mit 0,042 g/m² nachgewiesen. *Hartlaubella gelatinosa* wurde mit geringen Biomassewerten an drei Stationen nachgewiesen; an Station T2-4 (0,39 g/m²) und an den Stationen T5-3 (0,02 g/m²) und T5-4 (0,05 g/m²) südlich der Mole.

Obelia spp. kam an Station V2 mit 0,4 g/m² vor. *Obelia bidentata* wurde an den Stationen am Fahrwasser (T1-4, 2-4, T3-4 & T4-4), sowie im Vorhafen an Station V1 nachgewiesen. Die Biomassewerte lagen an den nördlichen Stationen T3-4 und T4-4 mit 0,3 und 1,4 g/m² etwas höher als die der anderen gefunden Hydrozoen.

Für die Bryozoen *Buskia nitens*, *Einhornia crustulenta* und *Farrella repens* wurden keine Biomassewerte bestimmt. Während *Buskia nitens* lediglich an Station T2-3 nachgewiesen wurde, fanden sich die anderen Bryozoen *Farrella repens* und *Einhornia crustulenta* an allen sublitoralen Stationen der Fahrwasserzugewandten Seite. Einige Exemplare von *Einhornia crustulenta* wurden auch an den Ufergewandten sublitoralen Stationen gefunden, am Fahrwasser.

Mytilus edulis wurde an drei der beprobten sublitoralen Stationen mit insgesamt 14 Individuen nachgewiesen. Davon 1 Individuum an Station T2-4, die restlichen an der südlich der Mole liegenden Stationen T5-3 und T5-4.

4.3.3.2 Besiedlungskennwerte Sublitoral

Innerhalb der nördlichen sublitoralen Stationen gab es an Station T4-3 einen Greifer, in dem keine Individuen gefunden wurden. Dieser wurde in der folgenden Analyse nicht weiter berücksichtigt.

Die Betrachtung der Taxazahlen, Abundanzen und Biomassen der sublitoralen Stationen zeigten eine klare Trennung der südlich der Geeste-Nordmole liegenden Stationen von dem nördlich beprobten Gebiet (Tab. 6, Abb. 14).

An den Stationen im Vorhafenbereich V1 und V2 fanden sich jeweils nur zwei Taxa pro Greifer. Die Abundanzen lagen unter 10 Ind./m², die Biomasse deutlich unter 1 g/m² (Tab. 6).

Außerhalb des Vorhafens südlich der Mole (T5-3 und T5-4) fanden sich mit je 12 und 14 Taxa pro Greifer die höchsten Taxazahlen der beprobten sublitoralen Stationen. Station T5-4 wies zudem die höchsten Abundanz- und Biomassewerte auf (4450 Ind./m²; 208,16 g/m²). An Station T5-3 lag die Abundanz bei 2740 Ind./m², die Biomasse lag bei 133,04 g/m².

Innerhalb der nördlich zur Mole beprobten sublitoralen Stationen zeigte sich, dass die Stationen an der Fahrwasserrinne deutlich höhere Taxazahlen und damit einhergehend höhere Abundanz- und Biomassewerte aufwiesen, als die Stationen zur ufergewandten Seite (Tab. 6; Abb. 14).

Die höchste Taxazahl fand sich an Station T2-4 (13 Taxa). Die Abundanz lag hier bei 1840 Ind./m², die Biomasse bei 99,72 g/m². Höhere Abundanzwerte fanden sich nur an Station T3-4 (2760 Ind./m²). Die Biomassewerte lagen mit 46,62 g/m² unter denen der Station T2-4.

Die geringste Taxazahl fand sich an Station T1-3. Hier war auch die geringste Abundanz mit 10 Ind./m² zu finden. Der Wert für die Biomasse lag bei 0,14 g/m².

Tab. 6: Kennwerte Taxazahl gesamt, Abundanz und Biomasse der sublitoralen Stationen (Einzelgreifer).

