



Biologisches Monitoring P0 Ems

Zwischenbericht Daten Frühling und Herbst 2020

Autor(en): J. A. Craeymeersch, A. Hamer

Wageningen University &
Research Bericht C073/21B

Biologisches Monitoring P0 Ems

Zwischenbericht Daten Frühling und Herbst 2020

Autor(en): J. A. Craeymeersch, A. Hamer

Originaltitel: Biologische monitoring P0 Eems - Tussenrapportage data voor- en najaar 2020
Übersetzung aus dem Niederländischen: Wageningen in'to Languages

Wageningen Marine Research
Yerseke, November 2021

VERTRAULICH Nein

Wageningen Marine Research Bericht C073/21

Auftraggeber: Rijkswaterstaat Noord-Nederland
z. H. Anco van den Heuvel
Postfach 2232
3500 GE Utrecht

Originaltitel: Biologische monitoring P0 Eems - Tussenrapportage data voor- en najaar 2020
Übersetzung aus dem Niederländischen: Wageningen in'to Languages

Dieser Bericht kann unter <https://doi.org/10.18174/559025> kostenlos heruntergeladen werden
Wageningen Marine Research stellt *keine* gedruckten Exemplare von Berichten zur Verfügung.

Wageningen Marine Research ist nach ISO 9001:2015 zertifiziert.

© Wageningen Marine Research

Wageningen Marine Research, Institut der juristischen Person Stichting Wageningen Research, in diesem Zusammenhang vertreten durch Drs.ir. M.T. van Manen, Betriebsleiter
KvK-Nr. 09098104, WMR USt-IdNr. NL 8113.83.696.B16. BIC/SWIFT: RABONL2U
IBAN: NL 73 RABO 0373599285

Wageningen Marine Research übernimmt weder Haftung für Folgeschäden noch für Folgeschäden, die sich aus der Anwendung der Ergebnisse von Arbeiten oder anderen durch Wageningen Marine Research erhaltener Daten ergeben. Der Auftraggeber stellt Wageningen Marine Research von Ansprüchen Dritter in Zusammenhang mit dieser Anwendung frei.
Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers oder des Autors reproduziert und/oder veröffentlicht, fotokopiert oder anderweitig verwendet werden.

Inhalt

Zusammenfassung	4
1 Einleitung	5
1.1 Hintergrund	5
1.1 Fragestellung und Zielsetzung	5
2 Methoden	7
2.1 Aufbau des Monitorings	7
2.1.1 Plan für das Monitoring	7
2.1.2 Durchführung	8
2.2 Analysen	9
2.2.1 Sedimentzusammensetzung	9
2.2.2 Van-Veen-Greifer	9
2.2.3 Kieler Kinderwagen	10
2.2.4 Anzahl benötigter Proben	11
3 Ergebnisse	12
3.1 Sedimenteigenschaften	12
3.2 Gemeinschaften im Endobenthos	16
3.2.1 Univariate Analysen	16
3.2.2 Multivariate Analyse	21
22	
3.3 Kieler Kinderwagen	22
3.4 Anzahl benötigter Proben	24
4 Diskussion	25
5 Literatur	27
6 Qualitätssicherung	28
Verantwortlichkeit	29
Anhang 1 Bewertung des geplanten biologischen Probenentnahmeprogramms P0 Ems	30

Zusammenfassung

Rijkswaterstaat hat auf der Ems die Aufgabe, die Zugänglichkeit der Fahrrinne nach Eemshaven für Schiffe mit einem Tiefgang von 14 m (Panamax) zu erhalten. Rijkswaterstaat verfügt über eine deutsche Genehmigung zur Verbringung des Baggerguts zur Klappstelle P0 auf der Ems, die sich auf deutschem Staatsgebiet befindet. Die Auflagen dieser Genehmigung sind, dass 1. ein Monitoring der Auswirkungen auf das Benthos erfolgen muss und 2. die ökologischen Auswirkungen auf das gesamte Naturschutzgebiet „Borkum Riff“ bestimmt werden müssen. Das Monitoring des Zoobenthos ist für die Jahre 2020, 2021 und 2022 geplant.

Der vorliegende Bericht - ein erster Zwischenbericht - beschreibt die Daten und Veränderungen im Jahr 2020. Im Frühling und Herbst wurden nach der Verklappung des Baggerguts mit einem Van-Veen-Greifer (Endobenthos) und mit einem Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“ (Epibenthos) Stichproben im Verklappungsgebiet und in einem Referenzgebiet entnommen, das teils östlich und teils westlich des Verklappungsgebietes liegt.

Nach Beginn der Verklappung ist das Sediment im Verklappungsgebiet viel feinsandiger geworden. Bisher wurden nur wenige Unterschiede hinsichtlich der Fauna festgestellt, möglicherweise weil es sich 1. um ein artenarmes Gebiet mit geringen Dichten handelt, sowohl pro Art als auch in seiner Gesamtheit und 2. sich die Fauna im östlichen und westlichen Teil des Referenzgebietes unterscheidet. Im Herbst haben wir jedoch im Verklappungsgebiet höhere Dichten des Vielborstens *Magelona johnstoni* beobachtet, was möglicherweise mit einer Erholung nach der Verklappung des Baggerguts (Sedimentationsschwankungen, feinerer Sand) im Herbst zusammenhängt. Die multivariaten Analysen zeigen auch eine größere Veränderung der Artenzusammensetzung im Verklappungsgebiet als im Referenzgebiet.

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Rijkswaterstaat hat auf der Ems die Aufgabe, die Zugänglichkeit der Fahrrinne nach Eemshaven für Schiffe mit einem Tiefgang von 14 m (Panamax) zu erhalten. Es gibt einen Baggerauftrag über 2 bis 3 Millionen Kubikmeter, die auf drei Klappstellen verklappt werden dürfen, zwei davon nach niederländischem Recht und eine nach deutschem Recht. Die wichtigste, P1, hat Nutzungsbeschränkungen (5 Monate im Jahr nicht nutzen) und die alternative Klappstelle (P3) hat zwar keine Nutzungsbeschränkungen, dafür aber sehr lange Fahrwege, weshalb die Nutzung dieser Klappstelle viel Geld kostet (mehrere Millionen) und zusätzliche CO₂-Emissionen mit sich bringt. Das Projekt beinhaltet die Durchführung des Monitorings, eine der Auflagen, um auch die in Deutschland zugelassene Klappstelle nutzen zu können und somit die Kosten für die Baggerarbeiten im Sommer um 50% zu reduzieren. Rijkswaterstaat verfügt über eine deutsche Genehmigung zur Nutzung der Klappstelle P0 auf der Ems (Abbildung 1).

Die Auflagen dieser Genehmigung sind, soweit es die Bodenfauna betrifft, dass 1. ein Monitoring der Auswirkungen erfolgen muss und 2. die ökologischen Auswirkungen auf das gesamte Naturschutzgebiet „Borkum Riff“ bestimmt werden müssen.

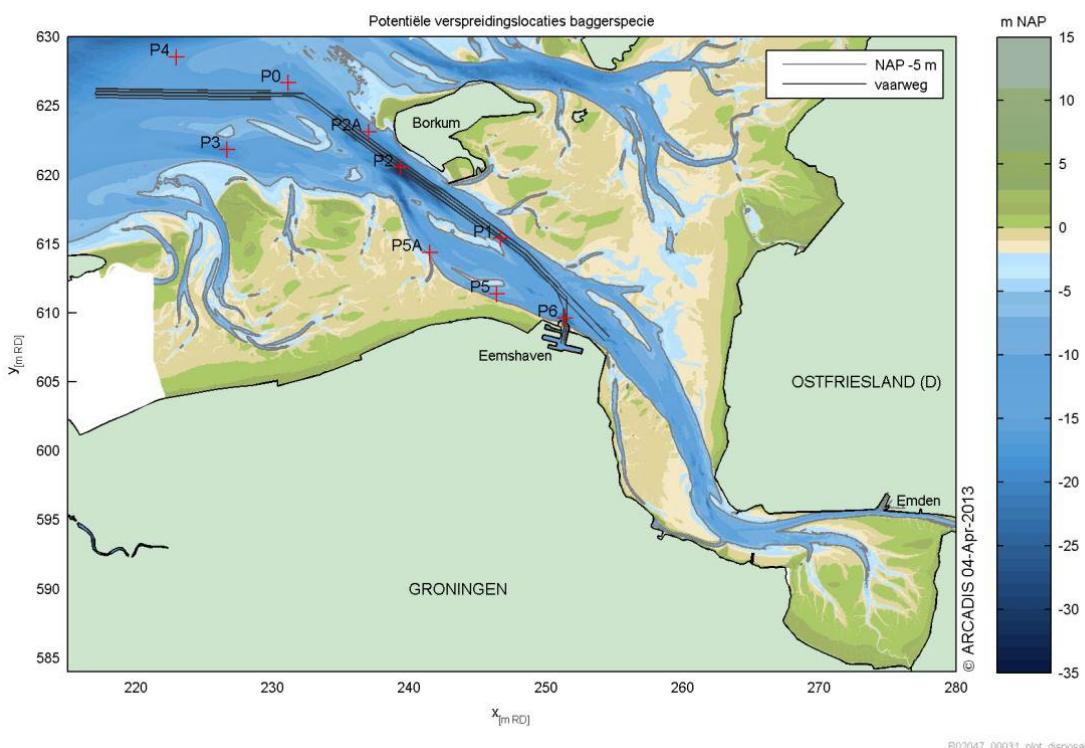


Abbildung 1. Lage der potenziellen Klappstellen für Baggergut, darunter P0 (Quelle: Grasmeijer & Pasmans 2013)

1.1 Fragestellung und Zielsetzung

Die Auflagen dieser Genehmigung für RWS sind, dass 1. ein Monitoring der Auswirkungen auf die Bodenfauna erfolgen muss und 2. die ökologischen Auswirkungen auf das gesamte Naturschutzgebiet „Borkum Riff“ bestimmt werden müssen. Im Auftrag von Rijkswaterstaat Noord-Nederland wurde durch die IBL Umweltplanung GmbH ein Monitoringkonzept erstellt.

Wageningen Marine Research wurde durch RWS im Wesentlichen mit den folgenden Punkten beauftragt:

1. Beurteilung, ob das Monitoringkonzept für die Klappstelle P0 im „NSG Borkum Riffgrund“ aus wissenschaftlichen Gründen noch mehr oder bessere Referenzgebiete benötigt, um die Ergebnisse des Monitorings wissenschaftlich fundiert interpretieren zu können.
2. Probenahme, Bestimmung und Zählung über einen Zeitraum von 3 Jahren.
3. Kurze wissenschaftliche Analyse und jährliche Berichterstattung.
4. Wissenschaftliche Analyse und Gesamtbericht nach 3 Jahren.

Bei der Beurteilung des durch IBL erstellten Monitoringkonzeptes geht es um folgende Fragestellungen:

- Werden mehr oder bessere Referenzgebiete benötigt, um die Ergebnisse des Monitorings wissenschaftlich fundiert interpretieren zu können?
- Sind die Abstände zur Klappstelle groß genug, um nicht durch die Verklappung mit Sand beeinflusst zu werden?
- Gibt es genug Probenstellen, um wissenschaftlich fundierte Aussagen über mögliche signifikante Unterschiede treffen zu können?

Die Zwischenberichte über das erste und zweite Jahr des Monitorings sollen die folgenden Aspekte beinhalten:

- Gibt es wissenschaftlich gesehen signifikante Unterschiede des Benthos zwischen den Referenzgebieten und der Klappstelle P0?
- Sofern signifikante Unterschiede gefunden werden, sind diese wissenschaftlich auf die Nutzung von P0 als Klappstelle zurückzuführen?
- Sofern signifikante Unterschiede gefunden werden, haben diese Auswirkungen auf die Zielsetzungen des Naturschutzgebietes „Borkum Riff“? Diese Bewertung erfolgt auf Grundlage von Expertenmeinungen, basierend auf Daten, die in diesem Projekt erhoben wurden, und auf Daten aus anderen Projekten in diesem Gebiet.

2 Methoden

2.1 Aufbau des Monitorings

2.1.1 Plan für das Monitoring

Im Auftrag von Rijkswaterstaat Noord-Nederland wurde durch die IBL Umweltplanung GmbH ein Plan für das Monitoring erstellt (IBL 2020). Nach diesem Plan wird das Zoobenthos mit zwei verschiedenen Geräten beprobt: einem Van-Veen-Greifer und einem Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“. Abbildung 2 zeigt die geplante Lage und die Anzahl der Stellen zur Probenentnahme für jedes der Geräte. Pro Standort werden drei Greiferproben oder ein Transekt mit dem Kieler Kinderwagen entnommen.

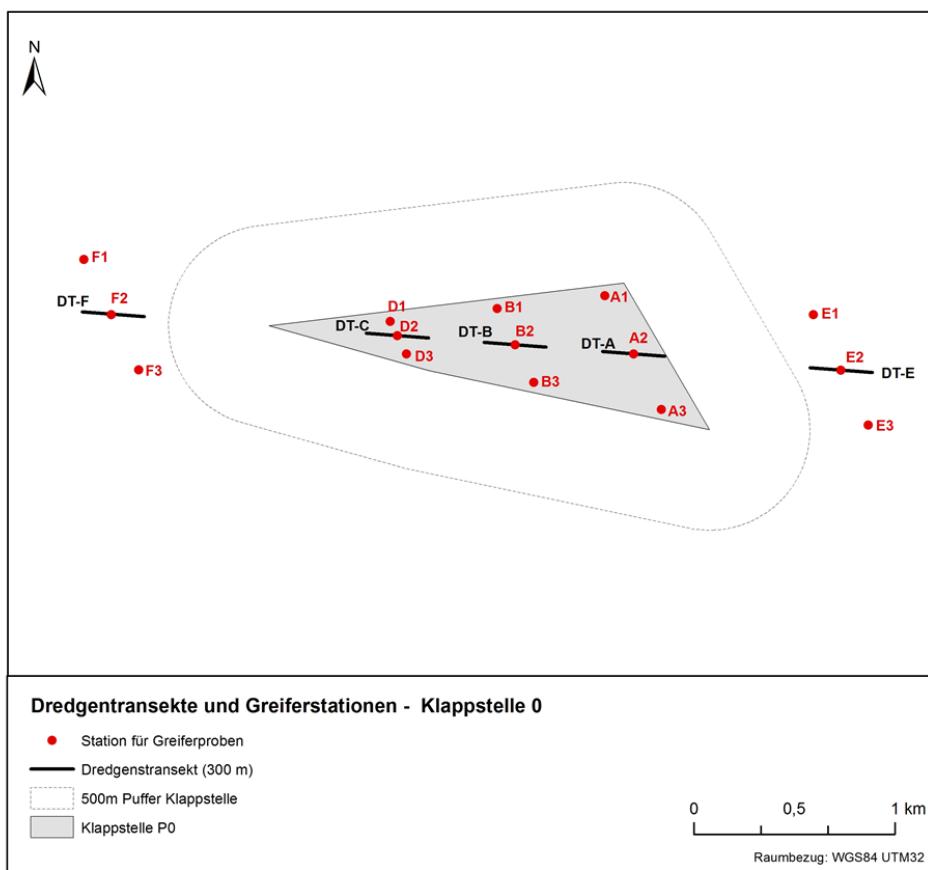


Abbildung 2. Monitoringplan IBL. Verteilung der Probestellen für Van-Veen-Greifer (rote Punkte) und Kieler Kinderwagen (schwarze Linien) im Verklappungsgebiet für Baggergut P0 und in den Referenzgebieten östlich und westlich von P0 (Quelle: IBL 2020)

Der Monitoringplan wurde Anfang 2020 durch Wageningen Marine Research, wie von RWS in Auftrag gegeben, beurteilt (Anhang 1). Die wichtigsten Schlussfolgerungen waren:

- Werden mehr oder bessere Referenzgebiete benötigt, um die Ergebnisse des Monitorings wissenschaftlich fundiert interpretieren zu können?
 - Unsere Empfehlung ist, das östliche Gebiet leicht nach Süden zu verlegen, da die Sedimentzusammensetzung in diesem Referenzgebiet dann besser mit dem des Verklappungsgebietes für das Baggergut übereinstimmt.
- Sind die Abstände zur Klappstelle groß genug, um nicht durch die Verklappung mit Sand beeinflusst zu werden?
 - Wir schätzen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Einflussnahme aus dem Verklappungsgebiet für das Baggergut unter Berücksichtigung der natürlichen Sedimentdynamik gering ist und dass die Abstände daher groß genug sind.
- Gibt es genug Probenstellen, um wissenschaftlich fundierte Aussagen über mögliche signifikante Unterschiede treffen zu können?
 - Das ist sicherlich nicht der Fall. Nicht für den Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“, da lediglich eine Probe in jedem der Referenzgebiete entnommen wird. Und auch nicht für den Greifer, denn die Anzahl der Probenstellen in den Referenzgebieten ist sicherlich zu gering. Wie viele Proben entnommen werden müssen, hängt von der Effektstärke ab, die man erkennen möchte. Für Effektstärken von 20% müssten 30 Proben mit dem Boxcorer und 5 Proben mit dem Kieler Kinderwagen entnommen werden. Weniger Proben bedeutet, dass man die Wahl trifft, nur größere Veränderungen zu erkennen.

