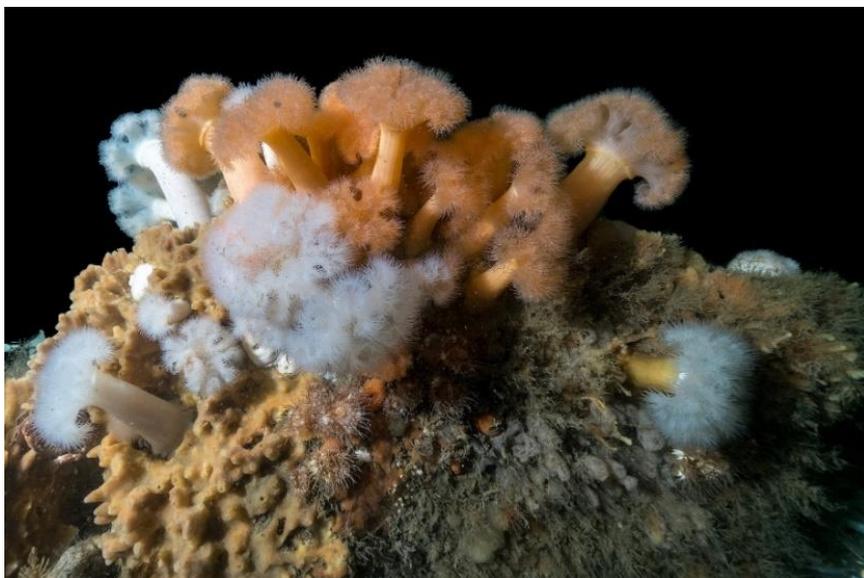


Taucherische Erfassung, Analyse und Bewertung benthischer Biotope im niedersächsischen Küstengewässer



Auftraggeber:



Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft,
Küsten- und Naturschutz



Nationalparkverwaltung Niedersächsisches Wattenmeer

November 2021

„Dieser Bericht ist durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz beauftragt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei den Autoren. Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder und muss nicht mit der Meinung des NLWKN übereinstimmen. Der NLWKN übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung der Rechte Dritter. Der Auftraggeber behält sich alle Rechte vor, insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.“

Titel: Taucherische Erfassung, Analyse und Bewertung benthischer Biotope im niedersächsischen Küstengewässer

Auftragnehmer: BIOCONSULT Schuchardt & Scholle GbR

Auf der Muggenburg 30
28217 Bremen
Telefon +49 421 6207108
Telefax +49 421 6207109
Internet www.bioconsult.de
eMail info@bioconsult.de

SUBMARIS
Körnerstraße 29
24103 Kiel
eMail info@submaris.deInternet

Bearbeiter: Dr. Sandra Jaklin (BioConsult)
Dr. Bastian Schuchardt (BioConsult)
Dipl.-Geogr. Tim Bildstein (BioConsult)
Dipl.-Biol. Detlef Henning (BioConsult)
Philipp Schubert (submaris)
Uli Kunz (submaris)
Dr. Florian Huber (submaris)
Christian Howe (submaris)

Datum: 15.11.2021

Zitiervorschlag: BioConsult & submaris (2021): Taucherische Erfassung, Analyse und Bewertung benthischer Biotope im niedersächsischen Küstengewässer. Bericht erstellt im Auftrag des NLWKN und der NLPV, 98 S.+Anhang.

Inhalt

| | |
|--|-----------|
| Zusammenfassung | 9 |
| 1. Hintergrund und Fragestellung | 11 |
| 2. Untersuchungsgebiet | 13 |
| 3. Probenahme & Methodik | 17 |
| 3.1 Beprobung der Transekte durch Taucher..... | 17 |
| 3.2 Taxonomie | 22 |
| 3.3 Sichtung der Transektvideos und Rahmenfotos..... | 23 |
| 3.4 Datenanalyse..... | 24 |
| 3.4.1 Ermittlung der Artenzahl und Abundanz | 24 |
| 3.4.2 Statistische Methoden | 24 |
| 3.4.2.1 Univariate Methoden..... | 24 |
| 3.4.2.2 Multivariate Methoden | 25 |
| 4. Ergebnisse: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes | 26 |
| 4.1 Abiotische Habitatausstattung | 26 |
| 4.2 Faunistische Besiedlung | 27 |
| 4.2.1 Gesamtartenspektrum | 27 |
| 4.2.2 Arten der Roten Liste | 32 |
| 4.2.3 Struktur- und habitatbildende Arten | 32 |
| 4.2.4 Anteil / Bedeckung Hartsubstrate mit Epibenthos..... | 38 |
| 4.3 Räumliche Variabilität der Biotopausstattung | 39 |
| 4.3.1 Abiotische Variabilität: Steinvorkommen | 39 |
| 4.3.2 Biotische Variabilität: Besiedlung der Hartsubstrate | 45 |
| 4.3.2.1 Vagile Megafauna..... | 45 |
| 4.3.2.2 Bedeckung der Hartsubstrate mit Epifauna..... | 47 |
| 4.3.3 Schematische Darstellung der abiotischen und biotischen Biotopausstattung (nur Videoauswertung) | 51 |
| 4.4 Anzeichen anthropogener Beeinträchtigung | 53 |
| 4.5 Einordnung der Ergebnisse | 53 |
| 4.5.1 Struktur des Habitats | 54 |
| 4.5.2 Bedeckung der Steine mit Epibenthos | 55 |
| 4.5.3 Arteninventar und strukturbildende Arten | 55 |
| 4.5.4 Charakteristische (lebensraumtypische) Arten..... | 60 |
| 4.5.5 Offene Fragen | 67 |
| 5. Ergebnisse: Betrachtung Erfassungsmethoden..... | 68 |
| 5.1 Praktische Aspekte wissenschaftlichen Tauchens | 68 |
| 5.2 Vergleich Erfassung abiotische Biotopausstattung | 69 |
| 5.3 Vergleich biotische Biotopausstattung | 70 |
| 5.4 Einordnung der Ergebnisse | 73 |
| 5.5 Methodische Empfehlungen für zukünftige Erfassungen | 76 |
| 6. Klassifizierung und Bewertung..... | 80 |
| 6.1 Vorliegende Klassifikationen von geogenen Hartböden als Biotope | 80 |
| 6.1.1 Habitate nach EUNIS..... | 80 |
| 6.1.2 Rote Liste Biotoptypen der deutschen Nord- und Ostsee | 81 |
| 6.1.3 Biotoptypen in Niedersachsen | 83 |

| | | |
|---|---|------------|
| 6.1.4 | Einordnung des Untersuchungsgebietes | 84 |
| 6.2 | Bewertung der Ausprägung geogener Riffe im Borkum Riffgrund (Küstenmeer) | 85 |
| 6.2.1 | Bewertungskriterien der Ausprägung..... | 86 |
| 6.2.2 | Schwellenwerte für eine Zustandsbewertung geogener Riffe im Borkum Riffgrund (Küstenmeer)..... | 88 |
| Literatur..... | | 95 |
| Anhang | | 99 |
| Beschreibung der Methodik wissenschaftliches Tauchen | | 100 |
| Beschreibung der Foto- und Filmarbeiten unter Wasser | | 103 |
| Tabellen..... | | 106 |

Abbildungen und Tabellen

| | | |
|-----------------|---|----|
| Abb. 1: | Untersuchungsgebiet auf dem Borkum Riffgrund und Lage der sechs Transekte und Positionen der Rahmenfotos / Kratzproben | 13 |
| Abb. 2: | Lage des Untersuchungsgebietes (schwarzer Kreis) in der Schutzgebietskulisse..... | 15 |
| Abb. 3: | Das Arbeitsschiff von submaris „MolaMola“ vor dem Windpark Borkum Riffgat. | 17 |
| Abb. 4: | Dokumentation der Transekterfassung auf der Schreibtafel/Klemmbrett. ... | 19 |
| Abb. 5: | Kamera-Setup der Spiegelreflex-Kamera mit mittig montierter GoPro 7, einem Blitz für die Rahmenfotos (rechts, Sea&Sea YS-D2) und einer Videoleuchte (Sola 3800) für die Megafauna-Transekte. | 20 |
| Abb. 6: | Taucher 1 bei der eDNA-Probenahme..... | 21 |
| Abb. 7: | Aufbau der Hälterungsanlage und Bestimmungsapparatur im „Labor“ Borkum. | 22 |
| Abb. 8: | Ein vollständig bewachsener großer Stein auf Transekt 1, der von <i>Halichondria (Halichondria) panicea</i> als dominante Art besiedelt ist. | 33 |
| Abb. 9: | Großer Schwamm der Gattung <i>Suberites</i> auf Transekt 1 / Abschnitt 13 m. | 34 |
| Abb. 10: | Dichte Hydrozoa-Kolonien an Transekt 6. | 35 |
| Abb. 11: | Eine von <i>Metridium senile</i> dominierte Besiedlung eines Steines auf Transekt 2. | 36 |
| Abb. 12: | Vorkommen einzelner Kolonien von <i>Alcyonium digitatum</i> (mittig) auf Transekt 5. | 36 |
| Abb. 13: | Solitäre Kolonie von <i>Flustra foliacea</i> (mittig) auf Transekt 1. | 37 |
| Abb. 14: | <i>Cancer pagurus</i> auf Strukturbildnern (<i>H. panicea</i> , Hydrozoa und <i>M. senile</i> im Hintergrund) auf Transekt 3. | 38 |
| Abb. 15: | Beispiele für eine mosaikartige Verzahnung unterschiedlich besiedelter Steine am Transekt 1. | 39 |
| Abb. 16: | Anzahl von Abschnitten mit einem hohen Bedeckungsgrad an Steinen (Kat. 3 >50 %) und Blockvorkommen (Kat. 3, Steine >40 cm). | 40 |
| Abb. 17: | Vergleich der Abiotik (Substrate) zwischen SideScan und Videoauswertung für die Transekte 4, 5 und 6. | 43 |
| Abb. 18: | Vergleich der Abiotik (Substrate) zwischen SideScan und Videoauswertung für die Transekte 1, 2 und 3. | 44 |
| Abb. 19: | Artenzahl und Gesamtabundanz (Ind./20 m ²) der vagilen Megafauna (Wirbellose und Fische) an den sechs Transekten. | 45 |
| Abb. 20: | Gesamtabundanz (Ind./20 m ²) von Taschenkrebsen (<i>Cancer pagurus</i>), Hummern (<i>Homarus gammarus</i>) und Klippenbarsch (<i>Ctenolabrus rupestris</i>) an den sechs Transekten. | 46 |
| Abb. 21: | MDS-Plot auf Basis der Arten-Abundanzstruktur vagiler Megafauna. | 47 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Abb. 22: | Mittlere Bedeckung der Hartsubstrate (Steine) mit Epifauna. | 48 |
| Abb. 23: | Artenzahl sessiler Epifauna, die anhand der Überblickfotos / Rahmenfotos an den 12 Positionen (6 Transekte) identifiziert wurde. | 48 |
| Abb. 24: | Absolute Bedeckungsgrade der dominanten Arten (>5 % Bedeckung an einem Standort) an den 12 Positionen (6 Transekte). | 49 |
| Abb. 25: | Artenzahl und Zusammensetzung der Epifauna nach Großgruppen in den 12 Kratzproben. | 50 |
| Abb. 26: | MDS-Plot auf Basis der Arten-Abundanzstruktur in den 12 Kratzproben. (6 Transekte). | 50 |
| Abb. 27: | Schematische Darstellung der abiotischen und biotischen Biotopausstattung im Untersuchungsgebiet. | 52 |
| Abb. 28: | Beispiel für während der Taucharbeiten vorgefundene Müllteile. | 53 |
| Abb. 29: | Arten-Areal-Kurve der in situ-Zählung der vagilen Megafauna durch Taucher. | 72 |
| Abb. 30: | Arten-Areal-Kurve der Videoauswertung der vagilen Megafauna. | 72 |
| Abb. 31: | Arten-Areal-Kurve der Kratzproben. | 73 |
| Abb. 32: | Einsatz von geschlossenen, elektronisch gesteuerten Kreislaufgeräten (eCCR-Rebreather) vom Typ JJ. | 100 |
| Abb. 33: | Tauchprofil eines der eingesetzten JJ-Kreislauf-Tauchgeräte. | 100 |
| Abb. 34: | Forschungstaucher am Meeresboden des Borkum Riffgat mit Kreislaufgerät und Spiegelreflexkamera bei der Aufnahme mit einem Makroobjektiv und zusätzlicher Beleuchtung. | 104 |
| Tab. 1: | Artenliste der mit den unterschiedlichen Methoden erfassten Fauna im Juni 2020. | 28 |
| Tab. 2: | Charakterisierung der 6 Transekte hinsichtlich der abiotischen Biotopausstattung (Steinbedeckung in Kategorien, Steingröße in Kategorien, vgl. Kap. 3.3). | 41 |
| Tab. 3: | Mittlere Abundanz (Ind./100 m ²) und Summe der Individuen (pro 100 m ²) der vagilen Megafauna (>10 cm) im Vergleich <i>in situ</i> -Erfassung und Videoauswertung. | 57 |
| Tab. 4: | Charakteristische Arten des LRT Riffe (Code 1170) in der deutschen AWZ (BFN 2017a) und Nachweise dieser Arten in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes. | 62 |
| Tab. 5: | Vorschlag für charakteristische (lebensraumtypische) Arten und Arten mit besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung für geogene Riffe im Küstenmeer des Borkum Riffgrundes. | 65 |
| Tab. 6: | Vergleich der Kompetenzen und Limitierungen in dieser Untersuchung genutzter Methoden (Ausnahme ROV) zur Erfassung der Besiedlung in Hartsubstrat-geprägten Biotopen. | 74 |
| Tab. 7: | Klassifizierung benthischer Habitate nach EUNIS (Version 2019 und 2007 / 2012). | 81 |

| | | |
|-----------------|---|-----|
| Tab. 8: | Vorschlag für eine Zustandsbewertung geogener Riffe in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes..... | 92 |
| Tab. 9: | Rahmenparameter zu den 12 Kratzproben..... | 106 |
| Tab. 10: | Untersuchungen in Steingepprägten Bereichen in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes. | 107 |
| Tab. 11: | Videotransekte Ergebnisse 1 m-Abschnitte..... | 108 |
| Tab. 12: | Vergleich von Arten der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) in steingepprägten Bereichen des Borkum Riffgrund (Küstenmeer)..... | 116 |
| Tab. 13: | Liste neuer Artnachweise für den Borkum Riffgrund. | 117 |

Zusammenfassung

Die Europäische Meerespolitik hat mit der Implementierung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) und der Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) im marinen Milieu die Rahmenbedingungen zum Erhalt der biologischen Vielfalt in den heimischen Meeren geschaffen. Ein Hauptaugenmerk beider Richtlinien liegt auf den Lebensräumen bzw. Biotopen des Meeresbodens sowie der Biodiversität der assoziierten Gemeinschaften. Aufgabe der Mitgliedsstaaten ist es, Umwelt- bzw. ökologischen Zustand der marinen Lebensräume zu bewerten, ggf. Maßnahmen zur Verbesserung zu initiieren und den Erfolg dieser Maßnahmen zu überwachen. Für das niedersächsische Küstenmeer soll deshalb die Datengrundlage zu einer bisher nur sehr sporadisch untersuchten Gruppe von Biotoptypen, die Steinfelder bzw. Riffe, verbessert werden.

Vor diesem Hintergrund wurden das Büro Schuchardt & Scholle GbR und die Firma submaris vom NLWKN und der NLPV beauftragt, mittels taucherbasierter Erfassungsmethoden die epibenthische Besiedlung eines im westlichen niedersächsischen Küstenmeer gelegenen Bereiches (Borkum Riffgrund) mit Steinvorkommen und assoziierter Hartsubstratfauna zu erfassen. Beispielhaft stand eine konkrete Fläche mit einem Kernbereich von ca. 2 ha Ausdehnung im Fokus, die nach vorangegangenen optischen Erfassungen eine herausragende Ausprägung der Epifauna mit einer hohen Biodiversität aufweist.

Die Taucharbeiten erfolgten im Juni 2020 durch submaris entlang von 6 Transekten mit 20 m Länge. Pro Transekt wurden 1) die Bedeckung des Meeresbodens mit Steinen (Klassen), 2) die Steingrößen (Klassen), 3) die vagile Megafauna, 4) die epibenthische Bedeckung sessiler Wirbellose auf Steinen und 5) das Artenspektrum anhand von Taucherzählungen, Videoaufnahmen, Kratzproben und Fotodokumentation sowohl *in situ* als auch durch Laboranalysen erfasst. Zusätzlich wurde durch submaris ein Kurzfilm über das Gebiet erstellt.

Das Untersuchungsgebiet weist sowohl eine hohe Bedeckung des Meeresbodens mit Steinen als auch viele große Steine (>40 cm) auf. Durch die Methodenkombination wurden insgesamt 101 Arten (Fische und Wirbellose) erfasst, darunter 17 Arten der Roten Liste und 33 bis dato für den Borkum Riffgrund noch nicht nachgewiesene Arten. Die Fauna besiedelte das Hartsubstrat nahezu flächig und bestand aus einer diversen Gemeinschaft struktur- und habitatbildender sessiler Taxa (Porifera, Bryozoa, Anthozoa, Hydrozoa, Ascidiacea), deren Größe und Wuchsform auf langfristig stabile Umweltbedingungen hindeutet. Diese, durch optische Methoden gut erfassbaren Taxa, wurden von einer diversen kleineren Aufwuchsfauna begleitet, die nur anhand der Kratzproben detektiert werden konnte. Die vagile Megafauna wurde von rifftypischen Arten wie Hummer, Taschenkrebs und Klippenbarsch dominiert, die in hoher Dichte vorkamen und eine positive Beziehung zur Steindichte und -größe aufwiesen. Anhand der Befunde wurde ein Vorschlag für eine Liste lebensraumtypischer Arten erarbeitet. Insgesamt lässt sich das untersuchte Gebiet anhand bestehender Klassifizierungssysteme für Biotope als geogenes Riff einordnen, welches in dieser besonderen abiotischen und biotischen Ausprägung unseres Wissens nur selten im niedersächsischen Küstenmeer anzutreffen ist.

Neben der Bestandsaufnahme des Lebensraumes stand die Entwicklung eines Konzeptes für ein zukünftiges Monitoring geogener Riffe im Küstenmeer im Vordergrund. Im vorliegenden Bericht werden die Vor- und Nachteile der eingesetzten Methoden diskutiert und für ein zukünftiges Monitoring nach FFH eine methodische Empfehlung gegeben.

Für die Bewertung des Zustandes geogener Riffe im Küstenmeer nach MSRL bzw. des Erhaltungszustandes nach FFH-RL wurden insgesamt 8 Kriterien für den Aspekt „Struktur und Funktion“ entwickelt, die sich anhand der vorgeschlagenen Methodik erfassen lassen. Neben einer normativen Begriffsbestimmung der Kriterien für drei Zustandsklassen werden - soweit die vorhandene Datenbasis dies fachlich zuließ - Schwellenwerte für den guten Zustand vorgeschlagen.

Die vorliegende Studie liefert einen sehr guten Einblick in die mögliche „gute Ausprägung“ und die Methodik, mit der die definierten Kriterien erfasst werden können. Sie muss jetzt ergänzt werden über weitere Untersuchungen, die einen Überblick über die Spannweite möglicher Ausprägungen liefern.

Unverzichtbar ist u.E. nach auch eine Kartieranleitung, die qualitative und quantitative Kriterien für eine Abgrenzung der verschiedenen geschützten Ausprägungen eines Steinfeldes oder Riffs von nicht geschützten Ausprägungen ermöglicht. Auch dafür liefert die vorliegende Studie eine gute Grundlage, die jedoch durch die oben angesprochenen weiteren Untersuchungen ergänzt werden muss. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass vermutlich nur ein (kleiner?) Teil der Unterschiede Folge anthropogener Beeinträchtigungen ist, der andere Teil vermutlich Ausdruck naturräumlicher Unterschiede.

1. Hintergrund und Fragestellung

Die Europäische Meerespolitik hat mit der Implementierung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) und der Umsetzung der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) im marinen Milieu die Rahmenbedingungen zum Erhalt der biologischen Vielfalt in den heimischen Meeren geschaffen. Neben den pelagischen Systemen und den verschiedenen Artengruppen der Wirbeltiere (Fische, Vögel, Säugetiere) liegt ein Hauptaugenmerk beider Richtlinien auf den Lebensräumen bzw. Biotopen des Meeresbodens sowie der Biodiversität der assoziierten Gemeinschaften. Aufgabe der Mitgliedsstaaten ist es, Umwelt- bzw. ökologischen Zustand der marinen Lebensräume zu bewerten, ggf. Maßnahmen zur Verbesserung zu initiieren und den Erfolg dieser Maßnahmen zu überwachen. Bei der 2018 durchgeführten MSRL-Bewertung der benthischen Lebensräume des deutschen Hoheitsgebietes in Nord- und Ostsee ist deutlich geworden, dass dies aufgrund der Datenlage nur auf Teilflächen möglich war. Für das niedersächsische Küstenmeer soll deshalb die Datengrundlage zu einer bisher nur sehr sporadisch untersuchten Gruppe von Biotoptypen, die Steinfelder bzw. Riffe, verbessert werden. Während bisher trotz begrenzter Eignung Untersuchungen vorwiegend mit Greifer, Dredge und geschlepptem Video durchgeführt wurden, sollen hier Tauchuntersuchungen mit optischen Systemen und der Entnahme von Proben mit anschließender taxonomischer Analyse im Labor durchgeführt werden.

Vor diesem Hintergrund wurden das Büro Schuchardt & Scholle GbR und die Firma submaris durch den NLWKN und die NLPV beauftragt, mittels unterschiedlicher Methoden die epibenthische Besiedlung eines im westlichen niedersächsischen Küstenmeer gelegenen Bereiches (Borkum Riffgrund) mit Steinvorkommen und assoziierter Hartsubstratfauna, zu erfassen. Die hierfür durchgeführten Taucharbeiten (Videoaufnahmen, Kratzproben und Fotodokumentation) erfolgten im Juni 2020 durch submaris.

Ziel der Untersuchung ist die umfassende Erfassung und Bewertung der Biozönose von durch geogene Hartsubstrate dominierten Biotopen, welche aus hydroakustischen Aufnahmen 2018 in den niedersächsischen Küstengewässern auf dem Borkum Riffgrund abgegrenzt worden sind. Dabei sollen optische und biologische Methoden kombiniert werden. Beispielhaft steht eine konkrete Fläche mit einem Kernbereich von ca. 2 ha Ausdehnung im Fokus, die nach bisherigen, vorläufigen optischen Erfassungen eine herausragende Ausprägung der Epifauna mit einer hohen Biodiversität aufweist.

Eine möglichst umfassende Aufnahme des Artenspektrums soll als Grundlage für die Entwicklung einer Bewertungsmethodik entsprechender Standorte v.a. vor dem Hintergrund der MSRL dienen. Die Biotopausprägungen sind zu klassifizieren und anhand eines im Rahmen dieses Projekts auszuarbeitenden Bewertungsansatzes zu bewerten.

Nach vorheriger Absprache der Methodik mit dem AG wurden insgesamt 6 Transekte a 20 m durch Taucher erfasst. Während der Tauchgänge wurde jeder Transekt durch in situ-Ansprachen der Megafauna, Videoaufnahmen, Rahmenfotos und Kratzproben erfasst. Die Taucheinsätze sowie die Auswertung der Videotransekte erfolgten durch submaris. Die taxonomische Bearbeitung der Rahmenfotos und Kratzproben sowie die Analyse und Bewertung der Daten erfolgte durch BioConsult.

Der vorliegende Bericht gliedert sich in vier Teile. Der erste Teil charakterisiert das untersuchte Gebiet hinsichtlich der abiotischen und biotischen Biotopausstattung. Der zweite Teil stellt die

Ergebnisse der unterschiedlichen Erfassungsmethoden vergleichend gegenüber und beschreibt die Vor- und Nachteile jeder Methode hinsichtlich der Erfassung der Biotopeigenschaften (Substrate, Artenzusammensetzung, Bedeckung/ Ausprägung der Epifauna). Der dritte Berichtsteil fokussiert auf die Klassifizierung der vorgefundenen Besiedlungsstrukturen anhand bestehender Systeme und im letzten Teil werden Kriterien und Schwellenwerte für die Bewertung des Zustandes geogener Riffe im Borkum Riffgrund Küstenmeer vorgeschlagen.

2. Untersuchungsgebiet

Lage

Das ca. 2 ha große Untersuchungsgebiet liegt im niedersächsischen Küstenmeer auf dem Borkum Riffgrund ca. 10 sm NW von Borkum südlich des Verkehrstrennungsgebiets (Abb. 1). Ein Teil dieses Gebiet wurde bereits 2018 anhand hydroakustischer Aufnahmen abgegrenzt und die Besiedlung mittels optischer (geschlepptes Videosystem) und biologischer (Greifer- und Dredgeproben) Erfassungsmethoden erfasst (BIOCONSULT 2019b). Die Besiedlung 2018 wies eine herausragende Ausprägung der Epifauna mit einer hohen Biodiversität auf.

Die Abgrenzung des Untersuchungsgebietes erfolgte auf Basis von SideScans des NLWKN (Francesco Mascioli, Forschungsstelle Küste Norderney) aus dem Jahr 2018; im Juni 2020 erfolgten weitere detaillierte SideScans. Das Gebiet wies nach SideScan eine besonders hohe Steindichte auf. Das Untersuchungsgebiet ist in Abb. 1 rot umrandet.

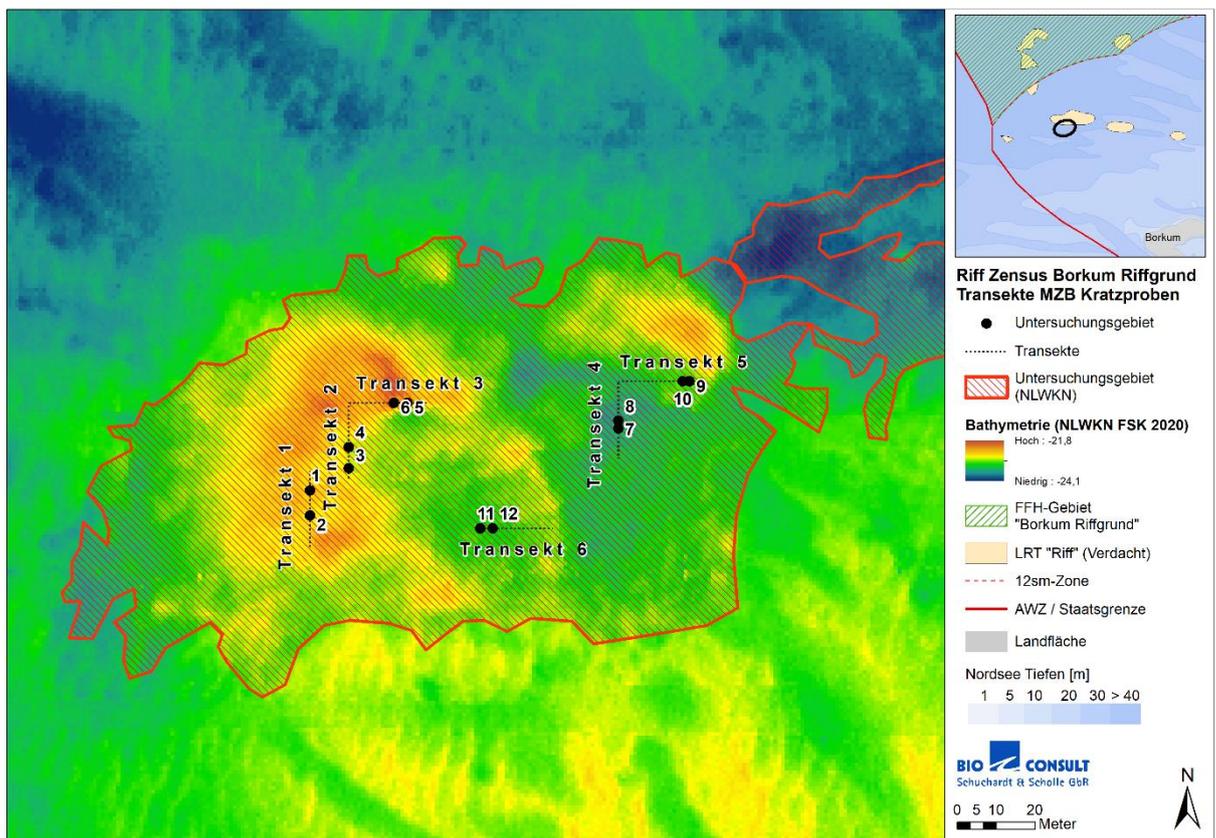


Abb. 1: Untersuchungsgebiet auf dem Borkum Riffgrund und Lage der sechs Transekte und Positionen der Rahmenfotos / Kratzproben

Im Untersuchungsgebiet wurden durch den NLWKN 4 Startpunkte vorgegeben für 6 Transekte a 20 m mit einer z.T. unterschiedlichen, durch die Taucher vor Ort nach den lokalen Bedingungen zu

entscheidender Ausrichtung gelegt. Jeder Transekt wurde durch Taucher mit unterschiedlichen Methoden beprobt, die in Kap. 3 beschrieben sind.

Bathymetrie und Struktur

Das Untersuchungsgebiet befindet sich in einer Wassertiefe von ca. 20 bis 22 m SKN. Die vorliegenden SideScans der Forschungsstelle Küste zeigen eine dichte Belegung mit Steinen und Blöcken; dies konnte durch ein Videotransekt (Transekt KF-19) im Jahr 2019 (BIOCONSULT 2019b) bestätigt werden. Die Belegungsdichte ist abschnittsweise so hoch, dass sandige Bereiche fast vollständig fehlen; kleinräumig liegen die Steine auch aufeinander. Diese Steindichte ist für die deutsche Nordsee sehr ungewöhnlich; wir kennen bisher keinen vergleichbaren Bereich in Küstenmeer und AWZ. Die Abgrenzung gegen die Umgebung ist durch eine recht plötzliche sehr starke Abnahme der Steindichte relativ scharf. Die Umgebung ist geprägt durch Mittelsande mit *Lanice*-Siedlungen und vereinzelt Steinen. Lokal kommen Schillablagerungen vor.

Schutzstatus

Das untersuchte Gebiet unterliegt keinem offiziellen Schutzstatus. Es befindet sich zwischen dem NSG „Borkum Riffgrund“ (FFH-Gebiet DE 2104-301) in der deutschen AWZ, in dem auch der FFH-Lebensraumtyp vorkommt und geschützt ist und dem NSG „Borkum Riff“ (VS-Gebiet V01) in den Küstengewässern, in dem ausschließlich die EU-Vogelschutzrichtlinie umgesetzt ist (Abb. 2). Der Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer beginnt in rd. 6,5 km Entfernung vom Untersuchungsgebiet.

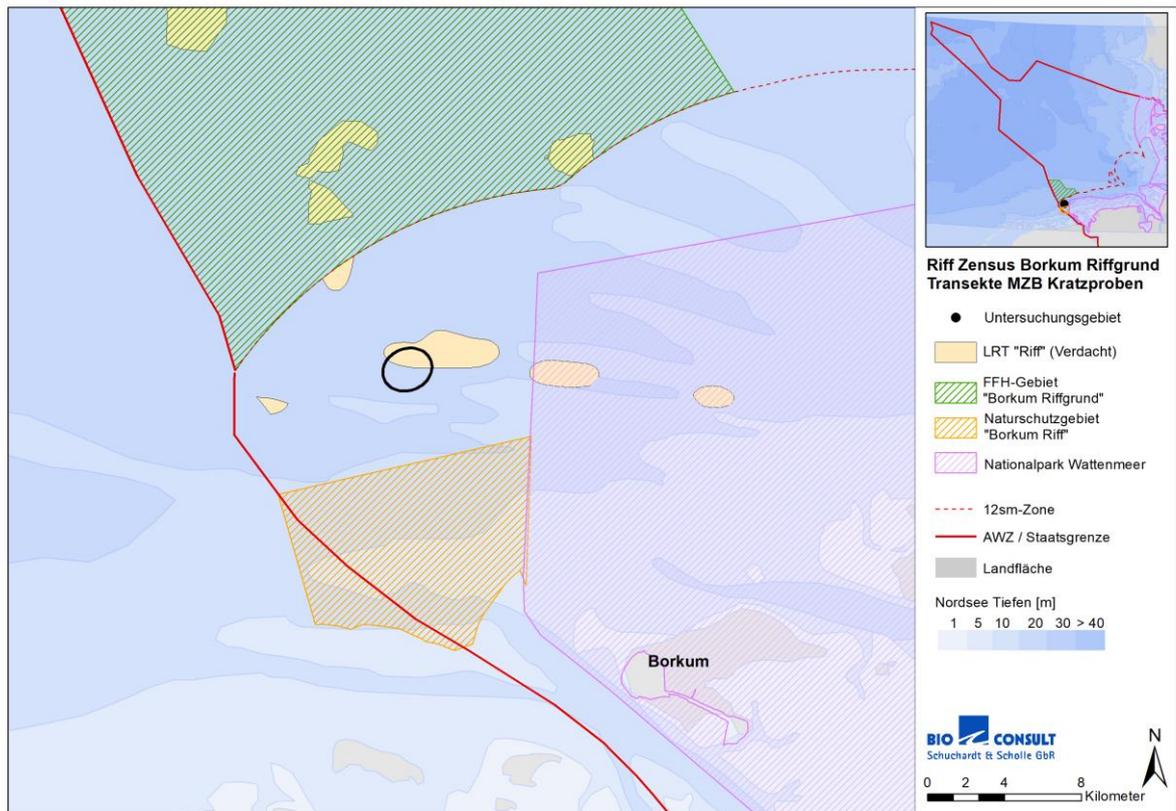


Abb. 2: Lage des Untersuchungsgebietes (schwarzer Kreis) in der Schutzgebietskulisse.

Besiedlung

Im Rahmen einer Biotopstudie wurden mehrere küstennahe und küstenferne Bereiche mittels optischer Methoden und durch Greifer- und Dredgeproben untersucht (BIOCONSULT 2019b). Ein küstenferner Transekt (KF-19) auf dem Borkum Riffgrund kristallisierte sich abschnittsweise (KF-19-3-2) als sehr steinreiches Gebiet (z.T. flächendeckend) mit größeren Blöcken und besonderer epibenthischer Besiedlung heraus. Diese Besonderheiten führten letztlich auch zur Wahl des Untersuchungsgebietes dieser Studie. Die Besiedlung dieses besonders steinreichen Gebietes wurde auf Basis des geschleppten Videotransektes wie folgt charakterisiert (BIOCONSULT 2019b):

Die Wirbellosen- und Fischfauna zeigte sich in den Steinfeld-Abschnitten im Vergleich zu Fein- bis Mittelsand-Biotopen diverser. Im Abschnitt KF-19-3-2 wurden insgesamt 20 Taxa nachgewiesen. Am Sandboden zwischen den Steinen kamen 12 Taxa vor, wobei wie in anderen weniger steinreichen Bereichen auch, der Gemeine Seestern *Asterias rubens* numerisch dominierte. Weitere regelmäßig anzutreffende Arten auf dem Sand waren die Schlammrose *Sagartiogeton undatus*, der Taschenkrebs *Cancer pagurus* sowie unbestimmte Grundeln (Gobiidae). Auffällig war, dass deutlich mehr an Blöcke assoziierte Arten wie Hummer, Klippenbarsch und Streifenbarbe (z. B. ELLIOTT & DEWAILLY 1995) beobachtet wurden. Die Steine und v. a. Blöcke waren nahezu immer besiedelt; im Abschnitt KF-19-3-2 wurden 8 Taxa identifiziert. *Metridium senile* war eine dominante Art mit einer Bedeckungskategorie von mehr als 50 %. Des Weiteren kamen Hydrozoen-Kolonien (*Obelia* / *Sertularia* / *Hydrallmania*) sowie erekte Schwämme (*Halichondria*) mit höherer Bedeckung (5-50 %) vor. Größere Kolonien der Totemannshand (*Alcyonium*) kamen in geringerer Bedeckung von 1-5 % vor. Größere aufrecht

wachsende Kolonien von *Flustra foliosa* (Bryozoa) kamen sowie die Anthozoa *Urticina* spp. und *Sagartia* spp. kamen nur im Bereich KF-19 vor.

Ein Vergleich der Abschnitte mit unterschiedlicher Steindichte deutet an, dass neben der eigentlichen Präsenz von Steinen und Blöcken auch deren Dichte entscheidend für die Ausprägung der epibenthischen Gemeinschaft ist.

3. Probenahme & Methodik

3.1 Beprobung der Transekte durch Taucher

Die Tauchgänge im Rahmen des Projekts erfolgten am 15., 16. und 17. Juni 2020 und wurden von vier Forschungstauchern der Tauchgruppe submaris aus Kiel durchgeführt. Ausgangsbasis für die Einsätze war die Insel Borkum, getaucht wurde von Bord des Arbeitsschiffes MolaMola, einem acht Meter langen Alu-Katamaran, der speziell für Taucheinsätze optimiert ist. Da die zu erwartenden Tauchtiefen im Einsatzgebiet je nach Wasserstand zwischen 22 und 25 m liegen, wurde anstatt Druckluft mit sauerstoffangereichertem Atemgas (Nitrox) getaucht. Ergänzende Aspekte zur Methode des Tauchens sind dem Anhang zu entnehmen.



Abb. 3: Das Arbeitsschiff von submaris „MolaMola“ vor dem Windpark Borkum Riffgat.
Foto: submaris

Insgesamt wurden an den drei Einsatztagen vier Arbeitstauchgänge sowie vier Filmtauchgänge von jeweils zwei Einsatzstauchern um Stauwasser herum durchgeführt. Die Ergebnisse der Filmarbeiten unter Wasser sind nicht Bestandteil dieses Berichtes, sondern dienen als Teil der Auftragsarbeit von submaris für die Erstellung eines Filmes über das Untersuchungsgebiet. Methodische Aspekte hierzu sind dem Anhang „Beschreibung Filmarbeiten“ zu entnehmen. Die Rahmenparameter der Transekte bzw. Kratzproben (Transekt Nr., Koordinaten, Datum, Wassertiefe, Uhrzeit, Ausrichtung) wurden notiert und sind dem Anhang zu entnehmen. Die gemessenen Wassertiefen wurden anhand des Pegels „Borkum Fischerbalje“ korrigiert und auf Seekartennull (lowest astronomical tide: LAT) bezogen.