Station	Taxazahl gesamt	Abundanz (Ind./m ²)	Biomasse FG (g/m ²)
T1-3	1	10	0,1
T1-4	8	1290	25,8
T2-3	5	20	0,1
T2-4	13	1840	99,7
T3-3	4	50	0,1
T3-4	9	2760	46,7
T4-3	0	0	0
T4-4	10	2060	44,6
T5-3	12	2740	133,0
T5-4	14	4450	208,2
V1	2	0	0,1
V2	2	10	0,5

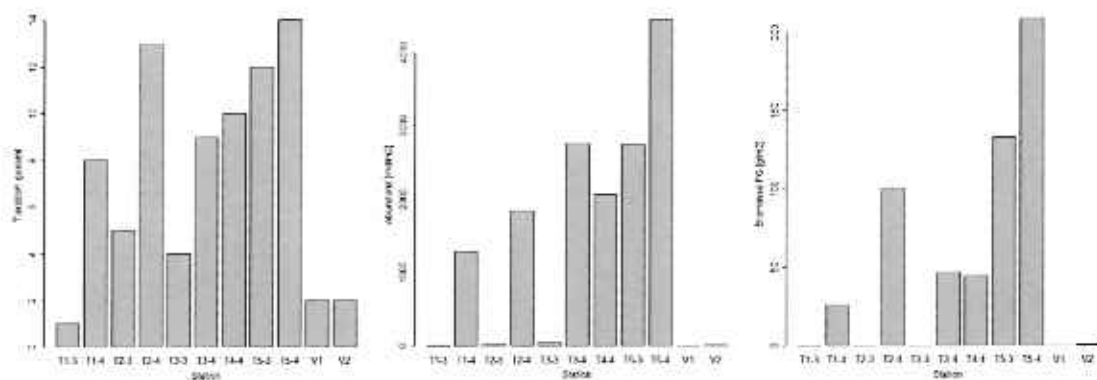


Abb. 14: Verteilung der subltoralen Kennwerte pro Station.
Links: Taxazahl gesamt, Mitte: Abundanz (Ind./m²), Rechts: Biomasse (g/m²).

4.3.3.3 Dominanzverhältnisse nach Abundanz und Biomasse Subltoral

Die folgende Analyse ist vor dem Hintergrund zu sehen, dass lediglich 1 Greifer pro Station beprobt wurde, was die Fehlerquote hinsichtlich der Aussagekraft über Dominanzverhältnisse verfälschen kann.

Die Clusteranalysen nach Abundanz und Biomasse zeigten eine deutliche Trennung der Stationen am Fahrwasser zu den ufergerichteten subltoralen Stationen (Abb. 15). Die Stationen südlich der Geeste-Nordmole waren hierbei von der Artzusammensetzung den Stationen nördlich der Mole sehr ähnlich.

Wie schon bei den Besiedlungskennwerten trennten sich die Stationen im Vorhafen (V1 und V2) deutlich von allen anderen Stationen. An den Stationen fanden sich je zwei Taxa: *Obelia bidentata* und *Sertularia cupressina* (V1); *Obelia* spp. und *Neomysis americana* (V2).

Die Station T1-3, an der lediglich ein Exemplar von *Heteromastus filiformis* gefunden wurde, trennte sich ebenfalls deutlich von den anderen Stationen. An den Stationen T2-3 und T3-3 wurden je drei Taxa gefunden. Darunter *Corophium volutator* (T2-3 & T3-3) in gleichen Abundanzen (20 Ind./m²) und Biomasserwerten (0,03 g/m²). Weitere Arten an Station T2-3 waren *Cordylophora caspia* und *Marenzelleria viridis*, an Station T3-3 *Boccardiella ligierica* und *Nereididae* indet.

Die Artgemeinschaften nach SIMPER für die weiteren subltoralen Stationen wiesen sowohl innerhalb der Abundanzen als auch innerhalb der Biomassewerte *Amphibalanus improvisus* (Abundanz: 59,1%; Biomasse: 75,4 %) und *Alitta succinea* (Abundanz: 17%; Biomasse: 13,7 %) als charakteristische Art aus (vgl. Tab. 7). Weitere Überschneidungen gab es bei *Heteromastus filiformis*. *Corophium volutator* wurde lediglich innerhalb der Abundanzen als dominant ermittelt.