2.1.2 Durchführung

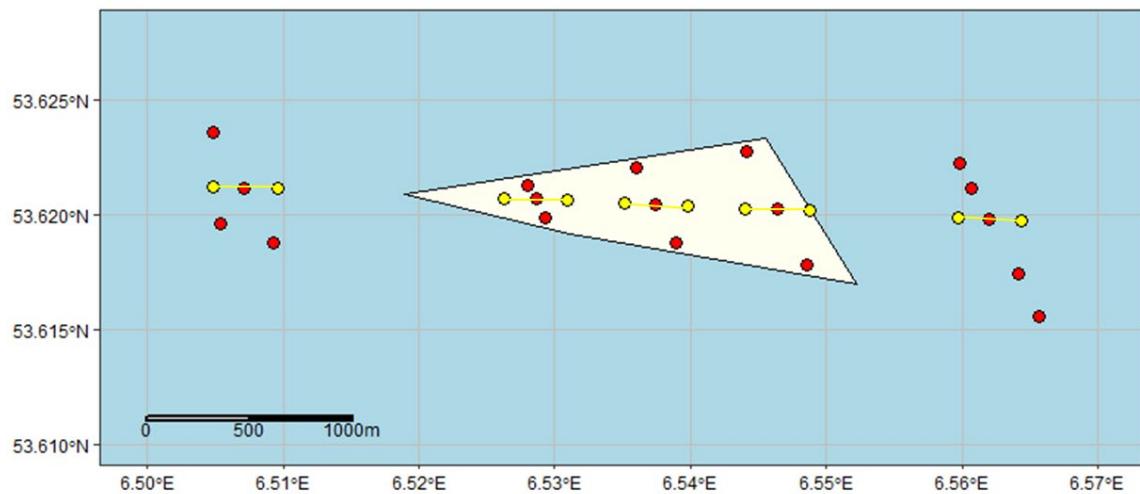
Aufgrund von COVID-19 war es RWS im Frühling 2020 nicht möglich ein Untersuchungsschiff für die Probenahme zur Verfügung zu stellen. Das hatte zur Folge, dass die Probenahme nicht durch WMR durchgeführt werden konnte.

Die Probenahme wurde aber stattdessen durch IBL im Auftrag von RWS durchgeführt. Die Probenahme erfolgte dabei gemäß dem durch IBL aufgestellten Designs zur Probenahme (siehe oben), mit folgenden Änderungen:

- In den Referenzgebieten wurden an drei zusätzlichen Stellen Proben entnommen, um die Probenanzahl in P0 und im Referenzgebiet (östlicher und westlicher Teil zusammen) anzugeleichen (rote Punkte in Abbildung 3).
- Die Beprobung des Endobenthos erfolgte daher mit dem Van-Veen-Greifer und nicht wie ursprünglich geplant mit einem Boxcorer.
- Die 3 Proben pro Entnahmestelle wurden getrennt voneinander mit einem 1 mm-Sieb gesiebt und in gepuffertem Formaldehyd aufbewahrt.
- Zuvor wurde von jeder Probe eine Sedimentprobe entnommen und für die spätere Analyse der Korngrößenverteilung separat aufbewahrt.

Die Beprobung des Epibenthos erfolgte mit dem Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“ und nicht mit dem Bodenhobel, wie ursprünglich geplant. Im Frühling wurden alle Fische an Bord identifiziert, gezählt und gewogen und wieder über Bord geworfen. Die übrigen Arten wurden in Formaldehyd aufbewahrt und später ausführlicher analysiert (Identifizierung, Zählung, Bestimmung des Frischgewichts). Im Herbst wurden alle gefundenen Tiere an Bord identifiziert, gezählt und gewogen (Frischgewicht).

Im Herbst 2020 erfolgte die Probenahme in gleicher Weise.



2.2 Analysen

2.2.1 Sedimentzusammensetzung

Pro Entnahmestelle wurde von einem der Replikate die Sedimentprobe gefriergetrocknet und eine Teilprobe davon auf die Korngrößenverteilung untersucht. Das Sediment wurde hierfür nicht vorbehandelt. Die Sedimentanalyse wurde vom NIOZ unter Verwendung eines Multisizer 2000 der Firma Malvern Instruments durchgeführt. Dieses Gerät analysiert die Lichtstreuung von Sedimentpartikeln in Lösung bei der Passage durch einen Laserstrahl. Die Größenverteilung der Teilchen wird zwischen 0,02 und 1000 µm bestimmt.

Die Beschreibung des Sediments erfolgt auf Basis der medianen Korngröße (D50) und des prozentualen Schlickanteils. Außerdem wurde die Korngrößenverteilung (aufgeteilt in 5 unterschiedliche Fraktionen) bestimmt (Tabelle 1).

Tabelle 1. Klassengrenzen der Korngrößenverteilung

Fraktion	Bereich
Schlick	< 63 µm
Sehr feiner Sand	63 – 125 µm
Feiner Sand	125 – 250 µm
Mittelfeiner Sand	250 – 500 µm
Grober Sand	500 – 1000 µm

Unterschiede in der medianen Korngröße zwischen den Gebieten wurden mit einem parameterfreien Test, dem Kruskal-Wallis-Test, getestet, gefolgt von einem Post-Hoc-Test, dem Wilcoxon-Rangsummentest. Da an vielen Stellen kein Schlick festgestellt wurde, wurden diese Tests nicht für den Schlickgehalt durchgeführt.

2.2.2 Van-Veen-Greifer

Die in den Proben gefundenen Tiere wurden im Labor von Taxonomen von Wageningen Marine Research soweit wie möglich nach Art sortiert und ihre Anzahl und Dichte pro Quadratmeter bestimmt.

Die Daten wurden außerdem mit univariaten und multivariaten Methoden analysiert, um Unterschiede zwischen dem Verklappungs- und dem Referenzgebiet sowie den zeitlichen Verlauf zu untersuchen. Die 3 Replikate wurden in diesem Schritt gemäß dem ursprünglichen Design (3 Proben zusammen gesiebt) zu einer Probe zusammengefügt.

Als univariate Indizes zur Beschreibung des Benthos wurden für alle beprobten Stellen im Rahmen des Monitorings folgende biotische Indikatoren bestimmt (pro Probe):

- Die Gesamtanzahl Arten/Taxa
- Die Gesamtdichte

Wenn zwei Organismen in der selben taxonomischen Kategorie beobachtet wurden, wobei einer von beiden auf einer niedrigeren taxonomischen Stufe identifiziert wurde als der andere und das niedrigste in beiden Arten identifizierte Taxon zur selben Kategorie gehört, dann wurde nur die Art gezählt, die auf einer niedrigeren taxonomischen Stufe identifiziert wurde. Ein Beispiel hierfür ist, dass, wenn innerhalb einer Kategorie sowohl *Nephtys* spp. als auch *Nephtys cirrosa* beobachtet wurden, nur *Nephtys cirrosa* bei der Berechnung mitgezählt wurde, wenn jedoch nur *Nephtys* spp. beobachtet wurde, dann wurde diese Art mitgezählt.

Außerdem wurde konkret auf das Vorkommen und die durchschnittliche Dichte der dominanten Arten geachtet.

Räumliche Unterschiede der Artenzusammensetzung wurden außerdem mit einem Ordinationsverfahren (multivariate Analyse), einer nichtmetrischen multidimensionalen Skalierung (nMDS), auf Basis des Bray-Curtis-Indexes der Dichten (ind/m^2) analysiert. Da diese Dichten nicht normalverteilt sind, wurden sie mittels doppelter Wurzeltransformation für die Analyse transformiert. Im Output, einem Ordinationsdiagramm, werden die Probenstellen so wiedergegeben, dass Stellen mit einer ähnlichen Artenzusammensetzung nah beieinander und Stellen mit sehr unterschiedlichen Artenzusammensetzungen weit auseinander liegen.

Bei diesen Analysen haben wir zusätzlich zum Vergleich von Verklappungsgebiet und Referenzgebiet im Frühling und im Herbst auch die räumlichen Unterschiede zwischen dem östlichen und dem westlichen Teil des Referenzgebietes betrachtet. Dies liegt daran, dass wir bei einer Analyse von Daten aus dem Jahr 2016 (Anhang 1) festgestellt haben, dass sich die Fauna östlich des Verklappungsgebietes stark von der Fauna im Verklappungsgebiet und westlich des Verklappungsgebietes unterscheidet.

Für die Gesamtanzahl der Arten und für die Gesamtdichte wurde die Signifikanz der Unterschiede mit einem parameterfreien Test, dem Kruskal-Wallis-Test getestet, gefolgt von einem Post-Hoc-Test, dem Wilcoxon-Rangsummentest.

2.2.3 Kieler Kinderwagen

Da die exakte Distanz, auf der der Kieler Kinderwagen effektiv mit dem Boden in Kontakt ist, nicht bekannt ist, sind die erhobenen Daten qualitativer Natur. Diese können nur semiquantitativ analysiert werden. Wir haben die gefundenen Anzahlen pro Art nach dem ACFOR-System ('Abundant Common Frequent Occasional and Rare' – inklusive nicht gefunden) in einige Klassen eingeteilt (Crisp & Southward 1958):

- A: sehr häufig (>100 Individuen),
- C: häufig (50-100),
- F: zahlreich (10-50),
- O: gelegentlich (5-10) und
- R: selten (>0 und <5 Individuen) [in unserer Analyse nicht zugeordnet, da nicht gefunden]

In den Proben kommen auch Fische und andere Tiere vor (z. B. Quallen), Arten, für die das Probenentnahmegerät nicht geeignet ist (z. B. weil die Tiere dem Gerät ausweichen können). Wir haben diese Arten der Vollständigkeit halber trotzdem in die Tabellen aufgenommen.

2.2.4 Anzahl benötigter Proben

Vor Beginn dieses Programms wurde berechnet, wie viele Proben benötigt werden, um einen bestimmten Unterschied (Effektgröße) statistisch ermitteln zu können. Die Berechnungen erfolgten auf Grundlage früherer Probenahmen mit dem Boxcorer in diesem Gebiet und auf Probenahmen mit dem Bodenhobel im Küstengebiet (siehe Anhang 1).

Da die Probenahme letztendlich mit einem Van-Veen-Greifer und einem Kieler Kinderwagen erfolgte, wurden die Berechnungen erneut mit den Daten aus dem Verklappungsgebiet vom Frühling 2020 durchgeführt. Dies erfolgte nur anhand der Greifproben, da die mit dem Kieler Kinderwagen erhobenen Daten, wie bereits oben erwähnt, qualitativ sind.

3 Ergebnisse

3.1 Sedimenteigenschaften

Der im Untersuchungsgebiet gefundene Sedimenttyp lässt sich im Mittel als mittelfeiner/feiner Sand einordnen (Abbildung 4, links).

Das Verklappungsgebiet wies größere Korngrößen und einen kleineren Schlickanteil auf als das Referenzgebiet (Abbildung 4, rechts). Es gibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Korngrößen zwischen den Referenzgebiet und dem Verklappungsgebiet, wenn diese nach Jahreszeit getrennt betrachtet werden (Kruskal-Wallis: $p= 0.004$). Die mediane Korngröße ist im Verklappungsgebiet im Herbst signifikant geringer als im selben Gebiet im Frühling und signifikant geringer als im Referenzgebiet im Herbst (siehe Tabelle 2). Im Herbst 2020 wurden östlich des Verklappungsgebietes die größten medianen Korngrößen gefunden (Abbildung 5). Die mittlere Korngröße im östlichen Referenzgebiet unterscheidet sich nicht von der im westlichen Referenzgebiet. Der Schlickgehalt ist überall äußerst gering (Abbildung 4), kleine Mengen finden sich nur im Referenzgebiet, genauer gesagt im östlichen Referenzgebiet (Abbildung 4 und Abbildung 6).

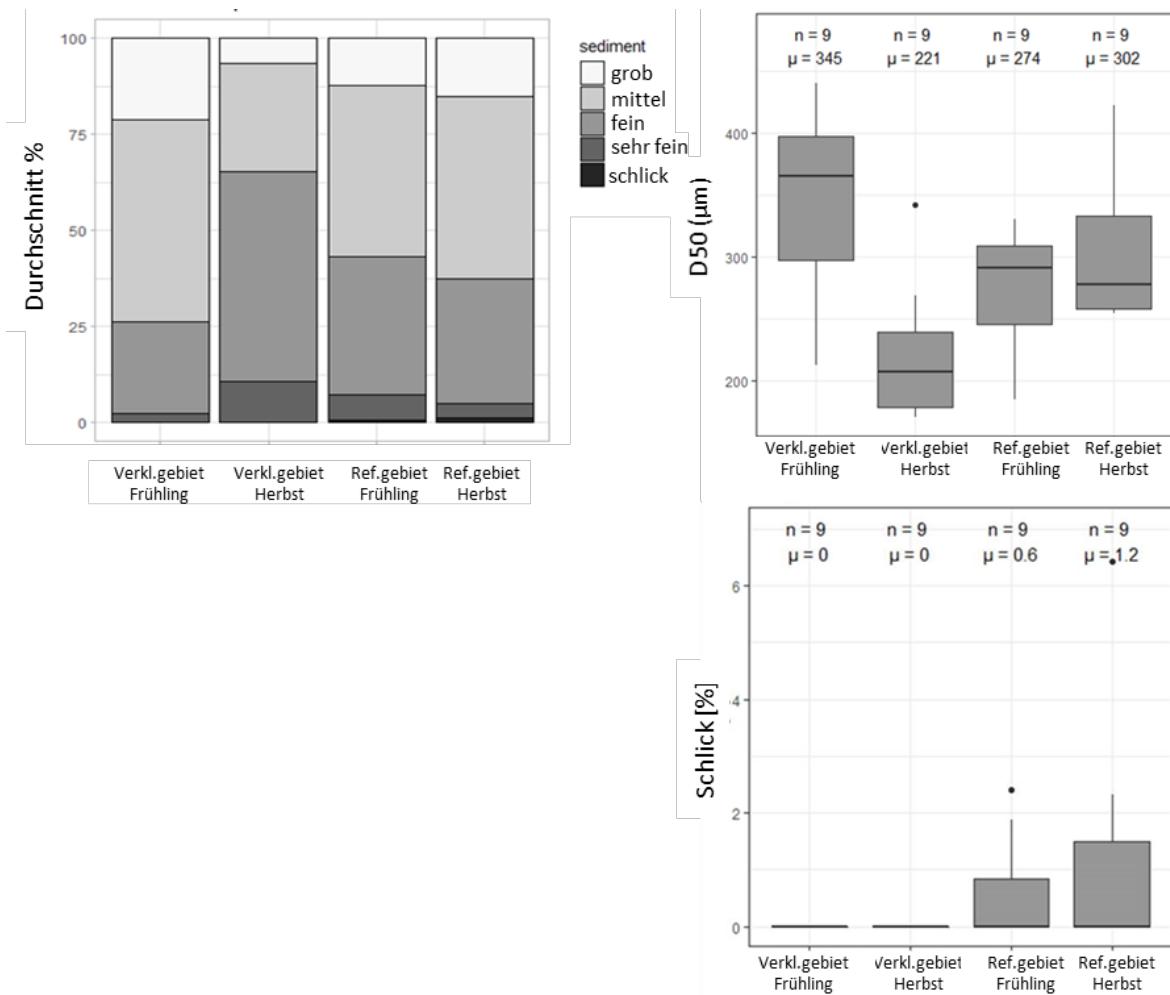


Abbildung 4 links: durchschnittliche Verteilung der Sedimenttypen. Rechts: Verteilung der medianen Korngröße (D_{50}) (oben) und des Schllickgehaltes (unten), die an den Probenahmestellen im Frühling und im Herbst gefunden wurden. Die dicke horizontale Linie entspricht hierbei dem Median, der graue Balken dem 25. und 50. Quartil und die einzelnen Punkte Ausreißer, bei denen der Wert mehr als das 1,5-fache des Interquartilsabstandes des 25. oder 50. Quartils beträgt.