Die Arbeitstauchgänge umfassten pro Transekt folgende Schritte: 1) Ansteuern der Transekt-Positionen, 2) Erfassung der Megafauna, 3) Videoerfassung, 4) Gewinnung von Überblick- und Rahmenfotos, 5) Entnahme von Kratzproben und 6) Entnahme von Wasserproben für e-DNA-Analysen. Die Schritte werden im Folgenden beschrieben:

Ansteuern der Transekt-Positionen im Untersuchungsgebiet

Durch den AG wurden die vier Startpunkte der sechs zu untersuchenden 20 m-Transekte festgelegt und Transektrichtungen vorgeschlagen. Eine Feinjustierung der exakten Positionen und Ausrichtung des Transektes wurde vor Ort vorgenommen. Dabei wurde je nach Untergrund unter Wasser entschieden, welche der möglichen Richtungen per Kompass angesteuert wurde. In einem Fall (Transekt 4) befanden sich in zwei der drei durch den AG vorgeschlagenen Himmelsrichtungen keine Steine, so dass die beiden anderen Richtungen für die Transekte gewählt werden mussten. In Abb. 1 sind die Ist-Positionen und Ausrichtung der Transekte dargestellt.

Das Anfahren der Positionen geschah in langsamer Geschwindigkeit gegen die jeweils herrschende Gezeitenströmung. Das Bord-GPS (Humminbird 899ci) hat eine Genauigkeit von 3 Metern. Beim Erreichen der Position (Abstand zur jeweiligen Position unterhalb von einem Meter laut Anzeige) wurde ein 20 kg schweres Grundgewicht geworfen, das innerhalb weniger Sekunden den Grund erreichte. Das schwere Gewicht wird beim Absinken nicht durch die Strömung versetzt. Selbst bei starkem Zug durch die in der Strömung am Seil hängenden Taucher während des Abstiegs und während der Dekompression beim Aufstieg ist das Grundgewicht nicht über den Boden gezogen worden.

Die gewählten Kurse wurden mit einem Taucherkompass geschwommen. Der Kompass (Suunto SK-7) hat eine Unterteilung in fünf Grad-Schritten und wurde zur genaueren Peilung nicht am Handgelenk getragen, sondern an der Schreibtafel befestigt.

Erfassung der vagilen Megafauna am Transekt

Nachdem die Taucher das Grundgewicht erreicht hatten, befestigten sie das Maßband am Grundgewicht und schwammen 20 m in die gewählte Richtung. Taucher 1 nutzte zur Ausleuchtung eine starke Taucherlampe und zählte beim Ausrollen des Maßbandes die Megafauna und trug die Beobachtungen auf einer mitgeführten Schreibtafel ein (Abb. 4). Diese war neben einem Kompass und einer Uhr an der Oberseite der Schreibtafel auch mit einer Lampe an der Unterseite ausgestattet. So konnte Taucher 1 direkt entsprechende Details beleuchten und dadurch verifizieren. Die Sichtungen der vagilen Megafauna wurden als Strichliste in ein vorgefertigtes Protokoll eingetragen, welches auf wasserfestem Papier gedruckt war. Es wurde außerdem darauf geachtet, dass Tiere, die sich schnell bewegten nur einmal gezählt wurden, was hauptsächlich bei den Klippenbarschen teils hohe Konzentration verlangte.

Als vagile Megafauna wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung Tiere definiert, die eine Größe von etwa 10 cm und größer haben können. Unabhängig von ihrer tatsächlichen Größe wurden daher bestimmte Arten entlang der Megafauna-Transekte auch gezählt, wenn sie etwas kleiner als 10 cm waren (beispielsweise junge Individuen von Einsiedlerkrebse, Taschenkrebse oder Klippenbarschen). Nicht erfasst wurden Seesterne und Grundeln, auch wenn diese teilweise über 10 cm Größe erreichen können. Der Grund hierfür liegt in der sehr großen Anzahl dieser Tiergruppen und - bei Grundeln - auch ihrer teils geringen Größe und schlechten Erkennbarkeit. Beides würde die

Aufmerksamkeit von den übrigen Arten wegzulenken und die Taucherarbeiten und auch die Videoauswertung sehr viel zeitaufwendiger machen.



Abb. 4: Dokumentation der Transekterfassung auf der Schreiftafel/Klemmbrett.
Foto: submaris

Videoaufnahmen der Transekte

In etwa 5 m Abstand zu Taucher 1 (Erfassung Megafauna) folgte Taucher 2, der die Fläche links vom Maßband abfilmte. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Maßband stets im Bild zu sehen ist, um die spätere metergenaue Auswertung zu ermöglichen. Die Filmaufnahmen der Transekte entstanden mit einer GoPro 7, die mit 50 Bildern pro Sekunde in einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln (Full HD) und einer Farbtiefe von 8 Bit aufgenommen hat. Diese Kamera kodiert die Daten im H.265 Standard und speichert die Dateien als .mp4 ab. Taucher 2 hatte eine starke Kamera-Leuchte an der Kamera befestigt (Sola 3800), die den gesamten von der ebenfalls auf der Spiegelreflex-Kamera montierten GoPro 7 erfassten Bereich ausleuchtete (Abb. 5). Auch er versuchte stets den etwa 100 cm breiten Bewertungstreifen links vom Maßband aufzunehmen. Aufgrund der teils schlechten Sicht und vieler Schwebeteilchen und der etwas unterschiedlichen Höhe der Kamera schwankte der abgebildete Bereich etwa zwischen mindestens 80 und 150 cm Breite. Im Zuge der Videoauswertung wurde auch darauf geachtet, Tiere innerhalb eines 100 cm breiten Korridors zu zählen (links vom Maßband) um die Abundanzen vergleichbar zu halten. Die Videos wurden später am Bildschirm ausgewertet (Kap. 3.2). Als Bezugsraum für die Auswertung (Abundanzen der Fauna) wurde eine Fläche von 20 m² pro Transekt angenommen (entspricht einer durchschnittlichen Sichtungsbreite von 1 m).



Abb. 5: Kamera-Setup der Spiegelreflex-Kamera mit mittig montierter GoPro 7, einem Blitz für die Rahmenfotos (rechts, Sea&Sea YS-D2) und einer Videoleuchte (Sola 3800) für die Megafauna-Transecte.
Foto: submaris

Überblicksfotos und Rahmenfotos der Transecte

Nach Zählung der Megafauna und Videoaufnahmen schwammen die Taucher am Maßband zurück und wählten zwei Bereiche mit großen Steinen für die Aufnahme von Überblicksfotos und Rahmenfotos. Bei der Auswahl wurde auf eine möglichst unterschiedliche Besiedlung der Stein Wert gelegt. Von Taucher 1 wurde ein 25 x 25 cm großer Edelstahlrahmen auf den entsprechenden Stein gelegt, der die Fläche für die Kratzprobe definiert. Taucher 2 nahm daraufhin ein Übersichtsfoto der Umgebung auf sowie ein weiteres Detailfoto des Rahmens auf. Zum Einsatz kam eine Canon 1DX Mark 2 im Seacam Unterwassergehäuse mit einem Canon 16-35mm/ 4 Objektiv. Die Belichtung wurde mit einem Blitz (Sea&Sea YS-D2) sichergestellt. Die Kamera nimmt 20,2 Megapixel auf einem Vollformatsensor auf. Für jeden Transect wurden auf diese Weise 12 Überblick- und 12 Rahmenfotos aufgenommen. Die Auswertung der Fotos erfolgte im Labor (Kap. 3.2).

Gewinnung von Kratzproben (gleichzeitig DNA-Proben Meta-barcoding)

Nach den Aufnahmen der Rahmenfotos wurden die epibenthische Besiedlung aus dem Rahmenbereich von Taucher 1 mit Hilfe eines Spachtels so gründlich wie möglich abgekratzt und von Taucher 2 mit einem Kescher eingefangen. Der gefüllte Kescher wurde anschließend komplett in einer vorkennzeichneten Tüte mit Ziplock verstaut. An Bord wurden die Kescher in mit Seewasser gefüllte Eimer gelegt und zur weiteren Untersuchung im „Labor“ auf Borkum jeweils in ein Aquarium der aufgebauten Hälterungsanlage überführt, wo ausgewählte Individuen lebend bis zur Art bestimmt wurden (s. Kap. 3.2). Hiernach wurde die gesamte Kratzprobe in reinem 96 %igen Ethanol konserviert, im Labor Bremen bestimmt und wieder in reines Ethanol zurückgegeben damit mit derselben Probe DNA-

Analysen mittels Meta-barcoding durchgeführt werden können (s. Kap. 3.2). Die DNA-Analyse sowie deren Ergebnisse sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.

Gewinnung von Wasserproben (eDNA)

Die eDNA Proben wurden in einer Höhe von ca. 20-40 cm über dem Sediment genommen, immer direkt an dem Standort der Kratzprobe 2 auf jedem Transekt und somit auch in der unmittelbaren Nähe von Steinen. Die fünf eDNA-Proben wurden mittels 100 ml - Spritzen genommen (Abb. 6). Jede Spritze war mit einer kurzen Leine befestigt, was sicherstellte, dass keine davon verloren gehen konnte. Die Spritzen wurden nach der Probennahme mit einer Kappe verschlossen und zusammen mit den Ziplock Beuteln in einem Sammelnetz verstaut. Die Proben wurden bis zur weiteren Bearbeitung tiefgefroren gelagert. Die Analyse der e-DNA sowie deren Ergebnisse sind nicht Bestandteil dieses Berichtes.



Abb. 6: Taucher 1 bei der eDNA-Probennahme.
Foto: submaris

Erstellung eines Kurzfilmes

Begleitend zur wissenschaftlichen Untersuchung des Riffgrundes vor Borkum wurden durch die Forschungstauchgruppe submaris auch Filmaufnahmen für einen Kurz-Dokumentationsfilm erstellt. Der Kurzfilm sollte vor allem für die Öffentlichkeitsarbeit und die Außendarstellung dieses besonderen Lebensraumes bei öffentlichen Auftritten des NLWKN und des Nationalparks Wattenmeer Niedersachsen dienen und daher die Fauna des Riffes in schönen, formatfüllenden Aufnahmen zeigen. Hierzu wurden Makro- und Weitwinkelaufnahmen vieler der gefundenen Tierarten und auch der

Taucharbeiten zu einem fertigen Kurzfilm mit musikalischer Untermalung von etwa 6 Minuten Länge kombiniert. Der Film wurde Mitte Februar 2021 durch den NLWKN abgenommen.

3.2 Taxonomie

Lebendbestimmung im „Labor“ Borkum

Nach Beendigung des Tauchtages wurden die gewonnenen Kratzproben in das „Labor“ auf Borkum gebracht. Hier erwies es sich als Vorteil, dass die Jugendherberge aufgrund der Reisebeschränkungen wegen der COVID 19-Pandemie nur spärlich belegt war und der Herbergsvater sich sehr hilfsbereit zeigte und einen großen Raum zur Verfügung stellte. Die Lebendhaltung diente v.a. der Bestimmung von Taxa (Schwämme, Seescheiden, Aktinien), die im fixierten Zustand nur sehr eingeschränkt zu bestimmen sind.



Abb. 7: Aufbau der Hälterungsanlage und Bestimmungsapparatur im „Labor“ Borkum.
Foto: submaris

Taxonomische Aufarbeitung der konservierten Proben (Labor Bremen)

Nach Beendigung der Lebendbestimmung wurde jede Kratzprobe in Kautexbehälter überführt und in reinem 96 %igen Ethanol konserviert. Im Labor Bremen erfolgte die vollständige taxonomische Bearbeitung der Kratzproben. Die Arten wurden soweit möglich bis zur Art bestimmt und gezählt. Modular wachsende Organismen sind nicht zählbar und wurden daher nur mit ihrer Präsenz/Absenz erfasst.

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 09.11.2020.

3.3 Sichtung der Transektvideos und Rahmenfotos

Transektvideos

Die Sichtung der Transektvideos erfolgte am PC. Dazu wurde ein herkömmliches Video-Programm (VLC Media Player 3.0.8) genutzt und die Daten parallel in eine Excel-Tabelle eingetragen. Jeder Transekt wurde in 1 m-Abschnitte unterteilt und auf einer Breite von jeweils 1 m (entspricht 1 m²) die abiotische und biotische Biotopausstattung erfasst.

Die abiotische Charakterisierung erfolgte für jeden Abschnitt durch eine Schätzung der Steindichte (Bedeckung des Meeresbodens in %) und der vorkommenden Steingrößen. Der Bedeckungsgrad des Meeresbodens mit Hartsubstraten (Felsen, Steine, Mergel, Klei, Torf, Schill) ist auf der Ebene 3 ebenfalls Bestandteil des Klassifizierungssystem nach FINCK et al. (2017) für die deutschen Biotoptypen der Nordsee. Die Klassifizierung nach FINCK et al. (2017) ist allerdings sehr grob: Eine Bedeckung von 5-90 % des Meeresbodens mit Hartsubstraten wird als Mischsubstrat bezeichnet; eine Bedeckung von >90 % mit z.B. Steinen wird als Steingrund klassifiziert (vorwiegend Helgoland). Um die Biotopansprache im Untersuchungsgebiet etwas detaillierter vorzunehmen, wurden weitere Klassengrenzen gesetzt:

- Klassengrenzen Bedeckung: Kat. 0 = keine Steine; Kat. 1 = <10 %; Kat. 2 = 10-50 %; Kat. 3 = 50-100 %

Die Größe der Steine geht nicht in das Klassifizierungssystem von FINCK et al. (2017) ein. Sie wurde aber mit aufgenommen, da die epibenthische Besiedlung und das Vorkommen der vagilen Megafauna potenziell auch von der Größe der Steine abhängen kann. Daher wurden für jeden 1 m-Abschnitt die vorkommenden Steingrößen aufgenommen. Sehr kleine Steine (<10 cm) wurden aufgrund des zeitlichen Aufwandes nicht berücksichtigt. Für die Klassifizierung der Steingröße wurden ebenfalls Klassengrenzen gesetzt:

- Klassengrenzen Steingröße: Kat. 1 = 10-20 cm; Kat. 2 = 20-40 cm, Kat. 3 = >40 cm (Blöcke)

Der nicht von Steinen bedeckte Meeresboden wurde grob nach Substrat (Sand, grober Kies, Schill) unterschieden.

Die biotische Charakterisierung erfolgte für jeden Abschnitt durch die Erfassung der größeren vagilen Megafauna (Artenspektrum und Abundanz). Desweiteren wurde das Artenspektrum der sessilen epibenthischen Fauna auf den Steinen mit der Präsenz/Absenz erfasst und die Gesamtbedeckung der

Steine mit Epifauna (keine Trennung nach Arten/Taxa) in einem Abschnitt als Mittel geschätzt. Für die Gesamtbedeckung wurden ebenfalls Kategorien gesetzt:

- Klassengrenzen Bedeckung mit Epifauna: Kat. 1 = <10 %, Kat. 2 = 10-50 %, Kat. 3 = 50-100 %

Die Berücksichtigung des Bedeckungsgrades mit Epifauna entspricht ebenfalls dem Vorgehen nach FINCK et al. (2017) für die Klassifizierung von Biotopen auf Ebene 4 (Eine Bedeckung ≥ 5 % mit Epifauna wird als „Epifauna“ klassifiziert).

Rahmenfotos

Die Sichtung der Rahmenfotos erfolgte am PC. Die Organismen wurden soweit anhand der auf dem Bildschirm erkennbaren Merkmale möglich, bis zur Art bestimmt. Soweit möglich, wurden die Individuen einer Art gezählt. Für die Abschätzung des Bedeckungsgrades (%) einer Art (Draufsicht) wurde über jedes Rahmenfoto ein Gitterkreuz gelegt. Die Angabe des Bedeckungsgrades erfolgte nicht anhand gesetzter Klassengrenzen, sondern prozentgenau (1-100 %).

3.4 Datenanalyse

3.4.1 Ermittlung der Artenzahl und Abundanz

Um eine realistische Einschätzung der Artenzahlen innerhalb eines Gebietes (Gesamtgebiet, Transekt, Station) 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 *Suberites* spp. nicht gezählt, wenn die Art *Suberites ficus* in den Proben vorkam. Kam keine Art der Gattung vor, wurde die Gattung (*Suberites* spp.) als „Art“ gezählt. Ebenso wurde auf Familienebene Polyclinidae indet. nicht gezählt, wenn eine Gattung der Familie (z.B. *Polyclinum* spp.) oder eine Art dieser Familie (z.B. *Polyclinum aurantium*) vorkam. Die Erfassung des Gesamtartenspektrums erfolgte nach der oben beschriebenen Methode entweder für einzelne Gebiete/Transekte (gemeinsame Betrachtung der Artliste von dazugehörigen Stationen).

3.4.2 Statistische Methoden

3.4.2.1 Univariate Methoden

Der Vergleich von Besiedlungskennwerten erfolgte nach Testung der Normalverteilung und homogenen Varianzen durch einen t-Test (Vergleich zweier Stichproben) mit Bonferroni post hoc Test. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = 0,05$ festgelegt.

3.4.2.2 Multivariate Methoden

Multivariate Analysen (MDS, ANOSIM und SIMPER, Arten-Areal-Kurven) wurden unter Verwendung des Software-Pakets „Primer 6.1“ berechnet. Hierfür wurden die Abundanzdaten der erfassten Arten transformiert (4. Wurzel). Als Ähnlichkeitsmaß diente die Bray-Curtis-Similarität. Die Güte der MDS-Darstellung wird über den Stress-Wert angegeben (Stress<0,05: sehr gute Darstellung ohne Möglichkeit der Fehlinterpretation; Stress<0,1: gute Ordination; Stress<0,2: potenziell brauchbare Darstellung, die jedoch mit Vorbehalten verwendet werden sollte; Stress>0,3: Punkte sind fast zufällig in der Darstellung verteilt).

Die multivariaten Analysen erfolgten nicht mit dem gesamten Datensatz, da das sporadische Auftreten vieler verschiedener, nicht auf Artebene bestimmter Taxa, mögliche räumliche Muster in der Arten-Abundanzstruktur maskieren. Daher wurde für die Epifauna die Abundanz bestimmter Arten und Gattungen summiert. Taxa, die auf sehr niedrigem Level (Großgruppe) bestimmt wurden, wurden aus dem Datensatz eliminiert. Die nicht zählbaren Individuen gingen mit ihrer Präsenz/Absenz in die Analysen ein.

Unterschiede zwischen Gebieten wurden anhand einer ANOSIM (Analysis of Similarities) untersucht. ANOSIM testet die Nullhypothese, dass kein Unterschied zwischen a priori definierten Gruppen (Gebiete bzw. Kampagnen) besteht. Zusätzlich zu dem p-Wert wird in diesem Verfahren ein R-Wert ermittelt, der Aufschluss über die Unterschiedlichkeit der Gruppen gibt: $R > 0,75$: die Gruppen lassen sich klar voneinander trennen; $R \sim 0,5$: gute Trennbarkeit der Gruppen, jedoch mit einigen Übereinstimmungen; $R < 0,25$: die Gruppen trennen sich kaum (CLARKE & WARWICK 2001).

Arten-Areal-Kurven (AAK) zeigen den Zusammenhang zwischen der Stichprobenzahl und der Artenzahl als nichtlineare Zunahme der gefundenen Arten bei linearer Zunahme der Probenfläche. Dieser Zusammenhang resultiert bei ansteigender Untersuchungsfläche in immer flacher ansteigenden AAK, die sich somit theoretisch asymptotisch einem Grenzwert annähern. Die Abflachung des Kurvenverlaufs zeigt sich allerdings nur bei ausreichender Probenzahl, beziehungsweise Probenfläche.

4. Ergebnisse: Charakterisierung des Untersuchungsgebietes

4.1 Abiotische Habitatausstattung

Bathymetrie & Strömung

Die untersuchten sechs Transekte befanden sich in einer Wassertiefe (LAT) zwischen 20,8 und 21,8 Metern, so dass dieser Parameter eine geringe gebietsinterne Variabilität aufwies.

Die Strömung im Untersuchungsgebiet ist abhängig vom Alter der Gezeit (Nipp- vs. Springtide) und dem jeweiligen Gezeitenstand. Getaucht wurde jeweils zur Stauwasserzeit (Hoch- und Niedrigwasser) zwei bis vier Tage nach Nipptide (Nipptide: 13.6.2020). Über die Strömungsverhältnisse im Untersuchungsgebiet zum Zeitpunkt der Probenahme liegen keine Information vor. Für den in der AWZ gelegenen Teil des Borkum Riffgrundes liegen die Strömungsgeschwindigkeiten im Tidezyklus im Mittel bei 0,4 - 0,45 m/s (BFN 2017a). Für das „NOAH-Gebiet A“ (ebenfalls AWZ-Teil des Borkum Riffgrundes) wird für den Bereich 1 m über dem Meeresboden eine mittlere Strömungsgeschwindigkeit von 33 cm/s angegeben¹. Die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten liegen mit Werten um 1 m/s deutlich höher. Die saisonale Variabilität der Strömungsgeschwindigkeit ist gering, was auf geringen Einfluss wind-induzierter Strömungen hindeutet. Da das untersuchte Gebiet küstennäher und daher flacher ist, ist jedoch nicht auszuschließen, dass die Strömungsgeschwindigkeiten von der AWZ abweichen. Durch zeitweilig starke wind- und gezeiteninduzierte Strömungen werden Sande vermutlich kleinräumig häufig umgelagert. Als geomorphologische Struktur ist die großräumige glaziale Ablagerung der Kiese und Steine weitgehend lagestabil (BFN 2017a). In welchem Ausmaß die im Gebiet vorkommenden größeren Steine durch Sandumlagerungen periodisch überdeckt bzw. durch Sande abgeschliffen werden, ist aber unbekannt.

Substrate

Der Meeresboden war an allen Transekten mit Steinen unterschiedlicher Größe bedeckt, darunter auch viele Blöcke (Steine > 40 cm) in variierender Dichte. Vereinzelt kamen sehr große Blöcke von 80-100 cm Kantenlänge vor. In einigen (wenigen) Bereichen fehlten Steine >20 cm und der Meeresboden bestand überwiegend aus Sand. Diese Bereiche waren jedoch selten (Abschnitte Transekt 4 und 5) und nahmen max. 1/5 des Transekts ein. Die kleineren Steine waren z.T. von einer dünnen Sedimentschicht überzogen. Dies war auf den Blöcken nicht zu erkennen.

Der Meeresboden zwischen den Steinen bestand aus Sand und lokal Kies wobei der tatsächliche Sedimenttyp (Feinsand, Mittelsand, Grobsand) anhand der Videos nicht zu bestimmen war. In situ wurde der überwiegende Teil als Mittel- bis Grobsand angesprochen; für eine genaue Sedimentansprache entlang der Transekte fehlte aber unter Wasser die Zeit. Weitere Hartsubstrate an der Oberfläche bestanden aus Schill (v.a. Schalen von *Ensis*, *Cerastoderma* und *Spisula*) und Kiesen. Auch diese Substrate stellen ein potenzielles Siedlungssubstrat für sessile Wirbellose oder bieten kleinen vagilen Tieren Versteckmöglichkeiten. Ein Teil des anstehenden Schills war mit v.a. Hydrozoa bewachsen; andere Bereiche waren mit einer dünnen Sedimentschicht überzogen und waren unbesiedelt. Auch hier fehlte im Rahmen des Auftrages die Zeit für eine genaue Analyse der Besiedlung bzw.

¹ https://www.noah-project.de/work_areas/index.php.de#tab-0

Bedeckung dieser kleineren Hartsubstrate. Der Meeresboden war größtenteils eben, lokal kamen kleinere Rippelflächen vor, was auf strömungsinduzierte Umlagerungsprozesse hinweist.

4.2 Faunistische Besiedlung

4.2.1 Gesamtartenspektrum

Die benthische Wirbellosenfauna und die Fischfauna wurde im Juni 2020 mit insgesamt 128 Taxa erfasst (Tab. 1). Entsprechend der in Kap. 3.4.1) beschriebenen Herangehensweise zur Ermittlung der Artenzahl kamen im Untersuchungsgebiet 102 Arten vor, wovon 6 Arten der Fischfauna und 96 Arten der Wirbellosenfauna zugerechnet werden. Das Gros der Arten (90) hat eine epibenthische Lebensweise, während 9 Arten der Infauna zuzuordnen sind (* in Tab. 1). Diese Infauna-Arten wurden alle als Juvenile bzw. Brut angetroffen, die zwischen Hydrozoa siedelten.

Das Artenspektrum der Wirbellosen umfasste vagile, hemisessile und sessile Arten aus 10 Tierstämmen. Die artenreichste Gruppe waren Arthropoda (23 Arten) und Polychaeten (16 Arten). Die Arthropoda setzten sich aus sessilen Cirripedia, Amphipoda, Decapoda und Pycnogonida zusammen. Die Amphipoda bestanden bis auf die vagilen Caprellidae aus röhrenbauenden (hemisessilen) Arten. Unter den Polychaeten vereinen sich Arten wie z.B. *Harmothoe*, *Phyllodoce*, *Eteone*, *Gattyana* und *Eulalia*, die sowohl im Sediment leben als auch als Jäger häufig auf der Oberfläche angetroffen werden. Hierauf folgten die sessil lebenden Gruppen Hydrozoa (13 Arten) und Bryozoa (12 Arten). Gastropoda und Echinodermata bestanden aus je 7 Arten, Bivalvia aus 6 Arten und Porifera und Anthozoa aus je 5 Arten. Die Ascidiacea und Entoprocta kamen mit je 1 Art vor und die Gruppe der Nemertea wurde taxonomisch nicht weiter bestimmt.

Die Fischfauna setzte sich aus demersalen Fischen zusammen, die z.T. wie Schleimfische (Blenniidae), Klippenbarsch (*Ctenolabrus rupestris*), Butterfisch (*Pholis gunnelus*) und Groppen (Cottidae) für ihre Bindung an Hartsubstratbereiche bekannt sind. Eine Unterscheidung der zwei Groppenarten (*Taurutus bubalis* und *Myoxocephalus scorpius*) war *in situ* nicht sicher durchzuführen; erfahrungsgemäß dominiert in steinreichen Gebieten der Seebull (*Taurutus bubalis*) gegenüber dem Seeskorpion. Grundeln wurden zahlreich gesichtet, sind aber ohne Laboruntersuchung ebenfalls nicht auf Artebene anzusprechen. Im Rahmen der Transektuntersuchungen wurde unter den Plattfischen nur die Scholle (*Pleuronectes platessa*) identifiziert. Es ist aber davon auszugehen, dass weitere Plattfischarten vorkommen, da während der Arbeiten für den Kurzfilm Rotzungen (*Microstomus kitt*) gesichtet wurden.

Im Untersuchungsgebiet wurden bis auf die Bryozoe *Smittoidea prolifera* keine Neozoa erfasst.

Tab. 1: Artenliste der mit den unterschiedlichen Methoden erfassten Fauna im Juni 2020.
 Methode: MT: Megafauna-Transekt (in situ-Zählung), VT: Videotransekt (Auswertung), ÜF+RF = Überblick- und Rahmenfotos, KP = Kratzproben
 RL-Kat: nach RACHOR et al. (2013)
 *= Infauna-Arten, ⁿ = Neozoon

| Systematik | Taxon/Art | RL-Kat | Mobilität | MT | VT | ÜF+RF | KP |
|----------------------------|--|--------|------------|----|----|-------|----|
| Porifera | | | | | | | |
| Leucosoleniidae | <i>Leucosolenia</i> spp. | | sessil | | | X | |
| Leucosoleniidae | <i>Leucosolenia variabilis</i> | R | sessil | | | | X |
| Sycettidae | <i>Sycon ciliatum</i> | | sessil | | | | X |
| Sycettidae | <i>Sycon</i> spp. | | sessil | | | X | |
| Chalinidae | <i>Haliclona (Haliclona) oculata</i> | | sessil | | | X | |
| Halichondriidae | <i>Halichondria (Halichondria) panicea</i> | G | sessil | | | | X |
| Halichondriidae | <i>Halichondria</i> spp. | | sessil | | | X | |
| Suberitidae | <i>Suberites ficus</i> | R | sessil | | | | X |
| Suberitidae | <i>Suberites</i> spp. | | sessil | | | X | |
| | Porifera indet. | | sessil | | X | | |
| Cnidaria - Hydrozoa | | | | | | | |
| Bougainvilliidae | Bougainvilliidae indet. | | sessil | | | | X |
| Campanulariidae | <i>Clytia hemisphaerica</i> | | sessil | | | | X |
| Campanulariidae | <i>Obelia bidentata</i> | | sessil | | | | X |
| Campanulariidae | <i>Obelia dichotoma</i> | | sessil | | | | X |
| Campanulariidae | <i>Obelia geniculata</i> | | sessil | | | | X |
| Campanulariidae | <i>Obelia longissima</i> | | sessil | | | | X |
| Campanulariidae | <i>Obelia</i> spp. | | sessil | | | X | X |
| Campanulinidae | <i>Calycella syringa</i> | | sessil | | | | X |
| Campanulinidae | <i>Calycella</i> spp. | | sessil | | | X | |
| Corynidae | <i>Sarsia</i> spp. | | sessil | | | | X |
| Eudendriidae | <i>Eudendrium</i> spp. | | sessil | | | | X |
| Haleciidae | <i>Halecium halecinum</i> | R | sessil | | | | X |
| Haleciidae | <i>Halecium</i> spp. | | sessil | | | X | X |
| Hydractiniidae | <i>Podocoryna borealis</i> | | sessil | | | | X |
| Lovenellidae | <i>Eucheilota maculata</i> | | sessil | | | | X |
| Sertulariidae | <i>Sertularia cupressina</i> | G | sessil | | | X | X |
| | Hydrozoa indet. | | sessil | | | X | |
| Cnidaria - Anthozoa | | | | | | | |
| Alcyoniidae | <i>Alcyonium digitatum</i> | 3 | sessil | | | X | |
| Metridiidae | <i>Metridium senile</i> | G | hemisessil | | | X | X |
| Sagartiidae | <i>Sagartia troglodytes</i> | | hemisessil | | | | X |
| Sagartiidae | <i>Sagartiogeton (Actinothoe) undatus</i> | 3 | hemisessil | | | X | |
| Sagartiidae | <i>Sagartia</i> spp. | | hemisessil | | | X | |
| | Anthozoa indet. | | hemisessil | | | | X |

| Systematik | Taxon/Art | RL-Kat | Mobilität | MT | VT | ÜF+RF | KP |
|------------------------------|--|--------|------------|----|----|-------|----|
| Entoprocta | | | | | | | |
| Pedicellinidae | <i>Pedicellina cernua</i> | | sessil | | | | X |
| Bryozoa | | | | | | | |
| Alcyonidiidae | <i>Alcyonidium parasiticum</i> | G | sessil | | | | X |
| Arachnidiidae | <i>Arachnidium fibrosum</i> | | sessil | | | | X |
| Bugulidae | <i>Bugulina flabellata</i> | | sessil | | | | X |
| Candidae | <i>Scrupocellaria</i> spp. | | sessil | | | | X |
| Electridae | <i>Conopeum reticulum</i> | | sessil | | | | X |
| Electridae | <i>Electra pilosa</i> | | sessil | | | | X |
| Farrellidae | <i>Farrella repens</i> | | sessil | | | | X |
| Flustridae | <i>Flustra foliacea</i> | | sessil | | X | X | |
| Smittinidae | <i>Smittoidea prolifica</i> ^a | | sessil | | | | X |
| Vesiculariidae | <i>Amathia gracilis</i> | | sessil | | | | X |
| Crisiidae | <i>Crisia eburnea</i> | | sessil | | | | X |
| Crisiidae | <i>Filicrisia geniculata</i> | | sessil | | | | X |
| | Bryozoa indet. | | sessil | | | X | |
| Nemertea | | | | | | | |
| | Nemertea indet. | | vagil | | | | X |
| Annelida - Polychaeta | | | | | | | |
| Nereididae | <i>Nereis</i> spp. | | vagil | | | | X |
| Oweniidae | <i>Owenia fusiformis</i> * | | hemisessil | | | | X |
| Phyllodocidae | <i>Eteone</i> spp.* | | vagil | | | | X |
| Phyllodocidae | <i>Eulalia cf. viridis</i> | | vagil | | | | X |
| Phyllodocidae | <i>Eulalia</i> spp. | | vagil | | | | X |
| Phyllodocidae | <i>Phyllodoce</i> spp. | | vagil | | | | X |
| Polynoidae | <i>Gattyana cirrhosa</i> | | vagil | | | | X |
| Polynoidae | <i>Harmothoe clavigera</i> | | vagil | | | | X |
| Polynoidae | <i>Harmothoe impar</i> | | vagil | | | | X |
| Polynoidae | <i>Harmothoe</i> spp. | | vagil | | | | X |
| Polynoidae | <i>Lepidonotus squamatus</i> | | vagil | | | | X |
| Sabellariidae | <i>Sabellaria spinulosa</i> | 2 | hemisessil | | | | X |
| Serpulidae | Serpulidae indet. | | hemisessil | | | X | |
| Spionidae | <i>Dipolydora coeca</i> | | hemisessil | | | | X |
| Syllidae | <i>Eusyllis blomstrandii</i> | | hemisessil | | | | X |
| Syllidae | <i>Myrianida</i> spp. | | hemisessil | | | | X |
| Syllidae | <i>Syllis gracilis</i> | R | hemisessil | | | | X |
| Syllidae | Syllidae indet. | | hemisessil | | | | X |
| Terebellidae | <i>Lanice conchilega</i> * | | hemisessil | | | | X |
| Terebellidae | Terebellidae indet.* | | | | | | X |

| Systematik | Taxon/Art | RL-Kat | Mobilität | MT | VT | ÜF+RF | KP |
|--------------------------------|---|--------|------------|----|----|-------|----|
| Mollusca - Bivalvia | | | | | | | |
| Anomiidae | <i>Heteranomia squamula</i> | 0 | sessil | | | | X |
| Cardiidae | <i>Acanthocardia aculeata</i> | | vagil | | | | X |
| Myidae | <i>Mya</i> spp.* | | hemisessil | | | | X |
| Mytilidae | <i>Mytilus edulis</i> (juv.) | | hemisessil | | | | X |
| Semelidae | <i>Abra alba</i> * | | vagil | | | | X |
| Veneridae | <i>Venerupis</i> cf. <i>corrugata</i> * | | vagil | | | | X |
| | Bivalvia indet. | | | | | | X |
| Mollusca - Gastropoda | | | | | | | |
| Dendronotidae | <i>Dendronotus frondosus</i> | | vagil | | | | X |
| Dotidae | <i>Doto</i> cf. <i>coronata</i> | | vagil | | | | X |
| Dotidae | <i>Doto</i> spp. | | vagil | | | | X |
| Epitoniidae | <i>Epitonium clathratulum</i> | | vagil | | | | X |
| Eubranchiidae | <i>Eubranchus</i> spp. | | vagil | | | | X |
| Onchidorididae | <i>Onchidoris muricata</i> | 0 | vagil | | | | X |
| Rissoidae | <i>Pusillina inconspicua</i> | | vagil | | | | X |
| Tergipedidae | <i>Tergipes tergipes</i> | | vagil | | | | X |
| | Nudibranchia indet. | | vagil | | | | X |
| Arthropoda - Cirripedia | | | | | | | |
| Balanidae | <i>Balanus crenatus</i> | | sessil | | | | X |
| Verrucidae | <i>Verruca stroemia</i> | | sessil | | | | X |
| | <i>Balanomorpha</i> | | sessil | | | X | |
| Arthropoda - Amphipoda | | | | | | | |
| Aoridae | <i>Aora gracilis</i> | | hemisessil | | | | X |
| Caprellidae | <i>Pariambus typicus</i> | | vagil | | | | X |
| Caprellidae | <i>Pseudoprotella phasma</i> | | vagil | | | | X |
| Corophiidae | <i>Monocorophium acherusicum</i> | | hemisessil | | | | X |
| Ischyroceridae | <i>Jassa falcata</i> | | hemisessil | | | | X |
| Ischyroceridae | <i>Jassa</i> spp. | | hemisessil | | | | X |
| Melitidae | <i>Melita</i> spp. | | hemisessil | | | | X |
| Microprotopidae | <i>Microprotopus maculatus</i> | | hemisessil | | | | X |
| Photidae | <i>Photis reinhardi</i> | | hemisessil | | | | X |
| Stenothoidae | <i>Stenothoe marina</i> | | hemisessil | | | | X |
| Stenothoidae | <i>Stenothoe monoculoides</i> | R | hemisessil | | | | X |
| Arthropoda - Decapoda | | | | | | | |
| Cancridae | <i>Cancer pagurus</i> | | vagil | X | X | X | X |
| Crangonidae | <i>Crangon crangon</i> | | vagil | | | | X |
| Hippolytidae | <i>Hippolyte varians</i> | | vagil | | | | X |
| Inachidae | <i>Macropodia</i> spp. | | vagil | X | X | | |
| Nephropidae | <i>Homarus gammarus</i> | 2 | vagil | X | X | X | |
| Paguridae | Paguridae indet. | | vagil | | | | X |

| Systematik | Taxon/Art | RL-Kat | Mobilität | MT | VT | ÜF+RF | KP |
|---------------------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Paguridae | <i>Pagurus bernhardus</i> | | vagil | X | X | | |
| Pilumnidae | <i>Pilumnus hirtellus</i> | 3 | vagil | | | | X |
| Polybiidae | <i>Liocarcinus</i> spp. | | vagil | X | X | X | |
| Polybiidae | <i>Necora puber</i> | | vagil | X | X | | |
| Arthropoda - Pycnogonida | | | | | | | |
| Ammotheidae | <i>Achelia echinata</i> | | vagil | | | | X |
| Nymphonidae | <i>Nymphon brevirostre</i> | | vagil | | | | X |
| Echinodermata | | | | | | | |
| Asteriidae | <i>Asterias rubens</i> | | vagil | | | X | X |
| Loveniidae | <i>Echinocardium cordatum</i> * | | vagil | | | | X |
| Loveniidae | <i>Echinocardium</i> spp.* | | vagil | | | | X |
| Parechinidae | <i>Psammechinus miliaris</i> | | vagil | | | | X |
| Amphiuridae | <i>Amphipholis squamata</i> | | vagil | | | | X |
| Amphiuridae | <i>Amphiura</i> spp.* | | vagil | | | | X |
| Ophiotrichidae | <i>Ophiothrix fragilis</i> | | vagil | | | | X |
| Ophiuridae | <i>Ophiura</i> spp. | | vagil | | | | X |
| | Ophiuroidea indet. | | vagil | | | | X |
| Chordata - Ascidiacea | | | | | | | |
| Polyclinidae | <i>Polyclinum aurantium</i> | R | sessil | | | | X |
| Polyclinidae | Polyclinidae indet. | | sessil | | | X | |
| Chordata - Pisces | | | | | | | |
| Blenniidae | Blenniidae indet. | | vagil | X | | | |
| Callionymidae | <i>Callionymus lyra</i> | | vagil | X | X | | |
| Cottidae | <i>Taurutus bubalis</i> / <i>Myoxocephalus scorpius</i> ² | | vagil | X | | | |
| Labridae | <i>Ctenolabrus rupestris</i> | | vagil | X | X | | |
| Pleuronectidae | <i>Pleuronectes platessa</i> | | vagil | X | | | |
| Pholidae | <i>Pholis gunellus</i> | | vagil | X | X | | |
| | Pisces indet. | | vagil | | | X | X |
| Σ Phyla: 10 | Σ Taxa: 128 | | | 12 | 11 | 24 | 101 |
| | Σ Arten: 101 | 17 | | 12 | 11 | 12 | 86 |

² Beide Arten kommen im Gebiet vor, konnten aber *in situ* und auf den Videoaufnahmen nicht eindeutig bestimmt werden. Für die Ermittlung der Gesamtartenzahl wurden sie als eine Art gezählt.