Tab. 7: Ergebnisse aus SIMPER Analyse bezogen auf Abundanz und Biomasse der sublitoralen Stationen. Dargestellt sind die dominanten Arten der Stationen T1-4, T2-4, T3-4, T4-4, T5-3, T5-4; Ähnlichkeit bezieht sich auf die durchschnittliche Ähnlichkeit der Stationen hinsichtlich ihrer Artzusammensetzung.

Dominante Arten nach Abundanz	Dominante Arten nach Biomasse
Ähnlichkeit 68,8 %	Ähnlichkeit 72,3 %
<i>Amphibalanus improvisus</i> (59,1 %)	<i>Amphibalanus improvisus</i> (75,4 %)
<i>Alitta succinea</i> (17 %)	<i>Alitta succinea</i> (13,7 %)
<i>Corophium volutator</i> (11 %)	<i>Heteromastus filiformis</i> (2,8 %)
<i>Heteromastus filiformis</i> (5 %)	

4.3.4 Hartsubstrate

4.3.4.1 Artenspektrum Hartsubstrate

Bei der Beprobung wurden insgesamt 20 Taxa aus 6 Großgruppen erfasst. Die meisten Arten gehörte zu der Großgruppe der Hydrozoa (6 Taxa), gefolgt von Polychaeta (5 Taxa) und Crustacea (4 Taxa). Die Großgruppen der Bryozoa und Bivalvia fanden sich je zwei Taxa, bei den Oligochaeten 1 Taxon (Tab. 2).

Sechs der gefundenen Arten waren Neozoen, darunter *Cordylophora caspia*, *Boccardiella ligérica*, *Magellana gigas*, *Amphibalanus improvisus*, *Hemigrapsus takanoi* und *Melita nitida*.

Auf den Hartsubstraten fanden sich sechs Hydrozoen: *Aequorea* spp., *Bougainvillia muscus*, *Clytia hemisphaerica*, die Neozoe *Cordylophora caspia*, sowie die Arten *Obelia bidentata* und *Sertularia cupressina*. Innerhalb der Bryozoen fanden sich zwei Arten: *Buskia nitens* und *Einhornia crustulenta*.

Mytilus edulis wurde ebenfalls als Aufwuchsart in den Proben gefunden.

Für die Hartsubstrate wurden keine Abundanz oder Biomassewerte erfasst, daher ist eine weitere Bewertung anhand von Kennwerten und Dominanzverhältnissen nicht möglich.