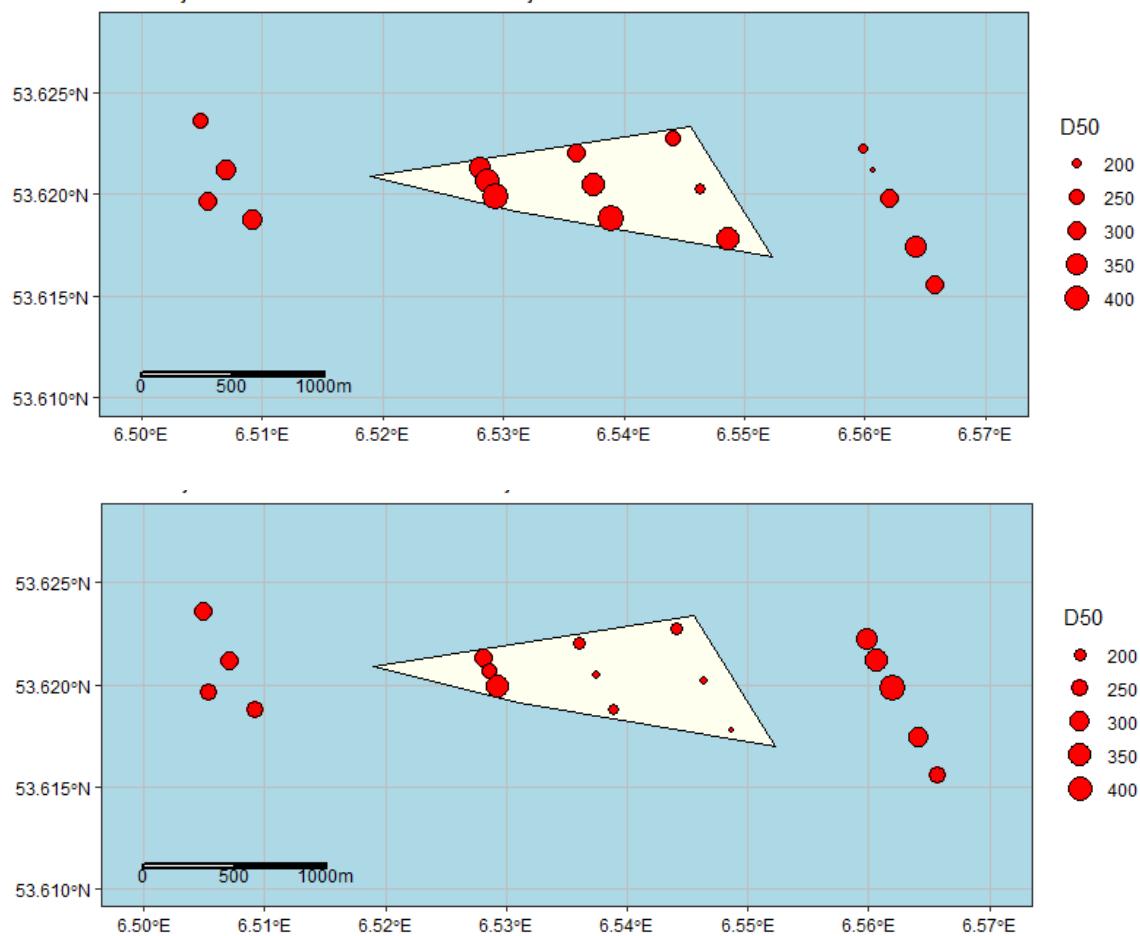


Abbildung 5. Räumliche Verteilung der medianen Korngröße (D50 [μm]) im Untersuchungsgebiet vor (oben) und nach (unten) der Verklappung. Der Umriss entspricht dem Verklappungsgebiet.

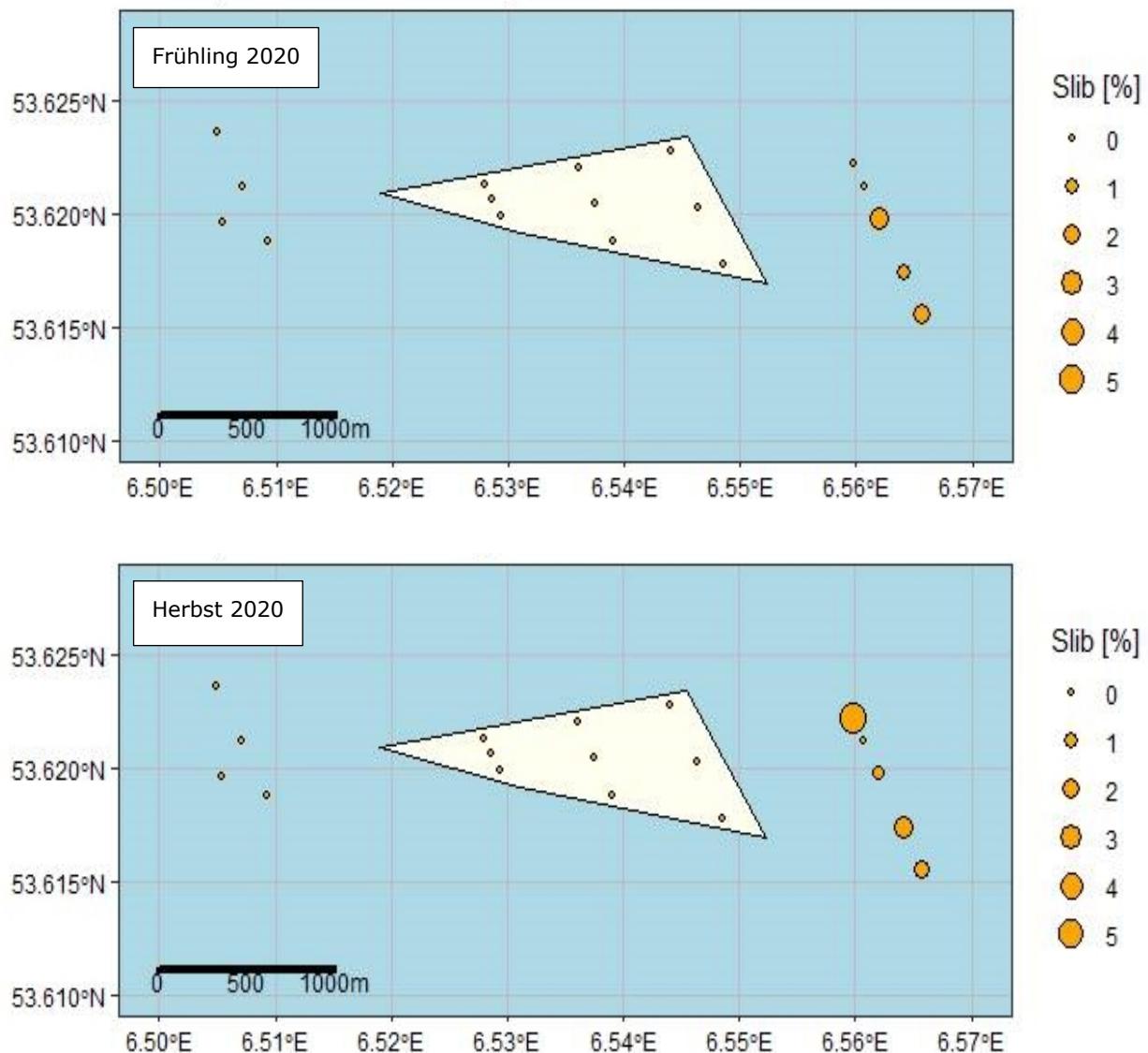


Abbildung 6. Räumliche Verteilung des Schlickgehaltes (%) im Untersuchungsgebiet vor und nach der Verklappung.

Tabelle 2. Signifikanzen (p-Wert) der paarweisen Vergleiche (Wilcoxon-Rangsummentest) der medianen Korngröße (D50) im Verklappungs- und Referenzgebiet im Frühling und Herbst (signifikante Werte sind fettgedruckt).

D50		Verklappung		Referenz	
		Frühling	Herbst	Frühling	Herbst
Verklappung	Frühling	-			
	Herbst	0.011	-		
Referenz	Frühling	0.063	0.094	-	
	Herbst	0.267	0.017	0.666	-

3.2 Gemeinschaften im Endobenthos

3.2.1 Univariate Analysen

3.2.1.1 Artenvielfalt und Gesamtdichte

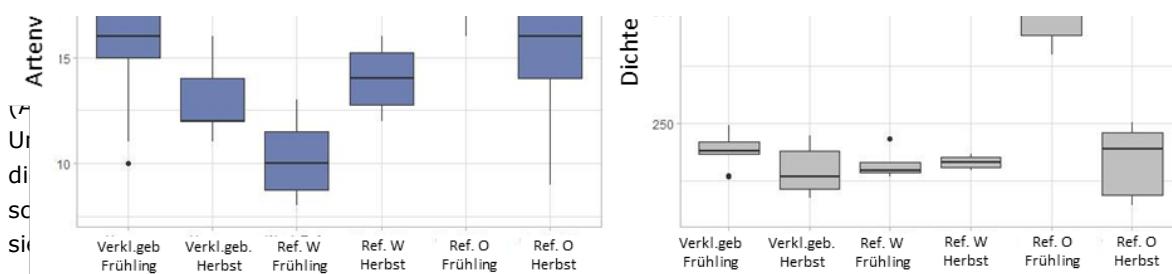


Abbildung 8). Es gibt auch einen signifikanten Unterschied zwischen diesen sechs Beobachtungen (Kruskal-Wallis: $p = 0.006$). Ein Post-Hoc-Test zeigt jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Beobachtungspaaren (Tabelle 4). Möglicherweise ist die Anzahl der Beobachtungen pro Beobachtung zu gering.

Das gleiche gilt in etwa für die Gesamtdichte. Es gibt einen gerade noch signifikanten Unterschied (Kruskal-Wallis: $p = 0.0489$) zwischen den vier Wahrnehmungen (Abbildung 7), aber der Post-Hoc-Test zeigt keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 3). Auch hier sehen wir im Frühling im Referenzgebiet eine große Streuung, die durch die großen Unterschiede zwischen dem westlichen und dem östlichen Teil des Referenzgebietes bedingt ist. Auch statistisch ist hier die Dichte im östlichen Teil des Referenzgebietes im Frühling höher als in allen anderen Fällen (Abbildung 8, Tabelle 4), sowohl im Vergleich mit dem westlichen Teil des Referenzgebietes als auch mit dem Verklappungsgebiet.

Tabelle 3. Signifikanzen (p-Wert) der paarweisen Vergleiche (Wilcoxon-Rangsummentest) der Gesamtdichte im Verklappungs- und Referenzgebiet im Frühling und Herbst.

Gesamtdichte		Verklappung		Referenz	
		Frühling	Herbst	Frühling	Herbst
Verklappung	Frühling	-			
	Herbst	0.227	-		
Referenz	Frühling	0.242	0.064	-	
	Herbst	0.436	0.436	0.227	-

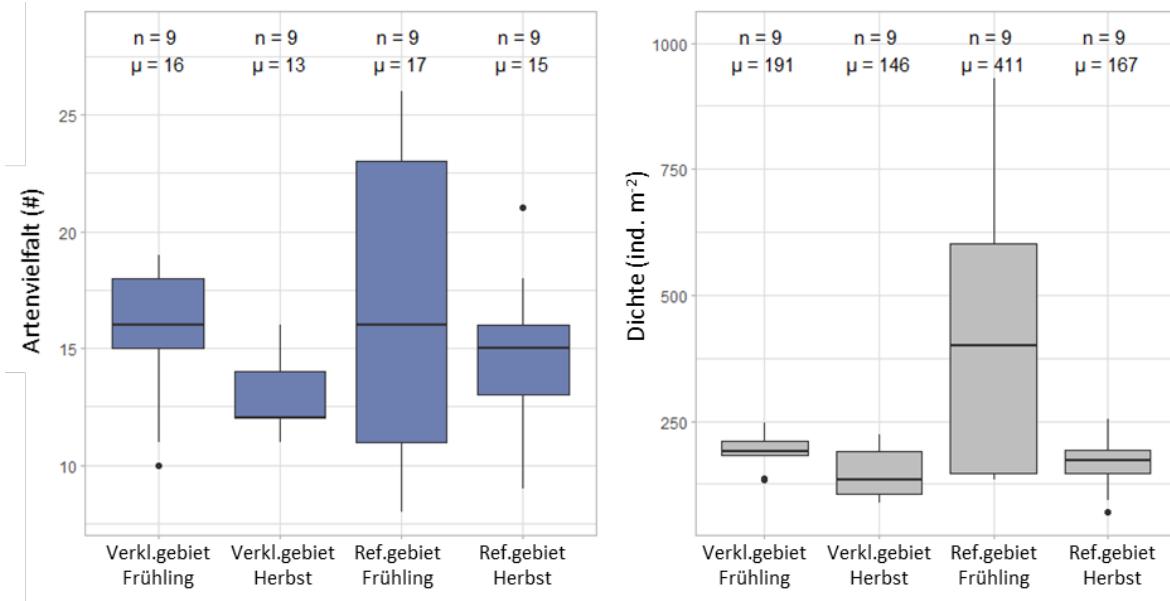


Abbildung 7. Verteilung der Artenvielfalt (# Taxa) und Dichten (ind. \cdot m $^{-2}$), die im Verklappungsgebiet und im Referenzgebiet im Frühling 2020 (vor der Verklappung) und im Herbst 2020 (nach der Verklappung) gefunden wurden.