4.2.2 Arten der Roten Liste

Es wurden 17 Arten der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) angetroffen.

Die Kleine Sattelmuschel *Heteranomia squamula* und die Nachtschnecke *Onchidoris muricata* wiesen den höchsten Gefährdungsgrad 0 (ausgestorben oder verschollen) auf. Nach unserer Erfahrung werden diese Art und andere Vertreter der Familie Anomiidae wahrscheinlich häufig übersehen. Wir finden sie regelmäßig in den vorderen Bereichen von großen Wellhornschnecken-Gehäusen, die von *Pagurus bernhardus* bewohnt sind. BRADSHAW et al. (2003) verweisen auf die Funktion von Hydrozoa-Stöcken als Ansiedlungssubstrat für Anomiidae. *Onchidoris muricata* ist in der AWZ ebenfalls häufiger im Epibenthos vertreten und auch für den niederländischen Teil des Borkum Riffgrundes beschrieben (COOLEN et al. 2015). Von DEDERER et al. (2015) wurde die Art im Helgoländer Steingrund nachgewiesen.

Die Sandkoralle *Sabellaria spinulosa* (Polychaeta) und der Europäische Hummer *Homarus gammarus* kamen mit dem Gefährdungsgrad 2 (stark gefährdet) vor. Die Witwenrose *Sagartiogeton (Actinothoe) undatus* (Anthozoa). Die Tote Mannshand *Alcyonium digitatum* (Anthozoa) und die Europäische Borstenkrabbe *Pilumnus hirtellus* (Crustacea) besitzen den Gefährdungsgrad 3 (gefährdet). Insgesamt vier Arten kamen mit dem Gefährdungsgrad G (Gefährdung unbekanntes Ausmaßes) vor: Der Brotkrumenschwamm (*Halichondria (Halichondria) panicea* (Porifera)), das Seemoos *Sertularia cupressina*, die Seenenke *Metridium senile* und die Bryozoe *Alcyonidium parasiticum*. Fünf Arten sind aufgrund ihrer geographischen Restriktion selten (Kat. R): Die Schwämme *Leucosolenia variabilis* und *Suberites ficus*, die Hydrozoe *Halecium halecinum*, die Seescheide *Polyclinum aurantium*, der Polychaet *Syllis gracilis* und der Amphipode *Stenothoe monoculoides*.

Die Abundanz bzw. Häufigkeit der Roten Liste Arten war unterschiedlich. Während *Heteranomia squamula* ein Einzelfund war, kam *Onchidoris muricata* in drei Kratzproben vor. *Sabellaria spinulosa* kam mit juvenilen Einzeltieren vor. Biogene Riffe dieser Art traten nicht auf. Hummer wurden regelmäßig im Untersuchungsgebiet gesichtet. Ebenso traten alle sessilen Aufwuchsarten regelmäßig bzw. sogar dominant (s.u.) auf.

4.2.3 Struktur- und habitatbildende Arten

Im Untersuchungsgebiet traten mehrere Arten auf, die hinsichtlich der Frequenz, des Bedeckungsgrades und der Biomasse die Epifauna dominierten. Da sie durch ihre aufrechte verzweigte Lebensweise die Heterogenität des Lebensraumes deutlich erhöhen (strukturbildend), können solche Arten potenziell als ecosystem engineer³ *sensu* JONES et al. (1994) fungieren. Als habitatbildend werden innerhalb dieses Berichtes Arten bezeichnet, die weiteren sessilen oder vagilen Sekundärbesiedlern einen Siedlungsraum bieten. Während der Taucharbeiten und auf den Videos bzw. Fotos waren diese Arten/Taxa aufgrund ihrer Größe und Wuchsform deutlich zu erkennen und zu identifizieren.

³ Definition: The creation, destruction, or modification of habitats and/or modulation of the availability of resources to other species by organisms (JONES et al. 1994)

Porifera: Im Gebiet kamen zwei Schwammarten (*Halichondria (Halichondria) panicea* und *Suberites ficus*) regelmäßig vor, die aufgrund ihrer Größe und Wuchsform aufragende, dreidimensionale Strukturen ausbildeten.

H. panicea stellte die bei weitem häufigste Schwammart im Untersuchungsgebiet dar und kam in unterschiedlichen Wuchsformen vor, die sowohl kissenartige Überzüge als auch hochwachsende Kolonien beinhalteten. Die vorherrschende Wuchsform im Untersuchungsgebiet war meist flächig; an wenigen Stellen auch deutlich hochgewachsen mit Kolonien von ca. 20 cm Höhe. *H. panicea* war lokal eine der bestandsbildenden Arten auf den Steinen: In Abb. 8 ist ein großer Stein dargestellt, der überwiegend von Schwämmen (*H. panicea*) überwachsen ist. Auf großen Steinen besiedelte *H. panicea* überwiegend die Seitenbereiche. Die größten Kolonien erreichen in der Fläche etwa einen Durchmesser von 80 cm. Je größer der Block, desto eher waren große Schwämme anzutreffen und desto ausgeprägter war die Schwammkolonie. PEATTIE & HOARE (1981) beschreiben für die Atlantikküste von Wales eine diverse Begleitfauna von *H. panicea*. Viele der für Wales beschriebenen Begleitarten waren auch in dieser Untersuchung anzutreffen.

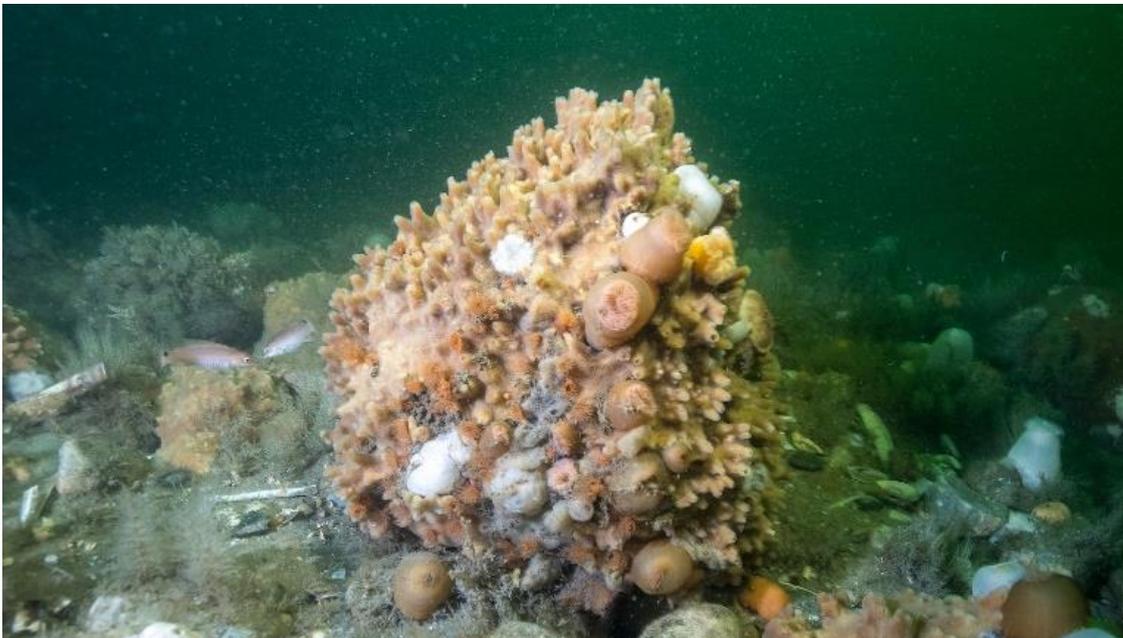


Abb. 8: Ein vollständig bewachsener großer Stein auf Transekt 1, der von *Halichondria (Halichondria) panicea* als dominante Art besiedelt ist.

Foto: submaris

Suberites ficus bzw. *Suberites* spp. war regelmäßig im Gebiet anzutreffen, dominierte aber in keinem Abschnitt eines Transektes die sessile Fauna (Abb. 9). Die einzelnen Kolonien waren aber z.T. sehr groß (ca. 10-20 cm).



Abb. 9: Großer Schwamm der Gattung *Suberites* auf Transekt 1 / Abschnitt 13 m.
Foto: submaris, Screenshot Video

Die übrigen Schwämme (*Leucosolenia variabilis*, *Haliclona (Haliclona) oculata*, *Sycon ciliatum*) können durch ihre Wuchsform zwar ebenfalls die Heterogenität des Siedlungsraumes erhöhen, sie waren aber kleiner und nur lokal (unregelmäßig) vertreten.

Hydrozoa: In dieser Untersuchung kamen drei größere Taxa/Arten vor, die aufgrund ihrer aufrechten Wuchsform als Strukturbildner fungieren (Abb. 10). Weit verbreitet und in jedem Transekt auffindbar waren hoch aufwachsende Hydrozoa wie *Sertularia cupressina*, *Halecium halecinum* und verschiedene *Obelia*-Arten. Tendenziell kamen Hydrozoen eher auf den kleineren Steinen vor, auf den großen verloren sie ihre Dominanz gegenüber *Metridium senile* und *Halichondria (Halichondria) panicea*. Die Kolonien erreichten eine maximale Höhe von >20 cm und eine maximale Ausdehnung von 40-50 cm.

Die genannten Arten bieten vielen kleineren Arten einen Lebens-, Laich- und Nahrungsraum sowie Versteckmöglichkeiten (habitatbildend). Die Interaktionen zwischen Hydrozoen und anderen Organismen sind z.B. in BRADSHAW et al. (2003) und DI CAMILLO et al. (2017) beschrieben. Auch in dieser Untersuchung kamen eine Reihe von Arten vor, die wie viele Bryozoen und kleinere Hydrozoen als sekundäre Aufwuchsf fauna die Hydrozoostöcke besiedelten. Deutlich sichtbar waren oftmals dichte Bezüge von *Electra pilosa* auf *S. cupressina*. Die Nacktschnecke *Onchidoris muricata* ernährt sich von *Electra* während andere Nacktschnecken sich von den Hydroidpolypen selber ernähren und zudem die Stöcke als Ort der Eiablage nutzen. Daneben kommen viele Arthropoda (Pycnogonida, Amphipoda) und kleinere Polychaeten (Syllidae) an Hydrozoa assoziiert vor.



Abb. 10: Dichte Hydrozoa-Kolonien an Transekt 6.
Foto: submaris, Screenshot Video

Anthozoa: Die Seenelke *Metridium senile* und die Tote Mannshand *Alcyonium digitatum* waren aufgrund der Wuchsgröße, Abundanz und Biomasse dominante Arten des Gebietes.

Metridium senile besiedelte alle Formen von Hartsubstrat und kam z.T. in sehr dichten Beständen vor (Abb. 11). Neben *Sertularia cupressina* war sie die dominanteste Art des Gebietes. Einzelne Individuen hatten Größen von über 40 cm, teils überzogen sie ganze Steinoberflächen. Ähnlich wie für *Halichondria (Halichondria) panicea* beschrieben, wurde große Individuen und dichte Bestände von *M. senile* eher auf größeren Steinen angetroffen. Für *M. senile* ist nicht beschrieben, dass eine an sie assoziierte Fauna vorkommt. Gegenteilig beobachtete COOLEN et al. (2015), dass Proben, die von *M. senile* dominiert waren, weniger Arten enthielten als Proben ohne *M. senile*. Er schloss, dass *M. senile* durch Reduktion von Siedlungsraum und Larvenprädation einen negativen Einfluss auf die Artenvielfalt hat und dadurch eine Schlüsselrolle einnimmt.



Abb. 11: Eine von *Metridium senile* dominierte Besiedlung eines Steines auf Transekt 2.
Foto: submaris

Die Tote Mannshand *Alcyonium digitatum* wurde hingegen im Verlauf der Videotransekte nur selten gesichtet und dominierte in keinem Abschnitt die sessile Fauna, wie man es beispielsweise von Helgoland an Steilwänden und Canyons kennt. Nur lokal kamen einzelne Kolonien vor (Abb. 12).

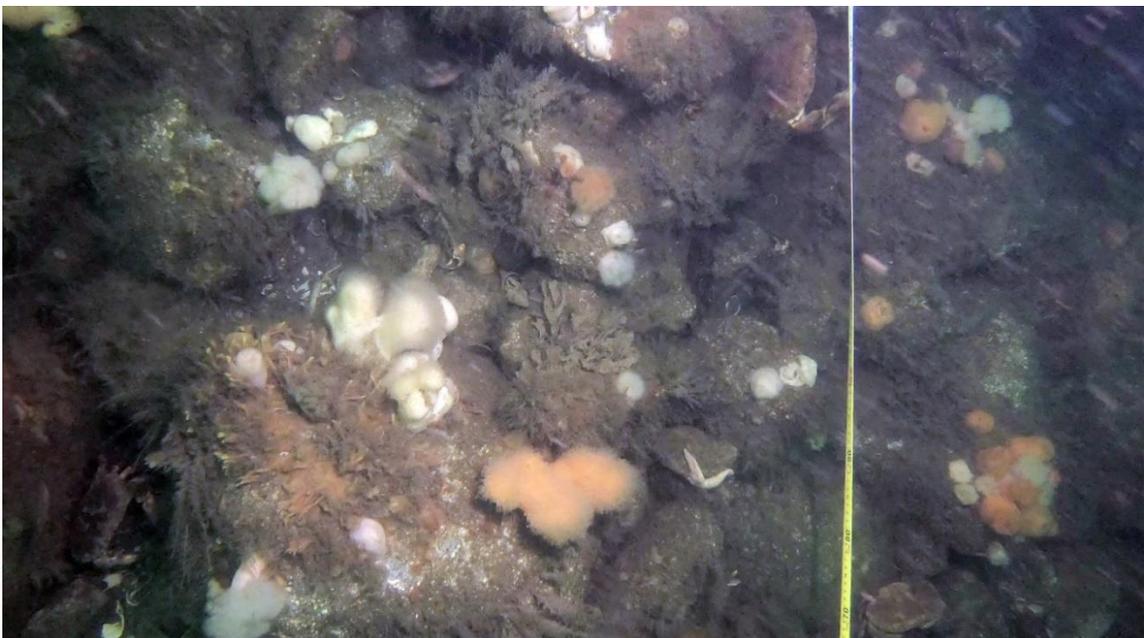


Abb. 12: Vorkommen einzelner Kolonien von *Alcyonium digitatum* (mittig) auf Transekt 5.
Foto: submaris, Screenshot Video

Bryozoa: Zu den struktur- und habitatbildenden Bryozoa gehört *Flustra foliacea*. Diese Art kam im Untersuchungsgebiet nur lokal vor; bildete dort aber große (10 cm) Kolonien aus (Abb. 13). Von *Flustra* ist ebenfalls bekannt, dass sie eine diverse Fauna beherbergt (STEBBING 1971).



Abb. 13: Solitäre Kolonie von *Flustra foliacea* (mittig) auf Transekt 1.
Foto: submaris, Screenshot Video

Für Taschenkrebse und Seespinnen scheint die höhere Nahrungsdichte zwischen den Strukturbildnern ebenfalls attraktiv zu sein. So wurden Taschenkrebse häufiger auf den Strukturbildnern sitzend in höherer Dichte angetroffen (Abb. 14).



Abb. 14: *Cancer pagurus* auf Strukturbildnern (*H. panicea*, Hydrozoa und *M. senile* im Hintergrund) auf Transekt 3.
Foto: submaris

4.2.4 Anteil / Bedeckung Hartsubstrate mit Epibenthos

Die Videoaufnahmen zeigten, dass nahezu alle Steine entlang der untersuchten Transekte besiedelt bzw. überwachsen waren; nur selten gab es kleinere Lücken. Zudem war die Oberfläche der meisten Steine vollständig besiedelt. Aufgrund des überwiegend hohen Steinvorkommens über viele Abschnitte der Transekte ist das untersuchte Gebiet insgesamt deutlich als ein von Epifauna dominiertes Gebiet einzuordnen. Die strukturbildenden Arten kommen hierbei z.T. gemeinsam auf einem Stein vor, ohne dass eine klare Dominanz einer Art zu bestimmen ist (Abb. 15). Alternativ waren Steine nur von einer Art dominant besiedelt. Jedoch wechselten sich z.B. Schwamm-Gemeinschaften mit Anthozoen- und Hydrozoen-Gemeinschaften mosaikartig auf kleinem Raum (1 m²) und auch auf größerer Skala (Transekt 20 m²) ab. Auf räumliche Unterschiede der epibenthischen Besiedlung wird detaillierter in Kap. 4.3 eingegangen.



Abb. 15: Beispiele für eine mosaikartige Verzahnung unterschiedlich besiedelter Steine am Transekt 1.
Foto: submaris, Screenshot Video

4.3 Räumliche Variabilität der Biotopausstattung

In den folgenden Kapiteln wird die räumliche Variabilität der abiotischen und biotischen Biotopausstattung beschrieben. Das Ziel ist, die räumliche Variabilität der Substrate und der epibenthischen Besiedlung mit ihren Ausprägungen für das Untersuchungsgebiet darzustellen.

4.3.1 Abiotische Variabilität: Steinvorkommen

Videotransekte

Im Rahmen der Videoauswertung wurde jeder Transekt in 1 m-Abschnitte unterteilt und jeder Meter hinsichtlich des Steinvorkommens (Bedeckung des Meeresbodens in vier Kategorien, Steingröße in drei Kategorien, vgl. Kap. 3.3) beschrieben. Die Ergebnisse der Meter-Abschnitte sind tabellarisch im Anhang „Videotransekt Ergebnisse 1 m-Abschnitte“ dargestellt. Eine zusammenfassende Charakterisierung der abiotischen Biotopausstattung ist Tab. 2 zu entnehmen.

In Abb. 16 ist die Bedeckung des Meeresbodens mit größeren Steinen (Anzahl Abschnitte mit Kat. 3) und das Vorkommen von Blöcken (Anzahl der Abschnitte mit Blockvorkommen, Kat. 3) für jeden Transekt dargestellt. Am heterogensten stellten sich die Transekte 4 und 5 dar, die sowohl Abschnitte mit reinen Sandvorkommen ohne Steine (Kat. 0) als auch lockere Steinvorkommen (Kat. 1, <10 % Bedeckung) bis hin zu dichten Steinfeldern (Kat. 3, Bedeckung >50 %) aufwiesen (Tab. 2). In den anderen Transekten war die Steinbedeckung höher und reine Sandflächen nicht zu verzeichnen. Die Anzahl der Abschnitte mit einem hohen Bedeckungsgrad (Kat. 3) an Steinen war an Transekt 3 am höchsten; hier kamen in allen 1 m-Abschnitten der Kategorie 3 vor (Abb. 16 und Tab. 2). Auch

Transekt 2 wies durchgängig hohe Bedeckungsgrade auf. In Tab. 2 ist die zusammenfassende Charakterisierung für die sechs Transekte dargestellt. Bei Mittelung der Bedeckungsgrade (Mittelwert der Kategorien) der einzelnen Abschnitte eines Transektes ergeben sich die geringsten Werte für Transekt 4 und 5 mit 1,8 bzw. 2,2 und die höchsten Werte für Transekt 3 (3,0) (Tab. 2).

Hinsichtlich der Steingrößen in den 1 m-Abschnitten gab es ebenfalls Unterschiede zwischen den Transekten (Tab. 2 und Abb. 16). Die meisten Abschnitte mit großen Steinen (Kat. 3, Blöcke > 40 cm) kamen an Transekt 2 vor (18 Abschnitte). Aber auch Transekt 3, 5 und 6 wiesen 14-15 Abschnitte auf, in denen große Steine vorkamen. An den Transekten 1 und 4 kamen Blöcke dagegen nur in 5 bzw. 6 Abschnitten vor. Kleinere Steine bis 40 cm waren aber in allen Abschnitten, die nicht als reiner Sand (Kat. 0) eingeordnet wurden. Auch Schill- und Kiese kamen als weitere Hartsubstrate in vielen Abschnitten vor, wurden jedoch im Rahmen dieser Studie nicht weiter quantifiziert.

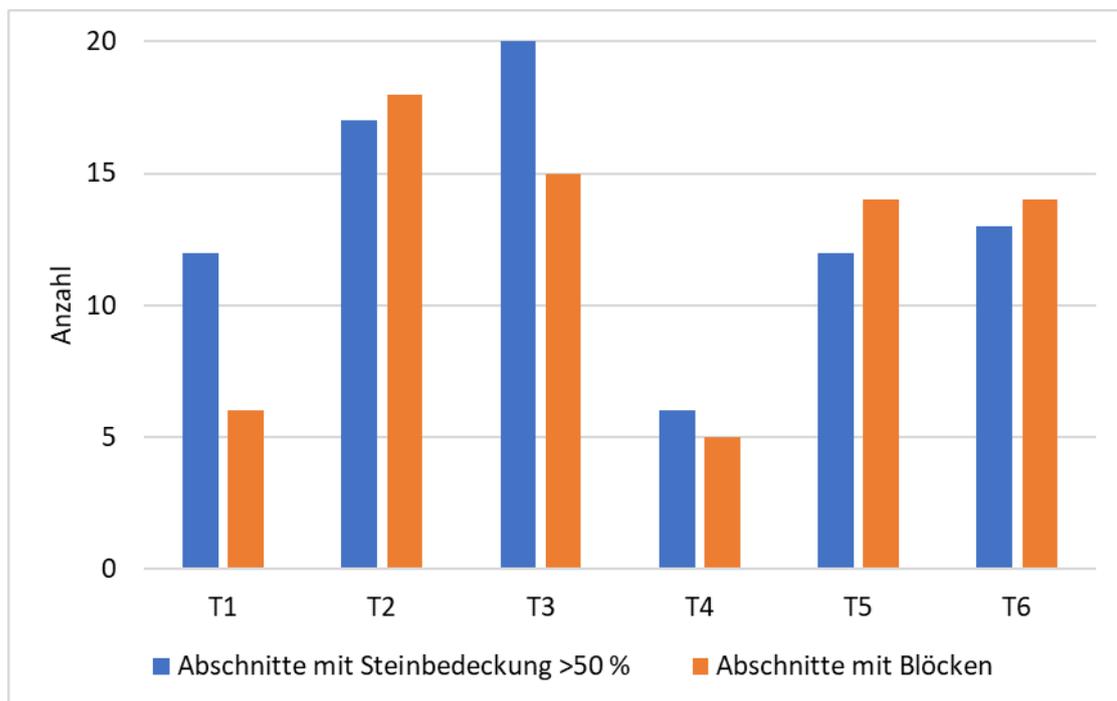


Abb. 16: Anzahl von Abschnitten mit einem hohen Bedeckungsgrad an Steinen (Kat. 3 >50 %) und Blockvorkommen (Kat. 3, Steine >40 cm).

Tab. 2: Charakterisierung der 6 Transekte hinsichtlich der abiotischen Biotopausstattung (Steinbedeckung in Kategorien, Steingröße in Kategorien, vgl. Kap. 3.3).

Die Meter-Angaben beziehen sich jeweils auf den Abschnitt in dem das Substrat auftrat

| Transekt | Position | Schwimm-Richtung | Beschreibung der abiotischen Habitatausstattung | mittlere Stein-Bedeckung (Mittel aus Kategorie/Abschnitt) | Vergabeanzahl der vier Bedeckungsgrad-Kategorien * | Vergabeanzahl der drei Steingrößen-Kategorien | Besonderheiten, Bemerkungen |
|----------|----------|------------------|--|---|---|---|---|
| T1 | SW | N | Sandgrund mit Steinen von Abschnitt 0 m bis 8 m, Kies-/Sandgrund von Abschnitt 8 m bis 20 m, Bedeckungsgrad mit Steinen durchgängig bei >10%, im mittleren Abschnitt 8 m bis 16 m durchgängig > 50%, Blöcke in 6 Abschnitten | 2,6 | Kat. 0 = 0 x Kat. 1 = 0 x Kat. 2 = 8 x Kat. 3 = 12 x | Kat. 1 = 20 x Kat. 2 = 18 x Kat. 3 = 6 x | 2 Müllteile (8 + 10 m), ein sehr großer Block (15 m) |
| T2 | NW | S | Sandgrund mit Steinen und Blöcken, Grobkies im Abschnitt 9 m bis 13 m, Schill im Abschnitt 1 m bis 9 m, Bedeckungsgrad mit Steinen im Abschnitt 13 m bis 16 m zwischen 1 und < 50%, in den restlichen Abschnitten >50 %, Blöcke in 18 Abschnitten | 2,8 | Kat. 0 = 0 x Kat. 1 = 1 x Kat. 2 = 2 x Kat. 3 = 17 x | Kat. 1 = 19 x Kat. 2 = 20 x Kat. 3 = 18 x | ein großer Block im Abschnitt 9 m |
| T3 | NW | O | Sandgrund mit Steinen und Blöcken, kein Grobkies und Schill, Bedeckungsgrad mit Steinen durchgängig >50 %, Blöcke in 15 Abschnitten | 3 | Kat. 0 = 0 x Kat. 1 = 0 x Kat. 2 = 0 x Kat. 3 = 20 x | Kat. 1 = 20 x Kat. 2 = 20 x Kat. 3 = 15 x | 2 Müllteile (4 + 17 m), 2 große Blöcke (5 + 18 m), ein Holzstück (6 m) |
| T4 | NO | S | Sandgrund mit Steinen und nur vereinzelt Blöcken, Grobkies in Abschnitt 10 m und 16-18 m, kein Schill, Bedeckungsgrad mit Steinen sehr variabel, 2 Abschnitte ohne Steine (1 m und 20 m), Bedeckung >50% im Abschnitt 2 m bis 5 m und 12 m bis 14 m, Blöcke in 5 Abschnitten | 1,8 | Kat. 0 = 2 x Kat. 1 = 6 x Kat. 2 = 6 x Kat. 3 = 6 x | Kat. 1 = 18 x Kat. 2 = 12 x Kat. 3 = 5 x | ein Holzstück (4 m) |
| T5 | NO | O | Sandgrund mit Steinen und Blöcken, Grobkies in Abschnitt 10 m bis 20 m, Schill im Abschnitt 12 m und 16 m bis 18 m, im Abschnitt 0 bis 4 m keine Steine, im Abschnitt 5 m bis 6 m 10-50 %, danach durchgängig >50 %, Blöcke in 14 Abschnitten | 2,2 | Kat. 0 = 4 x Kat. 1 = 0 x Kat. 2 = 4 x Kat. 3 = 12 x | Kat. 1 = 15 x Kat. 2 = 15 x Kat. 3 = 14 x | zwei große Blöcke (13 m) |
| T6 | SO | W | Sandgrund mit Grobkies, Steinen und Blöcken, Grobkies in Abschnitt 1 m bis 27 m, kein Schill, im Abschnitt 1 m bis 15 m fast durchgängig hohe Bedeckung >50%, im Abschnitt 16 m bis 20 m Bedeckung 10-50 %, 10-50 %, danach durchgängig >50 %, Blöcke in 14 Abschnitten | 2,65 | Kat. 0 = 0 x Kat. 1 = 0 x Kat. 2 = 7 x Kat. 3 = 13 x | Kat. 1 = 20 x Kat. 2 = 3 x Kat. 3 = 14 x | 5 Müllteile (0 + 2 + 3 + 10 m), ein großer Block (13 m), ein Holzstück (17 m) |

* pro Abschnitt wurde eine Kategorie vergeben

** pro Abschnitt wurden je nach Steingröße bis zu drei Kategorien vergeben

Ableich SideScan-Aufnahmen und Video-Aufnahmen

Hydroakustische Methoden sind bei der Erfassung von geogenen Riffen ein geeignetes Mittel, um die Struktur der abiotischen Bedingungen flächendeckend zu erfassen. Es stellt sich aber die Frage, inwieweit die anhand der SideScans erkennbaren Strukturen/Substrate am Meeresboden mit den *in situ*-Beobachtungen (Videoauswertung) übereinstimmen. In Abb. 17 und Abb. 18 ist jeweils die räumliche Überlagerung zwischen den Ergebnissen der hochaufgelösten SideScans, die nahezu zeitgleich mit den Taucharbeiten erfolgten, und den Ergebnissen der Videoanalysen dargestellt. Um das Vorkommen der Steindichte und das Vorkommen größerer Steine entlang der 1m-Abschnitte graphisch darstellen zu können, wurden die vier Kategorien der Steindichte sowie das Vorkommen großer Steine (Blöcke > 40 cm) und sehr großer Steine (100 cm) farblich bzw. symbolisch

hervorgehoben. Im SideScan entspricht jeder Kasten einer Fläche von ca. 30 x 30 cm. Dunkle flächige Bereiche sind als sandige, steinarme Bereiche zu interpretieren und helle Flecken mit großen Steinvorkommen gleichzusetzen.

Grundsätzlich bleibt festzuhalten, dass sich die Auswahl des Untersuchungsgebietes anhand der SideScans mit dem Ziel, ein Gebiet mit hohem Steinvorkommen zu beproben, durch die Felduntersuchungen bestätigte.

Es zeigt sich, dass mit einem geringen Versatz von wenigen Metern (die weißen Linien zeigen die Verortung der Taucher an), einige Substrate auf dem Meeresboden eine gute räumliche Übereinstimmung zwischen SideScan und Video aufweisen. Insbesondere an den Transekten T4 und T5, die sehr unterschiedliche Substrate aufwiesen, zeigten die Bereiche mit rein sandigen Flächen (dunkle Flächen des SideScans und weiße Quadrate an den Videotransekten) eine gute räumliche Übereinstimmung. Auch größere zusammenhängende Bereiche mit einer geringen Steinbedeckung, wie sie in den südlichen Abschnitten von Transekt 4 vorkamen, zeigen eine vergleichsweise gute Übereinstimmung zwischen beiden Methoden. Die in den Videos gesichteten Blöcke mit einer Kantenlänge von 1 Meter lassen sich an einigen Transekten (T6, T3) im SideScan ebenfalls wiederfinden (zusammenhängende weiße Zellen).

Innerhalb der Abschnitte mit einer höheren Steinbedeckung (>10 % bis vollständige Bedeckung), lassen sich die per Video festgestellten Unterschiede im SideScan nicht wiederfinden, da die Signale in einem Mix aus unterschiedlichen Grautönen verschwimmen.

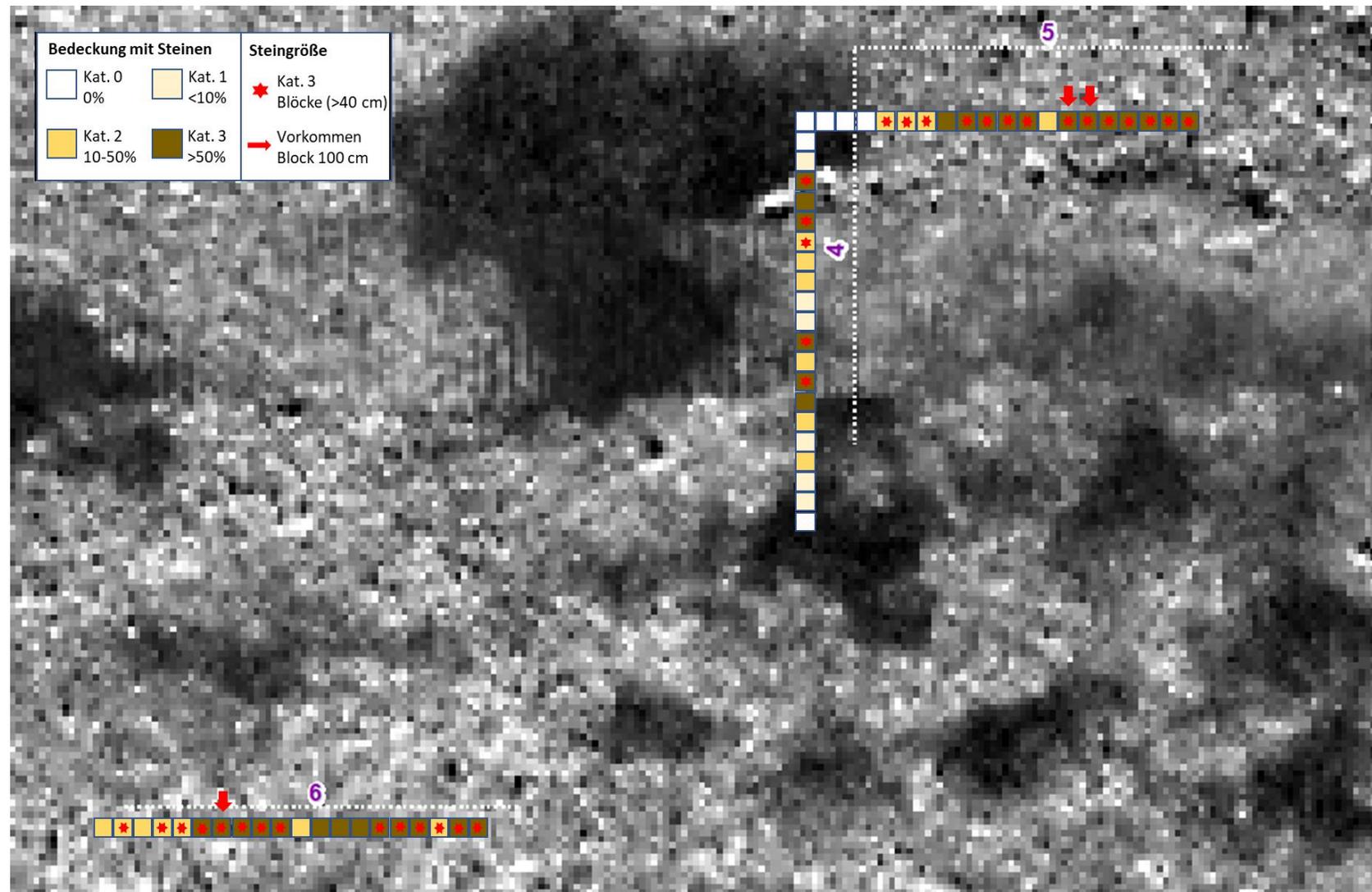


Abb. 17: Vergleich der Abiotik (Substrate) zwischen SideScan und Videoauswertung für die Transekte 4, 5 und 6. Zuordnung passender SSS-Bereiche: senkrecht = anschließender Bereich rechts der Graphik, waagrecht = anschließender Bereich unterhalb der Graphik
 Quelle SideScan: NLWKN, Forschungsstelle Küste

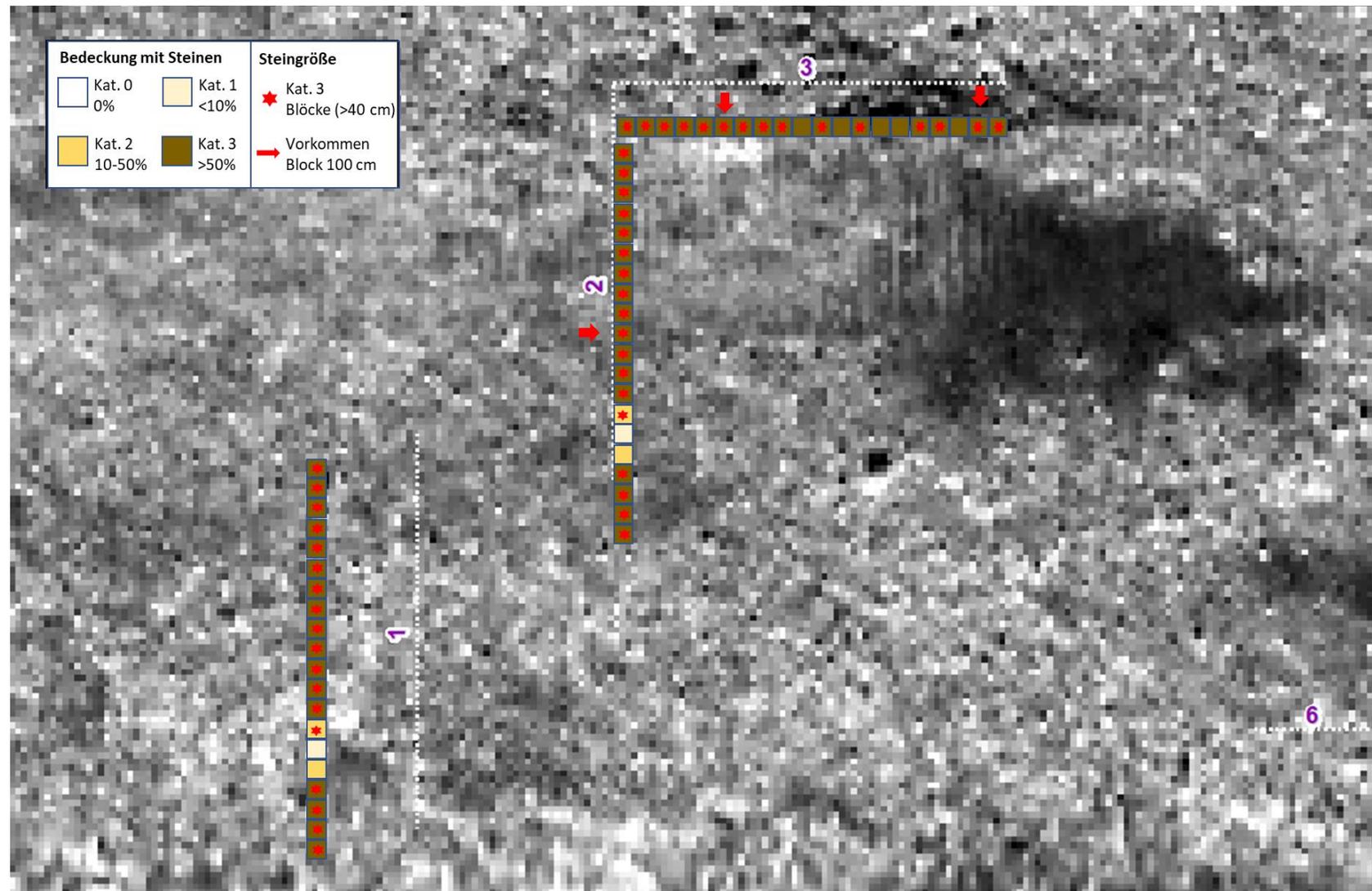


Abb. 18: Vergleich der Abiotik (Substrate) zwischen SideScan und Videoauswertung für die Transekte 1, 2 und 3.
 Zuordnung passender SSS-Bereiche: senkrecht = anschließender Bereich rechts der Graphik, waagrecht = anschließender Bereich unterhalb der Graphik
 Quelle SideScan: NLWKN, Forschungsstelle Küste

4.3.2 Biotische Variabilität: Besiedlung der Hartsubstrate

Im Folgenden wird die räumliche Variabilität der biotischen Biotopausstattung anhand univariater und multivariater Methoden beschrieben. Hierbei lassen die tauchbasierten Erfassungsmethoden entlang der Transektstrecken (Zählung der vagilen Megafauna und Videotransekte) eine flächendeckende (20 m²) und quantitative Aussage und somit auch einen Vergleich zwischen den sechs Transekten zu. Die Besiedlungsdaten, welche über die Auswertung der Überblickfotos, Rahmenfotos und Kratzproben gewonnen wurden, sind zwar auch auf eine Fläche zu beziehen und daher quantifizierbar, sie decken aber jeweils nur einen kleinen Bereich innerhalb eines Transektes ab. Zudem erfolgte die Auswahl der Positionen für Fotos und Kratzproben nicht zufällig, sondern selektiv anhand unterschiedlicher Besiedlungen. Da somit an einem Transekt auf Schwämme fokussiert wurde und an einem anderen auf Hydrozoen, ist ein räumlicher Vergleich der Besiedlung zwischen den Transekten nicht sinnvoll. Die Vielfalt der Aufwuchsfauna und die unterschiedlichen Ausprägungen im Gesamtgebiet lassen sich aber durch diese Methoden darstellen.