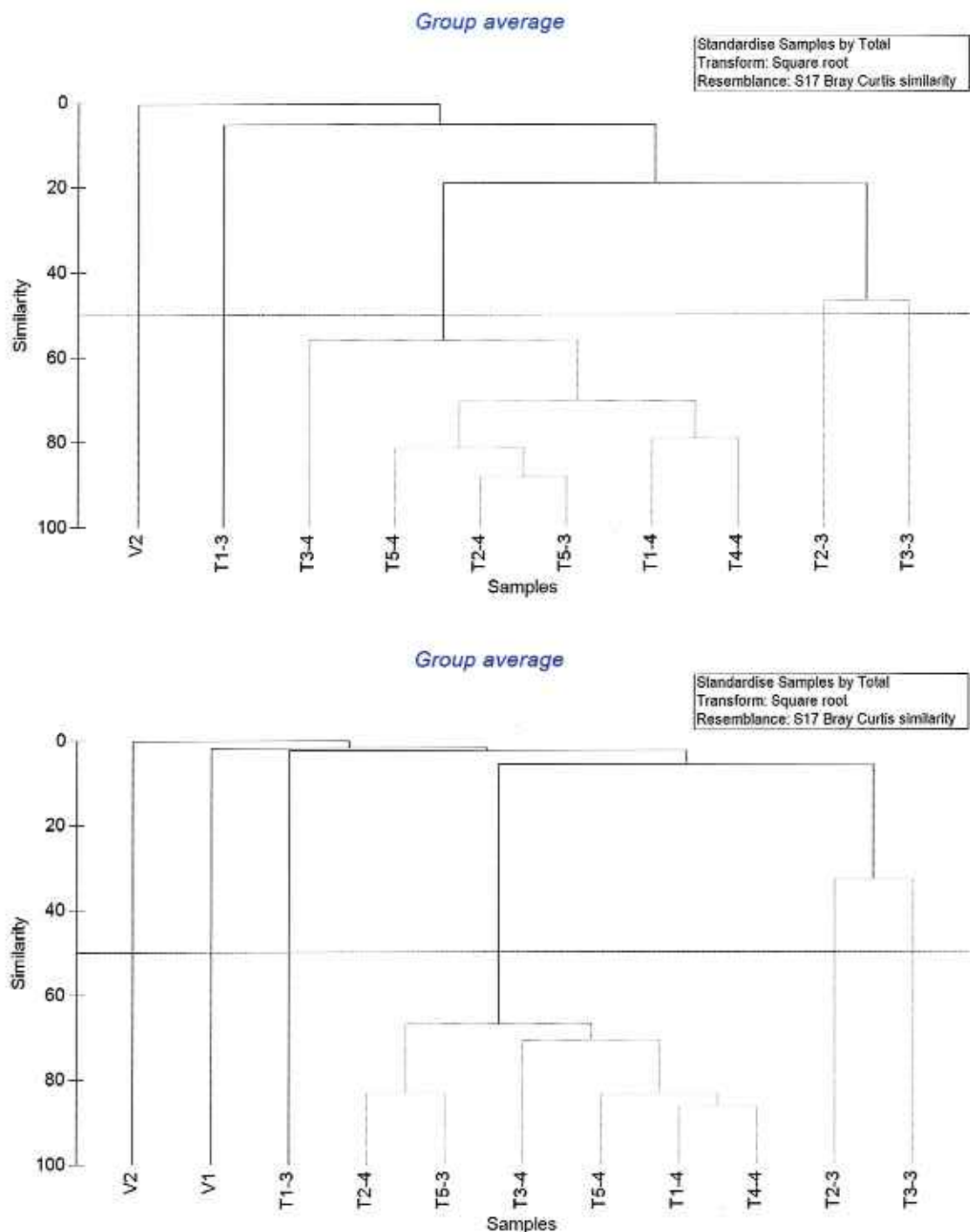


Abb. 15: Clusteranalyse sublitorale Stationen.

Oben: Abundanz, Unten: Biomasse

Basierend auf square-root transformierten Abundanz bzw. Biomassedaten der sublitoralen Stationen.

5. Einordnung der Ergebnisse

5.1 Einordnung des aktuellen Zustands des Makrozoobenthos

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im mesohalinen Bereich des Weserästuars. Insbesondere die Bereiche um und im Geestevorhafen werden sehr intensiv unterhalten und es kommt regelmäßig zu einem Transport größerer Sedimentmengen in die Weser. Die vorgefundene Verteilung und Zusammensetzung der Sedimente ist typisch für anthropogen beeinflusste Küstenbereiche an der Weser (Meyer & Ragutzki 1999; Witt 2004). Auf den eulitoralischen Flächen findet sich Schlicksand. Die Sedimente in unmittelbarer Nähe zur Niedrigwasserlinie haben höhere Ton/Schluff-Anteile und sind damit schlückiger und weicher als die ufernahen Sedimente. Beeinflusst durch Wellen und Strömung finden sich im ufernahen Bereich sandigere Sedimente (Witt 2004). Zur Mole steigen die fein- und mittelsandigen Anteile im Sediment.

Insgesamt wies das Untersuchungsgebiet eine für anthropogen beeinflusste Brackwasserbereiche typische Besiedlung auf. Die Proben wurden von wenigen Arten dominiert, innerhalb derer eine klare räumliche Zuordnung in und innerhalb der beprobten Bereiche (Eulitoral, Sublitoral, Hartsubstrate) der untersuchten Kenngrößen, Taxazahl, Abundanz, Biomasse und Diversität zu erkennen war.