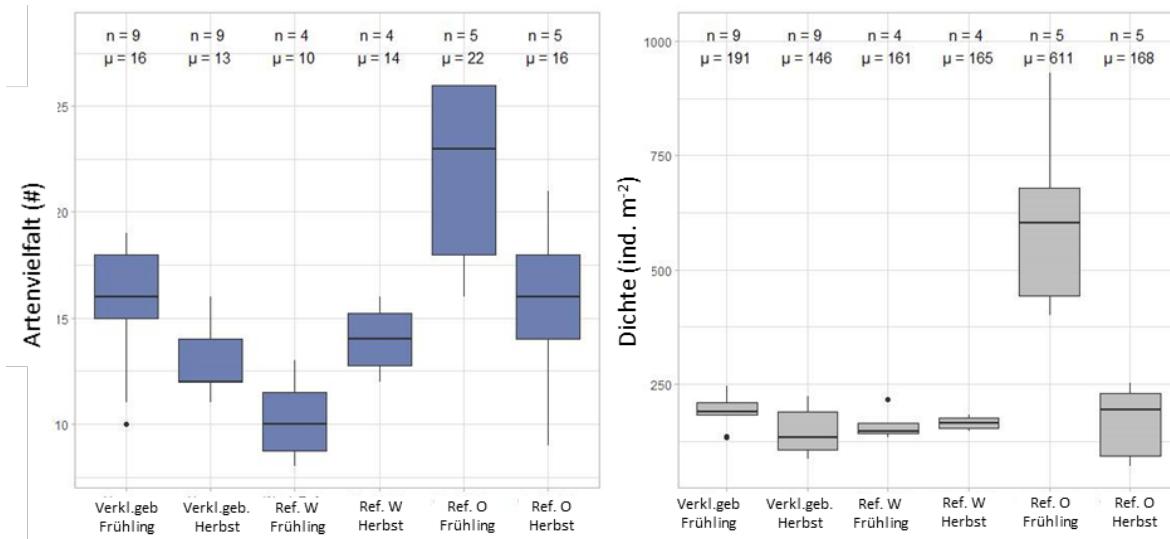
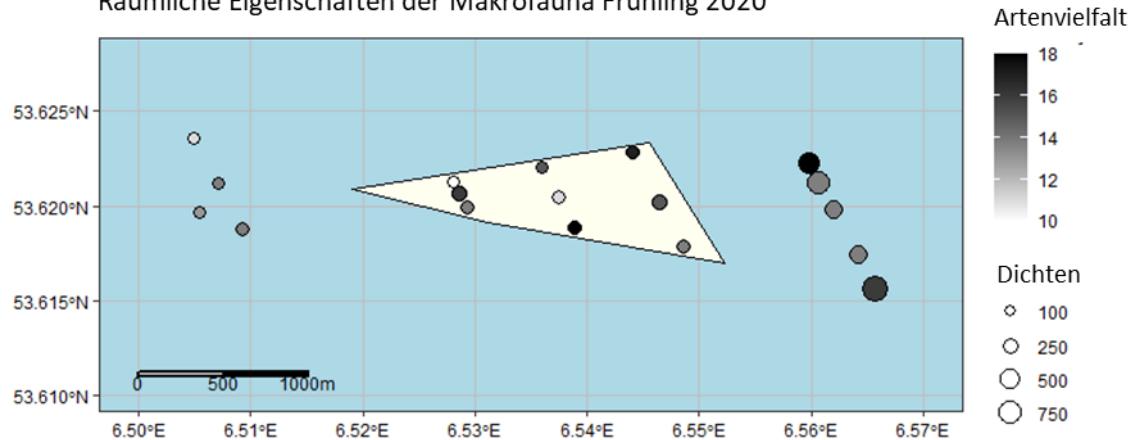


Abbildung 8. Verteilung der Artenvielfalt (# Taxa) und Dichten (ind. \cdot m $^{-2}$), die im Verklappungsgebiet und im östlichen und westlichen Referenzgebiet im Frühling 2020 (vor der Verklappung von Baggergut) und im Herbst 2020 (nach der Verklappung) gefunden wurden.

Räumliche Eigenschaften der Makrofauna Frühling 2020



Räumliche Eigenschaften der Makrofauna Herbst 2020

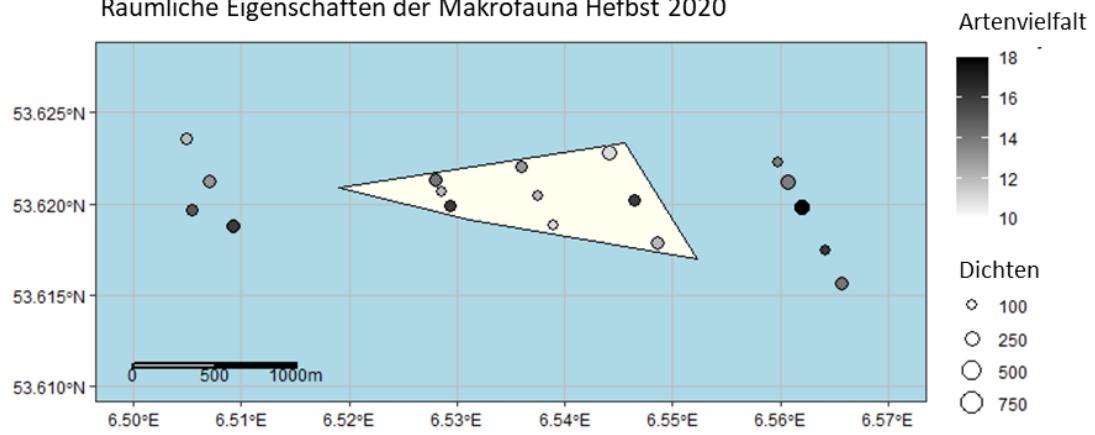


Abbildung 9. Räumliche Verteilung der Gesamtdichte ($\text{ind.}\cdot\text{m}^{-2}$) und der Artenvielfalt (# Taxa) im Untersuchungsgebiet vor und nach der Verklappung. Der Umriss entspricht dem Verklappungsgebiet.

Tabelle 4. Signifikanzen (p-Wert) der paarweisen Vergleiche (Wilcoxon-Rangsummentest) der Artenzahl und der Gesamtdichte im Verklappungs- und in den beiden Teilen des Referenzgebietes (West und Ost) im Frühling und Herbst (signifikante Werte sind fettgedruckt).

Anzahl Arten		Verklappung		Referenz Westen		Referenz Osten	
		Frühling	Herbst	Frühling	Herbst	Frühling	Herbst
Verklappung	Frühling	-					
	Herbst	0.160	-				
Referenz Osten	Frühling	0.110	0.150	-			
	Herbst	0.400	0.440	0.150	-		
Referenz Westen	Frühling	0.130	0.070	0.110	0.110	-	
	Herbst	1.000	0.270	0.150	0.490	0.150	-
Gesamtdichte		Verklappung		Referenz Westen		Referenz Osten	
		Frühling	Herbst	Frühling	Herbst	Frühling	Herbst
Verklappung	Frühling	-					
	Herbst	0.284	-				
Referenz Westen	Frühling	0.621	0.621	-			
	Herbst	0.318	0.621	0.766	-		
Referenz Osten	Frühling	0.008	0.008	0.048	0.048	-	
	Herbst	1.000	0.843	0.969	0.843	0.040	-

3.2.1.2 Dominante Arten

Die Dichten aller gefundenen Arten sind relativ gering (Tabelle 5). Sie gehören alle zur Gruppe der Vielborster (Polychaeta) oder der Gliederfüßer (Arthropoda), bis auf einige kleine Miesmuscheln (Mytilidae). Die zahlreichste Art war ein kleiner Vielborster der Gattung *Microptthalmus* (etwa 100 ind/m²) im Frühling im Referenzgebiet.

Auffällig ist, dass bei den meisten Arten die Dichten im Frühling oftmals höher sind als im Herbst, auch im Referenzgebiet.

Tabelle 5. Durchschnittliche Dichten und Standardabweichung ($\mu + \text{sd}$) [ind. m⁻²] und Vorkommen (%), prozentualer Anteil der Gebiete, in denen die Art gefunden wurde), im Verklappungs- und im Referenzgebiet im Frühling und im Herbst. Die 5 zahlreichsten Arten sind grau markiert.

Artenzusammensetzung

	Verklappung Frühling n= 9		Verklappung Herbst n= 9		Referenz Frühling n= 9		Referenz Herbst n= 9	
	$\mu + \text{sd}$	%	$\mu + \text{sd}$	%	$\mu + \text{sd}$	%	$\mu + \text{sd}$	%
<i>Bathyporeia pelagica</i>	44.4 ±33	100	27.8 ±41	78	81.5 ±96	100	21.1±24	67
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	20.7 ±16	89	1.1 ±2	33	4.1 ±5	56	7 ±5	89
Decapoda	18.1 ±14	100	8.1 ±7	89	31.1 ±48	78	4.8 ±6	67
<i>Ophelia borealis</i>	15.6 ±23	100	7.8 ±1	33	33.3 ±3	67	15.2 ±0	44
<i>Pontocrates arenarius</i>	15.6 ±13	56	0.4 ±16	11	1.1 ±48	11	0 ±35	0
<i>Nephtys cirrosa</i>	14.4 ±8	100	19.6 ± 13	100	18.5 ±13	89	22.2 ±13	89
<i>Scoloplos armiger</i>	8.5 ±7	78	5.9 ±7	78	9.6 ±12	56	5.6 ±10	33
<i>Pontocrates altamarinus</i>	8.1 ±7	100	10 ±8	89	4.1 ±3	78	11.9 ±8	100
<i>Nephtys</i>	7.4 ±8	67	16.3 ±12	89	7.4 ±5	89	11.9 ±9	89
<i>Bathyporeia elegans</i>	7 ±15	44	4.4 ±5	67	14.8 ±15	89	4.1 ±5	44
<i>Microptthalmus</i>	5.6 ±9	44	2.2 ±7	11	99.6 ±169	56	14.8 ±27	44
Mytilidae	4.4 ±4	78	0.7 ±2	11	14.1 ±37	33	1.1 ±2	22
<i>Spio martinensis</i>	3.7 ±4	44	1.5 ±2	44	7.8 ±8	56	6.3 ±4	56
<i>Spio goniocephalus</i>	3.7 ±7	56	0.7 ±2	11	4.1 ±12	44	2.6 ±12	44
<i>Magelona johnstoni</i>	3.3 ±6	44	28.9 ±39	89	36.7 ±69	78	12.6 ±18	78
Alle Arten	191 ±39		146 ±50		411 ±282		167 ±59	

3.2.2 Multivariate Analyse

Es wurde eine nMDS-Ordination an den gefundenen Dichten in allen Einzelproben durchgeführt, um die Unterschiede innerhalb der Gemeinschaft zwischen dem Referenz- und dem Verklappungsgebiet vor und nach der Verklappung des Baggerguts abzubilden. Hierfür wurden 42 der 74 Arten verwendet (es wurden nur die Arten ausgewählt, die an mindestens drei Stellen mindestens 1% der Gesamtdichte der Probe ausmachten). Sowohl im Referenzgebiet als auch im Verklappungsgebiet lässt sich eine Verschiebung in der benthischen Gemeinschaft zwischen der Probenahme im Frühling (vor der Verklappung) und der Probenahme im Herbst (nach der Verklappung) beobachten, siehe Abbildung 11. Dies unterstützt die Hypothese, dass die beobachteten Artenunterschiede im Verklappungsgebiet im Jahr 2020 zu einem großen Teil auf saisonale Schwankungen zurückzuführen sind.

Darüber hinaus gibt es zu beiden Zeitpunkten der Probenahme sehr wohl große Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen dem östlichen Referenzgebiet und dem westlichen Referenzgebiet / Verklappungsgebiet, siehe Abbildung 10. Dies deutet darauf hin, dass das östliche Referenzgebiet keine gute Referenz für das Verklappungsgebiet ist.

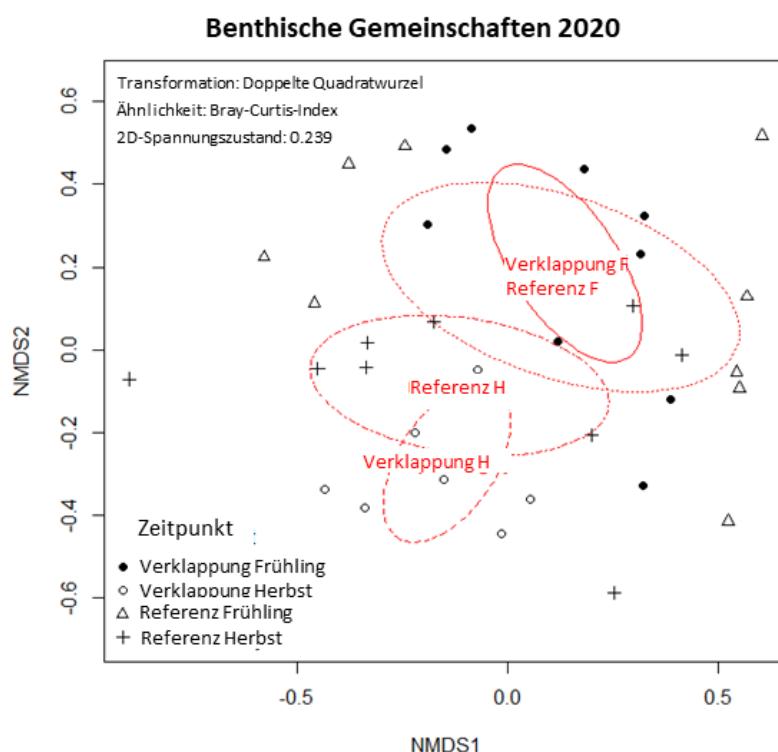


Abbildung 10. nMDS-Diagramm über zwei Dimensionen, wobei zwischen dem Referenzgebiet ($n = 9$ pro Zeitpunkt) und dem Verklappungsgebiet ($n = 9$ pro Zeitpunkt) vor und nach der Verklappung unterschieden wird. Die Ellipsen entsprechen den 95%-Konturen für jeden der Zeitpunkte.

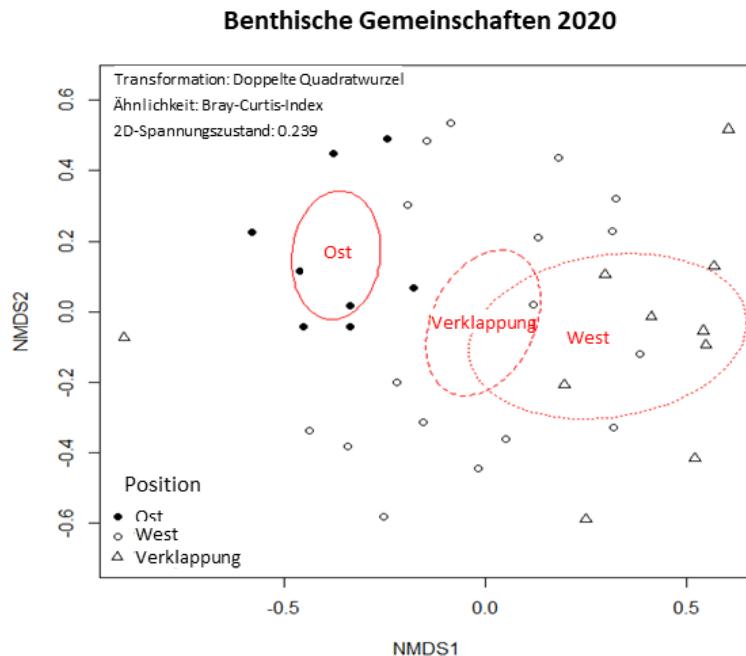


Abbildung 11. nMDS-Diagramm über zwei Dimensionen (genau wie in Abbildung 10), wobei zwischen dem Verklappungsgebiet ($n = 9$ pro Zeitpunkt) und dem Referenzgebiet, aufgeteilt in Ost ($n = 4$ pro Zeitpunkt) und West ($n = 5$ pro Zeitpunkt), unterschieden wird. Die Ellipsen entsprechen den 95%-Konturen für jeden der Zeitpunkte.