4.3.2.1 Vagile Megafauna

Für die Darstellung der Artenvielfalt und Abundanz der vagilen Megafauna (Tiere >10 cm, Wirbellose und Fische) werden die Daten der *in situ*-Zählungen herangezogen, da sie im Vergleich zu den Videoauswertungen nahezu durchgängig die höheren Besiedlungskennwerte aufwiesen (s. Kap. 5.3). Die Gemeinschaftsanalyse berücksichtigt sowohl die *in situ*-Zählungen als auch die Videoauswertung.

Die Artenzahlen der vagilen Megafauna an den Transekten schwankten zwischen minimal 4 Arten (Transekt 6) und maximal 9 Arten (Transekt 4) (Abb. 19). Die Gesamtabundanz variierte zwischen 18 Ind./20 m² (Transekt 2) und 56 Ind./20 m² (Transekte 5).

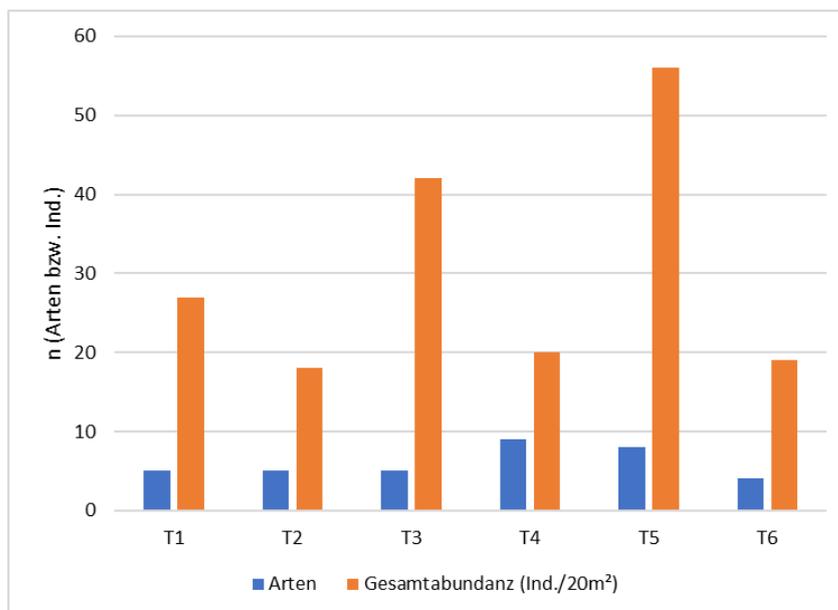


Abb. 19: Artenzahl und Gesamtabundanz (Ind./20 m²) der vagilen Megafauna (Wirbellose und Fische) an den sechs Transekten.
Ergebnisse *in situ*-Zählungen

In Abb. 20 sind die Abundanzen des Taschenkrebses (*Cancer pagurus*), des Hummers (*Homarus gammarus*) und des Klippenbarsches (*Ctenolabrus rupestris*) an den einzelnen Transekten dargestellt. Diese drei Arten dominierten die vagile Megafauna. Taschenkrebse wurden mit einer gegenüber den anderen Transekten überdurchschnittlich hohen Gesamtabundanz an den Transekten 3 (24 Ind.) und 5 (56 Ind.) beobachtet. Hummer kamen mit 3 Individuen etwas zahlreicher an den Transekten 2 und 3 vor und Klippenbarsche waren an den Transekten 3 und 5 in höheren Anzahlen zu sehen.

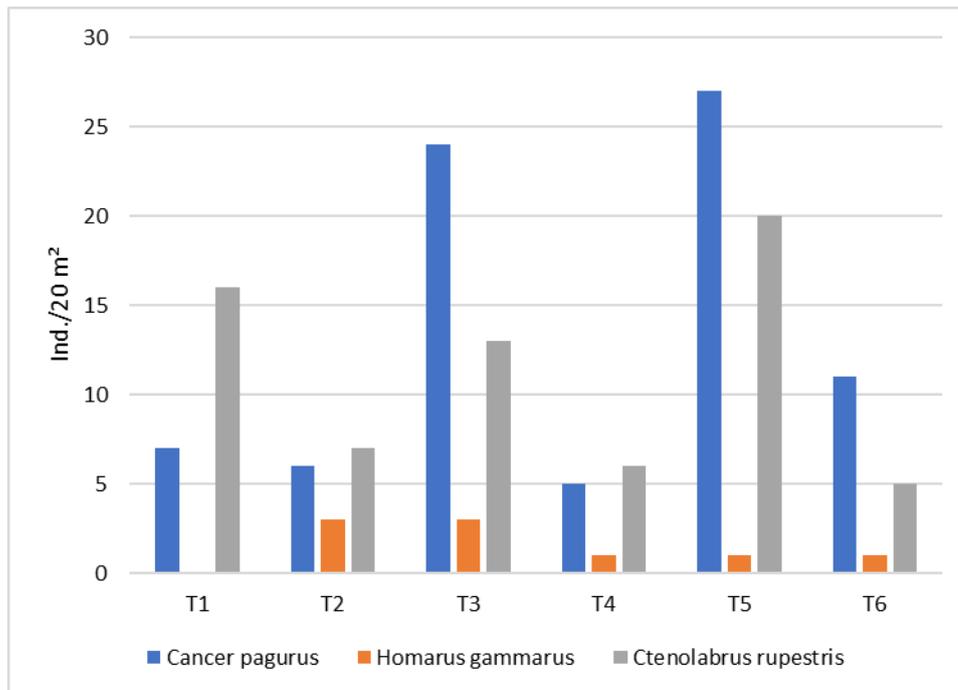


Abb. 20: Gesamtabundanz (Ind./20 m²) von Taschenkrebsen (*Cancer pagurus*), Hummern (*Homarus gammarus*) und Klippenbarsch (*Ctenolabrus rupestris*) an den sechs Transekten. Ergebnisse *in situ*-Zählungen

In Abb. 21 ist die Ähnlichkeit der Arten-Abundanzstruktur der vagilen Megafauna an den sechs Transekten im methodischen Vergleich (in situ-Zählung versus Video-Erfassung) als MDS-Plot dargestellt. Es zeigt sich, dass keine deutliche Gruppierung auf Basis der Methoden erfolgt, sodass Unterschiede der erfassten Arten und Abundanzen nicht grundsätzlich auf methodische Aspekte (z.B. Verschlebung der Tiere durch Taucher) zurückzuführen sind. Andererseits findet auch keine klare räumliche Gruppierung z.B. anhand der Lage eines Transektes im Raum statt. Nur z.T. werden die zwei Datenpaare aus Video und *in situ*-Zählung desselben Transektes im Plot in räumlicher Nähe zueinander angeordnet.

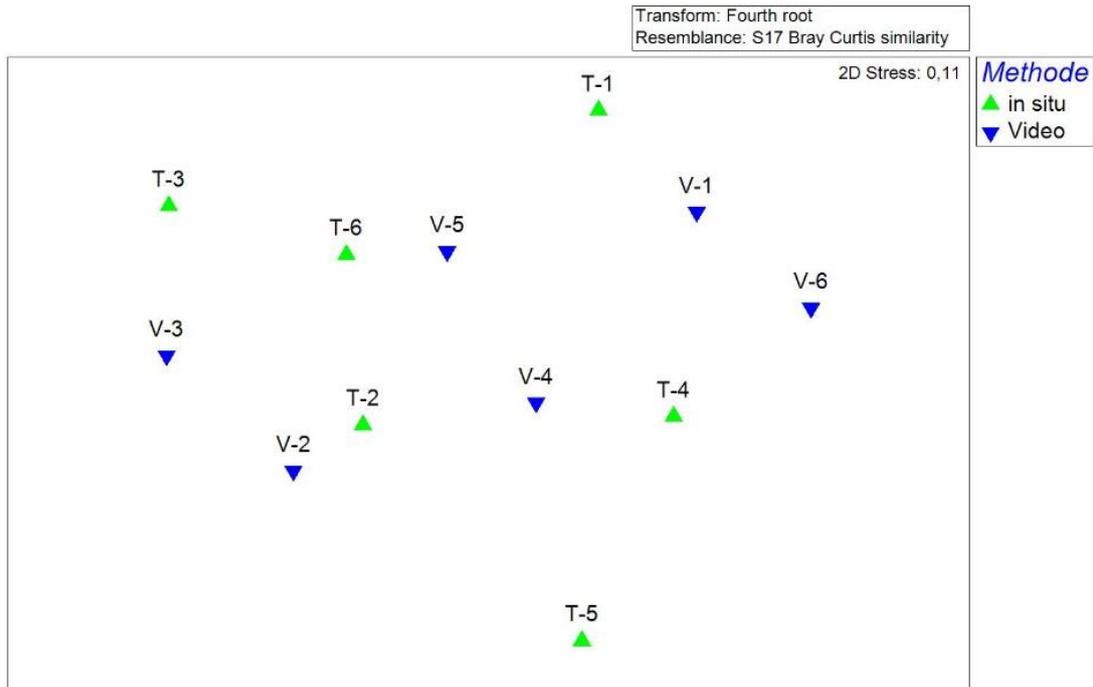


Abb. 21: MDS-Plot auf Basis der Arten-Abundanzstruktur vagiler Megafauna.

4.3.2.2 Bedeckung der Hartsubstrate mit Epifauna

Im Folgenden wird die räumliche Variabilität der Epifauna (Zählung Arten vgl. Kap. 3.4.1) auf den Hartsubstraten (Steinen) anhand der Videoauswertungen der Transekte, der Auswertung der Fotos (Überblick- und Rahmenfotos) und Kratzfotos beschrieben.

Videoauswertung

Die Bedeckung der Hartsubstrate mit Epifauna entlang der sechs untersuchten Transekte war durchgängig als sehr hoch zu bezeichnen, da es zum einen nahezu keine unbesiedelten Steine gab und zum anderen der Bedeckungsgrad der Steine in den meisten Abschnitten eines Transektes bei >50 % lag (vgl. Kap 4.3.1). In Abb. 22 ist der Bedeckungsgrad (Kategorie) der Steine mit Epifauna für jeden Transekt als Mittelwert der Kategorie-Nummern aus den jeweils 20 1 m-Abschnitten dargestellt. Dies verdeutlicht, dass an den Transekten 1, 2 und 3 nahezu durchgängig die Kategorie 3 (Bedeckungsgrad von >50 %) vergeben wurde. Lediglich an Transekt 4 wurde die Bedeckung der Steine mit Epifauna überwiegend in die Kategorie 2 eingeordnet. Die Werte für die einzelnen Abschnitte eines Transektes sind Tab. 11 im Anhang zu entnehmen.

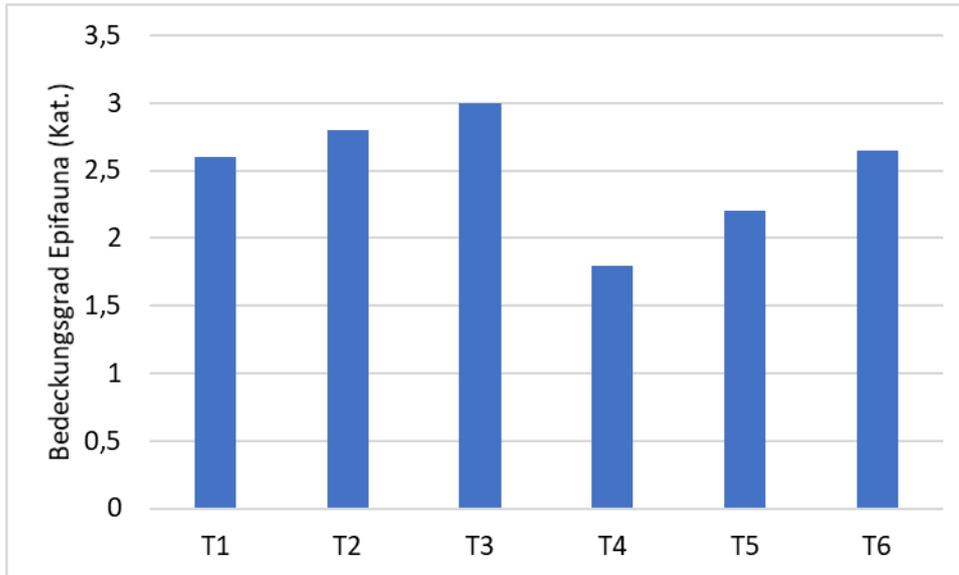


Abb. 22: Mittlere Bedeckung der Hartsubstrate (Steine) mit Epifauna.
Mittelwert der Kategorie-Nummer (1-3) aus den 20 1 m-Abschnitten pro Transekt
Kat. 1 = <10 % Bedeckung, Kat 2 = 10-50 % Bedeckung, Kat 3: >50 % Bedeckung

Fotos (Überblicks- und Rahmenfotos)

Von den insgesamt 18 sessilen Epifaunaarten (v.a. größere Strukturbildner), die mit den Fotos im Untersuchungsgebiet bestimmt wurden, variierte die Artenzahl an den 12 Positionen des Gebietes zwischen minimal 5 Arten (T4-2, T6-2) und maximal 12 Arten (T3-2) (Abb. 23). Auf Ebene der Transekte waren durchgängig hohe Artenzahlen am Transekt 3 (Mittel 11 Arten) vertreten.

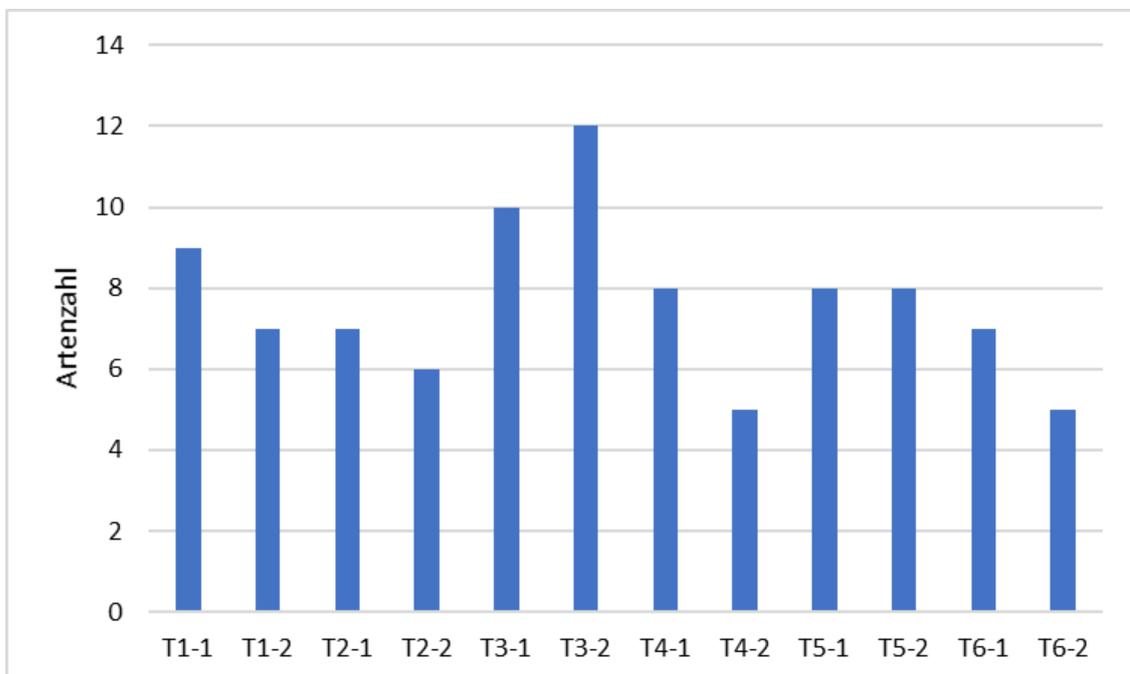


Abb. 23: Artenzahl sessiler Epifauna, die anhand der Überblicksfotos / Rahmenfotos an den 12 Positionen (6 Transekte) identifiziert wurde.
Betrachtete Fläche: Überblicksfotos ca. 4 m², Rahmenfotos 625 cm²

Der Bedeckungsgrad der Steine, den die sessile Epifauna (v.a. Strukturbildner) auf der 25 x 25 cm großen Fläche (Rahmenfoto) einnahm, wurde für jede Art abgeschätzt. Abb. 24 verdeutlicht, dass die Besiedlung der Steine im untersuchten Gebiet sehr variabel ausgeprägt ist wie auch schon anhand der Bilder in Kap. 4.2.3 verdeutlicht. Die Besiedlung kann sowohl eine sehr artenreiche Bedeckung aufweisen (z.B. T1-1 und T5-1) als auch dominant von einer Art besiedelt sein (T4-1, T4-2, T6-2).

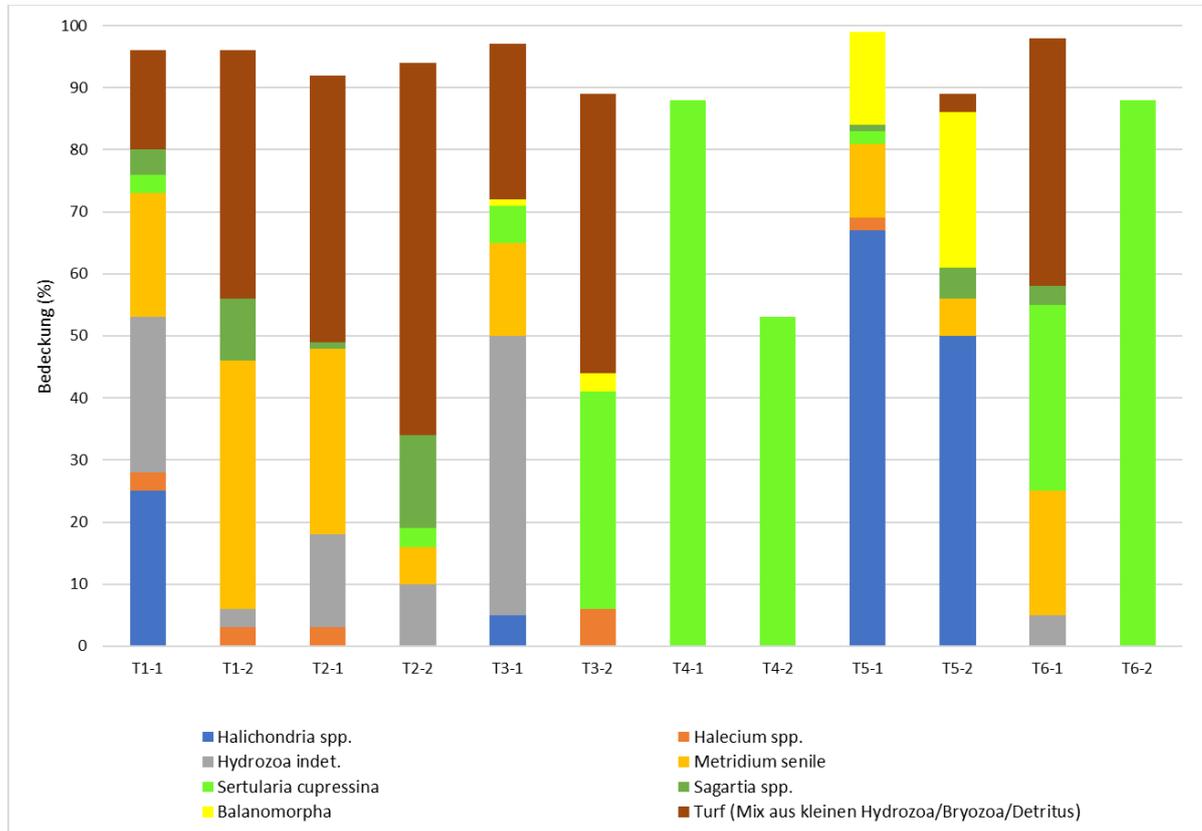


Abb. 24: Absolute Bedeckungsgrade der dominanten Arten (>5 % Bedeckung an einem Standort) an den 12 Positionen (6 Transekte).
Betrachtete Fläche: Rahmenfotos 625 cm²

Kratzproben

In Abb. 25 sind die Artenzahlen der mit den Kratzproben erfassten Fauna für die 12 Positionen dargestellt. Die Artenzahlen variierten zwischen minimal 14 Arten (T2-1) und maximal 40 Arten (T3-2). In jeder Kratzprobe bestand die Fauna aus diversen Tierstämmen, innerhalb derer Arten aus den Stämmen der Cnidaria (Hydrozoa und Anthozoa) sowie Bryozoa und Arthropoda dominierten.

Ein Zusammenhang der Artenzahl mit der dominanten strukturbildenden Art (Abb. 24) ist nicht generell ausgebildet. Tendenziell wurde eine höhere Artenvielfalt in Proben beobachtet, die von Hydrozoa bzw. *Sertularia cupressina* dominiert waren (T3-1, T3-2, T4-1, T4-2, T6-1, T6-2). Die Trennung der *Sertularia*-Proben von den übrigen Proben wird auch im MDS-Plot deutlich (Abb. 26). Nach ANOSIM sind die Unterschiede der Besiedlung deutlich (R-Wert 0,679, $p = 0,003$). Die SIMPER-Analyse verdeutlicht aber, dass die Trennung der zwei Gruppen auf einer Vielzahl von Arten basiert, deren jeweiliger Anteil an der gesamten Unähnlichkeit bei <3,5 % liegt. Zu den Arten, die mit höherer

Abundanz auf den *Sertularia*-dominierten Steinen auftraten gehörten v.a. kleinere Begleitarten wie *Nymphon brevirostre*, *Aora gracilis*, *Dendronotus frondosus*, *Monocorophium acherusicum*, *Stenothoe monoculoides*, *Eulalia cf. viridis*, *Achelia echinata*, etc.. Diese Arten finden in den verzweigten Ästen von *Sertularia* gute Versteck- bzw. Nahrungsmöglichkeiten.

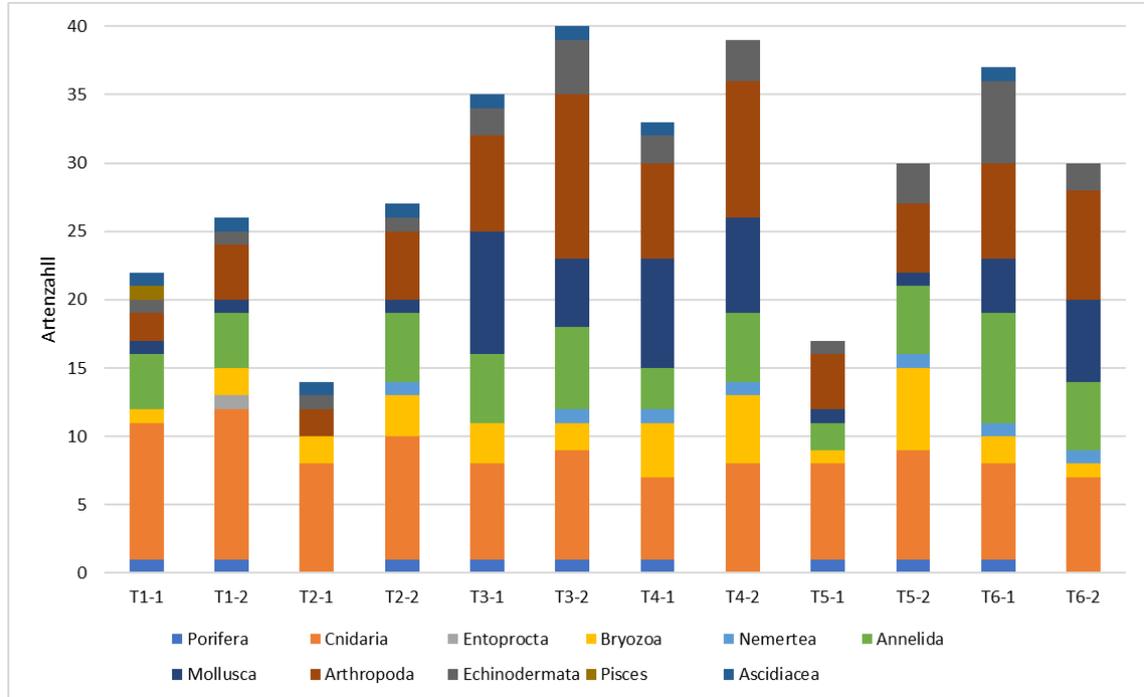


Abb. 25: Artenzahl und Zusammensetzung der Epifauna nach Großgruppen in den 12 Kratzproben. Betrachtete Fläche: Kratzprobe 625 cm²

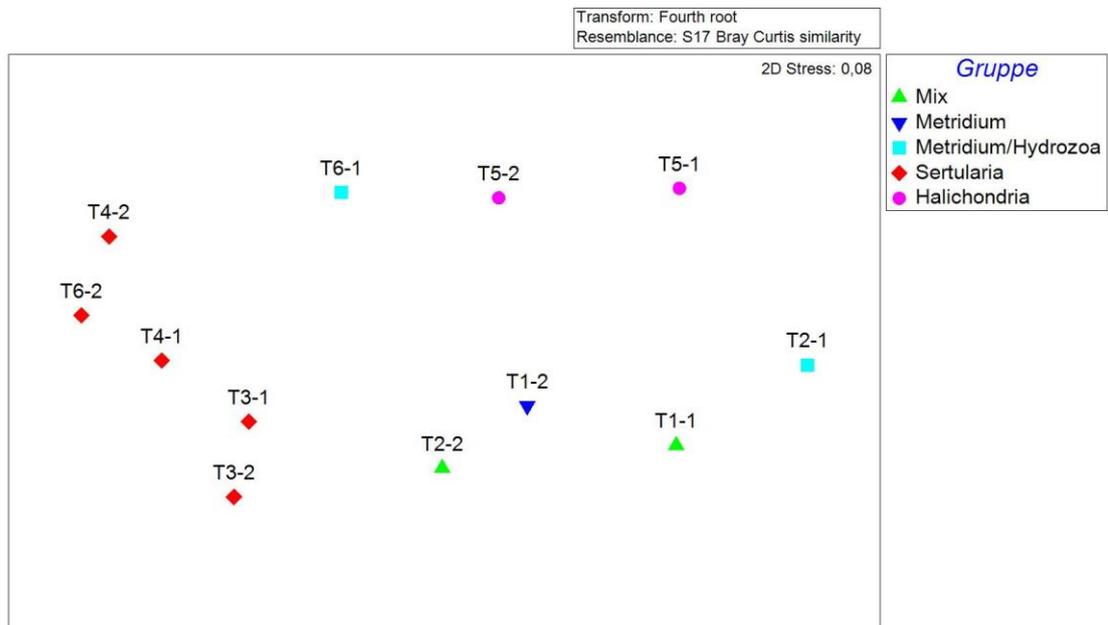


Abb. 26: MDS-Plot auf Basis der Arten-Abundanzstruktur in den 12 Kratzproben. (6 Transekte). Symbolisch hervorgehoben sind die strukturbildenden Arten (s. Abb. 24) Betrachtete Fläche: Kratzprobe 625 cm²

4.3.3 Schematische Darstellung der abiotischen und biotischen Biotopausstattung (nur Videoauswertung)

In Abb. 27 wurde durch eine schematische Darstellung der Ergebnisse der Videoauswertung versucht, einen Gesamteindruck der Biotopausstattung des Untersuchungsgebietes zu geben und den Zusammenhang zwischen Abiotik und Biotik zu visualisieren.

Das Hartsubstrat-geprägte Untersuchungsgebiet wies ein Mosaik aus vielen Abschnitten mit sehr steinreichen (Bedeckungsgrade > 50%) und großen Blöcken (>40 cm) sowie eingestreut Abschnitte mit geringerer Steinbedeckung ohne große Blöcke bis zu Flächen mit reinen Sanden auf. Verteilt fanden sich Findlinge mit einer Kantenlänge von ca. 1 Meter.

Die numerisch dominanten Arten der vagilen Megafauna (Taschenkrebs, Hummer, Klippenbarsch) zeigten einen deutlichen Zusammenhang zur abiotischen Biotopausstattung: In Abschnitten (Transekten) mit einer hohen Steinbedeckung und großen Blöcken, war die Abundanz dieser Arten erhöht. Hierbei scheint von Bedeutung zu sein, dass Dichte und große Steinvorkommen nicht nur kleinräumig (über 1-2 Abschnitte) auftreten, sondern sich über größere, zusammenhängende Abschnitte erstrecken.

Die räumlich dominanten Arten der größeren, einfach zu identifizierenden Strukturbildner waren *Metridium senile* und Hydrozoa (v.a. *Sertularia cupressina*), die an jedem Transekt über viele Abschnitte vorkamen. Schwämme kamen bis auf Transekt 4 ebenfalls an allen Transekten vor, aber insgesamt an deutlich weniger Abschnitten während *Flustra foliacea* selten war und nur an Transekt T6 häufiger vorkam. Die Präsenz keiner der vier Strukturbildner zeigt einen deutlichen Zusammenhang zum Bedeckungsgrad mit Steinen und dem Vorkommen großer Steine.

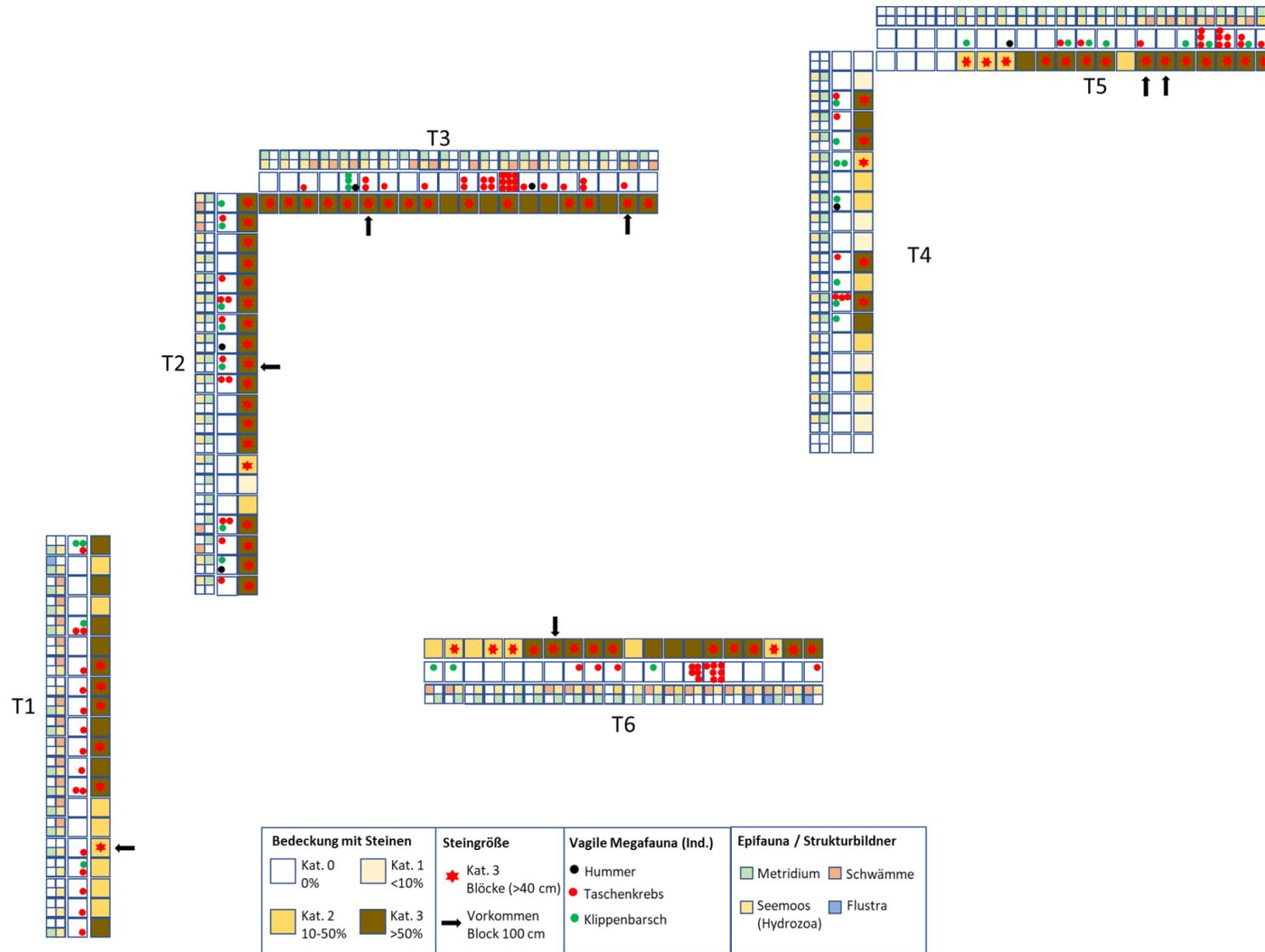


Abb. 27: Schematische Darstellung der abiotischen und biotischen Biotopausstattung im Untersuchungsgebiet.

4.4 Anzeichen anthropogener Beeinträchtigung

Während der Taucharbeiten und auch in der nachträglichen Videoanalyse fielen keine Spuren wie z.B. Reste von Fischernetzen oder möglicherweise auf geschleppte Fischereigeräte zurückzuführende Abrasionsspuren an Steinen oder abgeschlagene Schwammkolonien auf.

Auffällig war in unseren Augen die Häufigkeit von Müllteilen auf den recht kurzen Transekten. Insgesamt wurden neun Müllteile auf der 120 m² großen Fläche (Summe der sechs Transekte) gefunden, das entspricht einer Mülldichte von einem Müllteil pro ca. 13 m². Die Häufung von Müllteilen (insbesondere Plastikteilen und Glasflaschen) in so weiter Entfernung von der Küste war etwas unerwartet. Die etwa 50 cm langen Plastikschiene, die am häufigsten gefunden wurden, sind laut Nachfrage bei Off-Shore Arbeitern Kantenschutzleisten, die beim Bau und der Wartung von Windanlagen als Abfall anfallen.



Abb. 28: Beispiel für während der Taucharbeiten vorgefundene Müllteile.

4.5 Einordnung der Ergebnisse

Natürliche Vorkommen an geogenen Hartsubstraten wie Steine und Kiese sind wichtige ökologische Merkmale der Meeresumwelt, die in der südlichen Nordsee nur in wenigen Bereichen vorkommen. Diese Bereiche konzentrieren sich im deutschen Meeresraum auf den Helgoländer Felssockel, Helgoländer Steingrund sowie das Sylter Außenriff und den Borkum Riffgrund. Hartsubstrate erhöhen die Komplexität des Meeresbodens und gehen einher mit einer hohen Biodiversität, charakteristischen Arten und spezifischen Ökosystemfunktionen, die sie von den umgebenden Weichböden unterscheiden (z.B. COOLEN et al. 2015, GOLDING et al. 2020, HARTNOLL 1998, IRVING 2009).

Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Weichböden ist das Epibenthos natürlicher Hartsubstrate im Sublitoral der südlichen Nordsee nur wenig untersucht. Frühere Studien konzentrierten sich v.a. auf den Felssockel von Helgoland (z.B. DE KLUIJVER 1991, KÜHNE & RACHOR 1996). Mit Umsetzung der europäischen Richtlinien (FFH-RL, MSRL), wurden Hartsubstrat-geprägte Lebensräume (potenzielle Riffe) in der südlichen Nordsee auch außerhalb Helgolands intensiver untersucht und es liegen Informationen aus deutschen und niederländischen FFH-Gebieten in der AWZ vor (z.B. COOLEN 2017, COOLEN et al. 2015, MICHAELIS et al. 2019b, SCHRIEKEN et al. 2013). Für die

Küstengewässer der südlichen Nordsee ist die Datenbasis für das sublitorale Epibenthos gering. Insbesondere Studien, die wie in der vorliegenden, eine taucherbasierte Probenahme zur vollständigen Erfassung des Arteninventars von einzeln liegenden geogenen Steinriffen außerhalb des Helgoländer Felssockels durchführten, sind rar und umfassen einzelne Studien im niederländischen Borkum Riffgrund (ALVAREZ et al. 2019, COOLEN et al. 2015).

Die Ergebnisse dieser Studie aus einem ca. 2 ha großen Bereich in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes zeigten ein dichtes Vorkommen an Hartsubstraten und eine daran assoziierte artenreiche Besiedlung. Im Folgenden werden die Befunde dieser Untersuchung anhand der Parameter

- Struktur des Habitats (abiotisch)
- Arteninventar / charakteristische (typische) Arten
- Stabilität des Lebensraumes
- Funktionalität des Lebensraumes

welche u.a. auch als Bewertungsmaßstäbe für den Erhaltungszustand von FFH-Lebensraumstypen heranzuziehen sind, im Vergleich zu anderen Studien eingeordnet. Zudem ist die Ausprägung der abiotischen Struktur und epibenthischen Besiedlung maßgebend für die Klassifizierung von Biotopen (s. auch Kap. 6).

4.5.1 Struktur des Habitats

Der untersuchte Bereich wurde aufgrund der vermuteten hohen Dichte von Hartsubstrat (SideScan NLWKN-FSK 2018, BIOCONSULT 2019b) ausgewählt. Die vor Ort vorgefundene Dichte dieser Substrate (s. Kap. 4.1) bestätigt die Ergebnisse des SideScan: Alle untersuchten Transekte wiesen im Mittel eine sehr hohe, oftmals flächendeckende Bedeckung mit Hartsubstraten auf. Die Bedeckung mit Steinen >20 cm betrug in vielen Abschnitten der Transekte mehr als 50 %. Zwischen den Steinen herrschte ebener bis leicht rippeliger Sandgrund mit lokalen Kies- und Schillflächen vor. Das kleinräumige Mosaik aus heterogenen Substraten ist charakteristisch für den Borkum Riffgrund (BFN 2017a, COOLEN et al. 2015, MICHAELIS et al. 2019b, RACHOR & NEHMER 2003). MICHAELIS et al. (2019b) klassifizierte die dominante Steindichte auf dem Borkum Riffgrund (AWZ) als „Type 1“ (widely scattered individual boulders and large boulders). Dies entspricht auch den Beschreibungen anderer Untersuchungen auf dem Borkum Riffgrund (z.B. RACHOR & NEHMER 2003). Aufgrund der unterschiedlichen Methodik und Klassifizierung sind die Studien jedoch nur eingeschränkt zu vergleichen. Grundsätzlich ist aber davon auszugehen, dass es sich bei dem in dieser Untersuchung vorgefundenem Habitat um eine für den Borkum Riffgrund sehr hohe Steindichte handelt.