In den Proben des Untersuchungsgebietes wurden typische Vertreter der mesohalinen Zone der Weser gefunden, darunter der Schlickkrebs *Corophium volutator*, Polychaeten wie der Seeringelwurm *Hediste diversicolor*, der grüne Brackwasserwurm *Marenzelleria viridis*, der Bernsteinigelwurm *Alitta succinea* oder der Kotpillenwurm *Heteromastus filiformis*. Die Anzahl der gefundenen Neozoen lag bei zehn Arten. Speziell im sublitoralischen Bereich und auf den Proben der Hartsubstrate fand sich die Neozoe *Amphibalanus improvisus*. *Amphibalanus improvisus* kommt regelmäßig in hohen Abundanzen im Brackwasser vor (vgl. (Kolbe & Michaelis 2001; Witt 2004; BioConsult 2011)). Weitere Neozoen waren innerhalb der Proben nur vereinzelt oder in geringen Abundanzen zu finden. Die Hafenmole wies einen für anthropogene Bauwerke typischen artenarmen Bewuchs von Blasentang *Fucus vesiculosus* und Grünalgen auf (Wahl 2009).

Insgesamt war die benthische Besiedlung des Untersuchungsgebiets mit 37 Arten relativ artenarm, mäßig divers und wies mäßig hohe Besiedlungskennwerte (Abundanz, Biomasse) auf. Ähnliche Artzahlen und Abundanzen fanden sich vergleichbaren Studien (Kolbe & Michaelis 2001; Witt 2004; BioConsult 2011). Eine im Auftrag von WSA Weser-Jade-Nordsee durchgeführte Beprobung des Makrozoobenthos der Tideweser im Jahr 2022 fand insgesamt 43 Arten an den Seitenbereichen der Fahrwasserrinnen im mesohalinen Bereich (BioConsult 2023).

Die Betrachtung der Besiedlungskennwerte (Taxazahl, Abundanz, Biomasse) und der Dominanzverhältnisse nach Abundanz und Biomasse im eulitoralischen und sublitoralischen Bereich wies auf eine klare Zonierung entlang der beprobten Transekte vom ufernahen Bereich (oberes Eulitoral), über die Grenze zur Niedrigwasserlinie (mittleres/unteres Eulitoral) zu den an das Fahrwasser angrenzenden sublitoralischen Bereichen hin. So sanken beispielsweise die Taxazahlen vom oberen Eulitoral von durchschnittlich 5 Arten pro m² auf 2-3 Arten pro m² an den Stationen des mittleren/unteren Eulitorals um anschließend im Sublitoral wieder auf 11 Taxa pro m² anzusteigen. Eine ähnliche Struktur fand sich

auch für die Abundanz und Biomassewerte. Eine derartige Zonierung wird auch von anderen Autoren für den mesohalinen Bereich der Weser beschrieben (Witt 2004).

Mit einer zunehmenden Entfernung zur Mole in nördliche Richtung (Transekt 1-4) stiegen die Abundanzwerte. Die sublitoralen Stationen, die im südlichen Bereich der Geeste-Nordmole auf Transekt 5 beprobt wurden, zeigten ähnliche hohe Abundanzwerte wie die Stationen auf Transekt 4. Es zeigt sich deutlich ein lagebedingter Einfluss der alten Geeste-Nordmole, der sich nicht nur auf die Sedimente, sondern auch rückwirkend auf die Besiedlung durch das Makrozoobenthos auswirkt.

Im Folgenden werden die einzelnen Besiedlungskennwerte weiter diskutiert und unter Berücksichtigung anderer vergleichbarer Untersuchungen eingeordnet.

5.1.1 Artenspektrum und Artenzahlen

Es liegen für die Bereiche in unmittelbarer Nähe der Geeste-Nordmole keine aktuellen Vergleichswerte für das Artenspektrum vor. Eine ausführliche und als repräsentativ anzusehende Betrachtung der Artenzahlen im Eulitoral und Sublitoral nördlich von Bremerhaven innerhalb der Jahre 1993-2002 kam im Durchschnitt zu einer Artenzahl von 44 Arten für je den sub- und den eulitoralischen Bereich.