3.3 Kieler Kinderwagen

Sowohl im Frühling als auch im Herbst wurden von den meisten Arten nur wenige Individuen in den Proben gefunden (Code R) (Tabelle 6 und Tabelle 7). Lediglich Miesmuscheln und Garnelen kamen sowohl im Frühling als auch im Herbst in hoher Zahl vor, immer auf den Transekten DT-A und DT-E. Garnelen kamen im Herbst auch auf den anderen Transekten häufig vor (Code C). Auch wenn im Herbst mit dem Kieler Kinderwagen keine Miesmuscheln mehr gefunden wurden, waren sie trotzdem noch vorhanden, allerdings mit einer viel geringeren Dichte (Daten Van-Veen-Greifer, Tabelle 5).

Wie bereits erwähnt, können aus dem Fund von Fischen (Pisces) keine Schlüsse gezogen werden, da diese Tiere mobil sind und den Probenentnahmegeräten ausweichen können.

Zu den Arten, die zu beiden Jahreszeiten gefunden wurden, gehören der gemeine Einsiedlerkrebs, die gemeine Schwimmkrabbe, der Seestern, die Nordseegarnele und die Strandkrabbe.

Auffällig ist, dass die Anzahl der Taxa (exklusive Fische) im Herbst in 3 von den 5 Proben kleiner ist als im Frühling, sowohl im Verklappungsgebiet als auch im Referenzgebiet.

Basierend auf diesen Daten, scheint es keine größeren Veränderungen im Verklappungsgebiet zu geben.

Tabelle 6. Artenvorkommen in den Proben des Kieler Kinderwagens im Frühling 2020, kategorisiert nach dem ACFOR-System (siehe 2.2.3.: A = sehr häufig, C = häufig, F = zahlreich, O = gelegentlich, R = selten, leer = nicht gefunden)

Phylum	Art	Deutscher Name	DT-F	DT-C	DT-B	DT-A	DT-E
Annelida	Autolytinae	-				R	
Annelida	Ophelia borealis	-		R			
Annelida	Terebellidae	-				R	R
Arthropoda	Balanomorpha	Seepocken		R			
Arthropoda	Balanus crenatus	Kerbseepocke		O			
Arthropoda	Brachyura	Krabben		R			
Arthropoda	Caprellidae	Widderkrebschen				R	O
Arthropoda	Carcinus maenas	Gemeine Strandkrabbe	R	R	R		O
Arthropoda	Crangon crangon	Nordseegarnelen	R	F		O	F
Arthropoda	Decapoda	Zehnfußkrebse		R		O	F
Arthropoda	Gammarus locusta	Meer-Flohkrebs	R			R	O
Arthropoda	Gastrosaccus spinifer	Nordische Seespinne		R		O	F
Arthropoda	Hyas araneus	Schlanke Meerassel				R	
Arthropoda	Idotea linearis	Nordische Seespinne				O	
Arthropoda	Liocarcinus holsatus	Schlanke Meerassel	R	R			R
Arthropoda	Mysidae	Gemeine Schwimmkrabbe	R				
Arthropoda	Nymphon brevirostre	Schwebegarnelen					R
Arthropoda	Pagurus bernhardus	Zierliche Asselspinne			R	R	O
Arthropoda	Schistomysis spiritus	Gemeiner Einsiedlerkrebs	R	R		O	F
Bryozoa	Bryozoa	Moostierchen		+		+	+
Cnidaria	Hydrozoa	Hydrozoen		+		+	+
Echinodermata	Asterias rubens	Gemeiner Seestern	R		R		O
Echinodermata	Asteroidea	Seesterne		R		R	R
Echinodermata	Ophiura ophiura	Gewöhnlicher Schlangenstern				R	
Mollusca	Mytilidae	Miesmuscheln		F		A	A
Mollusca	Nudibranchia	Nacktkiemer				R	R
Pisces	Agonus cataphractus	Steinpicker				R	F
Pisces	Ammodytidae	Sandaale		R			R
Pisces	Limanda limanda	Kliesche					R

Tabelle 7. Artenvorkommen in den Proben des Kieler Kinderwagens im Herbst 2020, kategorisiert nach dem ACFOR-System (A = sehr häufig, C = häufig, F = zahlreich, O = gelegentlich, R = selten, leer = nicht gefunden)

Phylum	Art	Deutscher name	DT-F	DT-C	DT-B	DT-A	DT-E
Arthropoda	Mysidae	Schwebegarnelen	O				
Arthropoda	Portumnus latipes	Plattfußkrabbe	R				
Arthropoda	Philonchus trispinosus	Dreidornige Garnele	O		R	R	
Arthropoda	Crangon	Garnelen	C		C	A	A
Arthropoda	Pagurus bernhardus	Gemeiner Einsiedlerkrebs	R	F		R	O
Arthropoda	Liocarcinus holsatus	Gemeine Schwimmkrabbe			F	O	F
Arthropoda	Diogenes pugilator	Diogenes-Einsiedler	F		F	F	F
Arthropoda	Corophium	Schlickkrebs				R	R
Arthropoda	Carcinus maenas	Gemeine Strandkrabbe	R		R	R	R
Cnidaria	Anthozoa	Blumentiere		R		R	
Cnidaria	Pleurobrachia pileus	Seestachelbeere		R		O	
Cnidaria	Rhizostoma pulmo	Lungenqualle				R	
Echinodermata	Asterias rubens	Gemeiner Seestern	R	R		R	R
Mollusca	Sepiidae	Zwergsepio		R	R	R	
Pisces	Gobiidae	Grundeln	R	O		F	R
Pisces	Syngnathus rostellatus	Kleine Seenadel	F	O	F	F	
Pisces	Limanda limanda	Kliesche				R	
Pisces	Osmerus eperlanus	Stint		R			
Pisces	Ammodytidae	Sandaale	O	F		R	

3.4 Anzahl benötigter Proben

Für die meisten Arten werden 25 - 30 Proben benötigt, um Dichteunterschiede von 20% (des Bereiches) zwischen 2 Beobachtungen nachweisen zu können (Abbildung 12). Dies stimmt also gut mit den früheren Berechnungen auf Grundlage von Daten des Boxcorers überein und entspricht der im Vorfeld getroffenen Empfehlung, 25 - 30 Proben zu entnehmen.

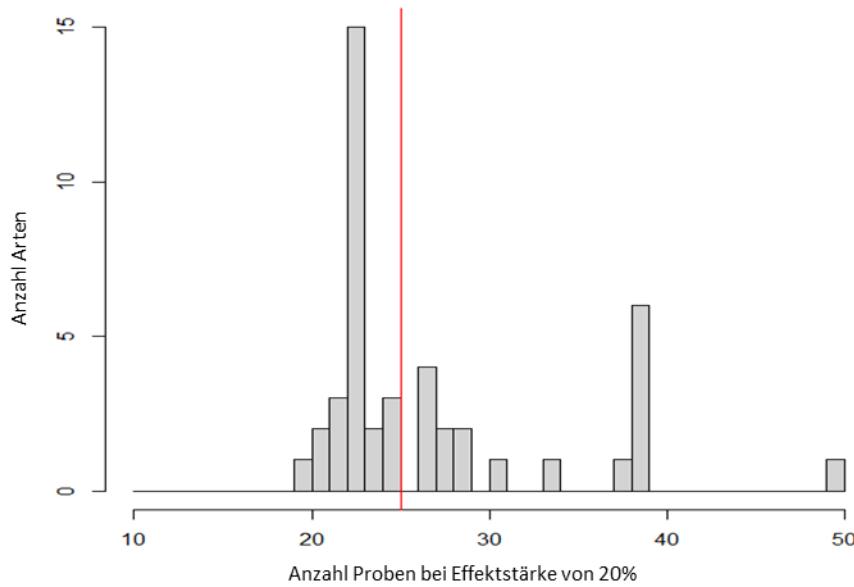


Abbildung 12. Histogramm der Artenanzahl bei verschiedenen Anzahlen der benötigten Proben (Effektgröße 20%) (rote Linie bei 25 Proben)

4 Diskussion

Im Sommer 2020 begann die Ausbringung von Baggergut aus der Fahrrinne nach Eemshaven an die Klappstelle P0. Zuvor wurde im Frühling 2020 eine Entnahme von Proben des Benthos durchgeführt. Die Proben wurden im Verklappungsgebiet und im Referenzgebiet, das aus zwei Teilen besteht (östlich und westlich des Verklappungsgebietes), entnommen. Im Herbst wurde eine erste Probenahme durchgeführt und in den Jahren 2021 und 2022 sind jeweils im Frühling und Herbst weitere Probenahmen geplant (und natürlich teilweise bereits durchgeführt).

Aufgrund von COVID-19 konnte der vorgesehene Monitoringplan, eine Anpassung des durch IBL aufgestellten Planes, nicht ausgeführt werden. Daher wurden die Proben in etwa nach dem ursprünglichen Plan entnommen, mit einem Van-Veen-Greifer und einem Kieler Kinderwagen.

Dieser Bericht beschreibt die Daten und Veränderungen im Jahr 2020.

Das Sediment kann als mittelfeiner bis feiner Sand mit einem sehr geringen Schlickanteil klassifiziert werden. Entgegen unserer Erwartungen (Anhang 1) ist das Sediment im östlichen Teil des Referenzgebiet nicht größer als an den anderen Stellen. Außerdem ist der Schlickanteil dort höher, wenn auch allgemein niedrig. Im Laufe des Sommers, nach Beginn der Verklappung des Baggerguts, ist das Sediment im Verklappungsgebiet feinsandiger geworden.

In allen drei Gebieten ist die Artenvielfalt gering (max. 26 Taxa pro Gebiet). Im Referenzgebiet gibt es jedoch große räumliche Unterschiede und die Artenvielfalt im östlichen Teil ist viel höher als im Verklappungsgebiet und im westlichen Teil des Referenzgebietes. In beiden Gebieten ist die Artenvielfalt im Herbst niedriger, im westlichen Teil des Referenzgebietes jedoch höher als im Frühling. Möglicherweise sind die räumlichen Unterschiede zwischen dem östlichen Teil des Referenzgebietes und dem Rest des Untersuchungsgebietes zum Teil auf die Anwesenheit von Schlick zurückzuführen, auch wenn diese nur einen geringen Anteil ausmacht. Der Schlickgehalt im Herbst ist jedoch nicht niedriger als im Frühling und kann daher die gegenläufigen Trends nicht erklären. Zusammenfassend scheint es im Herbst keine Unterschiede zwischen dem Verklappungsgebiet und dem Referenzgebiet zu geben.

Die Gesamtdichte weist in etwa die gleichen räumlichen und zeitlichen Unterschiede auf. Die Gesamtdichte ist sehr gering (max. 930 ind./m²), wobei die größte Variation im Frühling im Referenzgebiet gefunden wurde. Dies ist auf die höheren Dichten im östlichen Teil des Referenzgebietes zurückzuführen. Nur in diesem Teilgebiet wurden signifikante Unterschiede zwischen Frühling und Herbst beobachtet: eine Abnahme der Gesamtdichte, die der Abnahme der Dichten mehrerer Arten zuzuschreiben ist. Generell gibt es im Herbst keine Unterschiede zwischen dem Verklappungsgebiet und dem Referenzgebiet. Eine Abnahme der Gesamtdichte widerspricht im Übrigen den Erwartungen. Oft sind im Herbst nämlich höhere Dichten als im Frühling zu beobachten (Reiss & Kröncke 2005, Boon et al. 2011).

Bei einer einzigen Art kann der Unterschied möglicherweise sehr wohl auf diese Aktivität zurückgeführt werden. Die Dichte des Vielborstens *Magelona johnstoni* nahm im Verklappungsgebiet zu, während die Dichte im Referenzgebiet abnahm. Diese Art bevorzugt feinere Sedimente (Degraer et al. 2006). Es ist bekannt, dass die Population in Gebieten nach starken Sedimentschwankungen erheblich zunehmen kann (Gittenberger & van Loon 2013). Diese Art ist im BISI auch als Indikatorart für mehrere Lebensräume und Gebiete aufgenommen, als Indikator für eine Erholung (Wijnhoven et al. 2013, Wijnhoven & Bos 2017). Bis 1977 wurden alle europäischen Exemplare der Gattung *Magelona* als *M. papillicornis* identifiziert. Diese Art galt sogar als eine der am häufigsten vorkommenden Arten der südlichen Nordsee (Fiege et al. 2000). Danach wurde häufig der Name *M. mirabilis* verwendet. Später stellte sich heraus, dass es sich tatsächlich um 2 Arten handelte: *M. mirabilis* und *M. johnstoni*. Aus diesem Grund sind im BISI auch alle drei Namen zusammen enthalten (*M. papillicornis* = *M. johnstoni* + *M. mirabilis*). *Magelona mirabilis* ist die Art, von der bei früheren Untersuchungen (BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde 2001) (Klappstelle 2) im Verklappungsgebiet (K-Stationen) im Vergleich mit der Umgebung (R-Stationen) große Mengen in der Zeit nach der vorübergehenden Verklappung von

Baggergut gefunden wurden. Die Autoren führen den räumlichen Unterschied auf lokale natürliche Unterschiede zurück.

Im Vorfeld wurde die Anzahl der benötigten Proben abgeschätzt. Zum Nachweisen der Signifikanz von Unterschieden von 20% (von der Differenz zwischen maximaler und minimaler Dichte) zwischen 2 Messungen der Dichte einzelner Arten. Dies entspricht dem, was zuvor abgeschätzt wurde (siehe Anhang 1). Kurz gesagt, nur größere Unterschiede können nachgewiesen werden. Andererseits ist bekannt, dass die Wahrscheinlichkeit Unterschiede statistisch nachzuweisen bei Analysen von Gemeinschaftsindizes (wie Artenvielfalt und Gesamtdichte) größer ist und dies gilt umso mehr für multivariate Analysen. Außerdem kann die Wahrscheinlichkeit durch Verwendung von Kovariablen (z.B. Sedimenteigenschaften) noch weiter erhöht werden. Wir werden uns im kommenden Jahr eingehender damit auseinandersetzen.

Sicher ist jedenfalls, dass die multivariate Analyse deutlich saisonale Schwankungen in der Artenzusammensetzung sehen lässt. Die Unterschiede im Verklappungsgebiet scheinen etwas größer zu sein als im Referenzgebiet. Die Analysen zeigen auch deutlich, dass es Unterschiede in der Artenzusammensetzung zwischen dem östlichen und dem westlichen Teil des Referenzgebietes gibt. Letzteres gleicht viel mehr dem Verklappungsgebiet. Dies steht im Einklang mit den zuvor durchgeführten Analysen (siehe Anhang 1).

Schlussfolgerungen:

- Generell wurde gezeigt, dass sich die Fauna im Verklappungsgebiet nicht von der im Referenzgebiet unterscheidet. Allerdings unterschied sich das Benthos im östlichen und im westlichen Teil des Referenzgebietes zu Beginn der Studie im Frühling 2020. Zu diesem Zeitpunkt unterschied sich der östliche Teil des Referenzgebietes auch vom Verklappungsgebiet.
- Auch wenn nicht signifikant, so scheint die Dichte vieler Arten sowie die Gesamtdichte im Herbst niedriger zu sein als im Frühling. Im Verklappungsgebiet fällt eine deutliche Zunahme des Vielborsters *Magelona johnstoni* auf, eine Art, deren Dichte im Referenzgebiet abgenommen hat. Dies kann mit der Verklappung des Baggerguts zusammenhängen, kann aber auch bereits ein Anzeichen für Erholung sein oder auf natürliche lokale und/oder zeitliche Unterschiede zurückzuführen sein. Das würde mit den Ergebnissen einer früheren deutschen Studie übereinstimmen.
- Angesichts der nur geringfügigen Änderungen gibt es bis jetzt keinen Grund, Auswirkungen auf das Naturschutzgebiet „Borkum Riff“ zu erwarten.