Neben dem Bedeckungsgrad ist auch die Größe der Steine ein Qualitätskriterium, da diese sowohl die Funktionalität (Verfügbarkeit von Siedlungsraum und Nischen) als auch die Stabilität (Lagestabilität) des Lebensraumes beeinflusst (HUSTON 1979, KOSTYLEV et al. 2005). Die Hartsubstrate bestanden überwiegend aus Steinen 10-40 cm, aber auch Blöcke >40 cm kamen auf jedem Transekt in höherer Anzahl vor. Vereinzelt traten sehr große Blöcke mit einer Kantenlänge von 80 - 100 cm auf. Auch MICHAELIS et al. (2019b) beschreiben, dass größere Steine (boulders = 20-63 cm) regelmäßig auf dem Borkum Riffgrund vorkommen und große Blöcke (large boulders = >63 cm) vereinzelt vorkommen.

Die Stabilität des Habitats hängt von der Wassertiefe und dem korrespondierenden Einfluss von Gezeiten, Wind und Wellen ab. Das untersuchte Gebiet befindet sich in einer Wassertiefe von ca. 21 Metern. Bei solchen Wassertiefen ist ein direkter Einfluss der Wellen und somit eine Umlagerung der Steine überwiegend auszuschließen. Durch zeitweilig starke wind- und gezeiteninduzierte Strömungen können die Sande und Kiese jedoch auch in solchen Tiefen umgelagert werden. Nach HISCOCK (1983) können in 20 m Wassertiefe bei starken Stürmen Strömungsgeschwindigkeiten von 200 cm/s auftreten. Im untersuchten Gebiet waren die kleineren Steine und v.a. Kiese regelmäßig von einer Sedimentschicht überzogen, sodass von einem strömungsinduzierten bedload-transport der Sande auszugehen ist. Der Sedimenttransport in der südlichen Nordsee erfolgt entgegen des Uhrzeigersinns generell in östliche und nördliche Richtung. Die größeren Steine wiesen keine sichtbaren Sandauflagen (sofern zwischen den sessilen Organismen sichtbar) auf, so dass mit zunehmender Steingröße eine größere Lagestabilität und geringere Sandabrasion vorherrscht. Aufgrund der Dichte an größeren Blöcken im Untersuchungsgebiet ist daher von einer hohen Dichte lagestabiler Siedlungssubstrate auszugehen welche ihrerseits die bodennahe Erosion reduzieren.

4.5.2 Bedeckung der Steine mit Epibenthos

Im Untersuchungsgebiet waren nahezu 100 % der Steine besiedelt, während Kiese und kleinere Steine (<10 cm) auch unbesiedelt vorkamen bzw. eine augenscheinlich abweichende Besiedlung (kleinere Organismen, keine Schwämme, weniger langlebige Arten) aufwiesen. Ähnliche Zusammenhänge sind für den Borkum Riffgrund der AWZ in MICHAELIS et al. (2019b) beschrieben. Auch hier war ein Zusammenhang zwischen der Steingröße und der besiedelten Fläche zu erkennen; Kiese erschienen in den Videoaufnahmen ebenfalls unbesiedelt. In küstenferneren Gebieten wie dem Sylter Außenriff war der Anteil besiedelter kleinerer Steine (cobble 6-20 cm) höher (MICHAELIS et al. 2019b), was mit einer geringeren Strömungsexponiertheit zusammen hängen kann. Gebietsübergreifend lässt sich der Zusammenhang zwischen Steingröße und Besiedlungsdichte durch die oben beschriebene Bedeutung der Lagestabilität bzw. Ungestörtheit der Substrate erklären. Zudem ernährt sich ein Großteil des Epibenthos als Suspensionsfresser, sodass große Steine auch hinsichtlich einer Exposition der Tiere in die Strömung einen optimalen Siedlungsort darstellen.

MICHAELIS et al. (2019b) stellten allerdings im Mittel einen geringeren Bedeckungsgrad (ca. 50 %) der größeren Steine (20 - 63 cm) im Borkum Riffgrund fest. Diese Steine waren im Untersuchungsgebiet dagegen vollständig von Epifauna bedeckt. Die Gründe für die unterschiedliche Bedeckungsgrade sind unklar und können im Zusammenhang mit einer zeitlich variierenden Besiedlungsdichte, unterschiedlichen natürlichen Standortunterschieden, Steindichten und -größen sowie Störungintensitäten stehen. Unabhängig von den Gründen, deuten die hohen Bedeckungsgrade der Steine in dieser Studie auf eine hohe Qualität des Untersuchungsgebietes hin.

4.5.3 Arteninventar und strukturbildende Arten

Artenzahl und geschützte Arten

Das Untersuchungsgebiet wies mit 128 Taxa bzw. 101 Arten aus 10 Tierstämmen eine diverse Fauna aus sessilen und daran assoziierten epibenthischen Arten und einigen vagilen Megafaunaarten (>10 cm) auf. Ein Vergleich der Gesamtartenzahl zu anderen Studien im Borkum Riffgrund ist durch

methodische Unterschiede (Probenahmegeräte, Anzahl der Stichproben, beprobtes Substrat) limitiert. RACHOR & NEHMER (2003) haben für die Weichböden des Borkum Riffgrundes Artlisten erstellt, die auf vier Untersuchungen mittels van Veen-Greifer und Dredge basieren. Die Artenzahl liegt bei 139 Taxa (Wirbellose und Fische). COOLEN et al. (2015) fanden im niederländischen Küstenmeer des Borkum Riffgrundes bei Einsatz unterschiedlicher Erfassungsmethoden (Kastengreifer, Taucher-Videos, Fotos, Kratzproben) eine höhere Taxazahl (193 Taxa mit 141 Arten), die nach Einschätzung der Autoren v.a. neben der Beprobung der Weichböden auf die zusätzliche Erfassung der Epifauna auf Steinen zurückzuführen war. COOLEN et al. (2015) geben für stein- und kiesgeprägte Bereiche insgesamt 137 Taxa (Greifer, Taucher, Video) an, was in einer ähnlichen Größenordnung liegt wie die Artenvielfalt dieser Studie. Für den Helgoländer Steingrund geben DEDERER et al. (2015) 129 Arten der Epifauna an, die taucherbasiert erfasst wurden, davon wurden 62 Arten erstmals für den Helgoländer Steingrund nachgewiesen. Eine Zusammenstellung aller Untersuchungen im Borkum Riffgrund wurde bisher noch nicht vorgenommen, dürfte aber bei Berücksichtigung aller vorkommenden Biotop- und Substrattypen in einer höheren Artenvielfalt resultieren als hier für die einzelnen Studien beschrieben. Ein Abgleich mit uns zugänglichen Artlisten des Borkum Riffgrundes (ALVAREZ et al. 2019, BIOCONSULT 2018, 2019b, BOS et al. 2014, COOLEN et al. 2015, RACHOR & NEHMER 2003) zeigt, dass durch diese Untersuchung 33 Arten nachgewiesen wurden, die in der genannten Literatur nicht gelistet sind (s. Tab. 13 im Anhang). Die Erstellung einer Gesamtartenliste (Referenzartenliste) steht für den Borkum Riffgrund (AWZ und Küstenmeer) noch aus.

Arten der Roten Liste

In dieser Studie wurden 17 Arten der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) gefunden. Unter Berücksichtigung der Greifer- und Dredgeproben aus den Voruntersuchungen (BIOCONSULT 2018, 2019b) mit 15 Arten der Roten Liste, erhöht sich die Anzahl der Rote Liste-Arten in den steingeprägten Bereichen auf 28 Arten (s. Tab. 12 im Anhang). Im niederländischen Borkum Riffgrund wiesen BOS et al. (2014) insgesamt 18 Arten der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) nach, im eigentlichen Steinbereich wurden bei begrenzter Probezahl 5 Arten gefunden. Von diesen 5 Arten wurde nur die Hydrozoe *Campanularia volubilis* in dieser Studie nicht nachgewiesen. Auf dem Helgoländer Steingrund wurden 32 Arten gefunden (DEDERER et al. 2015); viele hiervon hielten den Gefährdungsgrad „R“.

Entsprechend der unterschiedlichen Substrate, die in dieser Untersuchung und den zwei Voruntersuchungen mit unterschiedlichen Methoden beprobt wurden, ist die Überlappung des Artenspektrum gering (4 Arten). Insbesondere Arten mit dem Gefährdungsgrad „R“ (selten, restriktive geographische Verbreitung), wurden überwiegend in dieser Studie vor. Ebenso wurden in dieser Studie 7 Arten mit einem höheren Gefährdungsgrad (0 bis 3) erfasst (überwiegend durch Kratzproben) während es in den Weichböden 3 Arten waren.

Vagile Megafauna im Umfeld der Steine

Die vagile Megafauna im Umfeld der Steine wurde in dieser Untersuchung nur mit größeren (>10 cm) dekapoden Krebsen und Fischen erfasst. Die numerisch bedeutendsten Arten waren Taschenkrebs (*Cancer pagurus*), Hummer (*Homarus gammarus*) und Klippenbarsch (*Ctenolabrus rupestris*) (Tab. 3). Alle drei Arten sind charakteristisch für steinige/felsige Lebensräume (Riffart der AWZ) und wie Hummer und Taschenkrebs als Top-Predatoren außerdem eine wichtige Art (keystone-species *sensu* PAINE (1966)) im Riffökosystem. Für das in Abb. 1 abgegrenzte ca. 2 ha große Gebiet würde sich

basierend auf den mittleren Dichten (66,7 bzw. 7,5 Ind./100 m²) eine Taschenkrebsanzahl von 15.167 Ind. bzw. eine Hummeranzahl von 1.500 Ind. ergeben.

Tab. 3: Mittlere Abundanz (Ind./100 m²) und Summe der Individuen (pro 120 m²) der vagilen Megafauna (>10 cm) im Vergleich *in situ*-Erfassung und Videoauswertung. Ergebnisse der t-Tests sind Bonferroni-korrigiert

| Art | Mittelwerte pro 100 m ² | | Summen pro 120 m ² | | p-Wert der t-Tests |
|-------------------------------|------------------------------------|-------|-------------------------------|-------|--------------------|
| | in situ | Video | in situ | Video | |
| <i>Homarus gammarus</i> | 7,5 | 5,0 | 9 | 6 | 0,076 |
| <i>Cancer pagurus</i> | 66,7 | 75,8 | 80 | 91 | 0,587 |
| <i>Necora puber</i> | 5,0 | 9,2 | 6 | 11 | 0,224 |
| <i>Liocarcinus</i> spp. | 4,2 | 4,2 | 5 | 5 | 1,000 |
| <i>Macropodia</i> spp. | 0,8 | 0,8 | 1 | 1 | 1,000 |
| <i>Pagurus bernhardus</i> | 4,2 | 7,5 | 5 | 9 | 0,465 |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i> | 55,8 | 26,7 | 67 | 32 | 0,063 |
| <i>Callionymus lyra</i> | 2,5 | 3,3 | 3 | 4 | 0,822 |
| <i>Pholis gunellus</i> | 2,5 | 0,8 | 3 | 1 | n.t. |
| <i>Myoxocephalus scorpius</i> | 0,8 | 0,0 | 1 | | n.t. |
| <i>Pleuronectes platessa</i> | 0,8 | 0,0 | 1 | | n.t. |
| Blenniidae indet. | 0,8 | 0,0 | 1 | | n.t. |

Die Hummerdichte dieser Untersuchung war mit max. 15 Ind./100 m² (7,5 Ind./100 m² im Mittel der 6 Transekte) im Vergleich zu den auf dem Helgoländer Felssockel und dem am ehesten mit dem Borkum Riffgrund zu vergleichendem Steingrund (HSG) deutlich höher. Auf dem Helgoländer Felssockel wurden mit der gleichen Methode maximale Dichten von 4 Hummern pro 100 m², am HSG von 7 Hummern pro 100 m² gefunden (pers. Komm. P. Schubert, submaris); die Dichten sind somit auf dem in dieser Studie untersuchten Gebiet etwa zwei- bis viermal so hoch. In den niederländischen Küstengewässern des Borkum Riffgrunds wurden entlang der Tauchtransekte keine Hummer beobachtet (BOS et al. 2014, COOLEN et al. 2015). Die Taschenkrebsdichte in dieser Studie lag bei maximal 135 Tiere pro 100 m². Auf dem Helgoländer Felssockel wurden maximale Dichten von etwa 30 Tieren pro 100 m², am HSG von etwa 100 Tieren pro 100 m² gefunden. Im niederländischen Borkum Riffgrund wurden durch Taucher maximal 15 Ind./100 m² gezählt (BOS et al. 2014). Der Klippenbarsch wies im Untersuchungsgebiet mit maximal 100 Ind./100 m² im Vergleich zum Helgoländer Felssockel (max. 80 Ind./m²) bzw. Steingrund (max. 93 Ind./m³) ebenfalls geringfügig höhere Abundanzen auf. In den niederländischen Küstengewässern wurden dagegen nur 2 Ind./100 m² gezählt (BOS et al. 2014).

Ein Grund für die höheren Abundanzen der drei Arten im Untersuchungsgebiet könnte die unterschiedliche Wassertiefe der untersuchten Standorte sein: auf Helgoland und am HSG werden die Zählungen aus Gründen der Vergleichbarkeit in etwa 8 m Wassertiefe durchgeführt, am Borkum Riffgrund lag die Wassertiefe bei etwa 21 m. Hummer bevorzugen zwar laut Literatur einen Tiefenbereich von 0-50 m, Messungen mit Loggern zeigten aber, dass Hummer sich tagsüber eher in tieferem Wasser aufhalten, wenn sie die Möglichkeit dazu haben (MOLAND et al. 2011), sodass die niedrigeren Hummer-Dichten rund um Helgoland auch mit der geringen Tiefe erklärt werden

könnten. Für Taschenkrebse wurden ähnliche Verhaltensmuster in der Literatur nicht gefunden. Weitere Gründe könnten zumindest im Vergleich mit dem Felssockel auch potenzielle Versteckmöglichkeiten sein, da der Untergrund am Borkum Riffgrund sich stark von den Bedingungen auf dem Felssockel unterscheidet. Der Helgoländer Steingrund ist allerdings sehr gut vergleichbar zum Borkum Riffgrund hinsichtlich Struktur, Steingrößen und Sedimenttyp. Ein direkter Vergleich in ähnlichen Tiefen (der HSG streckt sich über einen Tiefenbereich von etwa 7 bis 16 m) wäre hier interessant, um zu klären, ob vor Borkum tatsächlich mehr Hummer und Taschenkrebse vorkommen. Der niederländische Teil des Borkum Riffgrundes weist nur im östlichen, an die deutsche Seite grenzenden Bereich dichte Steinfelder auf (Bereich „steen 999“) und stellt somit wahrscheinlich die Ausläufer der auf deutscher Seite vorkommenden Steinbereiche dar. Auch die Position eines Steinfeldes (Zentrum oder Randbereich) innerhalb eines Riffes hat möglicherweise einen Einfluss auf die Biozönose. Neben Unterschieden der natürlichen abiotischen Bedingungen könnten die höheren Krebsdichten im Untersuchungsgebiet auch in einer geringeren Fischereiintensität begründet sein. Vor Helgoland und weniger intensiv auch am HSG findet eine kommerzielle Fischerei auf Hummer und Taschenkrebse statt.

Unabhängig von den Gründen, die zu der höheren Abundanz der dominanten vagilen Megafauna im Untersuchungsgebiet führten, verdeutlichen auch diese Ergebnisse die hohe Qualität bzw. den guten Zustand des Gebietes.

Struktur- und habitatbildende Arten

In dieser Studie kamen insgesamt 14 Arten vor, die durch ihre Größe und aufrechte Wuchsart strukturbildend sind. Hiervon sind der Schwamm *Leucosolenia variabilis* und die Seescheide *Polyclinum aurantium* für den Borkum Riffgrund nach unserem Kenntnisstand neue Nachweise. *Metridium senile* und Hydrozoa (v.a. *Sertularia cupressina*, aber auch *Halecium halecinum* und Arten der Gattung *Obelia*) waren über weite Bereiche des Untersuchungsraumes die dominanten Arten. Daneben dominierte *Halichondria (Halichondria) panicea* in einigen Bereichen die großen Steine. Andere Schwämme, *Flustra foliacea* sowie *Alcyonium digitatum* traten demgegenüber in der Dominanz zurück. *Metridium senile* ist eine weit verbreitete Art in geogenen Riffen und wurde auch von MICHAELIS et al. (2019a) anhand von Videomaterial neben Hydrozoa und Porifera als häufigste Art des Borkum Riffgrundes identifiziert. Hoch aufwachsende Strukturbildner wurden in dieser Untersuchung v.a. auf größeren Blöcken beobachtet. Dies wird von MICHAELIS et al. (2019a) auch für die Bereiche der AWZ beschrieben. *Metridium* ist eine konkurrenzstarke Art und verdrängt durch Überwachsen Hydrozoen und Weichkorallen (*Alcyonium digitatum*) wie die Sukzession (11 Jahre Beobachtung) an offshore Plattformen zeigte (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Des Weiteren kann *Metridium* freien Raum durch asexuelle Fortpflanzung schnell besetzen, neue Rekruten durch Seitwärtsbewegung unter ihrem Fuß ersticken und eine Ansiedlung durch Prädation von Larven verhindern (NELSON & CRAIG 2011). Auch *Halichondria (Halichondria) panicea* ist eine konkurrenzstarke Art und verdrängt während der Wachstumsperiode die meisten Arten (BELL 2008).

Durch ihre dreidimensionale Wuchsform bietet ein Teil der Strukturbildner wie hochwachsende Hydrozoa und die Bryozoe *Flustra foliacea* weiteren (typischen) Arten einen Siedlungs-, Nahrungs- und/oder Laichraum. Hierdurch erfüllen sie wichtige strukturelle und trophische Funktionen im Lebensraum (BELL 2008, DI CAMILLO et al. 2017, HARTNOLL 1998, STEBBING 1971). Als typische sekundäre Arten können durch ihre enge Bindung zum Lebensraum in dieser Studie im Prinzip alle vorkommenden Arten innerhalb der Großtaxa Hydrozoa, Bryozoa, Nudibranchia, Amphipoda und

Pycnogonida angesehen werden. Diese Artengruppen sind in mehreren Studien als regelmäßige Begleitarten der festsitzenden, struktur- und habitatbildenden Gemeinschaft in der südlichen Nordsee und auch dem Wattenmeer erwähnt (z.B. BIOCONSULT 2013, 2019a, COOLEN et al. 2015, HARTNOLL 1998). Ein überwiegender Teil der für den Borkum Riffgrund neu nachgewiesenen Arten, gehört zu den kleineren Begleitarten.

Einfluss der struktur- und habitatbildenden Art auf die Besiedlung

Ein Vergleich der Artenvielfalt im Zusammenhang mit den dominanten Strukturbildnern wurde anhand der Kratzproben vorgenommen (vgl. Kap. 4.3.2.2). Die Ergebnisse ergaben Hinweise, dass Proben die von Hydrozoa (v.a. *Sertularia cupressina*) besiedelt waren, eine höhere Artenvielfalt aufwiesen als Proben, die von *Halichondria* oder *Metridium* dominiert waren. Auch COOLEN et al. (2015) bemerkten, dass Proben mit *Metridium* weniger Arten auswiesen als Proben ohne diese Aktinien. Neben der zuvor beschriebenen Konkurrenzstärke hängt dies auch mit der abschreckenden Wirkung der Lebensweise (Auswerfen von Nematocysten) zusammenhängen. Sowohl Schwämme als auch Anthozoen sind selten bewachsen, da sie einen natürlichen/chemischen Bewuchsschutz besitzen. Die in dieser Untersuchung dominanten Hydrozoa besitzen einen solchen Bewuchsschutz nicht und werden daher z.T. stark besiedelt (s.o.). Diese habitatbildende Funktion erklärt neben ihrer Funktion als Nahrungssubstrat plausibel die größere Artenvielfalt.

Ausprägung der strukturbildenden sessilen Arten

Das Vorkommen vergleichsweise großer Kolonien der Strukturbildner deutet neben dem oben angesprochenen lagestabilen Siedlungssubstrat auch auf geringe anthropogene Störungen durch grundberührende Fischerei hin. Die Ausführungen in Kap. 4.2.3 zeigten, dass die Schwämme *Halichondria* (*Halichondria*) *panicea* und *Suberites ficus* auf zumeist großen Steinen auch mit großen Kolonien vorkamen. Nach BELL (2008) kann *H. panicea* bis zu 15 Jahre alt werden. *Flustra foliacea* ist eine vergleichsweise langsam wachsende Art, die wenigstens ein Jahr braucht, um das aufrechte Wachstum zu beginnen. Die Lebensspanne wird mit 6-10 Jahren bei einer Größe von 20 cm angegeben (www.marlin.uk). Auch die Tote Mannshand *Alcyonium digitatum* zählt in der Nordsee mit einer Lebensspanne >20 Jahren bei einer Größe zwischen 15-20 cm zu den langlebigen Arten (HARTNOLL 1998). Gleiches gilt für *Metridium senile* (11-20 Jahre und bis zu 30 cm, www.marlin.uk). Anhand der *in situ*-Beobachtungen und Videos kamen im Untersuchungsgebiet die genannten Arten ebenfalls mit ähnlichen Größen vor. Hieraus lässt sich schließen, dass die beobachteten Gemeinschaften über einen längeren Zeitraum stabil waren und keine mechanische Störung durch z.B. grundberührende Fischerei erfahren haben. Der Einfluss grundberührender Fischerei ist im Borkum Riffgrund aufgrund der Steinvorkommen schon immer geringer gewesen als in den Weichböden (LINDEBOOM et al. 2005); für das Untersuchungsgebiet ist davon auszugehen, dass es von den Fischern mit Grundnetzen aufgrund der hohen Steindichte und der großen Steine als Fischereigebiet gemieden wird. Auch wenn die Elastizität, d.h. die Zeit, die eine Gemeinschaft benötigt um nach einer Störung wieder in ihren Ursprungsangang zurückzukehren, solcher epibenthischen Gemeinschaften unklar ist, wird für langlebige Arten grundsätzlich eine langsame Erholung angenommen. Insofern kann die vorgefundene gute Ausprägung der epibenthischen Gemeinschaft als Qualitätsmerkmal für einen guten Umweltzustand angesehen werden.

4.5.4 Charakteristische (lebensraumtypische) Arten

Definition und Vergleich zu bestehenden Listen

Die FFH-Richtlinie definiert die „charakteristischen Arten“ (bzw. „typical species“) in Art. 1 lit. e als Element des Erhaltungszustandes von Lebensraumtypen nach Anhang I FFH-RL. Welche Arten als charakteristisch anzusehen sind, ist in der Richtlinie nicht dargestellt. Definitionen finden sich in der EC-guidance „Reporting under Article 17 HD, explanatory notes and guidelines“ (2017). Hiernach sind charakteristische Arten,

- die regelmäßig mit hoher Konstanz anzutreffen sind
- die als Indikator für gute Umweltbedingungen herangezogen werden können, z.B. da sie Anzeiger für eine größere Gruppe von Arten mit spezifischen Habitatbedingungen sind
- die sensitiv für Veränderungen der Umweltbedingungen sind
- die vorzugsweise einfach mit nicht-destruktiven Methoden zu erfassen sind

Eine Art muss hierbei nicht jedes Kriterium erfüllen. Die Liste charakteristischer Arten sollte idealerweise über einen langen Zeitraum Bestand haben.

Auf der Homepage des BFN finden sich folgende Ergänzungen: *„Charakteristische Arten sind Tier- und Pflanzenarten, die in einer Beziehung zu den FFH-Lebensraumtypen stehen, dort mit hoher Stetigkeit und/oder Abundanz auftreten oder in einem FFH-Lebensraumtyp ihren Schwerpunkt haben. Die Lebensraumtypen bieten diesen Arten für ihren gesamten Lebenszyklus oder für zeitlich bzw. räumlich beschränkte Ausschnitte hieraus ein Habitat (z.B. als Larvalhabitat, Bruthabitat usw.). Teilmengen der charakteristischen Arten sind bestands- oder strukturbildende dominante Arten, die definitorisch relevant sind. Schließlich zählen auch solche Arten zu den charakteristischen eines Lebensraumtyps, welche die besondere Habitatqualität oder typische Mikrostrukturen des Lebensraums (z.B. Tot- und Altholz in Wäldern) anzeigen.“*

Für die Küstengewässer liegen noch keine Listen charakteristischer Arten für den Lebensraumtyp „Riffe“ vor. Für die AWZ haben KRAUSE et al. (2008) ein Bewertungsschema für den Lebensraumtyp „Riffe“ entwickelt. Die dort enthaltene Liste mit charakteristischen Arten der In- und Epifauna wurde inzwischen auf Basis des Monitorings überarbeitet (DARR et al. 2014). Für diesen Bericht wurde der Stand 2017 übernommen, wie er in BFN (2017a) für die Beschreibung und Zustandsbewertung der Meeresschutzgebiete in der AWZ der Nordsee verwendet wurde. Im Monitoringbericht für das Jahr 2018 wird in DARR et al. (2019), ebenfalls mit Stand 2017, allerdings eine von BFN (2017a) leicht abweichende Liste LRT-typischer Arten verwendet, die für den Borkum Riffgrund statt 28 charakteristischer Makrozoobenthosarten nur noch 19 Arten listet. Neben den charakteristischen Makrozoobenthosarten sind in BFN (2017a) noch weitere Makrozoobenthosarten mit besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung sowie lebensraumtypische Fischarten gelistet. Die Kriterien für die Identifizierung sind in BFN (2017b) beschrieben. Zu den Arten mit besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung gehören Arten der Roten Liste (Gefährdungsstatus 0, 1, 2, 3) und Arten, die auf der OSPAR „List of Threatened and/or declining species and habitats“ aufgeführt sind. Des Weiteren gehören hierzu Arten, die historisch im Gebiet vorkamen sowie wichtige Strukturbildner.

Um zu überprüfen, ob in Küstengewässern des Borkum Riffgrundes dieselben Arten als charakteristisch angesehen werden können, sind die Arten dieser Untersuchung der BFN-Liste gegenübergestellt (Tab. 4). Da diese Studie nur auf epibenthische Arten fokussierte und die Sandbereiche zwischen den Steinen zur Erfassung der Infauna nicht beprobt wurden, wurden zudem die Ergebnisse aus Studien aus eng benachbarten Bereichen (BIOCONSULT 2018, 2019b) hinzugezogen, welche auch die Infauna (Greifer) beprobt haben. Zudem bietet sich für den Vergleich eine Artliste von COOLEN et al. (2015) aus dem niederländischen Küstengewässer des Borkum Riffgrund an, welche sowohl taucherbasierte Erfassungen der Epifauna als auch die Infauna integriert. Aus COOLEN et al. (2015) wurden für den Vergleich nur Daten berücksichtigt, die in Stein-dominierten Bereichen (potenziell geogene Riffe) erhoben wurden. Die Methoden und Datengrundlagen für den Vergleich sind in Tab. 10 gelistet.

In den Stein-dominierten Bereichen der Küstengewässer des Borkum Riffgrundes kamen insgesamt 23 Arten von den 34 in BFN (2017a) genannten Arten vor, so dass insgesamt von einer großen Schnittmenge charakteristischer Riffarten zwischen äußerem Küstenmeer und AWZ auszugehen ist. Die Echinodermata *Echinus esculentus* und *Echinocyamus pusillus* kommen in deutschen Küstengewässern kaum vor und sollten daher nicht Bestandteil einer Liste charakteristischer Arten sein. Nach unserem Kenntnisstand sind *Ostrea edulis*, *Orbinia sertulata* und *Membranipora membranacea* insgesamt als selten einzustufen. *Membranipora membranacea* siedelt bevorzugt an Großalgen und ist somit eher Bestandteil von Hartsubstrat-Gemeinschaften (s. Artliste in DEDERER et al. (2015)), die wie der Helgoländer Steingrund auch Makrophyten aufweisen. *Orbinia sertulata* ist ein Polychaet in mittel- bis grobsandigen Sedimenten; im Küstenmeer des Borkum Riffgrundes wurde diese Art bisher nicht nachgewiesen. Der Kabeljau *Gadus morhua* zeigt v.a. als juveniles Tier eine Bindung an Hartsubstrate des Borkum Riffgrundes der AWZ (BFN 2017a). Allerdings meidet diese Art höhere Temperaturen und wandert daher v.a. in den Sommermonaten in nördliche/tiefere Gebiete (ENGELHARD et al. 2014. Insofern erfüllt sie das Kriterium „hohe Konstanz“ in den Küstengewässern nicht grundsätzlich. Das Vorkommen der übrigen Arten erscheint bei erhöhter Stichprobenzahl auch für die Küstengewässer wahrscheinlich.

Tab. 4: Charakteristische Arten des LRT Riffe (Code 1170) in der deutschen AWZ (BFN 2017a) und Nachweise dieser Arten in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes.

X = Vorkommen einer Art, (X) = wahrscheinliches Vorkommen einer Art, da die Gattung identifiziert wurde, *in Weichböden vorkommende Arten/Taxa (Infauna)

| Art | Epi-fauna | BRG AWZ (D) | BRG Küste (D) | | BRG Küste (NL) |
|--|-----------|-------------|---------------|--------------------------|----------------------|
| | | BFN (2017) | diese Studie | BioConsult (2018, 2019b) | Coolen et al. (2015) |
| Porifera | | | | | |
| <i>Halichondria (Halichondria) panicea</i> | X | X | X | X | X |
| Cnidaria – Hydrozoa | | | | | |
| <i>Sertularia cupressina</i> | X | X | X | X | X |
| Cnidaria – Anthozoa | | | | | |
| <i>Alcyonium digitatum</i> | X | X | X | (X) | X |
| <i>Alcyonium glomeratum</i> | X | X | | | |
| <i>Metridium senile</i> | X | X | X | X | X |
| Bryozoa | | | | | |
| <i>Electra pilosa</i> | X | X | X | X | X |
| <i>Flustra foliacea</i> | X | X | X | X | |
| <i>Membranipora membranacea</i> | X | X | | | |
| Annelida – Polychaeta | | | | | |
| <i>Protodorvillea kefersteini*</i> | | X | | X | X |
| <i>Glycera lapidum*</i> | | X | | X | |
| <i>Goniadella bobrezkii*</i> | | X | | X | X |
| <i>Orbinia sertulata*</i> | | X | | | |
| <i>Polygordius appendiculatus*</i> | | X | | (X) | |
| <i>Spirobranchus triqueter</i> | X | X | (X) | | |
| <i>Pisione remota*</i> | | X | | X | X |
| <i>Aonides paucibranchiata*</i> | | X | | X | X |
| <i>Lanice conchilega*</i> | | X | X | X | X |
| Mollusca – Bivalvia | | | | | |
| <i>Goodallia triangularis*</i> | | X | | X | |
| <i>Ostrea edulis</i> | X | X | | | |
| <i>Macomangulus tenuis*</i> | | X | | X | |
| <i>Thracia villosiuscula*</i> | | X | | | |
| Arthropoda – Decapoda | | | | | |
| <i>Cancer pagurus</i> | X | X | X | X | X |
| <i>Galathea intermedia</i> | X | X | | | |
| Echinodermata | | | | | |
| <i>Asterias rubens</i> | X | X | X | X | X |
| <i>Echinus esculentus</i> | X | X | | | |
| <i>Echinocyamus pusillus*</i> | X | X | | | |

| Art | Epi-fauna | BRG AWZ (D) | BRG Küste (D) | | BRG Küste (NL) |
|--------------------------------------|-----------|-------------|---------------|--------------------------|----------------------|
| | | BFN (2017) | diese Studie | BioConsult (2018, 2019b) | Coolen et al. (2015) |
| <i>Ophiothrix fragilis</i> | X | X | X | | |
| Chordata | | | | | |
| <i>Branchiostoma lanceolatum*</i> | | X | | X | X |
| <i>Asciidiella scabra</i> | X | X | | | |
| <i>Ciona intestinalis</i> | X | X | | | |
| Chordata – Pisces | | | | | |
| <i>Myoxocephalus scorpius</i> | X | X | X | | |
| <i>Gadus morhua</i> | X | X | | | |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i> | X | X | X | X | X |
| <i>Liparis liparis</i> | X | X | | | X |
| Σ Riff-Arten pro Studie | 22 | 34 | 13 | 19 | 15 |
| Σ Riff-Arten gesamt BRG Küste | | | 23 | | |

Vorschlag für charakteristische (lebensraumtypische) Arten im Borkum Riffgrund des Küstenmeeres

Im folgenden Abschnitt schlagen wir für das Küstenmeer des Borkum Riffgrundes charakteristische (lebensraumtypische) Arten und Arten mit besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung für geogene Riffe vor (Tab. 5). Entsprechend der oben genannten Kriterien zur Identifikation charakteristischer Arten im Sinne der FFH-RL sind Arten aufgeführt, die nach jetzigem Kenntnisstand regelmäßig im Borkum Riffgrund (Küstenmeer) vorkommen, eine enge Bindung an Hartsubstrate haben, bei ausreichender Fachkenntnis einfach zu monitoren sind und/oder anhand derer sich der Zustand geogener Riffe bemessen lässt (Indikatoren). Indikatorarten sind v.a. epibenthisch/sessil, struktur- und/oder habitatbildend, langlebig (>10 Jahre) oder als keystone-species *sensu* PAINE (1966) für die trophische Struktur im Habitat bedeutend. Arten der Infauna sind in Tab. 5 nicht gelistet, da sie die genannten Kriterien nur eingeschränkt erfüllen und sich nur durch Greifer erfassen lassen, die sich v.a. in geogenen Riffen nur eingeschränkt einsetzen lassen. Der Zustand eines geogenen Riffes lässt sich zudem u.E. nur sehr eingeschränkt über das Vorhandensein und die Abundanz der Infauna-Arten bewerten, da sie 1) bei Vorhandensein entsprechenden Substrates auch außerhalb von Steinfeldern vorkommen⁴, 2) ihre Abundanz wahrscheinlich entkoppelt ist von dem Zustand der Aufwuchsf fauna und weil 3) sich ihre Sensitivität gegenüber anthropogenen Stressoren, die für rifftypische Aufwuchsf fauna bedeutend sind (z.B. Trübung, Abrasion), unterscheidet. Die Voruntersuchungen zeigten aber, dass die Sedimente zwischen den Steinen wie in der AWZ v.a. von der *Goniadella-Spisula*-Gemeinschaft besiedelt waren, welche den in Tab. 4 gelisteten Infaunaarten entsprechen.

Die Steine des Untersuchungsgebietes wurden durch mehrere sessile Arten besiedelt, die als charakteristisch (typisch) im Sinne der FFH-RL für Hartsubstrat-geprägte Lebensräume angesehen werden können. Im Untersuchungsgebiet sind dies v.a. die regelmäßig vorkommenden, struktur-

⁴ Nach unserer Kenntnis steht ein Vergleich der Infauna-Besiedlung von Weichböden innerhalb steingepprägter Bereiche und außerhalb dieser noch aus. Möglicherweise hat das Vorhandensein von Steinen eine Strahlwirkung auf die Artzusammensetzung und Dichte der Infauna.

und/oder habitatbildenden Taxa wie Schwämme, Hydrozoen, Anthozoa, Bryozoa und Ascidiacea, die eine enge Bindung an Hartsubstrate aufweisen und mit verschiedenen Erfassungsmethoden relativ einfach nachzuweisen sind. Auch für den niederländischen Teil des Borkum Riffgrundes (Küstenmeer) sind diese als typisch für den LRT Riffe genannt (BOS et al. 2014). In den Niederlanden erfolgt eine Identifikation Lebensraum-typischer Riffarten nach JAK et al. (2009). Hiernach entsprechen die genannten Arten dem Kriterium „Cab“, welches konstante (stetige) Arten mit Hinweis auf einen guten abiotischen Status und eine gute biotische Struktur umfasst (Ausführungen in BOS et al. (2014)). Ein Teil der Arten ist vergleichsweise langlebig (vgl. Kap. 4.2.3), so dass sie Veränderungen des Habitats und der Umwelt abbilden können. Große Kolonien einiger Arten deuten auf ein stabiles (ungestörtes) Habitat hin. Durch ihre Funktion als Struktur- und Habitatbildner ist für große Exemplare der Hydrozoa und Bryozoa davon auszugehen, dass ein Vorkommen i.d.R. auch mit einer diversen Begleitfauna einhergeht (vgl. Kap. 4.2.3 und Ausführungen in z.B. BRADSHAW et al. (2003)). Diese Fauna ist aber nur durch gezielte Beprobung zu erfassen und überwiegend nur im Labor genauer zu bestimmen.

Des Weiteren sind Taschenkrebs (*Cancer pagurus*) und Hummer (*Homarus gammarus*) langlebige, einfach zu erfassende keystone-species in Hartsubstraten, über deren Dichte eine Indikation für den Zustand eines geogenen Riffs erfolgen kann (s.o. und Kap. 4.3.2). Ergänzend kann *Macropodia rostrata* gelistet werden, die eine enge Bindung an Hartsubstrate zeigt, aber in dieser Untersuchung unregelmäßig mit eher kleinen Individuen beobachtet wurde, die nur eingeschränkt durch nicht-destruktive Methoden nachweisbar sind. Ob sich über das Vorkommen (Dichte, Größe) der ökologische Zustand von geogenen Riffen ableiten lässt, ist unbekannt. Die Samtkrabbe *Necora puber* bevorzugt ebenfalls felsige bzw. steinige Habitats (KRONE et al. 2013, TÜRKAY 2015) und ist i.d.R. auch auf Videomaterial einfach zu erkennen. Die Art ist aber eine Warmwasserart, die erst seit kürzerem regelmäßig und mit zunehmender Dichte in der Deutschen Bucht auftritt (TÜRKAY 2015). Eine Zunahme der Funde wird im Zusammenhang mit klimatischen Veränderungen (Warmphase) diskutiert, so dass anhand der Dichte nicht zwingend auf den Zustand von geogenen Riffen geschlossen werden kann. Daher wurde die Art trotz häufiger Nachweise nicht in Tab. 5 integriert.

Zu den Arten, die im Untersuchungsgebiet relevante Vorkommen und einen höheren Gefährungsstatus haben gehören *Sagartiogeton (Actinotheroe) undatus*, *Heteranomia squamula* und *Onchidoris muricata*. Das Vorkommen der Europäischen Auster auf dem Borkum Riffgrund bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts ist belegt (z.B. BERGHAIN & RUTH 2005); aktuelle Nachweise liegen nicht vor. Sofern das Restore-Projekt für eine Wiederansiedlung der auf dem Borkum Riffgrund verschwundenen Europäischen Auster erfolgreich ist, könnte *Ostrea edulis* aber wieder Bestandteil des Borkum Riffgrundes werden und vielleicht sogar biogene Riffe bilden.