Mit insgesamt 37 Arten, die sich mit je 22 Taxa im Eulitoral und 25 Taxa im Sublitoral aufteilen, liegt das Beprobungsgebiet deutlich unter dem Durchschnitt von Witt et al. (2004). Es bleibt zu berücksichtigen, dass die Gesamtartenzahl eines Untersuchungsareals stark vom Beprobungsaufwand abhängig ist (Art/Arealkurve). Der Beprobungsaufwand wurde im Zuge dieser Untersuchung speziell im sublitoralen Bereich minimal gehalten. Weiter zurückliegende Proben, die ebenfalls im eulitoralischen Bereich oberhalb der alten Geeste-Nordmole im Jahr 1992 genommen wurden, wiesen auf den eulitoralischen Flächen 21 Taxa nach (Kolbe & Michaelis 2001). Es besteht die Möglichkeit, dass die Artenzahlen auf der untersuchten Wattfläche im Allgemeinen geringer ausfallen als in den weiter nördlich gelagerten Wattbereichen, die in Witt (2004) untersucht wurden.

Ein Vergleich der als dominant beschriebenen Arten zeigt, dass der beprobte Bereich typische Vertreter aus dem mesohalinen Bereich aufweist. Darunter auf den eulitoralischen Flächen der Schlickkrebs *Corophium volutator* und die Polychaeten *Hediste diversicolor*, *Heteromastus filiformis* (Kolbe & Michaelis 2001; Witt 2004; BioConsult 2011). Im Sublitoral fanden sich Seepocken der Art *Amphibalanus improvisus* (Witt 2004).

Die Anzahl Neobiota lag insgesamt bei zehn Arten. Arten wie beispielsweise *Marenzelleria viridis* oder *Amphibalanus improvisus* wurden bereits in anderen Untersuchungen der Wesermündung regelmäßig nachgewiesen (Kolbe & Michaelis 2001; Witt 2004; BioConsult 2011). Dies gilt auch für *Magallana gigas*, *Cordylophora caspia*, *Boccardiella ligierica* und *Tubificoides heterochaetus*. Die Arten *Melita nitida*, *Incisocallope aestuarius* und *Hemigrapsus takanoi* sind, wie auch innerhalb dieser Studie, bisher nur zu geringen Abundanzen in der Weser nachgewiesen worden (BioConsult 2023). *Neomysis americana* wurde in keinem der bisherigen Berichte aufgeführt, sie wurde im Untersuchungsgebiet mit zwei Exemplaren nachgewiesen.

Bei den auf der Roten Liste geführten Arten wird die Hydrozoe *Sertularia cupressina* als Art mit einer Gefährdung unbekannten Ausmaßes gelistet (Rachor et al. 2013). Sie fand sich an einer der ohnehin

sehr artenarmen Stationen im intensiv unterhaltenen Vorhafen. Da innerhalb der Taxonomie auch Teilstücke bestimmt wurden und die Biomasse hier sehr gering ist, ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass dieses über Verdriftung von andernorts im Vorhafen gelandet ist. Die zweite nachgewiesene Art der Roten Liste, die Pfeffermuschel *Scrobicularia plana*, wurde mit drei juvenilen Exemplaren an einer Station gefunden. Aufgrund der Unterhaltungsmaßnahmen im Bereich der Geeste-Nordmole eignet sich der Standort nur bedingt als Lebensraum für die Pfeffermuschel. Das Vorkommen von wenigen Exemplaren ist nicht ungewöhnlich, von einer größeren, etablierten Population ist jedoch nicht auszugehen.

5.1.2 Hartsubstrate

Die zusätzliche Untersuchung der Hartsubstrate erhöhte das Gesamtartenspektrum um 7 Arten, darunter Neozoen wie die Pazifische Auster *Magallana gigas* oder die Asiatische Strandkrabbe *Hemigrapsus takanoi*. Die Besiedlung wies eine hohe Anzahl an Hydrozoen auf. Insgesamt ist die Beprobung mit einer Identifizierung von 20 Taxa als mäßig artenreich einzustufen.