5 Literatur

- Crisp D, Southward A (1958) The distribution of intertidal organisms along the coasts of the English Channel. *J Mar Biol Assoc U K* 37:157–203
- Degraer S, Wittoeck J, Appeltans W, Cooreman K, Deprez T, Hillewaert H, Hostens K, Mees J, Vanden Berghe E, Vincx M (2006) The macrobenthos atlas of the Belgian part of the North Sea. Belgian Science Policy. D/2005/1191/6.
- Gittenberger A, van Loon W (2013) Sensitivities of marine macrozoobenthos to environmental pressures in the Netherlands. *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 41:79–112
- Grasmeijer B, Pasmans I (2013) Hydromorfologie Eems-Dollard estuarium. Achtergrondstudie t.b.v. OTB MER Vaarweg Eemshaven. ARCADIS, 3 december 2013 077141772:D. 168 pp.
- IBL (2020) Monitoringkonzept für die Klappstelle P0 im „NSG Borkum Riff“. IBL Umweltplanung GmbH, Oldenburg. 11 p.

6 Qualitätssicherung

Wageningen Marine Research verfügt über ein nach ISO 9001:2015 zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem. Dieses Zertifikat ist bis zum 15. Dezember 2021 gültig. Das Unternehmen ist seit dem 27. Februar 2001 zertifiziert. Die Zertifizierung erfolgte durch DNV GL.

Verantwortlichkeit

Bericht Bericht C073/21
Projektnummer: 4313100129

Dieser Bericht wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Die wissenschaftliche Qualität wurde intern durch einen Forschungskollegen und durch das verantwortliche Mitglied der Managementabteilung von Wageningen Marine Research überprüft.

Zustimmung: J. Wijsman
Untersucher

Unterschrift:


Datum: 9. November 2021

Zustimmung: J. Asjes
Integrationsmanager

Unterschrift:

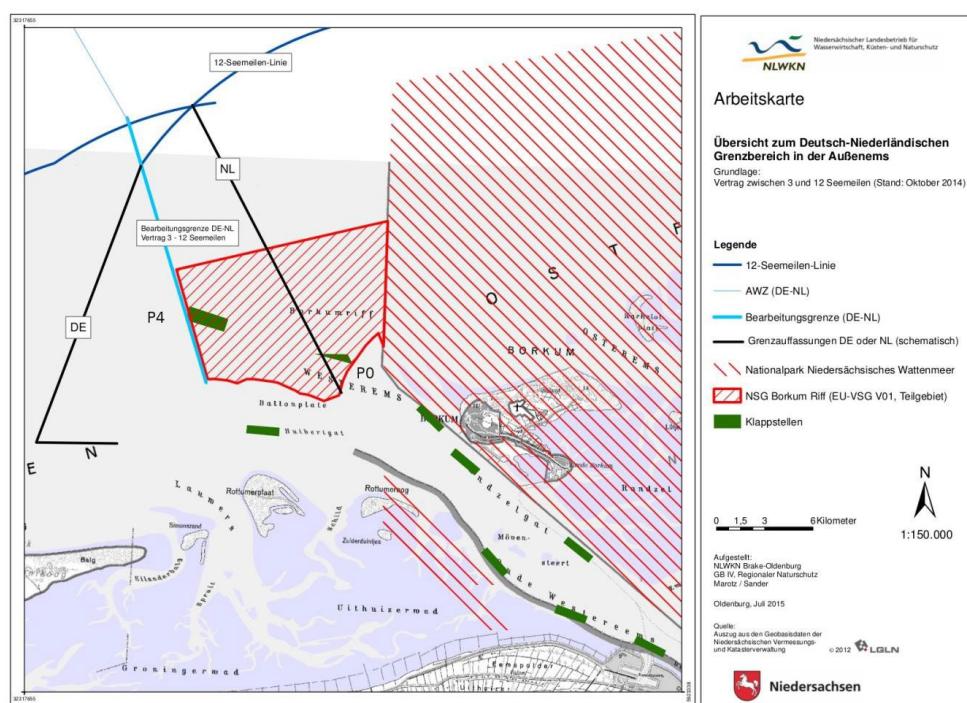

Datum: 9. November 2021

Anhang 1 Bewertung des geplanten biologischen Probenentnahmeprogramms P0 Ems

J.A. Craeymeersch, M. Baptist
April 2020

Fragestellung

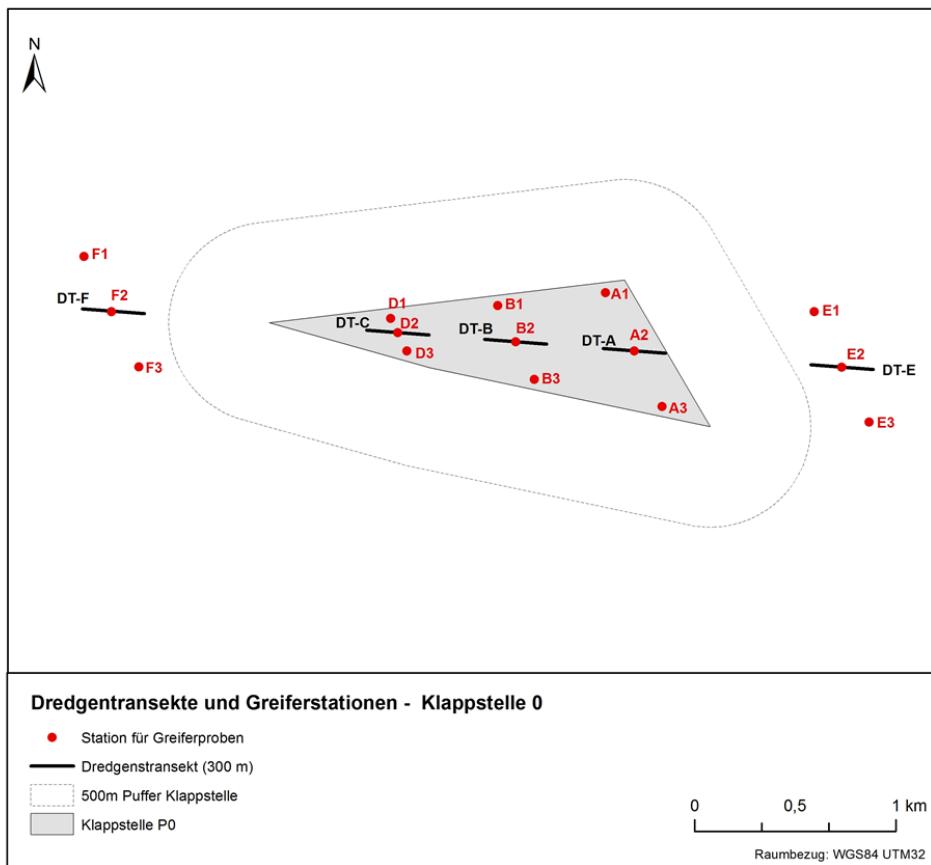
Rijkswaterstaat hat auf der Ems die Aufgabe, die Zugänglichkeit der Fahrinne nach Eemshaven für Schiffe mit einem Tiefgang von 14 m zu erhalten. Rijkswaterstaat verfügt über eine deutsche Genehmigung zur Nutzung der Klappstelle P0 auf der Ems (Anhang - Abbildung 1). Diese liegt nordwestlich von Borkum. Die Auflagen dieser Genehmigung sind, dass 1. ein Monitoring der Auswirkungen auf das Benthos erfolgen muss und 2. die ökologischen Auswirkungen auf das gesamte Naturschutzgebiet „Borkum Riff“ bestimmt werden müssen. Im Auftrag von Rijkswaterstaat Noord-Nederland wurde durch die IBL Umweltplanung GmbH ein Monitoringkonzept erstellt (IBL 2020). Nach diesem Plan wird das Zoobenthos mit zwei verschiedenen Geräten beprobt: einem Van-Veen-Greifer und einem Kieler Kinderwagen. Anhang - Abbildung 2 zeigt die geplante Lage und die Anzahl der Stellen zur Probenentnahme für jedes der Geräte.



Anhang - Abbildung 1. Lage des Verklappungsgebietes für Baggergut P0 (Quelle: IBL 2020)

WMR wurde beauftragt, zu beurteilen, ob das durch IBL aufgestellte Monitoringprogramm aus wissenschaftlichen Gründen angepasst werden muss. Es geht um folgende Fragen:

- Werden mehr oder bessere Referenzgebiete benötigt, um die Ergebnisse des Monitorings wissenschaftlich fundiert interpretieren zu können?
- Sind die Abstände zur Klappstelle groß genug, um nicht durch die Verklappung mit Sand beeinflusst zu werden?
- Gibt es genug Probenstellen, um wissenschaftlich fundierte Aussagen über mögliche signifikante Unterschiede treffen zu können?



Anhang - Abbildung 2. Monitoringkonzept IBL. Lage der Probestellen für Van-Veen Greifer (rot) und Kieler Kinderwagen (schwarz) im Verklappungsgebiet für Baggergut P0, und in den Referenzgebieten östlich und westlich von P0 (Quelle: IBL 2020)

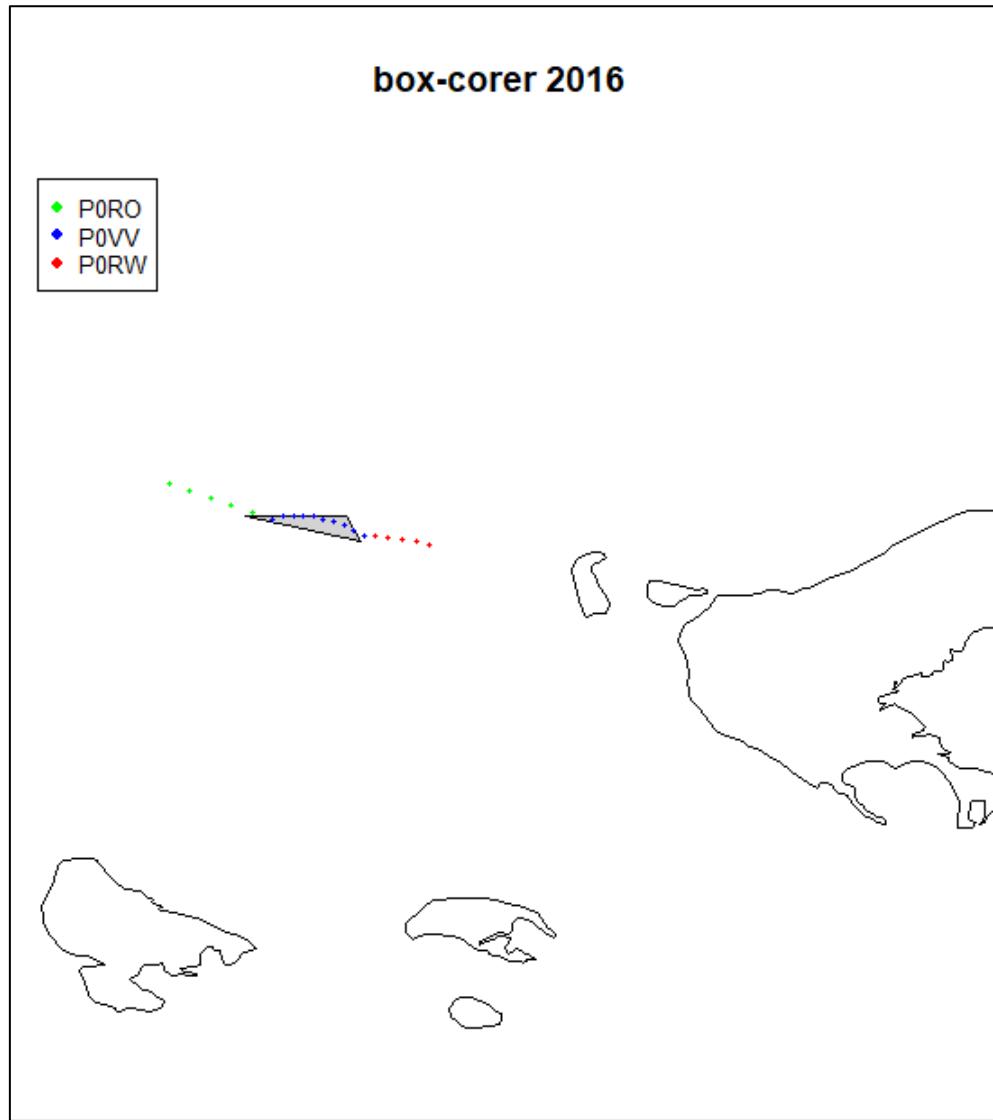
Anzahl benötigter Proben

Eine der Fragen ist, ob bei dem vorgeschlagenen Design für die Probenahme (IBL 2020) genügend Proben genommen werden und, wenn nicht, wie viele Proben genommen werden müssten. Ziel ist es, die Anzahl der Probestellen so zu wählen, dass die Wahrscheinlichkeit groß genug ist, einen Effekt zu entdecken, wenn es tatsächlich einen gibt. Allgemein gilt: je mehr Proben, desto besser die Trennschärfe des Tests (Bos et al. 2009). Die Annahme ist, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Unterschied zwischen zwei Gruppen von (normalverteilten) Beobachtungen (z.B. zwischen dem Zeitpunkt vor der Verklappung und der ersten Messung danach) auf Basis eines t-Testes als statistisch signifikant nachgewiesen werden können muss. Die Nullhypothese ist, dass es keinen Unterschied gibt. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Nullhypothese zu Unrecht zurückgewiesen wird, ist auf 5% festgelegt. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Nullhypothese nicht wahr ist, aber bei diesem Test trotzdem nicht zurückgewiesen wird, ist auf 20% festgelegt. Das bedeutet, dass die Trennschärfe (Power) 80% beträgt. Die Power hängt außerdem von der Variation der betroffenen Variable zwischen den Proben ab sowie von der Größe der Differenz, die man erkennen möchte. Die Anzahl der zu entnehmenden Proben (n) kann wie folgt berechnet werden:

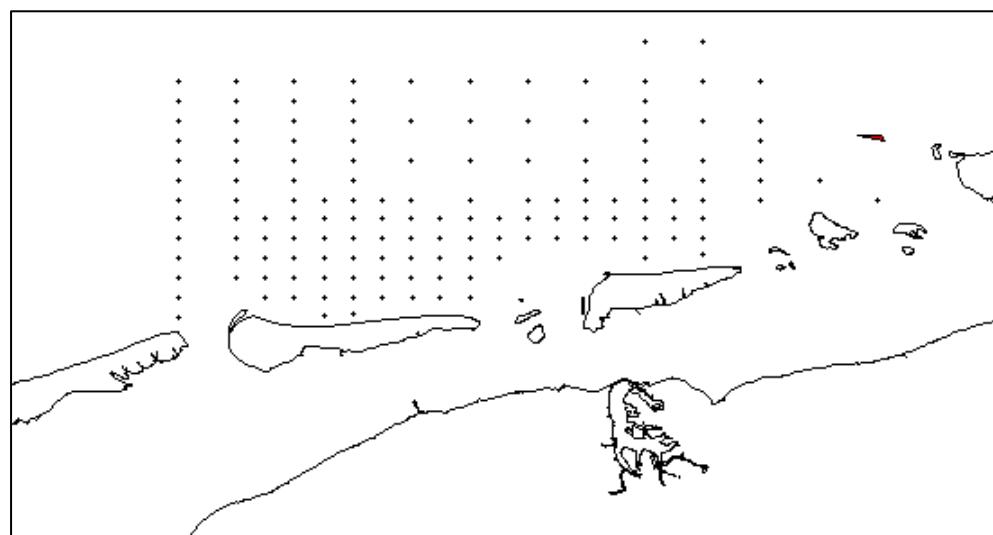
$$n = 8 * \left(\frac{\sigma}{\delta}\right)^2$$

wobei σ die Standardabweichung und δ die Effektstärke sind, für die eine Trennschärfe von 80% erreicht werden muss. Die Effektstärke wird als Prozentsatz eines beobachteten Bereichs ausgedrückt, der Differenz zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert. Die Berechnungen wurden für mehrere Effektstärken ausgeführt: 5%, 10%, 15% und 20% des beobachteten Bereichs.