Tab. 5: Vorschlag für charakteristische (lebensraumtypische) Arten und Arten mit besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung für geogene Riffe im Küstenmeer des Borkum Riffgrundes.

| Art | Vorkommen, Struktur und Funktion im BRG Küstenmeer | erwartetes Signal bei gutem Zustand geogener Riffe | Schutzstatus ¹ |
|---|--|---|---------------------------|
| Porifera | | | |
| charakteristische Makrozoobenthosarten² | | | |
| <i>Halichondria (Halichondria) panicea</i> | langlebig, sessil, strukturbildend | Zunahme der maximalen Größe, Zunahme der Komplexität der Lappenstruktur | |
| <i>Haliclona oculata</i> | sessil, strukturbildend | Zunahme der maximalen Größe, Zunahme der Komplexität der Äste | |
| <i>Leucosolenia variabilis</i> | sessil, strukturbildend | | |
| <i>Suberites ficus</i> | langlebig, sessil, strukturbildend | Zunahme der maximalen Größe | |
| <i>Sycon ciliatum</i> | sessil, strukturbildend | | |
| Hydrozoa | | | |
| <i>Halecium halecinum</i> | sessil, struktur- und habitatbildend | | |
| <i>Obelia bidentata</i> | (Arten in situ und auf Photomaterial nicht zu bestimmen), sessil, struktur- und habitatbildend | Zunahme der maximalen Größe, Zunahme der Komplexität der Äste | |
| <i>Obelia dichotoma</i> | | | |
| <i>Obelia longissima</i> | | | |
| <i>Obelia geniculata</i> | | | |
| <i>Sertularia cupressina</i> | sessil, struktur- und habitatbildend | | |
| Anthozoa | | | |
| <i>Alcyonium digitatum</i> | langlebig, sessil, strukturbildend | Zunahme der maximalen Größe, Zunahme der Komplexität der Lappenstruktur | 3 |
| <i>Metridium senile</i> | langlebig, sessil, strukturbildend | Zunahme der maximalen Größe | |
| Bryozoa | | | |
| <i>Flustra foliacea</i> | langlebig, sessil, struktur- und habitatbildend | Zunahme der maximalen Größe, Zunahme der Komplexität der Lappenstruktur | |
| Arthropoda - Decapoda | | | |
| <i>Cancer pagurus</i> | vagil, keystone-species | Zunahme der Dichte | |
| <i>Homarus gammarus</i> | vagil, keystone-species | Zunahme der Dichte | |
| <i>Macropodia rostrata</i> | unregelmäßig, vagil | unbekannt | |
| Chordata | | | |

| Art | Vorkommen, Struktur und Funktion im BRG Küstenmeer | erwartetes Signal bei gutem Zustand geogener Riffe | Schutzstatus ¹ |
|--|--|--|---------------------------|
| <i>Polyclinum aurantium</i> | sessil, strukturbildend | unbekannt | |
| Weitere Makrozoobenthosarten mit besonderer naturschutzfachlicher Bedeutung³ | | | |
| gefährdete Arten | | | |
| <i>Sagartiogeton (Actinothoe) undatus</i> | sessil | | 3 |
| <i>Heteranomia squamula</i> | sessil | | 0 |
| <i>Onchidoris muricata</i> | sessil | | 0 |
| Historische Arten | | | |
| <i>Ostrea edulis</i> | langlebig, sessil, struktur- und habitatbildend | | 1, OSPAR-Art |
| charakteristische (lebensraumtypische) Fischarten⁴ | | | |
| <i>Pholis gunnelus</i> | standorttreu | unbekannt | |
| <i>Microstomus kitt</i> | standorttreu | | |
| <i>Myoxocephalus scorpius</i> | standorttreu? | | |
| <i>Taurulus bubalis</i> | evtl. saisonale Wanderung | | |
| <i>Gadus morhua</i> | evtl. saisonale Wanderung | | OSPAR-Art |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i> | evtl. saisonale Wanderung | Zunahme der Dichte | |

1 Rote Liste für Wirbellose (RACHOR et al. 2013) und Fische (THIEL et al. 2013) mit dem Gefährdungsstatus 0, 1, 2, 3 und OSPAR-Art entsprechend der OSPAR-Liste of threatened and/or declining species and habitats

2 Identifizierung nach Artikel 17 reporting, Explanatory Notes & Guidelines for the period 2013-2017, Final Version, May 2017

3, 4 Identifizierung der Arten nach Vorgehen BFN (2017b)

Zu den charakteristischen (lebensraumtypischen) Fischarten des Borkum Riffgrundes Küstenmeer zählt v.a. der Klippenbarsch *Ctenolabrus rupestris*, der ebenfalls mit höherer Dichte bei gut ausgeprägten Abiotik (Dichte/Größe von Steinen) aufweist (Kap. 4.3.2.1) wie auch von SAYER et al. (1995) für die Westküste von Schweden beschrieben. Die Limande (*Microstomus kitt*) bevorzugt kiesige bis steinige Böden als Habitat (HEESSEN et al. 2015) und ist bei guter Sicht anhand ihres marmorierten Muster (helle Flecken) i.d.R. gut von anderen Plattfischen zu unterscheiden. Nach HEESSEN et al. (2015) ist die Art sehr standorttreu. Der Butterfisch (*Pholis gunnellus*) ist ebenfalls eine standorttreue Art des Flachwassers, die im Untersuchungsgebiet auftrat und struktur- und steinreiche Habitate bevorzugt (HEESSEN et al. 2015, VORBERG & BRECKLING 1999). Seeskorpion (*Myoxocephalus scorpius*) und Seebull (*Taurulus bubalis*) sind ebenfalls Arten struktur- und steinreicher Habitate. Der Seeskorpion wird für das Wattenmeer als Standfisch beschrieben, in Küstengewässern können nach HEESSEN et al. (2015) aber beide Arten saisonale Abundanzschwankungen aufgrund von Wanderungen aufweisen. Die zwei Arten sind je nach Sichtbedingungen im Feld und anhand von Videos kaum voneinander zu unterscheiden.

Der Kabeljau (*Gadus morhua*) wurde zwar nicht in dieser Studie erfasst, ist aber ebenfalls v.a. als Jungtier charakteristisch für Riffe (BFN 2017a) und potenziell auch nach unserer Erfahrung in diesem Gebiet in saisonal schwankender Dichte zu erwarten. Der Große Scheibenbauch (*Liparis liparis*) ist eine weitere Standfischart, die eine enge Bindung an Hartsubstrate aufweist und auch in BOS et al.

(2014) für das Küstenmeer Borkum Riffgrund genannt ist, aber weder in dieser Untersuchung noch in den Voruntersuchungen (BIOCONSULT 2018, 2019b) nachgewiesen wurde.

Die Liste mit charakteristischen Arten ist als erster Vorschlag für geogene Riffe des Borkum Riffgrundes (Küstenmeer) zu betrachten. Die Liste sollte bei zunehmender Kenntnis über die Häufigkeit/Konstanz von Arten sowie deren Funktion im System angepasst werden.

4.5.5 Offene Fragen

Die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Charakteristika basieren auf einer Erfassung, die einmalig mit begrenztem Aufwand in einem kleinen Bereich des niedersächsischen Borkum Riffgrundes durchgeführt wurde.

Für den Borkum Riffgrund stehen in Deutschland keine Vergleichsdaten für die Epifauna zur Verfügung, die taucherbasiert erhoben wurden. Alle in der AWZ durchgeführten Untersuchungen basieren auf Greifer- und Dredgeproben, die ein abweichendes Artenspektrum erfassen und für die Charakterisierung des Epibenthos von Hartsubstraten nur bedingt geeignet sind. Das Artenspektrum makrozoobenthischer Wirbellose des Borkum Riffgrundes ist weder in der AWZ noch im Küstenmeer vollständig erfasst. Eine Betrachtung aller im Borkum Riffgrund erhobenen Daten wäre sinnvoll, um 1) räumliche Unterschiede zwischen Küste und AWZ herauszuarbeiten, 2) Gesamtartenlisten zu generieren und 3) charakteristische Arten für die Küstengewässer auf einer breiteren Datenbasis zu identifizieren.

Aufgrund der großräumigen Heterogenität der Hartsubstrate auf dem Borkum Riffgrund ist davon auszugehen, dass im Küstenmeer Bereiche mit einer abweichenden Habitatstruktur auch eine andere Besiedlung aufweisen als in dem steinreichen Gebiet dieser Untersuchung. Obwohl wir keine grundsätzlich anderen Charakteristika der Epifauna erwarten, sind die beschriebenen Ergebnisse auch nicht grundsätzlich zu generalisieren. Sowohl räumliche als auch saisonale und interannuelle Unterschiede zu der aktuell vorgefundenen Besiedlung sind wahrscheinlich, aber Vergleichsdaten stehen für die Epifauna nicht zur Verfügung. Letztlich ist Kenntnis über die Variabilität eine Voraussetzung für eine verlässliche Bewertung des Zustandes.

5. Ergebnisse: Betrachtung Erfassungsmethoden

In diesem Kapitel sollen die eingesetzten Methoden hinsichtlich ihrer Möglichkeiten und Limitierung zur Erfassung von Hartsubstrat- und epibenthisch-geprägten Biotopen beschrieben werden. Hierzu gehören zum einen praktische Aspekte des wissenschaftlichen Tauchens (z.B. zeitliche Begrenzung der Einsatzmöglichkeiten) als Basis für die Gewinnung von Video-, Foto- und Probenmaterial. Zum anderen sollen die Ergebnisse der eingesetzten Methoden vergleichend gegenübergestellt werden. Für die Entwicklung eines Monitorings wird anhand von Arten-Areal-Kurven überprüft, ob die Stichprobenzahl (Anzahl Transekte, Videos und Kratzproben) innerhalb jeder Methode ausreichend war, um einen hohen Anteil des möglichen Artenspektrums zu erfassen.

5.1 Praktische Aspekte wissenschaftlichen Tauchens

Die Arbeitszeiten der Taucher sind für Zählungen der Megafauna und Videoaufnahmen auf die Tageszeit mit Licht limitiert, da das Biotop bei Nacht aufgrund der reduzierten Lichtbedingungen nicht in vergleichbarer Weise zu erfassen wäre. Grundsätzlich können Taucharbeiten - auch bei Vorhandensein eines seetüchtigen großen Schiffes - nur bei günstigen Wetterbedingungen durchgeführt werden (max. 4 Bft, max. 1 m Wellenhöhe). Idealerweise sollte ein Zeitraum um eine Nipptide herum gewählt werden, damit das Stauwasser länger anhält bzw. die einsetzende Strömung schwächer ist.

Die maximal mögliche Zeit unter Wasser hängt in erster Linie von der Wassertiefe ab. In einer durchschnittlichen Wassertiefe zwischen 20 und 25 Metern, wie sie im Untersuchungsgebiet vorherrschte, liegt die maximale Aufenthaltsdauer selbst mit optimierten Gasmischungen (Nitrox) am Grund bei etwa 60 Minuten, um die Dekompressionszeiten im sicheren Rahmen zu halten. Unter Berücksichtigung der Richtlinien für den Einsatz von Forschungstauchern (BGR/GUV-R 2112) kann ein Taucher unter Berücksichtigung der nötigen Oberflächenpause hier bei guten Bedingungen pro Tag maximal zwei Stunden im Wasser verbringen. Die Erfassung der Megafauna entlang eines 20 Meter langen Tauchertransektes unter Wasser hat zwischen 4 und 7 Minuten in Anspruch genommen, insgesamt wurde eine Zeit von 33 Minuten für alle sechs Transekte benötigt. Die im Anschluss durchgeführten Videoaufnahmen der Transektabschnitte benötigten eine Zeit zwischen 2 und 5 Minuten.

Die Ergebnisse der Bestandserfassungen sind auch von den Sichtbedingungen unter Wasser abhängig. In den drei Tauchtagen dieser Untersuchung variierten die Sichtbedingungen zwischen gut (Transekt 1, 5 und 6) und schlecht (Transekt 2 und 3), wobei gute Bedingungen etwa 3-4 m Sichtweite und schlechte etwa 1-2 m entsprechen. Die schlechten Bedingungen gingen einher mit dem Auftreten von marine snow. Grundsätzlich herrschten bessere Bedingungen während der Niedrigwasserstauzeiten (d.h. Wechsel ablaufendes Wasser zu auflaufend Wasser).

Für eine flächenbezogene Erfassung entlang der Transekte ist es nötig, dass ein Maßband oder ähnliche Referenzen im Bild sichtbar sind, wenn man eine metergenaue Auswertung plant. Hierbei ist zu beachten, dass das helle Maßband gegenüber dem dunklen Hintergrund leicht überbelichtet wird und dann keine Ablesung mehr möglich ist. Der Einsatz von schwarzen oder grauen Maßbändern wäre hier zukünftig hilfreich. Auch der Blickwinkel der Kamera, die Ausleuchtung, die über-Grund-Geschwindigkeit der Kamera und die Lage bzw. Höhe des Maßbandes über Grund spielen bei der

Bewertung eine Rolle und sollten zukünftig in die Untersuchungs- und Tauchgangsplanung mit einfließen. Konkret wurde in der vorliegenden Untersuchung versucht, das Maßband möglichst stramm und am Boden zu führen, was aber aufgrund der Steindichte nicht immer möglich war.

submaris hat an Riffen um Helgoland, auf dem Steingrund und in der Ostsee mit einer weiteren Methode gearbeitet, die vom Hartsubstrat mit einem Spachtel abgelöste Organismen mit einem Unterwassersauger einsammelt. Die Methode ist gut geeignet, wenn ein Taucher allein am Meeresboden arbeitet. Allerdings besteht hier die Gefahr, dass sehr kleine Lebewesen im aufsteigenden Luftstrom und im am Sauger angeschlossenen Sammelnetz zerdrückt oder zerrissen werden könnten, was die Artbestimmung erschwert. Am Borkum Riffgrund haben zwei Taucher an einer Kratzprobe gearbeitet. Somit konnte ein Taucher sorgfältig den Aufwuchs vom Stein kratzen, während der andere Taucher das Material mit dem Kescher einsammelte. Diese Methode ist deutlich schonender und stellt sicher, dass Verluste auch bei einsetzender Strömung gering ausfallen, auch wenn die Methode vagile Organismen eventuell unterschätzt.

5.2 Vergleich Erfassung abiotische Biotopausstattung

Durch die Taucharbeiten konnte ein *in situ*-Eindruck der großräumigen Strukturen des Untersuchungsgebietes gewonnen werden. Eine detaillierte Beschreibung des Biotops entlang der Transekte durch Parameter wie Steingröße, Steindichte, Vorkommen und Bedeckung sessiler Arten ist unter Wasser in dieser Tiefe würde eine andere Einsatzplanung erfordern und wäre durch die zeitliche Limitierung durch Tide und Wetterfenster nur sehr schwer zu realisieren. Die Erfassung des Biotops *in situ* beschränkte sich somit auf einen qualitativen Überblick über die vorkommenden Substrate und strukturbildenden Elemente (Sandflächen, Steine, Blöcke) sowie eine grobe Schätzung über das Verhältnis zwischen Sandflächen und Hartsubstraten.

Die Ergebnisse der Videoanalysen hängen vor allem von den Sichtbedingungen während der Aufnahmen ab. Die Videos lieferten einen guten Eindruck über die vorkommenden Substrate. Grundsätzlich hat sich die Arbeit mit einem am Boden liegenden Maßband bewährt, um einzelne Abschnitte identifizieren zu können bzw. einen Anhaltspunkt für Größen (Steine, Fauna) zu haben. Das Verhältnis zwischen Sandflächen und Hartsubstraten ist bei guten Sichtbedingungen problemlos zu schätzen. Ein Vorteil gegenüber der *in situ*-Erfassung ist die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, da jedes Video wiederholt betrachtet werden kann. Hierbei können bei jedem Durchlauf unterschiedliche Parameter erfasst werden oder es können Kontrollen durch unterschiedliche Bearbeiter erfolgen. Standbilder/Screenshots erlauben eine genaue flächenbezogene Auswertung; die Ergebnisse können nachträglich auf unterschiedlichen räumlichen Skalen (z.B. cm, m, Transekt) ausgewertet werden. Hierfür könnten zukünftig ggf. automatische Bildanalyse-Systeme genutzt werden.

Aus den Rahmenfotos lassen sich bis auf das Siedlungssubstrat (sofern erkennbar) keine Informationen über abiotische Parameter gewinnen. Die Überblicksfotos waren zur Einordnung der lokalen Biotopstruktur für die gedacht und wurden hinsichtlich der Präsenz der zu den Rahmenfotos zusätzlich erkennbaren Arten ausgewertet. Sie lieferten keine Erkenntnisse, welche nicht auch durch die Transektvideos gewonnen werden konnten.

5.3 Vergleich biotische Biotopausstattung

Artenvielfalt und Artenspektrum

Eine *in situ*-Artbestimmung hängt von den Sichtbedingungen, der Größe der Individuen/Arten und von der taxonomischen Expertise der Taucher ab. In dieser Untersuchung konnte die vagile Megafauna überwiegend auf Artniveau angesprochen werden (Tab. 1). Innerhalb der sessilen Arten ist eine genaue Ansprache auf die großen, eindeutig zu bestimmenden Struktur- und Habitatbildner (z.B. *Metridium senile*, *Halichondria (Halichondria) panicea*, *Flustra foliacea*, *Halecium halecinum*, *Suberites ficus*, etc.) beschränkt. Die Unterscheidung vieler Actiniaria, größerer Hydrozoa und Ascidiacea erfordert eine entsprechende Expertise und auch ausreichend Zeit unter Wasser. Die kleine Begleitfauna der strukturbildenden Arten kann in der überwiegenden Zahl unter Wasser nicht bestimmt werden. Gleiches gilt für den oftmals graubraunen Überzug auf Steinen (hier als Turf bezeichnet), der überwiegend aus einem Mix aus kleinen Hydrozoa und Bryozoa mit organischer Substanz besteht. Im Rahmen der *in situ*-Zählungen wurde nur die Megafauna (vagile Arten >10 cm) erfasst (Tab. 1). Diese bestand aus 12 Arten, was einem Anteil von 12 % des insgesamt erfassten Artenspektrums (Tab. 1) entspricht.

Durch die Auswertung der Videotransekte wurde ein ähnliches Artenspektrum der vagilen Megafauna erfasst wie durch die *in situ*-Bestimmung (Tab. 1); die Artenzahl war mit 9 vagilen Arten (entspricht rd. 9 %) jedoch etwas geringer als bei der *in situ*-Beobachtung, da Schleimfische, Seeskorpion und Scholle nicht erfasst wurden. Für beide Methoden gilt, dass die potenziell erfassbare Artenzahl etwas höher liegen würde, wenn die größeren sessilen Strukturbildner (s.o.) mit einbezogen würden. In der Artenliste (Tab. 1) wurden solche Arten gekennzeichnet (grüne Hinterlegung), die in durch Videoauswertungen (und auch durch *in situ*-Erfassungen) potenziell zu bestimmen sind. Hiernach wären 32 Arten (entspricht rd. 31 %) auch optisch erfassbar.

Durch die Überblick- und Rahmenfotos wurden insgesamt 24 Taxa erfasst, von denen 12 bis zur Art bestimmt werden konnten (Tab. 1). Im Gegensatz zur *in situ*-Erfassung und den Videotransekten wird die vagile Megafauna aufgrund des kleinen Bildausschnittes nur sehr eingeschränkt erfasst. Der Fokus liegt auf den sessilen Arten. Bei den Rahmenfotos war es möglich, neben den leicht identifizierbaren größeren Strukturbildnern (s.o.) weitere Arten der Schwämme, Anthozoa und Hydrozoa zumindest bis zur Gattung zu bestimmen. Die kleinere Begleitfauna konnte kaum bestimmt werden. Dennoch sind auch hochauflösende Fotos nur eindimensionale Aufnahmen und selbst bei größerer Tiefenschärfe lassen sich insbesondere kryptische (versteckte) Tiere oder kleine Lebewesen zwischen aufwachsenden Bryozoa/Hydrozoa nicht erfassen.

Durch die Kratzproben wurde mit Abstand die höchste Artenzahl (86 Arten) erfasst (Tab. 1), was einem Anteil von rd. 84 % am Gesamtartenspektrum entspricht. Auch mit dieser Methode wird die vagile Megafauna aufgrund der kleinen Fläche nur sehr eingeschränkt bis gar nicht erfasst. Die größeren strukturbildenden Arten wurden nahezu alle erfasst und konnten auf Artniveau bestimmt werden. Die Artenvielfalt kam aber durch die Erfassung der kleineren Begleitfauna zustande. Eine Reihe von Tierstämmen wurde nur durch diese Methode erfasst (vgl. Tab. 1).

Vergleich Abundanzen vagile Megafauna

Im Folgenden werden die Abundanzen der vagilen Megafauna im Vergleich der *in situ*-Erfassung und Videoauswertung beschrieben.

Grundsätzlich zeigt der Vergleich der beiden Methoden, dass sich die Abundanzwerte einer Art jeweils in einem ähnlichen Wertebereich befinden und somit die Relation der vorkommenden Arten zueinander durch beide Methoden gut abgebildet wird (vgl. Tab. 3). Größere Unterschiede bestanden nur beim Klippenbarsch *Ctenolabrus rupestris*, der durch die *in situ*-Erfassung deutlich besser erfasst wurde. Der Grund für die Unterschiede liegt vermutlich in einer Scheuchwirkung durch Taucher 1, so dass auf den Videos von Taucher 2 nur ca. halb so viele Individuen gezählt werden konnten wie durch Taucher 1.

Die absoluten Abundanzwerte der Krebsarten, mit Ausnahme des Hummers, lagen durchweg bei den Videoauswertungen höher oder gleich hoch, während bei den Fischarten, mit Ausnahme der gut getarnten Leierfische, höhere Abundanzen bei der *in situ*-Zählung auftraten. Um herauszufinden, ob es signifikante Unterschiede zwischen den beiden Methoden (Tauchertransekte vs. Videoauswertung) hinsichtlich der Abundanzzahlen gibt, wurde ein paarweiser t-Test durchgeführt. Dieser zeigte, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Methoden bestehen (paarweiser t-Test: $p=0,432$). Zusätzlich wurde für jede Art mit t-Tests überprüft, ob bei einzelnen Arten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Erfassungsmethoden bestehen. Auch hier wurden keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen (paarweise t-Tests mit durch Bonferroni-Korrektur angepasstem Signifikanzniveau $p_i = \frac{p}{n} = \frac{0,05}{6} = 0,0083$, p-Werte bei keinem Vergleich unter 0,0083). Allerdings ist bei zwei Arten (Hummer, $p=0,08$; Klippenbarsch, $p=0,06$) immerhin eine Tendenz zu Unterschieden zwischen den beiden Methoden erkennbar und sollte bei einem zukünftigen Monitoring beachtet werden. Zuverlässige Abschätzungen der Hummer- und Klippenbarsch-Populationen sollten besser durch Taucherzählungen erfolgen.

Arten-Areal-Kurven

In Abb. 29 und Abb. 30 sind die Arten-Areal-Kurven (AAK) für die vagile Megafauna getrennt für die *in situ*-Zählung und Videoauswertung dargestellt. Bei einem Vergleich zwischen den Kurven beider Methoden fällt auf, dass die Kurve für die Videoauswertung etwas flacher endet. Dies liegt aber vor allem an der in der Videoauswertung insgesamt geringeren Anzahl von gefundenen Arten (9 vs. 12), so dass schon eher eine ausreichende Transektanzahl erreicht ist.

Da hier je Methode nur die sechs Transekte gemessen wurden, erreichen die AAK kaum ein Plateau. Dies erschwert die Empfehlung, wie viele Transekte oder welche Transektlängen zukünftig beprobt werden sollen. Es sollten aber mehr Transekte (oder längere) sein als in der vorliegenden Untersuchung, wenn man möglichst alle vorhandenen Megafauna-Arten erfassen möchte. Als grobe Empfehlung würden wir die Transektlänge auf ca. 30 m am Borkum-Riffgrund verlängern.

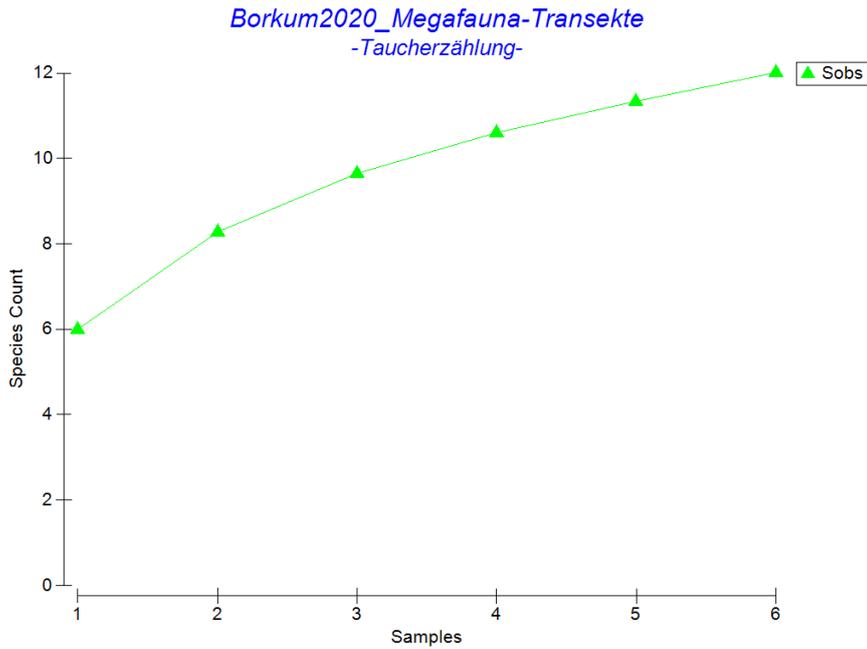


Abb. 29: Arten-Areal-Kurve der in situ-Zählung der vagilen Megafauna durch Taucher.

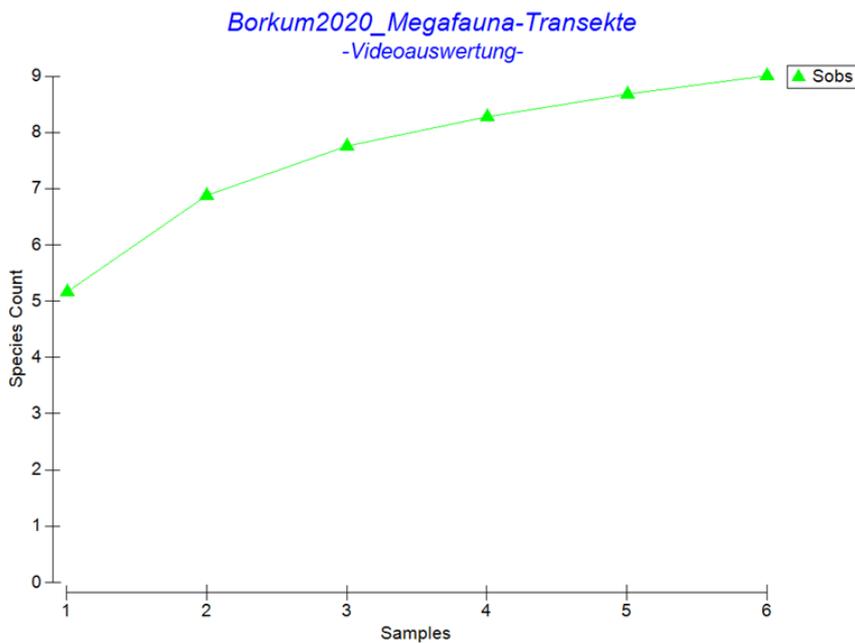


Abb. 30: Arten-Areal-Kurve der Videoauswertung der vagilen Megafauna.

Die AAK für die 12 Kratzproben ist in Abb. 31 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Kurve nach 12 Kratzproben noch eine deutliche Steigung zeigt, so dass weitere Kratzproben das Artenspektrum noch erweitern werden.

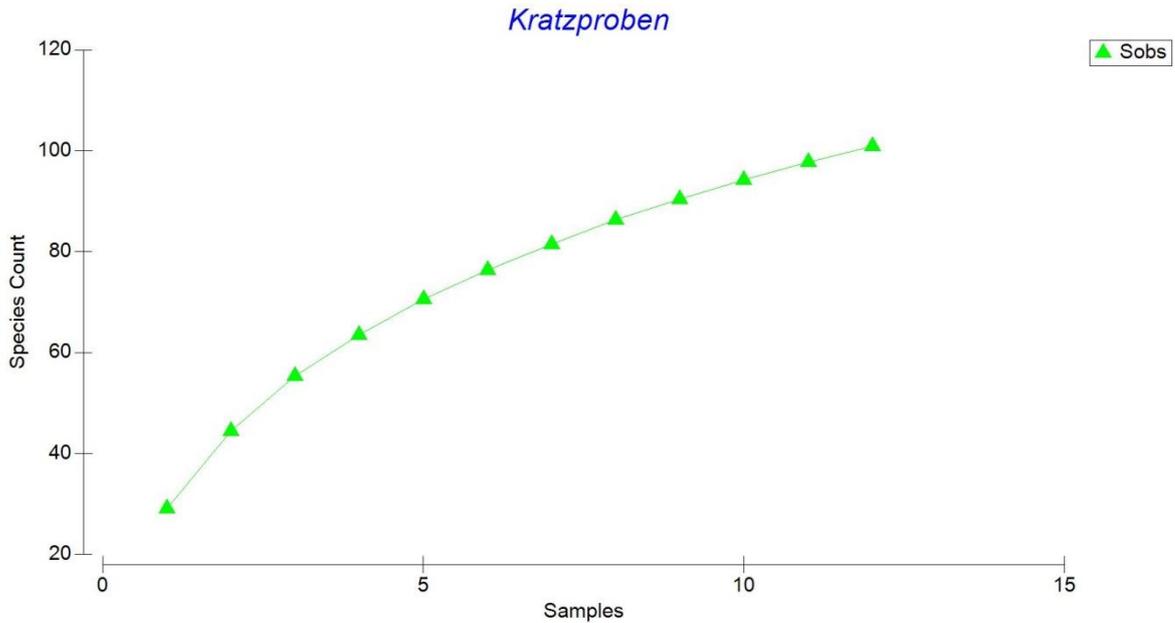


Abb. 31: Arten-Areal-Kurve der Kratzproben.
Eingegangen sind alle 101 gefundenen Taxa

5.4 Einordnung der Ergebnisse

Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser und zukünftiger Erfassungen, einen Umwelt- oder Erhaltungszustand des Lebensraumes oder benthischen Habitats zu bewerten, sollten die Monitoringdaten so verlässlich und repräsentativ wie möglich sein. Hierbei sind die Ansprüche der nationalen und internationalen Regelwerke zu berücksichtigen (s. folgendes Kapitel). Die gebietsspezifischen Charakteristika beeinflussen ebenfalls die Wahl der Methoden. Insgesamt hat die Auswahl geeigneter Methoden einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Daten, die möglichen zu erfassenden Parameter und den Aufwand (Zeit/Kosten) des Monitorings.

In Tab. 6 ist die Eignung der verwendeten Methoden für die Erfassung der abiotischen oder biotischen Parameter des Lebensraumes im Hinblick auf ein zukünftiges Monitoring mit begrenztem Zeitaufwand gegenübergestellt. Die Farben symbolisieren hierbei zusätzlich die Eignung (grün = gute Eignung, rot = schlechte Eignung). Die Methoden wurden um eine theoretische Betrachtung einer Video-Schleppkamera von Bord aus und eines Remotely Operated Vehicle (ROV) (mit Kameras ausgerüstet) ergänzt. Da diese Studie auf die Erfassung der Epifauna und vagilen Megafauna fokussiert, wird der Einsatz von unterschiedlichen Greifern nicht betrachtet, da sie in Steinbereichen nicht eingesetzt werden können. Sofern das Habitat Greiferproben ermöglicht, ist ihr Einsatz jedoch grundsätzlich zu empfehlen, wenn eine vollständige Erfassung des benthischen Arteninventars das Ziel ist.

Tab. 6: Vergleich der Kompetenzen und Limitierungen in dieser Untersuchung genutzter Methoden (Ausnahme ROV) zur Erfassung der Besiedlung in Hartsubstrat-geprägten Biotopen.
Die Eignung einer Methode ist zudem farblich hervorgehoben: grün = gut, gelb = mittel, rot = schlecht

| Parameter (Erfassung) | In situ -Erfassung durch Taucher (Transekte) | Videoaufnahmen durch Taucher (Transekte) | Schleppkamera von Bord (Transekte) | ROV mit verschiedenen Kameras (Transekte) | Fotos durch Taucher (mehrere kleine Flächen) | Kratzproben durch Taucher (mehrere Punkte) | Dredgeproben (Steindredge, Transekte) |
|---|--|--|------------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|
| Zerstörung des Habitates/Biotops | nicht-destruktiv | nicht-destruktiv | nicht-destruktiv | nicht-destruktiv | nicht-destruktiv | gering destruktiv | stark destruktiv |
| Limitierung durch Wetter (Fischkutter), Wellenhöhe 0-3 m | stark | stark | mittel | mittel | stark | stark | gering |
| Zeitliche Begrenzung (bei guter Sicht und gutem Wetter) | wenige Stunden | wenige Stunden | unbegrenzt | unbegrenzt | wenige Stunden | wenige Stunden | unbegrenzt |
| Flächenbezug Erfassung (kleinräumig <1 m², großräumig >500 m²) | mittelräumig | mittelräumig | großräumig | großräumig | mittelräumig | kleinräumig | großräumig |
| Differenzierbarkeit der beprobten Fläche auf kleinere Einheiten | gering | sehr gut | sehr gut | sehr gut | sehr gut | nicht möglich | nicht möglich |
| Großräumiger Gesamteindruck des Lebensraumes | sehr gut | mittel | mittel | sehr gut | mittel bis schlecht | schlecht | mittel bis schlecht |
| Beitrag zur Vollständigkeit des Arteninventars | mittel | mittel | mittel bis gering | mittel | mittel | sehr gut | sehr gut |
| Qualitative Erfassung des Substrates | gut | gut | gut | gut | mittel | nicht möglich | mittel |
| Quantitative Erfassung des Substrates | mittel | gut | gut | gut | kaum möglich | nicht möglich | kaum möglich |
| Quantitative Erfassung große vagile Fauna (Krebse und Fische) | gut | gut | gut bis mittel | gut | kaum möglich | nicht möglich | gut |
| Quantitative Erfassung Bedeckung Hartsubstrate mit Epifauna | kaum möglich | sehr gut | sehr gut | sehr gut | sehr gut | kaum möglich | kaum möglich |
| Quantitative Erfassung Strukturbildner | kaum möglich | sehr gut | sehr gut | sehr gut | mittel | mittel | mittel |
| Taxonomische Tiefenschärfe | mittel | mittel | mittel bis gering | mittel | mittel | sehr gut | sehr gut |
| Reproduzierbarkeit der Ergebnisse | nicht reproduzierbar | reproduzierbar | reproduzierbar | reproduzierbar | reproduzierbar | reproduzierbar | reproduzierbar |
| Aufarbeitungszeit Labor | sehr gering | mittel | mittel | mittel | gering bis mittel | hoch | hoch |

Ein periodisch durchgeführtes Monitoring sollte möglichst nicht destruktiv (zerstörerisch) sein, insbesondere nicht in Lebensräumen, die aufgrund ihrer Ausstattung (z.B. langlebige Arten) eine lange Regenerationszeit haben. Der Einsatz einer Dredge kann in Steinbereichen nur durch eine robuste Steindredge erfolgen, welche sowohl das notwendige Siedlungssubstrat aus dem Lebensraum entfernt als auch einen stark zerstörenden Einfluss auf den Meeresboden und die Fauna hat. Aus diesem Grund sollte – entsprechend den Guidelines zur FFH-Richtlinie keine destruktiven Methoden zu verwenden (DG ENVIRONMENT 2017) - auf eine Dredge verzichtet werden auch wenn durch eine Dredge viel Informationen aus einer großen Fläche integriert werden kann.

Die Erfassung eines Lebensraumes mit nicht-destruktiven Methoden erfolgt entweder durch 1) taucherbasierte *in situ*-Zählungen, Videoaufzeichnungen und/oder Fotodokumentationen, 2) den Einsatz eines ROV oder 3) von Bord geschleppten Foto/Videosystemen. Die Verwendung eines ROV erscheint zumindest in der Theorie für viele der in Tab. 6 betrachteten Parameter geeignet. Allerdings erfordert der Einsatz in der strömungsstarken Nordsee eine entsprechende Größe/Gewicht. Von COOLEN & JAK (2018) wurde für die Untersuchung der Besiedlung an offshore Windkraftanlagen in dänischen und niederländischen Gewässern u.a. ein industrielles ROV verwendet. Zudem sind mehrere Kamerasysteme und ggf. eine Vorrichtung zur Probenentnahme notwendig um den Lebensraum detailliert zu erfassen. Ein solches ROV ist entsprechend teuer und nur wenigen Instituten zugänglich.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass taucherbasierte Probenahmen grundsätzlich eine geeignete Methode darstellen, um Hartsubstrat-geprägte Lebensräume zu erfassen. In küstenfernen Gebieten ist die Einsatzzeit unter Wasser jedoch durch die Wassertiefe deutlich limitiert (s. Ausführungen in Kap. 5.1). Dennoch haben taucherbasierte Erfassungen in der Nordsee aufgrund der höheren Qualität der Aufnahmen (auch bei suboptimalen Sichtbedingungen) und Flexibilität unter Wasser auf die Begebenheiten vor Ort reagieren zu können, entscheidende Vorteile gegenüber geschleppten Videosystemen von Bord. Die *in situ*-Beobachtung durch Taucher bietet einen guten ersten qualitativen Überblick über die Ausstattung des Lebensraumes mit Hartsubstraten und die Auswahl eines geeigneten Transektes entsprechend zuvor festgelegter Kriterien. Die Möglichkeit die Verhältnisse vor Ort anhand von Videos und/oder Fotos aus unterschiedlichen Blickwinkeln zu dokumentieren, ist ein entscheidender Vorteil bei der Zustandsbewertung. Die in Kap. 4.2.3 gezeigten Bilder bzw. Screen-shots sagen z.T. mehr als 1000 Worte und Zahlen aus. Dies steht sicherlich im Gegensatz zu Weichböden in denen die Aussagekraft von Bildern zu Organismen begrenzt ist.

Quantitative Erfassungen der Hartsubstrate und Fauna sind unter Wasser aufgrund der zeitlichen Limitierung nur sehr eingeschränkt möglich. Für die Zählung vagiler, demersaler Megafauna sind sie eine gute Methode um insbesondere Arten zu zählen, die sich gerne in Spalten und Höhlen der Steine verstecken wie z.B. Hummer und Klippenbarsche als charakteristische Riffarten. Tendenziell kamen die Zählungen der Megafauna aber zu ähnlichen Ergebnissen wie die Videoauswertung. Taucherfassungen sind subjektiv und hängen von der Erfahrung und Artenkenntnis des Tauchers ab. Ein großer Nachteil gegenüber allen anderen Methoden ist, dass sie nicht reproduzierbar sind. Aus den genannten Gründen sollten *in situ*-Beobachtungen nur in Kombination mit anderen Methoden erfolgen.