5.1.3 Besiedlungskennwerte der eulitoralen und sublitoralen Bereiche

Ein Vergleich mittlerer Abundanzen und Biomassewerte zu anderen Studien ist aufgrund unterschiedlicher Methodik und Probennahmen nur eingeschränkt möglich. Wie bereits beschrieben weist die Verteilung von Abundanz und Biomasse ein räumliches Muster auf, welches typisch für die mesohalinen Uferbereiche der Weser ist (s. Kap. 5.1).

Die mittlere Abundanz für die eulitoralen Stationen liegt beispielsweise bei 2599 Ind./m², kann aber räumlich verteilt zwischen 204,1 Ind./m² und 8798 Ind./m² schwanken. Eine Betrachtung der mittleren Gesamtabundanz aller Stationen ergibt einen Wert von 1485,8 Ind./m². Eine Untersuchung des Makrozoobenthos im Blexer Bogen südlich der Hafenmole wies ebenfalls mittlere Gesamtabundanzen von 1469 Ind./m² nach. Auch hier wird auf eine hohe Variabilität zwischen den Greifern hingewiesen (BioConsult 2011).

Auch für die Biomasseverteilung muss räumlich stark differenziert werden. Betrachtet man lediglich die eulitoralen Bereiche liegt die mittlere Biomasse bei 7,4 g/m². Bedingt durch die hohe Dichte an Seepocken ist die mittlere Biomasse im sublitoralen Bereich mit 50,8 g/m² wesentlich höher. Ohne Seepocken sinkt der Biomassewert auf 9,1 g/m².

Die räumlichen Schwankungen werden teilweise auch über die Diversitätsindices im Eulitoral wieder gespiegelt. Die Werte spiegeln das Vorkommen weniger dominanter Arten wieder, die insbesondere in den Stationen mit niedriger Diversität für ein starkes Ungleichgewicht sorgen. Evennesswerte zwischen 0,7 und 0,9 decken sich mit Werten, die bspw. in Kolbe & Michaelis (2001) für die eulitoralen Flächen im Lunewatt beschrieben wurden.

5.2 Fazit

Insgesamt entsprach die Besiedlung des beprobten Gebietes der typischen artenarmen und von wenigen Arten dominierten Besiedlung, wie sie auch in anderen Studien für mesohaline Bereiche der Wesermündung beschrieben wurde (Kolbe & Michaelis 2001; Witt 2004; BioConsult 2011; BioConsult 2023). Innerhalb des Vergleiches einzelner Kenngrößen wie Abundanz, Biomasse und Diversität ergaben sich keine unerwarteten oder außergewöhnlichen Ergebnisse. Die Besiedlung des Gebietes ist als relativ artenarm, mäßig divers und mit mäßig hohen Besiedlungskennwerten (Abundanz/Biomasse) anzusehen.

Die Benthosfauna setzt sich überwiegend aus ästuartypischen, belastungstoleranten Besiedlern von Schlick- und Feinsandbereichen und nichtheimischen Arten zusammen. Sensitive Arten der Hydrozoen und Bryozoen fanden sich hauptsächlich in den sublitoralen Bereichen (gehäuft an den Stationen nah der Fahrwasserrinne) und in den Hartsubstratproben, die am Molenkopf genommen wurden. Während die Hartsubstrate am Molenkopf unmittelbar von der Versetzung der Mole betroffen sind, liegen die weiteren Stationen nicht im unmittelbaren Einflussbereich der geplanten Versetzung der Mole. Auffallend war weiter, dass insbesondere die Stationen, die auf Transekt 5 südlich der Mole beprobt wurden, hohe Anteile der gefundenen Hydrozoen und Bryozoen aufwiesen. Die Miesmuschel *Mytilus edulis* fand sich ebenfalls in höheren Abundanzen und Biomassen an den südlich der Mole beprobten Stationen. Insgesamt ist hier jedoch von keinen größeren Populationen auszugehen.