Als Beobachtungen wurden die Gesamtdichte der einzelnen Arten des Zoobenthos genommen, wie sie 2016 im Verklappungsgebiet (P0VV in) und im Frühling 2019 während des *WOT-Schelpdiersurvey* (Muscheltieruntersuchung) in der Küstenzone östlich von 5,5 Grad Ost (Abbildung 13) (Perdon et al. 2019) beobachtet wurden. Dabei handelt es sich um Daten, die bei der Probenahme mit einem Boxcorer bzw. einem Bodenhobel gewonnen wurden. Eine Übersicht der gefundenen Arten und der minimalen und maximalen Dichten ist in Anhang - Tabelle 1 und Anhang - Tabelle 2 dargestellt. Die Daten dienen als Annäherung für die Anzahl der mit dem Van-Veen-Greifer bzw. mit dem Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“ zu entnehmenden Proben.



Anhang - Abbildung 3. Lage der 2016 mit dem Boxcorer beprobten Stellen im Verklappungsgebiet für das Baggergut (P0VV), sowie östlich (P0RO) und westlich (P0RW) des Verklappungsgebietes.



Anhang - Abbildung 4. Lage der 2019 im Rahmen der Muscheltieruntersuchung in der Küstenzone mit dem Bodenhobel beprobten Entnahmestellen, die in den Analysen für die Power verwendet wurden.

Abbildung 13. Lage der 2019 im Rahmen der Muscheltieruntersuchung in der Küstenzone mit dem Bodenhobel beprobten Entnahmestellen, die in den Analysen für die Power verwendet wurden.

Anhang - Tabelle 1. Minimale und maximale Dichten, die 2016 im Verklappungsgebiet P0 gefunden wurden (Boxcorer).

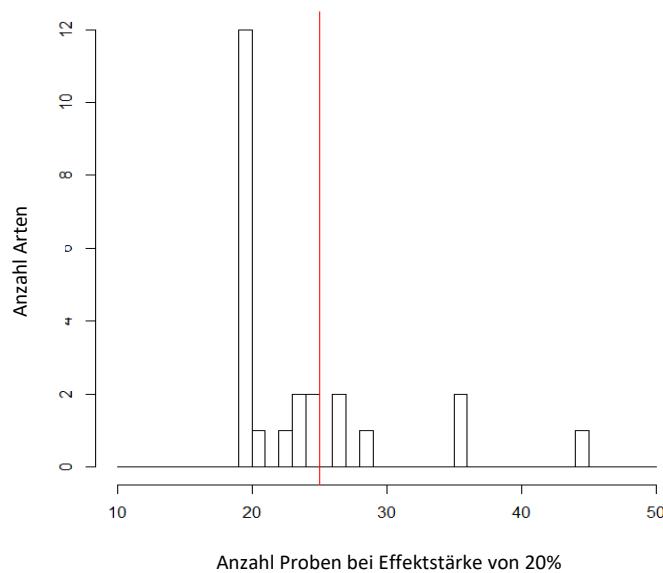
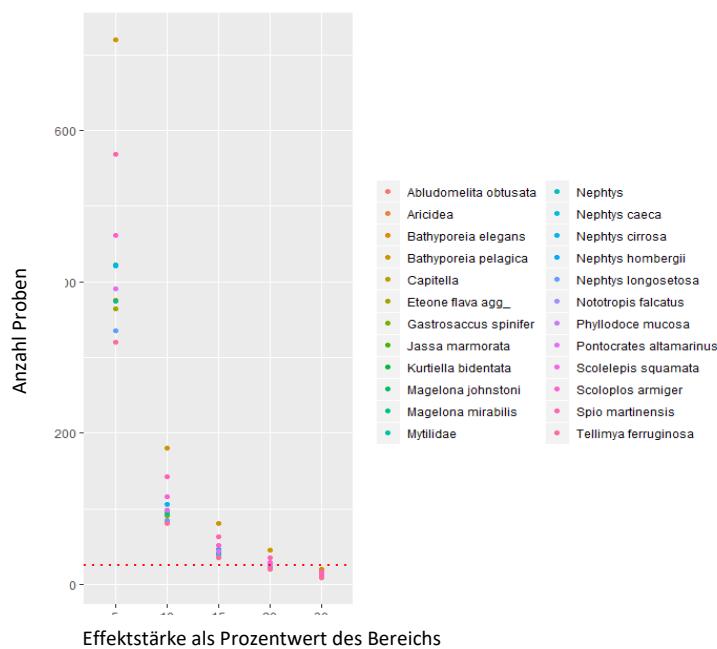
soort	min	max
<i>Magelona johnstoni</i>	12.821	410.256
<i>Scoloplos armiger</i>	0.000	141.026
<i>Nephtys cirrosa</i>	25.641	115.385
<i>Magelona mirabilis</i>	0.000	89.744
<i>Bathyporeia elegans</i>	0.000	51.282
<i>Eteone flava agg_</i>	0.000	51.282
<i>Nephtys longosetosa</i>	0.000	38.462
<i>Bathyporeia pelagica</i>	0.000	25.641
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	0.000	25.641
<i>Pontocrates altamarinus</i>	0.000	25.641
<i>Abludomelita obtusata</i>	0.000	12.821
<i>Aricidea</i>	0.000	12.821
<i>Capitella</i>	0.000	12.821
<i>Jassa marmorata</i>	0.000	12.821
<i>Kurtiella bidentata</i>	0.000	12.821
<i>Mytilidae</i>	0.000	12.821
<i>Nephtys</i>	0.000	12.821
<i>Nephtys caeca</i>	0.000	12.821
<i>Nephtys hombergii</i>	0.000	12.821
<i>Nototropis falcatus</i>	0.000	12.821
<i>Phyllodoce mucosa</i>	0.000	12.821
<i>Scolelepis squamata</i>	0.000	12.821
<i>Spio martinensis</i>	0.000	12.821
<i>Tellimya ferruginosa</i>	0.000	12.821

Anhang - Tabelle 2. Minimale und maximale Dichten, die 2019 im Rahmen der WOT-Muscheltieruntersuchung im Küstengebiet östlich von 5,5 Grad Ost gefunden wurden (Bodenhobel).

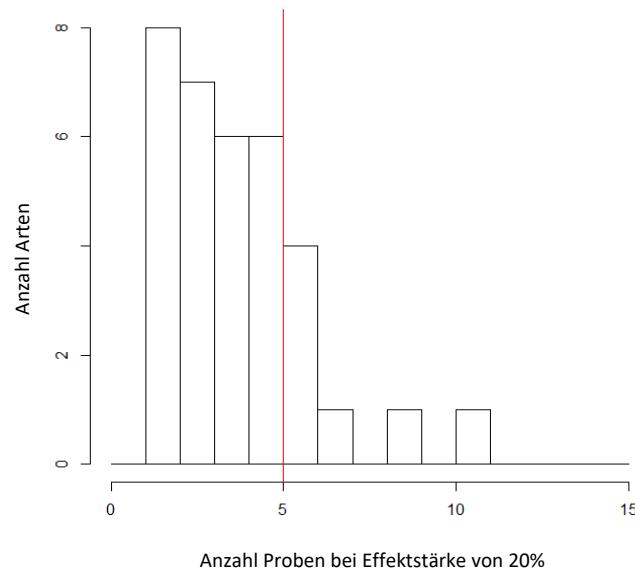
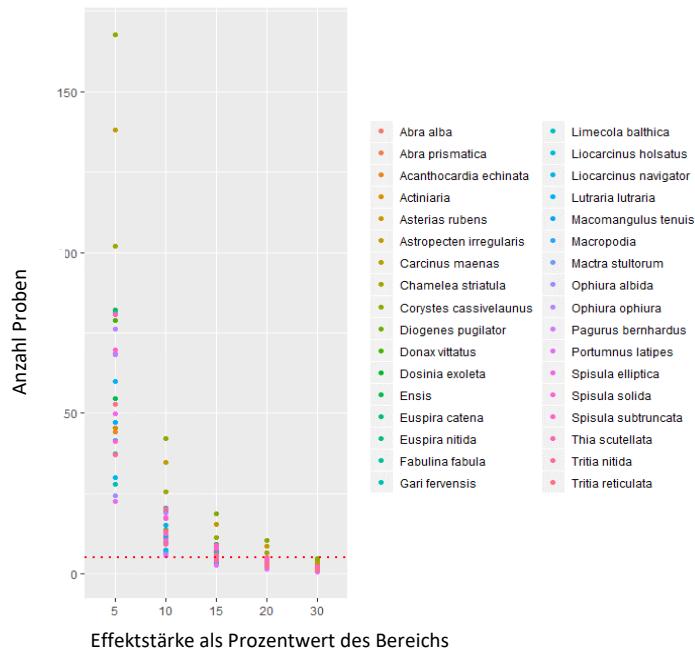
Art	min	max
<i>Spisula subtruncata</i>	0	4104.841
<i>Ensis</i>	0	803.066
<i>Limecola balthica</i>	0	81.054
<i>Actiniaria</i>	0	16.572
<i>Ophiura ophiura</i>	0	14.748
<i>Fabulina fabula</i>	0	13.093
<i>Donax vittatus</i>	0	9.397
<i>Lutraria lutaria</i>	0	7.208
<i>Abra alba</i>	0	6.914
<i>Tritia reticulata</i>	0	5.645
<i>Macomangulus tenuis</i>	0	5.363
<i>Chamelea striatula</i>	0	4.974
<i>Asterias rubens</i>	0	4.096
<i>Tritia nitida</i>	0	4.009
<i>Diogenes pugilator</i>	0	3.901
<i>Liocarcinus holsatus</i>	0	2.587
<i>Carcinus maenas</i>	0	1.773
<i>Pagurus bernhardus</i>	0	1.474
<i>Thia scutellata</i>	0	1.465
<i>Astropecten irregularis</i>	0	1.306
<i>Corystes cassivelaunus</i>	0	1.282
<i>Ophiura albida</i>	0	1.002
<i>Liocarcinus navigator</i>	0	0.806
<i>Euspira catena</i>	0	0.665
<i>Mactra stultorum</i>	0	0.660
<i>Abra prismatica</i>	0	0.305
<i>Euspira nitida</i>	0	0.292
<i>Spisula solida</i>	0	0.169
<i>Macropodia</i>	0	0.163
<i>Dosinia exoleta</i>	0	0.151
<i>Gari fervensis</i>	0	0.136
<i>Portumnus latipes</i>	0	0.095
<i>Spisula elliptica</i>	0	0.084
<i>Acanthocardia echinata</i>	0	0.069

Wieviel Proben mit einem Boxcorer entnommen werden müssen, um Effektstärken von 5%, 10%, 15%, 20% und 30% des beobachteten Bereiches mit einer Trennschärfe von 80% erkennen zu können, ist in Anhang – Abbildung 5 dargestellt. Die Anzahl der Proben, die entnommen werden müssen, um signifikante Unterschiede nachweisen zu können, nimmt zu, je kleiner der Unterschied ist, der nachgewiesen werden muss (kleinere Effektstärke) (oberste Abbildung). Also beispielsweise mindestens 300 bis über 700 Stichproben bei einer Effektstärke von 5%. Außerdem hängt die Anzahl der zu entnehmenden Proben bei einer kleinen Effektstärke sehr von der Art ab. Bei einer größeren Effektstärke wird die Anzahl der benötigten Proben kleiner und es gibt praktisch keinen Unterschied mehr zwischen den verschiedenen Arten des Zoobenthos (die Punkte fallen auch zusammen). Um Unterschiede von 20% zwischen zwei Beobachtungen signifikant feststellen zu können, werden für die meisten Arten mindestens 20-25 Proben benötigt. Das ist auch in der untersten Abbildung dargestellt: bei einer Entnahme von 25 Proben (rote Linie) ist die Power groß genug für 18 der 24 Arten. Außerdem sind 3 der Arten, von denen mehr Proben genommen werden müssten (*Scoloplos armiger*, *Magelona johnstoni*, *Nephtys cirrosa*), die zahlenmäßig dominierenden Arten. Die Anzahl der benötigten Proben für diese Sorten beträgt 26, 26 bzw. 29. Mit 20 Proben können für alle Arten Unterschiede von 30% festgestellt werden. Mit 9 Proben, wie es im IBL-Plan für das Verklappungsgebiet vorgesehen ist, können Unterschiede von 30-45% aufgezeigt werden.

Wieviel Proben mit einem Bodenhobel entnommen werden müssen, um Effektstärken von 5%, 10%, 15%, 20% und 30% des beobachteten Bereiches mit einer Trennschärfe von 80% erkennen zu können, ist in Anhang - Abbildung 6 dargestellt. Auch hier wird deutlich, dass die Anzahl der Proben, die entnommen werden müssen, um signifikante Unterschiede nachweisen zu können, zunimmt, je kleiner der Unterschied ist, der nachgewiesen werden muss (kleinere Effektstärke) (oberste Abbildung). Also beispielsweise minimal 22 bis über 170 Proben bei einer Effektstärke von 5%. Auch hier sieht man, dass die Anzahl der zu entnehmenden Proben bei einer kleinen Effektstärke sehr von der Art abhängt. Und dass bei einer größeren Effektstärke die Anzahl der benötigten Proben kleiner wird und es praktisch keinen Unterschied mehr zwischen den verschiedenen Arten des Zoobenthos gibt (die Punkte fallen auch zusammen). Um Unterschiede von 20% zwischen zwei Beobachtungen signifikant feststellen zu können, werden für die meisten Arten mindestens 5 Proben benötigt. Das ist auch in der untersten Abbildung dargestellt: bei einer Entnahme von 5 Proben (rote Linie) ist die Power groß genug für 26 der 33 Arten. Für 3 der verbleibenden Arten werden im Prinzip auch nur 5 Proben benötigt: die berechneten Werte liegen zwischen 5,05 und 5,12. Keine der verbleibenden Arten gehört zu den zahlenmäßig dominierenden Arten. Von diesen hat *Chamelea striatula* die größte Dichte, fast 5 ind/m² (Anhang - Tabelle 2). Mit 5 Proben lassen sich für alle Arten Unterschiede von 30% feststellen. Mit 3 Proben, wie es im IBL-Plan für das Verklappungsgebiet vorgesehen ist, können Unterschiede von 15-26% aufgezeigt werden.



Anhang - Abbildung 5. Oben: Anzahl der mit dem Boxcorer zu entnehmenden benötigten Proben als Funktion der gewünschten Effektstärke für die Gesamtdichte verschiedener Arten des Zoobenthos. Unten: Histogramm der Artenanzahl bei verschiedenen Anzahlen der benötigten Proben (Effektgröße 20%).



Anhang - Abbildung 6. Oben: Anzahl der mit dem Bodenhobel zu entnehmenden benötigten Proben als Funktion der gewünschten Effektstärke für die Gesamtdichte verschiedener Arten des Zoobenthos. Unten: Histogramm der Artenanzahl bei verschiedenen Anzahlen der benötigten Proben (Effektgröße 20%).