Eine quantitative Erfassung der epibenthischen Besiedlung (Bedeckungsgrad, Dominanz größerer Arten, Wuchsform) kann *in situ* nur qualitativ auf grober Basis geschätzt werden. Eine flächenbezogene Erhebung ist nur mit großem Aufwand möglich. Videomaterial entlang von Transekten erwies sich als geeignete Methode um quantitative Daten zu bekommen. Sie sind allerdings auf die

größeren, leicht erkennbaren Faunenelemente (Strukturbildner) reduziert. Die Auswertungen können bei Vorhandensein eines möglichen Größenabgleichs auf verschiedene Flächen angewendet werden. Je kleinräumiger, desto zeitaufwendiger. Hier wäre ein Versuch lohnend automatische Bildanalyse-systeme zu verwenden. Die Auswertung der Überblicks- und Rahmenfotos ergab gegenüber den Videoauswertungen wenig zusätzliche Informationen. Aus unserer Einschätzung können diese Erfassungsmethoden am ehesten wegfallen. Alternativ könnten die Videoaufnahmen der Transekte mit hochaufgelösten Fotos mittels drop-down Kamera kombiniert werden, um das Artenspektrum zu erweitern.

Von den 101 im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Arten wurde durch die *in situ*-Zählung, Video- und Fotoauswertung nur ein kleiner Teil (um 12 %) erfasst. Allerdings könnte der potenziell bestimmbare Anteil auf rd. 30 % erhöht werden. Eine sichere taxonomische Ansprache des Epibenthos kann nur durch Experten und anhand von Videos und Fotos auch nie vollständig gewährleistet werden. Die in Kap. 4 beschriebene Artenvielfalt kam in dieser Untersuchung erst durch die Auswertung von Kratzproben zustande. Sie beruht zu einem großen Teil auf der Präsenz kleinerer kryptischer Arten, die weder *in situ* noch anhand von Video- und Fotomaterial sicher bestimmt werden können. Die Gewinnung von Kratzproben und eine genaue taxonomische Bestimmung mittels Binokulars und Mikroskops im Labor ist somit als essentiell für die Erfassung des Gesamtartenspektrums in Hartsubstrat-Gemeinschaften anzusehen. Die Arten-Areal-Kurven zeigten, dass mit den 12 Kratzproben wahrscheinlich erst ein geringer Anteil der vorkommenden Arten erfasst wurde. Für ein Monitoring kann allerdings überlegt werden, ob die Erfassung des Gesamtartenspektrums zwingend notwendig ist. Es ist davon auszugehen, dass sich bei guter Ausprägung des Siedlungssubstrates und der struktural- und habitatbildenden Arten (v.a. Hydrozoa) automatisch eine diverse Begleitfauna findet. Allerdings bildet das hier untersuchte Gebiet insgesamt eine gute Ausprägung vieler Riffcharakteristika ab. Es wäre interessant, unter Beibehaltung der gleichen Methodik zu untersuchen, ob sich die Ausprägung strukturbildender Arten in strukturell weniger gut ausgestatteten Habitaten (weniger und kleinere Steine) unterscheidet und mit einer weniger diversen Begleitfauna einhergeht.

5.5 Methodische Empfehlungen für zukünftige Erfassungen

Die vorangegangene Diskussion zeigt, dass eine umfängliche Erfassung epibenthischer Habitate nicht durch eine einzelne Methode abgedeckt werden kann, was auch durch die Ergebnisse anderer Untersuchungen auf dem Borkum Riffgrund (COOLEN et al. 2015) und auf dem Helgoländer Steingrund (DEDERER et al. 2015) deutlich wird. Sonarbilder und Schleppkameravideos bilden zwar größere Bereiche von Riffen, verschiedene Habitate und Tiefenbereiche in relativ kurzer Zeit ab, erlauben aber nicht oder nur sehr eingeschränkt eine Bestimmung von Flora und Fauna bis auf Artniveau. Steht die Erfassung der Biodiversität im Fokus, sollten Proben für eine Laboranalyse von den Hartsubstraten gewonnen werden, da diese ein sehr spezifisches Artenspektrum aufweisen, das - wie diese Studie zeigte - viele bis dato noch nicht für das Gebiet beschriebene Arten aufwies.

Eine umfängliche Erfassung der Abiotik und Biotik eines Riffs ist neben dem generellen Wunsch, die Zusammenhänge und Funktionen innerhalb des Riffs zu verstehen, potenziell auch für die Deskriptoren D4 (Nahrungsnetze, Bewertungssysteme noch in Erarbeitung) und D2 (Nicht-einheimische Arten) von Interesse. Im Hinblick auf ein routinemäßig durchzuführendes Monitoring über das der Zustand der Lebensräume und Biotope bewertet werden kann, ist eine vollständige Erfassung zwar wünschenswert, aber zum einen nicht notwendig und zum anderen mit den zur Verfügung stehenden

Finanzmitteln wahrscheinlich nicht realisierbar. Die MSRL-Bewertung des Zustands der Benthischen Lebensräume wird nach Beschluss der Kommission (EU) 2017/848 gemeinsam für die Deskriptoren D1 (Biodiversität benthischer Lebensräume) und D6 (Integrität des Meeresbodens) durchgeführt. Die Bewertung des Zustands der benthischen Habitate erfolgt über das Kriterium D6C5, Flächenverluste gehen über D6C4 ein (s. Details in BMU 2018). Für die Zustandsbewertung des benthischen Habitattyps „Riffe“ wurde in der deutschen MSRL-Bewertung 2018 auf die Bewertung des Erhaltungszustandes des LRT 1170 nach FFH zurückgegriffen und es erfolgte keine Bewertung der einzelnen MSRL-Kriterien (BMU 2018). Nach FFH sind neben der „Fläche“ u.a. die „Struktur und Funktion“ zu bewerten, wobei neben den abiotischen Riffstrukturen charakteristische Arten im Fokus stehen (s. auch Ausführungen in Kap. 4.5.4).

Vor dem Hintergrund, den Zustand von Riffen nach dem derzeitigen deutschen Bewertungsansatz der MSRL und FFH-RL zu bewerten, schlagen wir als Monitoring eine pragmatische, vergleichsweise kostengünstige Methodik vor, die eine Mindestanforderung darstellt. Diese kann optional, z.B. im Rahmen einer Ersterfassung eines Gebietes, erweitert werden, um wie eingangs beschrieben, ein fundierteres Wissen über die Ökologie von Riffen zu bekommen, gebietsspezifische Charakteristika herauszuarbeiten oder weitere (noch in Entwicklung befindliche) Bewertungsansätze der MSRL abzudecken. Der Parameter „Fläche“ wird hierbei nicht betrachtet, er lässt sich gut über hydroakustische Methoden erfassen. Die folgenden Empfehlungen fokussieren auf der Erfassung der Struktur und Funktion von geogenen Riffen, die sich hinsichtlich der Abiotik nur eingeschränkt über Hydroakustik charakterisieren lässt (vgl. Kap. 4.3.1).

Mindestanforderung für die Bewertung der Struktur und Funktion von geogenen Riffen

- Hochwertige Videoaufnahmen entlang von Transekten haben sich in dieser Studie als geeignetes Mittel erwiesen, um sowohl die vagile Megafauna repräsentativ zu erfassen, strukturelle (Steingröße/Steindichte) Eigenschaften abzubilden und Unterschiede in der Besiedlung (Bedeckung mit Epifauna, charakteristische Arten) zu erfassen. Für die Auswertung der Artengemeinschaft und der Substratstruktur ist es wichtig, den Abstand zum Meeresboden möglichst konstant zu halten und ein Maßband etc. als Größenvergleich zu verwenden. Da die Videos quantifizierbar sein müssen, wird eine Draufsicht (1 bis 1,5 m vom Meeresboden) favorisiert. Vorteilhaft wäre ein System mit zwei Kameras (Voraussicht und Draufsicht), da dies neben der Quantifizierung von Bedeckungsgraden zusätzlich einen besseren Überblick über den Bewuchs und das Habitat bietet und sich die Wuchshöhe/Koloniegröße bestimmter Arten besser abschätzen lässt. Die Transektlänge sollte etwas länger gewählt werden (30-50 m), um zu anderen Erhebungen vergleichbar zu sein (z.B. BOS et al. 2014, DEDERER et al. 2015) und größere Flächen zu erfassen⁵ und somit auch die relevanten Arten/Taxa (s.

⁵ Theoretisch sind wesentlich größere Distanzen machbar, dafür muss aber die Tauchmethode verändert bzw. angepasst werden. Submaris hat bei der Erfassung von Flachgründen in der Ostsee Unterwasser-Scooter (auch DPV genannt: diver propulsion vehicle) eingesetzt, die einen Taucher mit hoher Geschwindigkeit ziehen können. Am Scooter können Kameras und Lampen angebracht werden, die eine gleichmäßige und stabile Dokumentation des Meeresbodens erlauben. Eine bei ausreichender Sichtweite vernünftige Zuggeschwindigkeit liegt bei ca. 20 m/min. In 30 min könnte ein Taucher mit dieser Methode 600 m Transekt erfassen. Gegenüber einer Schleppkamera bietet das System eine wesentlich bessere Steuerung des Bodenabstandes und durch die Anpassung der Geschwindigkeit durch den Taucher an geeigneten Stellen deutlich bessere Bilder für eine Auswertung bei der Betrachtung der Videos. Bei solchen Einsätzen ist der Taucher durch einen Blub mit der Oberfläche verbunden und schwimmt idealerweise mit der Strömung oder bei nur geringer Strömung. Bei guten Bedingungen ist ein Scooter gut geeignet, um einen Überblick über größere Bereiche eines Riffs zu bekommen.

Arten-Arealkurve) repräsentativ zu erfassen. Ob die Videoaufnahmen taucherbasiert oder durch Schleppsysteme aufgenommen werden sollten, hängt sowohl vom Gebiet (Wassertiefe, Sichtbedingungen) als auch von der technischen Ausstattung (Winde, Kamerasysteme) ab. Nach unseren Erfahrungen in den Küstengewässern der Nordsee ist die Qualität der Aufnahmen durch eine taucherbasierte Erfassung besser als die per Schleppkameras (i.d.R. mit einer GoPro ausgerüstet) gewonnenen. Aufnahmen durch ein ROV liegen als Vergleich nicht vor.

Ergänzende Erfassungsmethoden, z.B. im Rahmen einer Erstbeprobung

- Die taucherbasierte Gewinnung von Kratzproben von Steinen stellt eine gute Methode dar, um die strukturellen Eigenschaften eines geogenen Riffs über das Vorkommen von Charakterarten hinaus, zu analysieren. Wie in Kap. 5.4 ausgeführt ist davon auszugehen, dass bei Vorhandensein struktur- und habitatbildender Arten in guter Ausprägung, auch eine entsprechende Begleitfauna auftritt. Die Erfassung der Begleitfauna ist somit nicht obligat für eine Zustandsbeschreibung. Wann immer sich Veränderungen in der Ausprägung, Bedeckung und Dominanz in den strukturbildenden Arten zeigen, kann eine Entnahme von Kratzproben erfolgen, um die Biodiversität und Artzusammensetzung neu zu bestimmen. Eine Fläche von 25 x 25 cm für Kratzproben erschien ausreichend und entspricht auch der Größe aus anderen Monitoringprogrammen (z.B. Neobiota). Es sollten Kratzproben aus augenscheinlich unterschiedlichen Besiedlungen (z.B. Dominanz von Hydrozoa, Porifera, Anthozoa) beprobt werden, um die Beziehungen zwischen Struktur- und Habitatbildnern und Artenvielfalt weiter zu untersuchen. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten aber, dass größere Hydrozoa bedeutend für die Artenvielfalt sind. Diese Habitate sind daher neben *Flustra foliacea* (wurde in dieser Untersuchung nicht als Kratzprobe gewonnen) bevorzugt zu beproben. Um die Artenvielfalt besser zu erfassen, muss die Anzahl der Kratzproben erhöht werden wie die Arten-Areal-Kurve zeigte. Wir empfehlen ca. 20 Kratzproben von 25 x 25 cm zu nehmen.
- Fotografien: auch wenn die in dieser Untersuchung analysierten Fotos nur wenig zusätzlichen Erkenntnisgewinn brachten, sollte zukünftig nicht grundsätzlich auf Fotos verzichtet werden, da Bilder einen guten visuellen Eindruck der dreidimensionalen Ausprägung des Habitatstruktur erlauben. Hierfür bieten sich an besonderen Standorten Panoramafotos an, die einen größeren Ausschnitt als die vordefinierte Transektbreite abbilden. Zusätzlich zum Panoramafoto können an wenigen festgelegten Abschnitten hochauflösende Fotografien gewonnen werden, die in drop-down-Perspektive aufgenommen werden und entweder einzeln oder zusammengesetzt eine noch zu definierende Fläche ergeben. Dies würde erfahrenen Taxonomen erlauben, die Besiedlung und Bedeckung weiterer, z.T. auch kleinerer Arten zu quantifizieren.
- Falls eine taucherbasierte Erfassung von Transekten durchgeführt wird ist es empfehlenswert, die vagile Megafauna als erstes *in situ* zu zählen bevor die Videoaufnahmen beginnen (vgl. Kap. 5.3).

An dieser Stelle wird aber noch einmal hervorgehoben, dass die hier empfohlenen methodischen Ansätze für das Küstenmeer auf einer im Borkum Riffgrund erstmalig mit Tauchern durchgeführten Erfassung basieren, die aufgrund der geringen Stichprobenzahl nur eingeschränkt verlässlich

ist. Interannuelle Unterschiede in der vorgefundenen Besiedlung sind zudem wahrscheinlich (s. Kap. 4.5.5).

6. Klassifizierung und Bewertung

Ziel der Untersuchung ist die umfassende Erfassung und Bewertung der Biozönose der durch geogene Hartsubstrate dominierten Biotope im Untersuchungsgebiet im niedersächsischen Bereich des Borkum Riffgrund. In einem ersten Schritt ordnen wir dem Untersuchungsgebiet die nach verschiedenen Rechtsregimen vorliegenden Biotopklassifikationen zu. In einem zweiten Schritt klassifizieren wir die Biotopausprägungen, um eine Grundlage für eine Zustandsbewertung zu legen.

6.1 Vorliegende Klassifikationen von geogenen Hartböden als Biotope

6.1.1 Habitate nach EUNIS

Die MSRL unterscheidet sog. „Broad Habitat Types“ (BHT) und „Other Habitat Types“ (OHT). Riffe zählen je nach Tiefe zu unterschiedlichen BHT von „Litoral rock and biogenic reef“ bis „Offshore circalittoral rock and biogenic reef“. Sie wurden in der deutschen MSRL-Bewertung 2018 aber zusammengefasst als other habitat type „Riffe“. Die räumliche Abgrenzung der weitverbreiteten benthischen Habitate (Broad Habitat Types) für den OSPAR-Indikator Ausdehnung der physikalischen Störung auf weitverbreitete und besonders geschützte benthische Lebensräume (OSPAR Indikator Code: BH3, im Folgenden BH3-Indikator) erfolgte auf Basis der im Beschluss 2010/477/EU der Kommission zur Feststellung des guten Umweltzustands festgelegten Kriterien und methodischen Standards bzw. anhand der Klassifikation des European Nature Information System (EUNIS 2007). Für den nationalen Bericht zum Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018 bilden dagegen die im revidierten Beschluss 2017/848/EU der Kommission vorgegebenen „Broad Habitat Types“ die Grundlage für die Bewertung der benthischen Lebensräume, die sich an der überarbeiteten EUNIS-Version (Review 2019, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eunis-habitat-classification>) orientieren.

Die Zuordnung der „habitat types nach EUNIS“ zu benthischen Habitaten der MSRL ist dem BESCHLUSS (EU) 2017/848 DER KOMMISSION vom 17. Mai 2017 zu entnehmen.

EUNIS klassifiziert Habitate ebenfalls hierarchisch auf 6 Ebenen (Level). Innerhalb der „Marine benthic habitats,“ (Level 1) wird auf Level 2 anhand der Tiefe kombiniert mit Substrat differenziert. Das dritte Level berücksichtigt die Region. Level 4 unterscheidet weitere Habitate anhand der Kombination aus Exposition und Salinität mit der Gemeinschaft. Auf Level 5 und 6 werden die Gemeinschaften weiter anhand der Besiedlung/Arten differenziert. Im Folgenden wird versucht, eine Klassifizierung der Hartsubstrat-geprägten Bereiche nach EUNIS für die Besiedlung der Steine vorzunehmen. Hierbei werden für die Klassifizierung nach EUNIS sowohl die alte (EUNIS 2012) als auch die neue Klassifizierung (2019) angegeben, da beide Systeme noch verwendet werden (Tab. 7).

Auf den ersten drei Ebenen ist eine Zuordnung auf Basis der Tiefe, des Substrates und der Region unproblematisch als „Atlantic circalittoral rock“ vorzunehmen. Die Klassifizierung nach MSRL endet bereits auf dem Level 2 der EUNIS-Ebene und das Habitat wird entsprechend des KOMM-Beschlusses (s.o.) als „Felsen und biogene Riffe des Circalitorals“ bezeichnet. Das 4. EUNIS-Level differenziert

innerhalb verschiedener Expositionen mit charakteristischen Gemeinschaften und gibt für „Atlantic circalittoral rock“ acht Klassen an. Hiervon trifft nur der Habitattyp „Faunal turf communities on Atlantic circalittoral rock“ auf das Untersuchungsgebiet zu. Für diesen Habitattyp werden viele Arten genannt (z.B. *Metridium senile*, *Halecium halecinum*, *Flustra foliacea*, *Cancer pagurus*, *Necora puber*, *Asterias rubens*, *Balanus crenatus*), die auch für den Borkum Riffgrund charakteristisch sind. Eine weitere Klassifizierung nach EUNIS lässt sich nicht sinnhaft weiter vornehmen, da die auf Ebene 5 und 6 folgenden Gemeinschaften hinsichtlich der faunistischen Charakterisierung (z.B. *Tubularia indivisa*, *Swiftia pallida*, *Actinothoe sphyrodeta*) nicht zu den Gemeinschaften des Borkum Riffgrundes passen, da sich EUNIS v.a. an den britischen und irischen Habitaten orientiert.

Tab. 7: Klassifizierung benthischer Habitate nach EUNIS (Version 2019 und 2007 / 2012).

| Ebene | EUNIS 2019 | EUNIS 2007, revised 2012 | MSRL |
|---------|--|--|--|
| Level 1 | M; marine benthic habitats | A; marine habitats | Felsen und biogene Riffe des Circalitorals |
| Level 2 | M.C1; circalittoral rock | A.4; circalittoral rock and other hard substrata | |
| Level 3 | M.C1.2; Atlantic circalittoral rock | A.4.1: Atlantic and Mediterranean moderate energy circalittoral rock | |
| Level 4 | M.C1.2.1; Faunal turf communities on Atlantic circalittoral rock | A.4.1.3: Mixed faunal turf communities on circalittoral rock | |

6.1.2 Rote Liste Biotoptypen der deutschen Nord- und Ostsee

Die **Biotoptypen** der deutschen Nord- und Ostsee werden nach FINCK et al. (2017) hierarchisch nach

- Meeresregion / ökologischer Zone (Ebene 1),
- Tiefenzone (Ebene 2),
- Lebensraumstruktur (Ebene 3),
- Biotischer Biotopstruktur (Ebene 4),
- Charakterartengemeinschaften/Taxonomischen bzw. funktionalen Großgruppen (Ebene 5)
- dominanten Taxa (Ebene 6)

klassifiziert.

FINCK et al. (2017) differenzieren für Küstenmeer und AWZ der Nordsee auf den verschiedenen Ebenen eine Vielzahl von Biotoptypen mit unterschiedlicher Ausprägung von Hartboden und Besiedlung. Alle Typen werden als Teil des LRT Riffe geführt. Hierbei wird auf der Ebene 3

(Lebensraumstruktur) anhand der Bedeckung des Meeresbodens mit Hartsubstraten (Felsen, Steine, Geschiebemergel, Klei, Torf, Schill) unterschieden, ob es sich u.a. um einen Felsen- und Steingrund (>90 %, vorwiegend Helgoland), ein Mischsubstrat (>5 % Hartsubstrate) oder ein anderes Substrat (<5% Hartsubstrate) handelt. Auf Ebene 4 (biotische Biotopstruktur) wird anhand der Bedeckung des Meeresbodens zwischen Epibenthos (>5 % epibenthische Bedeckung), Infauna (≤ 1 % epibenthische Bedeckung) und u.a. vereinzelt Epibenthos (1-5 %) unterschieden. Auf Ebene 5 findet nach FINCK et al. (2017) eine weitere Differenzierung anhand der dominanten (Biomasse) Großtaxa (Ebene 5, z.B. Bivalvia, Bryozoa, Cnidaria, Porifera, Ascidiacea) statt. Für einige dieser Großtaxa erfolgt auf Ebene 6 eine weitere Feineinteilung nach Gruppen/Gattung/Arten (Ebene 6, z.B. *Ostrea edulis*, Anthozoa, Hydrozoa).

Auf der Ebene 3 ist der Untersuchungsgebiet abschnittsweise als „Sublitoraler Felsen- und Steingrund der Nordsee“ anzusprechen, da diese Bereiche nahezu flächig mit Steinen bedeckt waren. Diese sehr dichten Steinbereiche wechselten sich mit kleineren Bereichen ab, die eine Steinbedeckung von weniger als 90 % aber mehr als 5 % Hartsubstrate aufwiesen und somit als „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee“ einzuordnen sind. Diese Bereiche waren überwiegend eindeutig von Epifauna >5 % besiedelt („Sublitoraler Felsen- und Steingrund der Nordsee mit Epifauna“, „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee mit Epifauna“). Weitere Unterteilungen auf den Ebenen 5 und 6 würden entsprechend der Biomasse-Dominanz von Cnidaria (Hydrozoa oder Anthozoa) oder Porifera zu einer weiteren Differenzierung führen und wären entsprechend als „Sublitoraler Felsen- und Steingrund der Nordsee mit Blumentieren“, „Sublitoraler Felsen- und Steingrund der Nordsee mit Porifera“, „Sublitoraler Felsen- und Steingrund der Nordsee mit Hydroidpolypen“, „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee mit Blumentieren“, „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee mit Porifera“, „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee mit Porifera“, „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee mit Hydroidpolypen“ anzusprechen.

Eingestreut in diese Hartböden kamen wenige Bereiche vor, die aus reinen Sanden (überwiegend Mittel- bis Grobsand) bestanden und von Infauna dominiert sind. Diese Bereiche sind - abgeleitet aus den Greiferanalysen 2018 (BIOCONSULT 2019b) - überwiegend dem Biotoptyp „Sublitorales, ebenes Grobsediment der Nordsee mit *Goniadella-Spisula*-Gemeinschaft“ zuzuordnen.

Die Definition für den **FFH-Lebensraumtyp „Riffe“ (Code 1170)** basiert auf dem „Interpretation Manual of European Habitats (Version EUR 28, 2013)“ und ist vom BFN (2018) mit folgender deutscher (nichtamtlicher) Übersetzung wiedergegeben: *„Riffe bestehen entweder aus biogenen Konkretionen oder sind geogenen Ursprungs. Es handelt sich um Hartsubstrate auf festem und weichem Untergrund, die in der sublitoralen und litoralen Zone vom Meeresboden aufragen. Sie können sowohl eine Zonierung von benthischen Algen- und Tiergemeinschaften als auch von korallogenen und anderen Aggregationen aufweisen. Die Definition enthält weiterhin folgende Klarstellungen 1) Bei "Hartsubstrat" handelt es sich um: Felsen (einschließlich „weichem“ Festgestein wie zum Beispiel Kreidefelsen), Felsblöcke und Geröll (in der Regel > 64 mm Durchmesser). 2) "Biogene Verwachsungen" umfassen: Verwachsungen, Verkrustungen, Korallenformationen oder Muschel(schalen)bänke aus toten oder lebenden Tieren, das heißt biogene Hartsubstrate, die Lebensräume für epibenthische Arten bereitstellen. 3) "Geogener Ursprung" bedeutet: Riffe, die aus nicht biogenen Substraten aufgebaut sind. 4) "Vom Meeresboden aufragend" heißt: Das Riff unterscheidet sich topografisch vom umgebenden Meeresboden. 5) "sublitorale und litorale Zone" bedeutet: Die Riffe können sich aus der sublitoralen Zone ohne Unterbrechung in die (litorale) Tidenzone erstrecken oder nur in der sublitoralen Zone vorkommen, die auch Tiefseegebiete wie das Bathyal umfasst.*

Die vom BFN (2018) veröffentlichte Kartieranleitung für den Biotoptyp „Riffe“ in der deutschen AWZ enthält Kriterien zur Abgrenzung von Riffen im Zuge von Zulassungsverfahren. Von den insgesamt vier definierten Typen geogener Riffe kommt potenziell der Typ „Steinfeld/Blockfeld Nordsee“ vor. Findlinge (Blöcke >2 m) sowie biogene Riffe wurden auf den Transekten nicht beobachtet. Die größten Steine in dieser Untersuchung waren ca. 1 m; ein Vorkommen von Findlingen ist aber für das Gesamtgebiet nicht auszuschließen wie sich anhand SideScans vermuten lässt.

Der Biotoptyp „**Steinfeld/Blockfeld Nordsee**“ wird nach Kartieranleitung BFN (2018) wie folgt abgegrenzt:

Kriterium 1: „Die Mindestgröße von zu digitalisierenden Einzelsteinen orientiert sich an der aktuell kleinsten Erfassungsgröße für einzelne Objekte bei der Auswertung von Seiten-sichtsonar-Daten im Frequenzbereich ≥ 300 kHz (resultierende Steingröße ca. 30 – 50 cm). Derartige Einzelsteine oder Blöcke werden mit einem Radius von 75 m mit Pufferflächen umgeben und dargestellt.“

Kriterium 2: „Wenn der Abstand zwischen benachbarten Einzelsteinen (\geq ca. 30 - 50 cm) bzw. Blöcken ≤ 150 m ist, d.h. wenn sich ihre Pufferflächen entweder berühren oder überlappen, werden diese zu einer „Stein- bzw. Blockansammlung“ zusammengefasst.“

Kriterium 3: „Wenn eine solche „Stein- bzw. Blockansammlung“ mindestens 21 Einzelsteine (\geq ca. 30 - 50 cm) bzw. Blöcke mit einem mittleren Abstand zu ihrem nächsten Nachbarn von ≤ 50 m enthält, bildet sie ein geogenes Riff vom Typ „Steinfeld/Blockfeld“.

Kriterium 4: „Falls sich innerhalb eines, alle vorhergehenden Kriterien (1 - 3) erfüllenden geogenen Riffs Bereiche ohne Stein- oder Blockvorkommen befinden, werden diese Bereiche der Gesamtfläche des Riffs zugeordnet.“

Eine biologische Verifizierung dieses Typs geogener Riffe im Rahmen von Verfahren ist entsprechend der Kartieranleitung nicht erforderlich. Grundsätzlich können verschiedene Biotope miteinander assoziiert sein bzw. ineinander übergehen. Bei der Kartierung von Riffen ist zu beachten, dass die innerhalb der Abgrenzungen der Riffe liegenden Kies-Grobsand-Schill-Sedimente in solch einem Fall dem Riff zugerechnet werden, da laut der Definition und Kartieranleitung für den Biotoptyp „artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe“ des BFN (2011) ausgeschlossen ist, dass Flächen gleichzeitig beiden geschützten Biotopen zugerechnet werden. Eine Mindestgröße ist nicht angegeben.

Der nach § 30 BNatSchG **geschützte Biotoptyp** Riff entspricht in der AWZ dem FFH-LRT „Riffe“ (1170).

Das **MSRL-Habitat „Riffe“** (s.o.) entspricht dem FFH-LRT „Riffe“ (1170). Für den Zustandsbericht Nordsee (BMU 2018) ist die aktuelle Riffkulisse des FFH-LRT als MSRL-Habitat gemeldet worden.

6.1.3 Biotoptypen in Niedersachsen

Für Niedersachsen definiert DRACHENFELS (2021) den **Biotoptyp** KMR (Steiniges Riff des Sublitorals) wie folgt:

- „Vom Meeresboden aufragende, natürliche, abiotische Hartsubstrate des Sublitorals (Ansammlungen von großen Steinen aus pleistozänem Geschiebe)“

Eine Mindestgröße für KMR ist nicht explizit angegeben. Es werden in DRACHENFELS (2021) jedoch allgemeine Hinweise zur Erfassung von gesetzlich geschützten Biotopen angeführt. Hiernach können 100 m² als Richtschnur dienen. Entscheidend ist immer, dass wesentliche Biotopfunktionen noch gegeben sein müssen.

NLWKN (2010) definiert im Sinne des **gesetzlichen Biotopschutzes** nach §30 BNatSchG Riffe wie folgt:

„Riffe im Sinne des gesetzlichen Biotopschutzes sind vom dauernd überfluteten Meeresboden (Sublitoral) aufragende natürliche Hartsubstrate. Dabei kann es sich im niedersächsischen Küstenmeer um Ansammlungen größerer Steine eiszeitlichen Ursprungs, um Muschelbänke oder um Riffbildungen des Sandröhrenwurms (Sabellaria spinulosa) handeln. Sie werden von Algen (sonstige marine Makrophytenbestände), Muscheln, Krebsen und anderen Organismen besiedelt. Muschelbänke im Watt (Eulitoral) sind Bestandteil der ebenfalls geschützten Wattflächen im Küstenbereich. Riffe können besonders durch Wasserverschmutzung und durch Fischerei mit Grundschleppnetzen, ggf. auch durch Steinfischerei beeinträchtigt oder zerstört werden.“

Der **FFH-Lebensraumtyp „Riffe“ (Code 1170)** ist in Niedersachsen bisher nicht definiert; es sind bisher dementsprechend lediglich „Verdachtsflächen“ abgegrenzt. Das Untersuchungsgebiet ist nicht als „Verdachtsfläche“ gemeldet (s. Darstellung in (BMU 2018)).

Das **MSRL-Habitat „Riffe“** (s.o.) ist in Niedersachsen bisher nicht definiert; für die aktuelle Zustandsbewertung der deutschen Nordseegewässer nach MSRL (BMU 2018) sind bisher die als FFH-LRT abgegrenzten „Verdachtsflächen“ gemeldet worden. Die Bewertung des Zustands erfolgt durch die Übernahme der Ergebnisse der FFH-Bewertung, wie es auf der Fach-AG Benthos beschlossen worden ist. Für die Küstengewässer fand bisher keine Bewertung von Riffen statt.

6.1.4 Einordnung des Untersuchungsgebietes

Der Hartsubstrat-geprägte Bereich des Untersuchungsgebietes ist

- nach der niedersächsischen Kartieranleitung für Biotope (DRACHENFELS 2021) als Biotoptyp KMR (Steiniges Riff des Sublitorals) einzuordnen.
- nach NLWKN (2010) als nach § 30 BNatSchG gesetzlich geschütztes Biotop (Biotoptyp Riffe) einzuordnen.
- nach FINCK et al. (2017) als „Sublitoraler Felsen- und Steingrund mit Epibenthos“ bzw. „Sublitorales Mischsubstrat der Nordsee mit Epibenthos“ und damit auch als FFH-LRT 1170 einzuordnen.

- nach BFN (2018); (hier hilfsweise angewendet, da nur gültig für die AWZ und Verfahren) als FFH-LRT „Riffe“ (1170) und dementsprechend auch als MSRL-Habitat Riffe und als § 30-Biotop Riff einzuordnen.

Das Untersuchungsgebiet ist nach den vorliegenden Ansätzen u.E. also als LRT Riffe und damit auch als MSRL-Habitat Riff sowie als gesetzlich geschütztes Biotop einzuordnen. Die im Vergleich zu anderen von uns untersuchten Steinfeldern außerordentlich hohe Steindichte („Ansammlung“), deren dreidimensionale Struktur, die dichte epibenthische Besiedlung und die hohe Dichte charakteristischer vagiler wirbelloser Megafauna sowie die Vorkommen lebensraumtypischer Arten machen dies auch im Vergleich mit anderen potentiellen Riffen in der südlichen Nordsee deutlich.

6.2 Bewertung der Ausprägung geogener Riffe im Borkum Riffgrund (Küstenmeer)

Die Untersuchung hat gezeigt, dass das Untersuchungsgebiet nach niedersächsischem Kartierschlüssel (DRACHENFELS 2021) weitestgehend durch den durch Hartboden dominierten Biotoptyp KMR (Steiniges Riff des Sublitorals) geprägt ist. Im Folgenden wird ein Vorschlag zur Bewertung der Ausprägung des Biotoptyps im Untersuchungsgebiet erarbeitet, um damit eine Grundlage für eine spätere Zustandsbewertung zu legen.

Zustandsbewertungen von marinen Biotoptypen sind v.a. im Rahmen der FFH-Richtlinie und der Meeresstrategie-Richtlinie erforderlich, wenn es sich um einen Lebensraumtyp nach FFH bzw. ein Habitat nach MSRL handelt. Wie oben dargestellt gehen wir für das Untersuchungsgebiet davon aus, dass es sich bei dem untersuchten Steinfeld um den FFH-LRT Riffe handelt und damit auch um ein MSRL-Habitat. Allerdings liegen sowohl für den FFH-LRT „Riffe“ als auch für den „other habitat type“ Riff nach MSRL entsprechende Abgrenzungskriterien in Niedersachsen noch nicht vor. Die nachfolgenden Ausführungen müssen deshalb noch relativ offen formuliert sein; u.E. sollten sie eine Grundlage bilden können sowohl für eine spätere Bewertung des Erhaltungszustandes des LRT Riffe im Küstenmeer im Rahmen des FFH-Monitorings als auch des good environmental status (GES) entsprechend der MSRL. Aus unserer Sicht ist es sinnvoll, dabei eine weitgehende Kongruenz der Ansätze für die Berichtspflichten der beiden Ansätze anzustreben, wie es die MSRL auch vorsieht. Wir versuchen nachfolgend drei Erhaltungszustände der FFH-RL (hervorragende, gute und mittlere bis schlechte Ausprägung) zu differenzieren und gehen davon aus, dass die gute Ausprägung dem guten Umweltzustand der MSRL und die mittlere bis schlechte Ausprägung dem nicht guten Umweltzustand entspricht.

Bei beiden Richtlinien geht es darum, einen „guten ökologischen (Erhaltungs-)Zustand“ von Lebensräumen und Arten herzustellen bzw. zu erhalten. Dem liegt die Annahme zugrunde, dass dieser „ökologische Zustand“ direkt oder indirekt anthropogen beeinträchtigt sein kann und dann durch entsprechende Maßnahmen zu verbessern ist. Im Detail unterscheiden sich Zielsetzungen und Vorgehen der Richtlinien zwar, in beiden Fällen muss jedoch der ökologische Zustand anhand bestimmter Kriterien erfasst und bewertet werden.

Für die Definition solcher Kriterien sind zum einen ökologisch-funktionale und naturschutzfachliche Aspekte zu berücksichtigen, zum anderen die methodischen (und auch wirtschaftlichen)

Einschränkungen hinsichtlich der Erfassungsmethodik (Kap. 5). Die vorhergehenden Kapitel haben sehr deutlich gezeigt, wie unterschiedlich die mit den verschiedenen Methoden erzielbaren qualitativen und quantitativen Ergebnisse sind. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen erscheinen folgende Kriterien für eine Zustandsbewertung sinnvoll möglich.

6.2.1 Bewertungskriterien der Ausprägung

Auf der Grundlage der oben dargestellten Ergebnisse, verschiedener Veröffentlichungen und unserer Erfahrungen schlagen wir folgende Bewertungskriterien vor, die mit zumindest einer der hier angewendeten Methoden quantifiziert werden können (der methodisch bedingte Fehler ist bei den verschiedenen Kriterien unterschiedlich):

- (1) Hartboden-Bedeckungsgrad (wieviel % des Meeresgrundes sind von Hartboden bedeckt)
- (2) Anzahl / Bedeckung von Steinen >40-50 cm Kantenlänge
- (3) Bedeckungsgrad des Hartbodens mit sessiler Epifauna (%)
- (4) Artenzahl der charakteristischen (lebensraumtypischen) Arten
- (5) Wuchshöhe und -form sessiler charakteristischer (lebensraumtypischer) Epifauna
- (6) Dichte charakteristischer vagiler wirbelloser Megafauna-Arten
- (7) Dichte charakteristischer Fischarten
- (Ergänzend) Arten-/Taxazahl der Hartbodenbegleitfauna

Diese Kriterien werden nachfolgend kurz charakterisiert und begründet:

(1) Hartboden-Bedeckungsgrad (%): es ist nach aktuellem Wissensstand davon auszugehen, dass eine positive Korrelation der physikalischen Struktur (wieviel % des Meeresgrundes sind von Hartboden bedeckt) mit der Artenzahl sessiler und vagiler epibenthischer Arten besteht. Der Begriff Hartboden wird im Sinne von FINCK et al. (2017) verwendet und umfasst hier Felsen und Steine. Der Bedeckungsgrad ist mit von Tauchern geführten Videotransekten und durch Aufnahmen mit der Schleppkamera jeweils gut zu quantifizieren. Unter der Annahme, dass auch in der Nordsee aktive und passive Steinfischerei stattgefunden hat, indiziert das Kriterium neben naturräumlichen Unterschieden auch eine anthropogene Beeinträchtigung.

(2) Anzahl von größeren Steinen >40-50 cm Kantenlänge: die Steingröße ist ebenfalls Bestandteil der physikalischen Struktur des Lebensraumes. Es ist nach aktuellem Wissensstand davon auszugehen, dass eine positive Korrelation dieses Kriteriums mit der Artenzahl sessiler und vagiler epibenthischer Arten besteht. Je mehr größere Steine vorhanden sind, desto umfangreicher wird die 3-dimensionale Struktur, die Oberfläche und das Lückensystem und desto mehr Nischen stehen sessilen und vagilen Arten zur Verfügung. Die Anzahl größerer Steine (Blöcke) ist durch von Tauchern geführte Videotransekte und durch Aufnahmen mit der Schleppkamera jeweils gut zu quantifizieren.

Unter der Annahme, dass auch in der Nordsee aktive und passive Steinfischerei stattgefunden hat, indiziert das Kriterium neben naturräumlichen Unterschieden auch eine anthropogene Beeinträchtigung.

(3) Bedeckungsgrad des Hartbodens mit sessiler Epifauna (%): grundsätzlich ist davon auszugehen, dass bei passenden Umweltbedingungen Hartböden stark besiedelt werden. Der prozentuale Bedeckungsgrad des Hartbodens mit sessiler Epifauna ist sowohl durch von Tauchern geführte als auch geschleppte Videotransekte sehr gut zu quantifizieren. Auf Basis dieser Studie und anderen im Borkum Riffgrund, dem Helgoländer Steingrund oder in Riffbereichen der Ostsee durchgeführten Untersuchungen (COOLEN et al. 2015, DARR & ZETTLER 2009, DEDERER et al. 2015), ist von einer nahezu vollständigen Besiedlung der Steine auszugehen. Abweichungen hiervon können entweder naturräumliche Unterschiede (Sedimentdrift, -auflage, Strömung) als auch anthropogene Beeinträchtigungen (z.B. grundberührende Fischereigeräte, Eutrophierung) anzeigen.