Literatur

- BioConsult (2011): Erfassung des Makrozoobenthos im Bereich des Blexer Bogens. Gutachten im Auftrag von bremenports GmbH&Co. KG. 33 S.
- BioConsult (2023): Makrozoobenthos der Tideweser 2022 - Untersuchungen von Fahrwinne und Seitenbereichen der Unter- und Außenweser. Gutachten i.A. des WSA Weser-Jade-Nordsee, 65 S.
- Clarke, K. R. (1993): Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. 18: 117-143.
- Clarke, K. R. & Warwick, R. M. (2001): Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. PRIMER-E Ltd. Plymouth Marine Laboratory, UK: 172 S.
- Figge, K. (1981): Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht. Karte Nr. 2900 mit Begleitheft. Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg: ohne S.
- Kolbe, K. & Michaelis, H. (2001): Long-term Changes of Intertidal Benthic Assemblages in the Mesohalinity of the Weser Estuary. Wissenschaftliche Mitteilungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft 31 (2), E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Frankfurt am Main: 197-214 S.
- Lackschewitz, D., Reise, K., Buschbaum, C. & Karez, R. (2022): Neobiota der deutschen Nord- und Ostseeküste. Eingeschleppte Arten in deutschen Küstengewässern. LLUR SH-Gewässer: 394 S.
- Laurer, W.-U., Naumann, M. & Zeller, M. (2014): Sedimentverteilung auf dem Meeresboden in der deutschen Nordsee nach der Klassifikation von FIGGE (1981) - Kartenversion 2.1 vom 30.10.2014. Geopotential Deutsche Nordsee. o. S. <http://www.gpdm.de/gpdm/wilma.aspx?pgId=417&WilmaLogonActionBehavior=Default>, 2014.
- Meyer, C. & Ragutzki, G. (1999): KFKI Forschungsvorhaben Sedimentverteilung als Indikator für morphodynamische Prozesse (MTK 0591). Dienstbericht der Forschungsstelle Küste, Norderney 21/1999: 1-38. + Anhang.
- Pielou, E. C. (1966): Shannon's Formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. American Nature 100: 463-465.
- Rachor, E., Bönsch, R., Boos, K., Gosselck, F., Grotjahn, M., Günther, C.-P., Gusky, M., Gutow, L., Heiber, W., Jantschik, P., Krieg, H.-J., Krone, R., Nehmer, P., Reichert, K., Reiss, H., Schröder, A., Witt, J. & Zettler, M. L. (2013): Rote Liste und Artenlisten der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere - 4. Fassung, Stand Dezember 2007, einzelne Aktualisierungen bis 2012. In: N. Becker, H. Haupt, N. Hofbauer, G. Ludwig and S. Nehring (Hrsg.), Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 2: Meeresorganismen. Münster (Landwirtschaftsverlag). Bundesamt für Naturschutz, Bonn. Naturschutz und Biologische Vielfalt. 70 (72): 81-176.
- Shannon, C. & Weaver, W. (1949): The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana: 111 S.
- Wahl, M. (2009): Marine Hard Bottom communities. Springer Berlin, Heidelberg. 894 S.
- Witt, J. (2004): Analysing brackish benthic communities of the Weser estuary: spatial distribution, variability and sensitivity of estuarine invertebrates. Dissertation. University of Bremen - Fachbereich Biologie/Chemie, Bremen: 159 S.
- Witt, J., Schroeder, A., Knust, R. & Arntz, W. (2004): The impact of harbour sludge disposal on benthic macrofauna communities in the Weser estuary. Helgolander Marine Research 58: 117-128.
- Zettler, M., Beermann, J., Dannheim, J., Ebbe, B., Grotjahn, M., Günther, C.-P., Gusky, M., Kind, B., Kröncke, I., Kühlenkamp, R., Orendt, C., Rachor, E., Schanz, A., Schröder, A., Schüler, L. & Witt, J. (2018). An annotated checklist of macrozoobenthic species in German waters of the North and Baltic Seas. Helgol. Mar. Res.