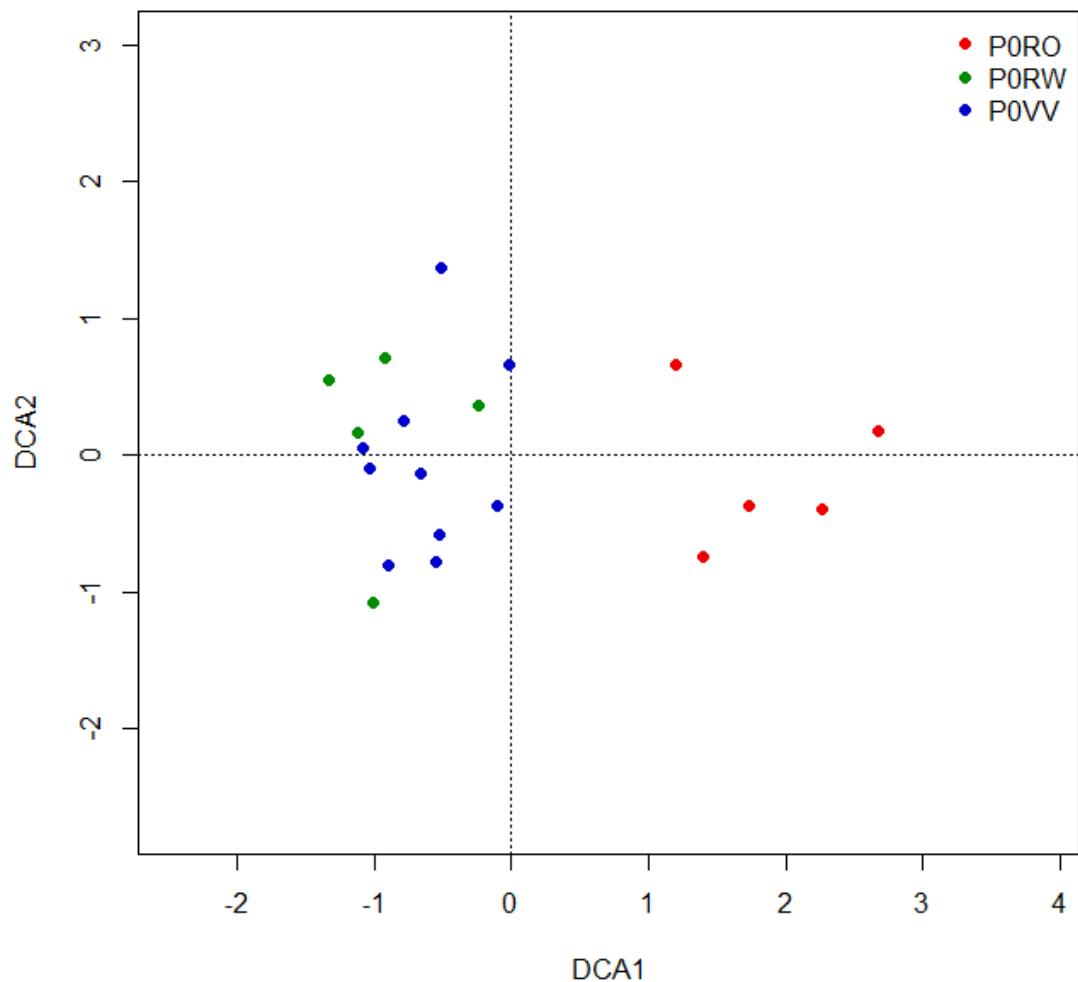
Lage der Referenzgebiete

Ausgangspunkt für die Analyse der Power ist, dass sich die Gebiete (Aufspülungs- und Referenzgebiete) zum Zeitpunkt T0 hinsichtlich der Artenanzahl und der Dichte pro Art nicht voneinander unterscheiden sollten. Zum Zeitpunkt T1 könnten dann Unterschiede aufgetreten sein, weil sich das Benthos noch nicht von den Auswirkungen der Aufspülung erholt hat.

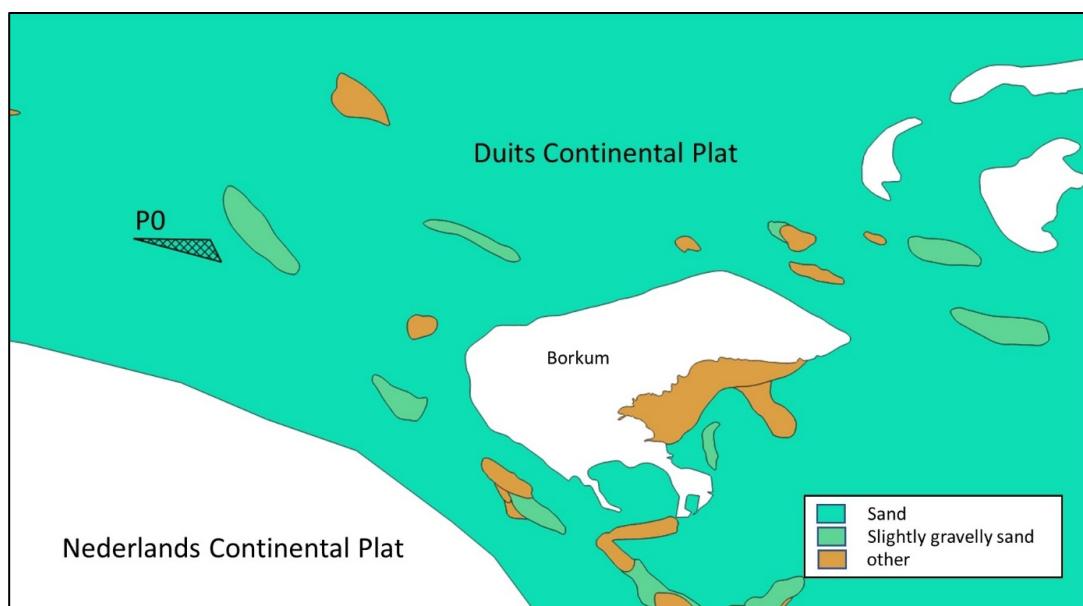
Es ist nicht immer einfach, diese Referenzgebiete zu finden. Oftmals verändert sich das Benthos durch Unterschiede in den Umgebungsvariablen in relativ kleinem Maßstab. Deshalb wird häufig ein Referenzgebiet zu beiden Seiten des Gebietes gewählt, in dem die menschliche Aktivität geplant ist, wie z.B. bei der Aufspülung bei Callantsoog (Wijsman et al. 2017). Auch hier haben wir uns dafür entschieden (Anhang - Abbildung 2).

Eine multivariate Analyse der Daten von 2016 hat gezeigt, dass sich das Referenzgebiet im Osten des Verklappungsgebietes hinsichtlich der Fauna unterscheidet (Anhang - Abbildung 7). In dieser Abbildung sind alle Stellen der entnommenen Proben im Verklappungsgebiet und in den zwei Referenzgebieten dargestellt, wobei die Farbe das Gebiet kennzeichnet. Je näher die Stellen beieinander liegen, desto mehr ähneln Sie sich in der Artenzusammensetzung, je weiter auseinander, desto unterschiedlicher sind sie. Die Proben, die im Gebiet östlich der Klappstelle entnommen wurden (rot dargestellt) sind deutlich sichtbar von den anderen Proben 'getrennt'. Auch waren die Volumen nach dem Sieben größer, so dass wahrscheinlich auch die Sedimentzusammensetzung anders war, nämlich mit größerem Sediment. Tatsächlich scheint es östlich von P0 ein Gebiet mit größerem Sediment zu geben (Anhang - Abbildung 8).

Die räumlichen Details dieser Sedimentkarte sind begrenzt und die genaue Lage des Gebietes mit dem größeren Sediment ist nicht genau bekannt. Unsere Empfehlung ist es, das Referenzgebiet im Osten ein wenig mehr in Richtung Süden zu verlegen und der Fahrrinne zu folgen, die dort nach Süden abbiegt.



Anhang - Abbildung 7. DCA-Diagramm mit der Lage der 2016 entnommenen Proben im Verklappungsgebiet (P0VV), östlich davon (P0RO) und westlich davon (P0RW)



Anhang - Abbildung 8. Sedimentkarte des Deutschen Kontinentschelfs (Quelle: GPDN-Website www.gpdn.de)

Abstand zur Klappstelle

Zum Schluss bleibt noch die Frage, ob die Abstände der Referenzgebiete zur Klappstelle groß genug sind, um nicht durch die Verklappung mit Sand beeinflusst zu werden.

Die Fallgeschwindigkeit von feinem Sand ($\sim 250 \mu\text{m}$) liegt in der Größenordnung von 0,04 m/s. Die Wassertiefe beträgt hier etwa 10 Meter. Wenn es keine Strömung gibt, braucht der Sand 250 Sekunden, also 4 Minuten, um den Boden zu erreichen. Aber bei Flut oder Ebbe strömt das Wasser mit 1 m/s. Ganz einfach gerechnet (ohne Berücksichtigung von Turbulenzen), kann ein Sandkorn also in den 250 Sekunden 250 Meter zurücklegen. Um die Klappstelle herum befindet sich eine Pufferzone von 500 m und die Probenentnahmestellen liegen außerhalb davon. Für feinen Sand ist dies also ausreichend. In der Realität fällt der Sand jedoch in Form eines Massentransports aus Bodenklappen aus einem Saugbagger und erreicht den Boden deshalb schneller.

Darüber hinaus kann es durch die Verklappung zu morphologischen Veränderungen des Meeresbodens kommen, die wiederum Auswirkungen auf den Sedimenttransport haben. Im Verklappungsgebiet setzt sich ein Sandberg auf dem Boden ab, der dann abflacht. Pro Jahr werden 640.000 m^3 verklappt, mit einem Maximum von $2.300.000 \text{ m}^3$. Die Oberfläche von P0 beträgt ungefähr $\frac{1}{2} \cdot B \cdot H = \frac{1}{2} \cdot 2000 \cdot 700 = 700.000 \text{ m}^2$. Dies entspricht also in etwa einer jährlichen Bodenerhöhung um 1 m. Nach 4 Jahren sind das also fast 4 m. Dieser Sand muss irgendwo hin und wird hauptsächlich durch die Ost-West-Gezeitenströmung in Ost-West-Richtung abgetragen. Wenn man die Form berücksichtigt, ist auf der Ostseite mehr Einfluss zu erwarten als auf der Westseite. Es ist daher möglich, dass die Pufferzone von 500 m zu klein ist, um überhaupt keinen Einfluss zu haben. Andererseits gibt es auch eine natürliche Dynamik des Sandtransports, wenn das Gebiet nur 10 m tief ist und dann wäre der Einfluss des zusätzlichen Sandes darauf gering.

Schlussfolgerungen

- Werden mehr oder bessere Referenzgebiete benötigt, um die Ergebnisse des Monitorings wissenschaftlich fundiert interpretieren zu können?
 - Unsere Empfehlung ist, das östliche Gebiet leicht nach Süden zu verlegen, da die Sedimentzusammensetzung in diesem Referenzgebiet dann besser mit der der Klappstelle übereinstimmt.
- Sind die Abstände zur Klappstelle groß genug, um nicht durch die Verklappung mit Sand beeinflusst zu werden?
 - Wir schätzen, dass die Wahrscheinlichkeit einer Einflussnahme aus der Klappstelle unter Berücksichtigung der natürlichen Sedimentdynamik gering ist und dass die Abstände daher groß genug sind.
- Gibt es genug Probenstellen, um wissenschaftlich fundierte Aussagen über mögliche signifikante Unterschiede treffen zu können?
 - Das ist sicherlich nicht der Fall. Nicht für den Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“, da lediglich eine Probe in jedem der Referenzgebiete. Und auch nicht für den Greifer, denn die Anzahl der Probenstellen in den Referenzgebieten ist sicherlich zu gering. Wie viele Proben entnommen werden müssen, hängt von der Effektstärke ab, die man erkennen möchte. Für Effektstärken von 20% müssten 30 Proben mit dem Boxcorer und 5 Proben mit dem Kieler Kinderwagen entnommen werden. Weniger Proben bedeutet, dass man die Wahl trifft, nur größere Veränderungen zu erkennen.

Referenzen

- BfG - Bundesanstalt für Gewässerkunde (2001) Bagger- und Klappstellenuntersuchungen im Ems-Ästuar, Klappstellen 1 bis 7. Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz, Bericht BfG-1329: 111S + 28 Anl.
- Boon A, Gittenberger A, van Loon W (2011) Review of Marine Benthic Indicators and Metrics for the WFD and design of an optimized BEQI. Deltas, .

-
- Bos O, Meesters H, van der Wal J, Lewis W, Cuperus J, Bakker A, van Leeuwen P (2009) Kwantitatieve bemonstering van benthos en bodem voorafgaand aan zandsuppleties bij Texel (nulmeting). Wageningen UR, IMARES. Rapport C134/09. 50 pp. .
- Crisp D, Southward A (1958) The distribution of intertidal organisms along the coasts of the English Channel. . J Mar Biol Assoc U K 37:157-203
- Degraer S, Wittoeck J, Appeltans W, Cooreman K, Deprez T, Hillewaert H, Hostens K, Mees J, Vanden Berghe E, Vincx M (2006) The macrobenthos atlas of the Belgian part of the North Sea. Belgian Science Policy. D/2005/1191/6.
- Ens BJ, Craeymeersch JA, Fey FE, Heessen HJL, Smaal AC, Brinkman AG, Dekker R, van der Meer J, van Stralen MR (2007) Sublitorale natuurwaarden in de Waddenzee. Een overzicht van bestaande kennis en een beschrijving van een onderzoekspacet voor een studie naar het effect van mosselzaadvisserij en mosselkweek op sublitorale natuurwaarden. Wageningen IMARES, Rapportnummer C077/07. 117 pp.
- Fiege D, Licher F, Mackie ASY (2000) A partial review of the European Magelonidae (Annelida : Polychaeta): *Magelona mirabilis* redefined and *M-johnstoni* sp nov distinguished. J Mar Biol Assoc UK 80:215-234
- Gittenberger A, van Loon W (2013) Sensitivities of marine macrozoobenthos to environmental pressures in the Netherlands. . Nederlandse Faunistische Mededelingen 41:79-112
- Grasmeijer B, Pasmans I (2013) Hydromorfologie Eems-Dollard estuarium. Achtergrondstudie t.b.v. OTB MER Vaarweg Eemshaven. ARCADIS, 3 december 2013 077141772:D. 168 pp.
- IBL (2020) Monitoringkonzept für die Klappstelle P0 im „NSG Borkum Riff“. IBL Umweltplanung GmbH, Oldenburg. 11 p.
- Perdon K, Troost K, van Zwol J, van Asch M, van der Pool J (2019) Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2019. CVO rapport: 19.010. 50 pp.
- Reiss H, Kröncke I (2005) Seasonal variability of benthic indices: an approach to test the applicability of different indices for ecosystem quality assessment. Mar Pollut Bull 50:1490-1499
- Wijnhoven S, Bos OG (2017) Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Ecoauthor
- Wijnhoven S, Duineveld G, Lavaleye M, Craeymeersch J, Troost K, van Asch M (2013) Kaderrichtlijn Marien indicatoren Noordzee. Naar een uitgebalanceerde selectie van indicator soorten ter evaluatie van habitats en gebieden en scenario's hoe die te monitoren. NIOZ, Monitor Taskforce Publication Series 2013-02. 108 pp. .
- Wijsman JWM, Craeymeersch J, Gerla D (2017) Effect van diepe vooroeversuppletie bij Callantsoog op de benthosgemeenschap. Resultaat T0-bemonstering najaar 2016. Wageningen Marine Research Yerseke, september 2017. Rapport C071/17. 49 pp.

Wageningen Marine Research
T: +31 (0)317 48 70 00
E: marine-research@wur.nl
www.wur.nl/marine-research

Besucheradresse:

- Ankerpark 27 1781 AG Den Helder
- Korringaweg 7, 4401 NT Yerseke
- Haringkade 1, 1976 CP IJmuiden

Wageningen Marine Research leistet mit Wissen, unabhängiger wissenschaftlicher Forschung und Beratung einen wesentlichen Beitrag zu einer nachhaltigeren, sorgfältigeren Bewirtschaftung, Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen in Meeres-, Küsten- und Süßwassergebieten.



Wageningen Marine Research ist Teil von Wageningen University & Research. Wageningen University & Research ist eine Partnerschaft zwischen Wageningen University und Stichting Wageningen Research und hat folgende Mission: 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'