(4) Artenzahl charakteristischer (lebensraumtypischer) Arten: es ist nach aktuellem Wissensstand und dieser Untersuchung davon auszugehen, dass ein Biotop mit einer guten strukturellen abiotischen Ausstattung eine positive Korrelation mit der Artenzahl charakteristischer (lebensraumtypischer) Arten (s. Tab. 5) aufweist. Eine artenreiche, komplexe Besiedlungsstruktur charakteristischer Arten erfüllt weitere bedeutende Funktionen (z.B. Laichgrund, Nahrung, Schutz) im Riffsystem und sichert eine Struktur, die für das Auftreten weiterer assoziierter Arten mit ihren unterschiedlichen Lebensstadien bedeutend ist (BRADSHAW et al. 2003). Ein Großteil der lebensraumtypischen Arten kann als sensitiv gegenüber mechanischen Beeinträchtigungen angesehen werden und ist wie der Hummer oder die Tote Mannshand indikativ für u.a. die Schadstoffbelastung. Das Vorkommen dieser Arten ist mit von Tauchern geführten Videotransekten und/oder Fotos und durch Aufnahmen mit der Schleppkamera sehr gut zu quantifizieren. Neben naturräumlichen Unterschieden indiziert das Kriterium auch anthropogene Beeinträchtigungen (s. Kriterium 4). Hinsichtlich weiterer Beeinträchtigungen wie z.B. klimatischen Veränderungen, Eutrophierung, Sedimentation oder Änderungen der trophischen Strukturen sind ebenfalls Auswirkungen auf die Zusammensetzung charakteristischer Arten anzunehmen. Die Sensitivität einzelner Arten gegenüber verschiedenen Belastungen ist aber noch weitestgehend unbekannt.

(5) Wuchshöhe- und form sessiler charakteristischer (lebensraumtypischer) Epifauna: es ist nach aktuellem Wissensstand und dieser Untersuchung davon auszugehen, dass eine positive Korrelation dieses Kriteriums mit der Störungsintensität im Habitat besteht. Die Größe dieser Arten ist mit von Tauchern geführten Videotransekten und/oder Fotos und durch Aufnahmen mit der Schleppkamera sehr gut zu quantifizieren. Bei einigen langlebigen Arten (s. Tab. 5) ist die Größe sowie Wuchsform (Verzweigung) ein Indikator für langfristig stabile, ungestörte Lebensbedingungen (v.a. hinsichtlich Abrasion) und wichtig für die Aufrechterhaltung spezifischer Funktionen (s. Kriterium 4).

(6) Dichte charakteristischer vagiler wirbelloser Megafauna-Arten: es ist nach aktuellem Wissensstand davon auszugehen, dass eine positive Korrelation dieses Kriteriums mit der Habitatausprägung (Kriterien 1-3) besteht. Die relevanten Arten sind weitgehend anhand von Videotransekten anzusprechen und sie stellen eine auch funktional bedeutsame Gruppe (keystone-species) dar. Das Kriterium ist mit von Tauchern geführten Videotransekten gut, durch Aufnahmen mit der Schleppkamera nach unserer Erfahrung mäßig gut bis gut (mittel) zu quantifizieren. DEDERER et al. (2015) empfehlen, den Hummer im Rahmen des Riffmonitorings nicht quantitativ zu bewerten, da

die Erfassung dieser kryptischen Art zufallsbedingt sein kann. Als ersten Ansatz schlagen wir vor, die Dichte großer dekapoder Krebse (Hummer, Taschenkrebs) zu erfassen und die Anwendbarkeit dieses Kriteriums durch weitere Erfassungen zu überprüfen.

(7) Dichte charakteristischer Fischarten: s. Kriterium (6).

(Ergänzend) Arten- Taxazahl der Hartboden-Begleitfauna: es ist nach aktuellem Wissensstand davon auszugehen, dass eine positive Korrelation dieses Kriterium eng mit der Gesamtheit der abiotischen und biotischen Habitatausprägungen (Kriterien 1-6) verbunden ist. Die Artenzahl ist, das zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie sehr deutlich, nur durch gezielte Probenahmen durch Taucher und Bestimmung des Materials (z.T. als Lebendproben) möglich. Die optischen Verfahren ermöglichen, auch bei guter Bildqualität, nur eine Ansprache auf höheren taxonomischen Ebenen bzw. die oftmals kleine Begleitfauna ist gar nicht erst erkennbar. Da die Erfassung dieses Kriteriums deutlich aufwendiger als die der anderen ist, gilt es zu prüfen, ob die Kriterien 1-5 als Proxy für dieses Kriterium genutzt werden können. Dies erfordert jedoch eine umfangreichere Datenbasis, die ggf. wie in Kap. 5.5. vorgeschlagen, im Rahmen einer umfänglichen Ersterfassung verbessert werden kann. Grundsätzlich indiziert eine diverse Gemeinschaft ein funktionierendes Riffsystem mit komplexen Habitatbedingungen, ausgewogenen Dominanz- und Abundanzverhältnissen sowie gesunden trophischen Beziehungen.

6.2.2 Schwellenwerte für eine Zustandsbewertung geogener Riffe im Borkum Riffgrund (Küstenmeer)

Die Charakterisierung des Untersuchungsgebietes anhand der verschiedenen eingesetzten Methoden, der im Vorfeld durchgeführten Untersuchung im Untersuchungsgebiet mit einem geschleppten Videosystem (BIOCONSULT 2019b) und des Vergleichs mit anderen von uns erhobenen Daten zu Steindichten mittels SideScan bzw. geschleppten Videotransekten ergibt, dass es sich bei dem Untersuchungsgebiet um ein Steinfeld besonderer Ausprägung handelt, das in dieser Form unseres Wissens nur selten im niedersächsischen Küstenmeer anzutreffen ist. Dies gilt für alle hier differenzierten Kriterien.

Die Festlegung von Klassengrenzen der Ausprägung eines Biotops als „guter ökologischer Zustand“ oder eben als „ungünstiger ökologischer Zustand“ erfordert, unabhängig vom jeweiligen Rechtsregime, Maßstäbe für gut bzw. ungünstig. Dies ist fachlich auch bei guter Datenlage nur begrenzt möglich und erfordert letztlich immer fachliche Setzungen, die mehr oder weniger gut begründbar sind. Diese Setzungen sollten jedoch in jedem Fall datengestützt erfolgen, so dass ein guter (quantitativer) Überblick über die möglichen Ausprägungen innerhalb des zu bewertenden Naturraums die Grundlage bildet (site by site basis, s. IRVING (2009) und Ergebnisse in COOLEN (2017)). Nur so lässt sich die Besiedlungs-Amplitude möglicher Ausprägungen der definierten Kriterien identifizieren, die Grundlage eines Bewertungssystems sein muss. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass vermutlich nur ein (kleiner?) Teil der Unterschiede Folge anthropogener Beeinträchtigungen ist, der andere Teil vermutlich Ausdruck naturräumlicher Unterschiede. Dieser Überblick liegt bisher für die Steinfelder im Küstenmeer nicht vor. Die Datenlage für die meisten der hier definierten Kriterien ist nur spärlich. Die Vergleiche bestätigen aber, dass das Untersuchungsgebiet eine besondere Ausprägung aufweist, so dass sich hieraus inhaltlich begründete Untergrenzen für eine „guten ökologischen Zustand“

ableiten lassen. Für die Festlegung weiterer Klassengrenzen ist der Überblick über die natürliche Variabilität der Ausprägung und mögliche Folgen anthropogener Beeinträchtigungen bisher allerdings nicht ausreichend.

(1) Hartboden-Bedeckungsgrad: der Bedeckungsgrad des Meeresbodens mit Hartboden kann zwischen 100 und 0 % liegen und durch Video-Transekte abgeschätzt werden. Nach FINCK et al. (2017) beträgt die Mindestbedeckung des Meeresbodens mit Hartboden 90 % für die Klassifizierung als „Sublitoraler Felsen- und Steingrund“ und 5 % für die Klassifizierung als „Sublitorales Mischsubstrat“. Der Bedeckungsgrad auf den untersuchten Transekten beträgt mit den von submaris angewendeten Kategorien (s. Kap. 3.3) über weite Bereiche der untersuchten Transekte >50 % bis flächendeckend; einschließlich kleiner Steine ist der Bedeckungsgrad deutlich höher⁶. Das Untersuchungsgebiet weist den, verglichen mit allen anderen uns bekannten Bereichen außerhalb des Helgoländer Felssockels, höchsten Bedeckungsgrad auf. Er entspricht also sicherlich einem sehr guten Zustand. Kriterien für die Festlegung einer Untergrenze des guten Zustandes gibt es bisher nicht.

(2) Anzahl von Steinen > 40-50 cm Kantenlänge (Blöcke): Dies kann durch SideScan (eingeschränkt auf große Steine), geschleppte oder getauchte Videotransekte bestimmt bzw. geschätzt werden. Die Festlegung auf eine bestimmte Größenklasse ist beim SideScan von der Auflösung abhängig; im Video ist die aufgenommene Größenklasse frei wählbar. Da es hier besonders um die 3-dimensionale Struktur geht, sollte die Größe mindestens 0,3 m betragen. Die Anzahl von Steinen > 40-50 cm pro m² ist auf den Transekten nicht differenziert aufgenommen worden, da dies im Rahmen des Auftrags zeitlich nicht zu leisten war. Die Anzahl war aber dem Augenschein und dem Bedeckungsgrad nach sehr hoch. Verglichen mit der Anzahl von Steinen (> 0,5 m), die nach BFN (2018) erforderlich sind (Aufnahme über SideScan) um eine Fläche als Riff einzuordnen, sind die hier auftretenden Dichten extrem hoch. Ein Kriterium für die Festlegung einer Untergrenze könnte die Steindichte nach BFN (2018) sein, die allerdings auch explizit davon ausgeht, dass ein größerer Flächenanteil durch kleinere Steine bedeckt ist, die im SideScan nicht detektiert werden. Alternativ (und zeitsparender) kann die Anzahl von Abschnitten eines Transektes bewertet werden, an denen Blöcke vorkommen. In dieser Untersuchung kamen an 80 von 120 der 1 m-Abschnitte Blöcke vor (entspricht 67 %), was nach unserer Einschätzung dem sehr guten Zustand entsprechen würde.

(3) Bedeckungsgrad des Hartbodens mit sessiler Epifauna (%): der Bedeckungsgrad des Hartbodens mit sessiler Epifauna kann zwischen 100 und 0 % liegen und durch Video-Transekte abgeschätzt werden. Da sich die Bedeckung anhand von Videos nicht für die gesamte Steinfläche (Seiten, ggf. Unterseite) bestimmen kann, schlagen wir die Bestimmung anhand der auf den Videos sichtbaren Oberfläche vor. Auf den hier untersuchten Transekten betrug er in den meisten Fällen > 50 %; die Steine vieler Abschnitte waren flächig bewachsen, was sicherlich als sehr guter Zustand bewertet werden kann. Die Amplitude innerhalb eines geogenen Riifs (Außenbereiche mit abnehmender Steindichte) im Zusammenhang mit dem Bedeckungsgrad stellt einen noch zu untersuchenden Aspekt dar. Daher definieren wir den hervorragenden Zustand als Bedeckungsgrad >50 %. Der Schwellenwert zum guten Zustand ist zum jetzigen Zeitpunkt nicht zu benennen.

(4) Artenzahl charakteristischer (lebensraumtypischer) Arten: die Präsenz charakteristischer Arten kann durch die Video-Transekte oder Fotos abgeschätzt werden. Für einen guten Erhaltungszustand wird die Präsenz des lebensraumtypischen Arteninventars bewertet. Nach dem

⁶ Steine sind definiert ab 64 mm Durchmesser

Bewertungsschemata in KRAUSE et al. (2008) für Riffe der AZW (Nord- und Ostsee) wird für den hervorragenden Erhaltungszustand das gesamte Arteninventar gefordert; eine weitere Vorgabe für unterschiedliche Klassen erfolgt nicht. Wir gehen davon aus, dass innerhalb eines zeitlich und räumlich eng begrenzten Monitorings und der Variabilität im Auftreten der Arten nicht immer alle lebensraumtypischen Arten erfasst werden können. Daher schlagen wir einen geringeren Schwellenwert vor. DEDERER et al. (2015) haben für den Helgoländer Steingrund für die drei Zustandsklassen nach FFH eine Präsenz von >80 % der Arten als hervorragende Ausprägung (A), 60-80 % als gute (B) und <60 % als mittlere bis schlechte Ausprägung (C) definiert. In Tab. 5 sind 24 lebensraumtypische Arten vorgeschlagen, von denen aber 4 Arten der Gattung *Obelia* aufgrund der schwierigen Bestimmbarkeit *in situ* und auf Videos als 1 Artenkomplex bewertet werden sollten. Hierdurch würden zunächst 23 Arten das vollständige lebensraumtypische Arteninventar repräsentieren. Entsprechend des Ansatzes von DEDERER et al. (2015) würden 19 Arten eine hervorragende Ausprägung darstellen, 14-18 den guten Zustand und <14 Arten den nicht guten Zustand.

(5) Wuchshöhe- und form sessiler charakteristischer (lebensraumtypischer) Epifauna:

die Wuchshöhe kann durch die Video-Transekte oder Fotos abgeschätzt werden; für die Beurteilung der Wuchshöhe und -form liegen keine Bewertungsmaßstäbe vor. Der Fokus sollte auf langlebigen Arten liegen, deren Wuchshöhe und -größe qualitativ anhand des Vorkommens oder Fehlens großer Kolonien bewertet wird. Welche der in Tab. 5 gelisteten Arten hierfür verwendet werden können, sollte nach Recherche der Beziehung zwischen Wachstum und Alter festgelegt werden. Wir schlagen *Halichondria (Halichondria) panicea*, *Suberites ficus*, *Alcyonium digitatum* und *Metridium senile* vor. Das Vorkommen großer Kolonien (vgl. Kap. 4.5.3) dieser Arten entspricht einem sehr guten und guten Zustand. Das Fehlen großer Individuen deutet auf eine gestörte Populationsstruktur hin (kein guter Zustand).

(6) Dichte charakteristischer vagiler wirbelloser Megafauna-Arten:

die Dichte kann durch die Video-Transekte ermittelt werden. Das Monitoring sollte, um den zeitlichen Aufwand zu reduzieren, auf die leicht zu erkennenden, wenngleich auch etwas kryptischen (an Steinen versteckt lebenden) keystone-species (*Homarus gammarus* und *Cancer pagurus*) fokussieren. Der Maximalwert von Hummern in dieser Untersuchung betrug in der Videoauswertung 5 Ind./100 m², der von Taschenkrebsen 76 Ind./100 m². Diese im Vergleich zu Helgoland als sehr hoch anzusehenden Werte repräsentieren nach unserem Kenntnisstand einen hervorragenden Zustand. Kriterien für die Festlegung einer Untergrenze zum guten Zustand gibt es bisher nicht; ebenso ist unklar wie viele Hummer ein Gebiet maximal tragen kann. Die von uns vorgeschlagenen 1 Ind./100 m² für Hummer und 40 Ind./100 m² für Taschenkrebsen als Schwellenwerte für den guten Zustand sind somit erstmal Setzungen, die durch weitere Literaturrecherche und Untersuchungen plausibilisiert werden müssen.

(7) Dichte charakteristischer (größerer) Fischarten:

In Tab. 5 sind eine Reihe von Fischarten genannt, die als lebensraumtypisch für geogene Riffe angesehen werden können und die gut durch tauch- oder videobasierte Transekterfassungen identifiziert werden können. In höheren Abundanzen kam aber nur der Klippenbarsch vor, dessen Abundanz ebenfalls eine Bindung an die strukturelle Ausprägung eines Riffs zeigte. Auf den hier untersuchten Transekten betrug sie zwischen 35 und 120 Ind./100 m², was unserer Meinung nach einem hervorragenden Zustand entspricht. Kriterien für die Festlegung einer Untergrenze gibt es bisher nicht.

(Ergänzend) Arten- Taxazahl der Hartboden-Begleitfauna: die Artenzahl der kleineren, oftmals kryptischen Begleitfauna lässt sich nur mittels Kratzproben näherungsweise bestimmen. Durch

diese Untersuchung wurden viele für den Borkum Riffgrund bis dato nicht gelistete Arten nachgewiesen. Anhand der Arten-Areal-Kurve der Kratzproben wurde deutlich, dass das Artenspektrum durch weitere Kratzproben noch deutlich zugenommen hätte. Die Erstellung einer Referenzartenliste (im Sinne einer gebietsspezifischen Gesamtartenliste) steht noch aus. Daher lassen sich für den guten Zustand z.Z. keine verlässlichen Schwellenwerte benennen. Zudem müsste ermittelt werden, welche der epibenthischen Begleitarten so stetig auftritt, dass die Art durch ein einmaliges Monitoring erfasst wird. Sicherlich weist aber eine artenreiche, aus vielen taxonomischen Großgruppen und funktionalen Gruppen bestehendes Artenspektrum auf ein intaktes Riffsystem hin.

Die o.g. genannten Kriterien sind als Bewertungsvorschlag für geogene Riffe des Borkum Riffgrundes (Küstenmeer) anhand von normativen Begriffsbestimmungen und/oder Schwellenwerten in Tab. 8 gelistet.

Tab. 8: Vorschlag für eine Zustandsbewertung geogener Riffe in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes.

| Kriterium | Hervorragende Ausprägung | Gute Ausprägung | Mittlere bis schlechte Ausprägung |
|---|--|---|---|
| Physikalische (abiotische) Struktur | | | |
| Hartboden-Bedeckungsgrad | <i>Die Bedeckung des Meeresbodens mit Hartboden ist sehr hoch</i> | <i>Die Bedeckung des Meeresbodens mit Hartboden ist hoch</i> | <i>Die Bedeckung des Meeresbodens mit Hartboden ist gering</i> |
| Bedeckungsgrad großer Steine (Blöcke >40-50 cm) | <i>Der Meeresboden weist in vielen Abschnitten große Blöcke auf</i> | <i>Der Meeresboden weist große Blöcke auf</i> | <i>Der Meeresboden weist keine großen Blöcke auf</i> |
| Biotische Struktur | | | |
| Bedeckungsgrad des Hartbodens mit sessiler Epifauna | <i>Die Hartböden weisen eine sehr hohe bis flächendeckende Bedeckung mit sessiler Epifauna auf (>50 % Bedeckung)</i> | <i>Die Hartböden weisen eine hohe Bedeckung mit sessiler Epifauna auf</i> | <i>Die Hartböden weisen eine geringe Bedeckung mit sessiler Epifauna auf</i> |
| Artenzahl charakteristischer (lebensraumtypischer) Arten | <i>Die Anzahl lebensraumtypischer Arten umfasst einen Großteil der Arten der LRT-Liste des Gebietes (>80 %)</i> | <i>Die Anzahl lebensraumtypischer Arten umfasst einen überwiegenden Anteil der der Arten der LRT-Liste des Gebietes (60-80 %)</i> | <i>Die Anzahl lebensraumtypischer Arten umfasst nur einen geringen Anteil der Arten der LRT-Liste des Gebietes (<60 %)</i> |
| Wuchshöhe und Form charakteristischer (lebensraumtypischer) sessiler Epifauna | <i>Es kommen bei ausgewählten langlebigen Arten, große und je nach Art auch verzweigte Kolonien vor, die auf ein langfristig stabiles, ungestörtes Habitat hinweisen</i> | | <i>Innerhalb der langlebigen Arten fehlen große und je nach Art stark verzweigte Kolonien</i> |
| Dichte charakteristischer vagiler wirbelloser Megafauna-Arten | <i>Der Taschenkrebs wird regelmäßig an mehreren Bereichen mit mehreren Individuen angetroffen (>40 Ind./100 m²)</i> | <i>Der Taschenkrebs tritt im Gebiet mit mehreren Individuen auf (5-40 Ind./100 m²)</i> | <i>Der Taschenkrebs tritt im Gebiet nur vereinzelt auf oder fehlt (<5 Ind./100 m²)</i> |

| Kriterium | Hervorragende Ausprägung | Gute Ausprägung | Mittlere bis schlechte Ausprägung |
|--|--|--|--|
| | <i>Der Hummer wird mit mehreren Individuen im Gebiet angetroffen (>1 Ind./100 m²)</i> | <i>Der Hummer wird im Gebiet angetroffen (1 Ind./100 m²)</i> | <i>Der Hummer fehlt im Gebiet</i> |
| Dichte charakteristischer (lebensraumtypischer) Fischarten | <i>Der Klippenbarsch wird regelmäßig an mehreren Bereichen mit mehreren Individuen angetroffen (>30 Ind./100 m²)</i> | <i>Der Klippenbarsch tritt im Gebiet mit mehreren Individuen auf</i> | <i>Der Klippenbarsch fehlt im Gebiet</i> |
| Ergänzendes biotisches Kriterium | | | |
| Arten-/Taxazahl der Hartboden-Begleitfauna | <i>Die Arten- oder Taxazahl der Hartboden-Begleitfauna umfasst nahezu die Arten (Epifauna) der Referenzartenliste des Gebietes. Die Zusammensetzung der Epifauna (Anzahl Großgruppen, Anzahl funktionale Gruppen) deutet auf ein intaktes Riffsystem hin</i> | <i>Die Arten- oder Taxazahl der Hartboden-Begleitfauna umfasst einen überwiegenden Anteil der Arten (Epifauna) der Referenzartenliste des Gebietes. Die Zusammensetzung der Epifauna (Anzahl Großgruppen, Anzahl funktionale Gruppen) deutet auf ein intaktes Riffsystem hin</i> | <i>Die Arten- oder Taxazahl der Hartboden-Begleitfauna umfasst nur einen kleinen Anteil der Arten (Epifauna) der Referenzartenliste des Gebietes. Die Zusammensetzung der Epifauna (Anzahl Großgruppen, Anzahl funktionale Gruppen) deutet auf Störungen im Riffsystem hin</i> |

Fazit

Die vorliegende Studie liefert einen sehr guten Einblick in die mögliche „gute Ausprägung“ und die Methodik, mit der die definierten Kriterien erfasst werden können. Sie muss jetzt ergänzt werden über weitere Untersuchungen, die den oben angesprochenen Überblick über die Spannweite möglicher Ausprägungen liefern.

Unverzichtbar ist u.E. nach auch eine Kartieranleitung, die qualitative und quantitative Kriterien für eine Abgrenzung der verschiedenen geschützten Ausprägungen eines Steinfeldes oder Riffs von nicht geschützten Ausprägungen ermöglicht. Auch dafür liefert die vorliegende Studie eine gute Grundlage, die jedoch durch die oben angesprochenen weiteren Untersuchungen ergänzt werden muss. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass vermutlich nur ein (kleiner?) Teil der Unterschiede Folge anthropogener Beeinträchtigungen ist, der andere Teil vermutlich Ausdruck naturräumlicher Unterschiede.

Literatur

- ALVAREZ, H., S. GARCÍA, A. L. PERRY, B. J., D. J. MAAHOLM & R. AGUILAR, 2019: Protecting the North Sea: Borkum Stones. - Oceana, Madrid, 56 S.
- BELL, J. J., 2008: Sponges as agents of biological disturbance. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 127-135.
- BERGHAIN, R. & M. RUTH, 2005: The disappearance of oysters from the Wadden Sea: a cautionary tale for no-take zones. - Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. 15: 91-104.
- BFN, 2011: Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe im Meeres- und Küstenbereich. Definition und Kartieranleitung Kies-, Grobsand- & Schillgründe. - 5 S.
<https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/downloads/Marine-Biotoptypen/Biotoptyp-Kies-Sand-Schillgruende.pdf>, Stand Oktober 2011.
- BFN (Hrsg.), 2017a: Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee – Beschreibung und Zustandsbewertung. - BfN-Skripten 477, 549 S.
- BFN (Hrsg.), 2017b: Methodik der Managementplanung für die Schutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nord- und Ostsee. - (Erstellt von Kramer, M., Bleich, S., Dierschke, V., Koschinski, S., Schückel, S., Darr, A., Bildstein, T., Schuchardt, B.) BfN-Skripten 478 Bonn: 104 S.
- BFN, 2018: BfN-Kartieranleitung für „Riffe“ in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) - Geschütztes Biotop nach § 30 Abs. 2 S. 1 Nr. 6 BNatSchG, FFH - Anhang I - Lebensraumtyp (Code 1170). - 70 S.
- BIOCONSULT, 2013: Das Makrozoobenthos auf der potenziellen Kompensationsfläche zur Umfahrung Minsener Oog. - (Gutachten im Auftrag des WSA Wilhelmshaven) 32 S.
- BIOCONSULT, 2018: Optische und biologische Untersuchungen für eine benthische Biotopklassifikation im niedersächsischen Küstenmeer - Pilotstudie Borkum Riffgrund. - (i. A. des Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) Oldenburg) S. 144.
- BIOCONSULT, 2019a: Benthoskartierung im sublitoralen Ebbdelta- und Rinnenbereich von Sylt und Amrum. Besiedlungsmuster und Biotope. - (i. A. des Forschungs- und Technologiezentrum Westküste, Büsum) 67 S.
- BIOCONSULT, 2019b: Optische und biologische Untersuchungen für eine benthische Biotopklassifikation im niedersächsischen Küstenmeer und der Ems/Osterems - Ergebnisse der Kartierung im September 2018. - (i. A. des Nds. Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) Oldenburg) 62 S.
- BMU, 2018: Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des WHG zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie. - Bonn: 191 S.
- BOS, O. G., S. GLORIUS, J. W. P. COOLEN, J. CUPERUS, B. VAN DER WEIDE, A. AGÜERA GARCIA, P. W. VAN LEEUWEN, W. LENGKEEK, S. BOUMA, M. HOPPE & H. VAN PELT, 2014: Natuurwaarden Borkumse Stenen - project Aanvullende beschermde Gebieden. - (IMARES Rapport C115.14) 82 S.
- BRADSHAW, C., P. COLLINS & A. R. BRAND, 2003: To what extent does upright sessile epifauna affect benthic biodiversity and community composition? - Marine Biology 143: 783-791.
- CLARKE, K. R. & R. M. WARWICK, 2001: Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation, 2nd edition. - (PRIMER-E Ltd) Plymouth Marine Laboratory, UK: 172 S.
- COOLEN, J. W. P., 2017: North Sea Reefs - Benthic biodiversity of artificial and rocky reefs in the southern North Sea. - (PhD Thesis, Wageningen University & Research) 203 S.
- COOLEN, J. W. P., O. G. BOS, S. GLORIUS, W. LENGKEEK, J. CUPERUS, B. VAN DER WEIDE & A. AGÜERA, 2015: Reefs, sand and reef-like sand: A comparison of the benthic biodiversity of habitats in the Dutch Borkum Reef Grounds. - Journal of Sea Research Volume 103, 2015: 84-92.

- COOLEN, J. W. P. & R. G. JAK, 2018: RECON: Reef effect structures in the North Sea, islands or connections? Summary Report Wageningen, Wageningen Marine Research, Wageningen Marine Research report C074/17A. - 33 S.
- DARR, A., K. BEISIEGEL, A. ZETTLER, K. ROMOTH, M. L. ZETTLER, B. EBBE & L. GUTOW, 2019: Monitoringbericht: Zustand der benthischen Biotope und Lebensräume in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone von Nord- und Ostsee. Untersuchungsjahr 2018 Stand: 30.11.2019. - Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz, 94 S.
- DARR, A. & M. ZETTLER, 2009: Erprobung eines Fachvorschlags für das langfristige benthologische Monitoring der Natura 2000 Lebensräume in der deutschen AWZ der Ostsee als Grundlage für die Erfüllung der Natura 2000 - Berichtspflichten (FFH - Berichtsperiode 2007 - 2012) - Abschlussbericht. - (Leibniz - Institut für Ostseeforschung Warnemünde, Biologische Meereskunde im Auftrag des BfN) 98 S.
<https://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/themen/meeresundkuestenschutz/downloads/Monitoringberichte/BfN-Monitoring-Benthos-Ostsee-2009.pdf>,
- DARR, A., M. L. ZETTLER, B. EBBE & L. GUTOW, 2014: Monitoringbericht: Zustand benthischer Arten und Biotope in der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone von Nord- und Ostsee. Untersuchungsjahr 2013. - (Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz) 86 S. https://www.io-warnemuende.de/tl_files/bio/ag-benthische-organismen/pdf/2014-10-15_Cluster-4-Benthos-Monitoringbericht-2013-IOW-final.pdf, 18.04.2018.
- DE KLUIJVER, M. J., 1991: Sublittoral hard substrate communities off Helgoland. - Helgol. Mar. Res. 45, 317-344 S.
- DEDERER, G., K. BOOS & P. KANSTINGER, 2015: Tauch-Untersuchung des Steingrunds bei Helgoland (FFH DE 1714-391) und Konzeptentwicklung eines Tauch-Monitorings für den FFH Lebensraumtyp Riff. Abschlussbericht. - S.
- DG ENVIRONMENT, 2017: Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. Brussels. - 188 S. mit Anhängen.
- DI CAMILLO, C. G., G. BAVESTRELLO, C. CERRANO, G. CINZIA, S. PIRAINO, S. PUCE & F. BOERO, 2017: Hydroids (Cnidaria, Hydrozoa): A neglected component of animal forests. - In: ROSSI, S. (Hrsg.), Marine Animal Forests, DOI 10.1007/978-3-319-17001-5_11-1. Springer International Publishing AG, 397-427.
- DRACHENFELS, O. V., 2021: Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie, Stand März 2021. - Naturschutz Landschaftspfl. Niedersachs. Heft A/4, Hannover: 1-336 S.
- ELLIOTT, M. & F. DEWAILLY, 1995: The structure and components of european estuarine fish assemblages. - Netherlands journal of Aquatic Ecology 29(3-4): 397-417.
- ENGELHARD, G. H., D. A. RIGHTON & J. K. PINNEGAR, 2014: Climate change and fishing: a century of shifting distribution in North Sea cod. - Global Change Biology 20: 2473-2483.
- FINCK, P., S. HEINZE, U. RATHS, U. RIECKEN & A. SSMYANK, 2017: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen Deutschlands - Dritte fortgeschriebene Fassung 2017. - Naturschutz und Biologische Vielfalt 156, 637 S.
- GOLDING, N., J. ALBRECHT & F. MCBREEN, 2020: Refining criteria for defining areas with a "low resemblance" to Annex I stony reef; Workshop Report. - JNCC Report No. 656, JNCC, Peterborough, ISSN 0963-8091 34 S. <https://jncc.gov.uk/about-jncc/corporate-information/evidence-quality-assurance/>,
- HARTNOLL, R. G., 1998: Volume VIII. Circalittoral Faunal Turf Biotopes: An overview of dynamics and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association of Marine Sciences, Oban, Scotland. - 112.
- HEESSEN, H. J. L., N. DAAN & J. R. ELLIS, 2015: Fish atlas of the Celtic Sea, North Sea, and Baltic Sea. Based on international research-vessel-surveys. - Academic Publishers, Wageningen: 572 S.
- HISCOCK, K., 1983: Water movement. - In: EARLL, R.D.G.E. (Hrsg.), Sublittoral ecology: The ecology of the shallow sublittoral benthos. Clarendon Press, Oxford: S. 58-96.

- HUSTON, M., 1979: A general hypothesis of species diversity. - *Am. Nat.* 113: 81–101.
- IRVING, R., 2009: The identification of the main characteristics of stony reef habitats under the Habitats Directive. Summary report of an inter-agency workshop 26-27 March 2008. - JNCC Report No. 432, 42 S.
- JAK, R. G., O. G. BOS, R. R. WITBAARD & H. J. LINDEBOOM, 2009: Instandhoudingsdoelen Natura 2000-gebieden Noordzee. - (IMARES Rapport C065/09) 177 S.
- JONES, C. G., J. H. LAWTON & M. SHACHAK, 1994: Organisms as ecosystem engineers. - *Oikos* 69: 373-386.
- KOSTYLEV, V. E., J. ERLANDSSON, M. Y. MING & G. A. WILLIAMS, 2005: The relative importance of habitat complexity and surface area in assessing biodiversity: Fractal application on rocky shores. - *Ecological Complexity* 2: 272–286.
- KRAUSE, J., O. DRACHENFELS, V., G. ELLWANGER, H. FARKE, D. M. FLEET, J. GEMPERLEIN, K. HEINICKE, C. HERRMANN, H. KLUGKIST, U. LENSCHOW, C. MICHALCZYK, I. NARBERHAUS, E. SCHRÖDER, M. STOCK & K. ZSCHEILE (Bund-Länder-Arbeitskreis "FFH-Berichtspflichten Meere und Küsten"), 2008: Bewertungsschemata für die Meeres- und Küstenlebensraumtypen der FFH-Richtlinie - 11er Lebensraumtypen: Meeresgewässer und Gezeitenzonen. - 23 S.
- KRONE, R., L. GUTOW, T. BREY, J. DANNHEIM & A. SCHRÖDER, 2013: Mobile demersal megafauna at artificial structures in the German Bight - Likely effects of offshore wind farm development. - *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 125: 1-9.
- KÜHNE, S. & E. RACHOR, 1996: The macrofauna of a stony sand area in the German Bight (North Sea). - *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 50 (4): 433-452.
- LINDEBOOM, H. J., J. G. VAN KESSEL & L. BERKENBOSCH, 2005: Areas with special ecological values on the Dutch Continental Shelf. - Report RIKZ/2005.008, Alterra Report nr. 1203 Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rijkswaterstaat & Alterra Wageningenur, 103 S.
- MICHAELIS, R., H. C. HASSA, F. MIELCKA, S. PAPANMEIER, L. SANDER, L. GUTOW & K. H. WILTSHIRE, 2019a: Epibenthic assemblages of hard-substrate habitats in the German Bight (south-eastern North Sea) described using drift videos. - *Continental Shelf Research* 175: 30-41.
- MICHAELIS, R., H. C. HASSA, F. MIELCKA, S. PAPANMEIER, L. SANDERA, B. EBBE, L. GUTOW & K. H. WILTSHIRE, 2019b: Hard-substrate habitats in the German Bight (South-Eastern North Sea) observed using drift videos. - *Journal of Sea Research* 144: 78–84.
- MOLAND, E., E. M. OLSEN, H. KNUITSEN, J. A. K. KNUITSEN, S. E. ENERSEN, C. ANDRÉ & N. C. STENSETH, 2011: Activity patterns of wild European lobster *Homarus gammarus* in coastal marine re-serves: implications for future reserve design. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 197-207.
- NELSON, M. L. & S. F. CRAIG, 2011: Role of the sea anemone *Metridium senile* in structuring a developing subtidal fouling community. - *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 139–149.
- NLWKN (Hrsg.), 2010: Gesetzlich geschützte Biotope und Landschaftsbestandteile in Niedersachsen. - (2. Auflage, Stand April 2018) Inform. d. Naturschutz Niedersachs. Heft 3/10, 161–208 S.
- PAINE, R. T., 1966: Food web complexity and species diversity. - *American Naturalist* 100: 65-75.
- PEATTIE, M. E. & R. HOARE, 1981: The sublittoral ecology of the Menai Strait. II. The sponge *Halichondria panicea* (Pallas) and its associated fauna. - *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 13: 621-635.
- RACHOR, E., R. BÖNSCH, K. BOOS, F. GOSSELCK, M. GROTHJAHN, C.-P. GÜNTHER, M. GUSKY, L. GUTOW, W. HEIBER, P. JANTSCHIK, H.-J. KRIEG, R. KRONE, P. NEHMER, K. REICHERT, H. REISS, A. SCHRÖDER, J. WITT & M. L. ZETTLER, 2013: Rote Liste und Artenlisten der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere - 4. Fassung, Stand Dezember 2007, einzelne Aktualisierungen bis 2012. - In: BECKER, N., H. HAUPT, N. HOFBAUER, G. LUDWIG & 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 (2): 81-176.
- RACHOR, E. & P. NEHMER, 2003: Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee. - (Abschlussbericht für das F+E-Vorhaben FKZ 899 85 310 BfN) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven: 175 S.

- SAYER, M. D. J., R. N. GIBSON & R. J. A. ATKINSON, 1995: Growth, diet and condition of goldsinny on the west coast of Scotland. - *Journal of Fish Biology* 46(2): 317–340.
- SCHRIEKEN, N., A. GITTENBERGER, J. COOLEN & W. LENGKEEK, 2013: Marine fauna of hard substrata of the Cleaver Bank and Dogger Bank - *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 41 – 2 013 41, 69-78 S.
- STEBBING, A. R. D., 1971: The epizoic fauna of *Flustra foliacea* (Bryozoa). - *Journal of the Marine Biological Association of the U.K.* 51: 283 - 300.
<https://www.researchgate.net/publication/231882689> *The epizoic fauna of Flustra foliacea Bryozoa*,
- THIEL, R., H. WINKLER, U. BÖTTCHER, A. DÄNHARDT, R. FRICKE, M. GEORGE, M. KLOPPMANN, T. SCHAARSCHMIDT, C. UBL & R. VORBERG, 2013: Rote Liste und Gesamtartenliste der etablierten Fische und Neunaugen (Elasmobranchii, Actinopterygii & Petromyzontida) der marinen Gewässer Deutschlands - 5. Fassung, Stand August 2013. - *Naturschutz und Biologische Vielfalt* Band 70 (2): 11-76.
- TÜRKAY, M., 2015: Krebse erzählen eine Klimageschichte. - *Natur und Museum* 145 (7/8), 202-211 S.
- VORBERG, R. & P. BRECKLING, 1999: Atlas der Fische im schleswig-holsteinischen Wattenmeer. - *Schriftenreihe des Nationalparks Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer* Heft 10: 178.
- WHOMERSLEY, P. & G. B. PICKEN, 2003: Long-term dynamics of fouling communities found on offshore installations in the North Sea. - *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 83: 897-901.

Anhang

Beschreibung der Methodik wissenschaftliches Tauchen

Da die zu erwartenden Tauchtiefen im Einsatzgebiet je nach Wasserstand zwischen 22 und 25 m liegen, wurde anstatt Druckluft mit sauerstoffangereicherter Atemgas (Nitrox) getaucht. Dabei kamen sowohl zwei klassische, offene Systeme (Doppel 12-Liter-Flaschen = 4800 Liter Gasvorrat bei einem Flaschendruck von 200 bar) in Kombination mit reinem Sauerstoff als Dekompressionsgas in seitlich mitgeführten Flaschen, sog. Stages, als auch zwei geschlossene, elektronisch gesteuerte Kreislaufgeräte (eCCR-Rebreather) vom Typ JJ zum Einsatz (Abb. 32 und Abb. 33).



Abb. 32: Einsatz von geschlossenen, elektronisch gesteuerten Kreislaufgeräten (eCCR-Rebreather) vom Typ JJ.

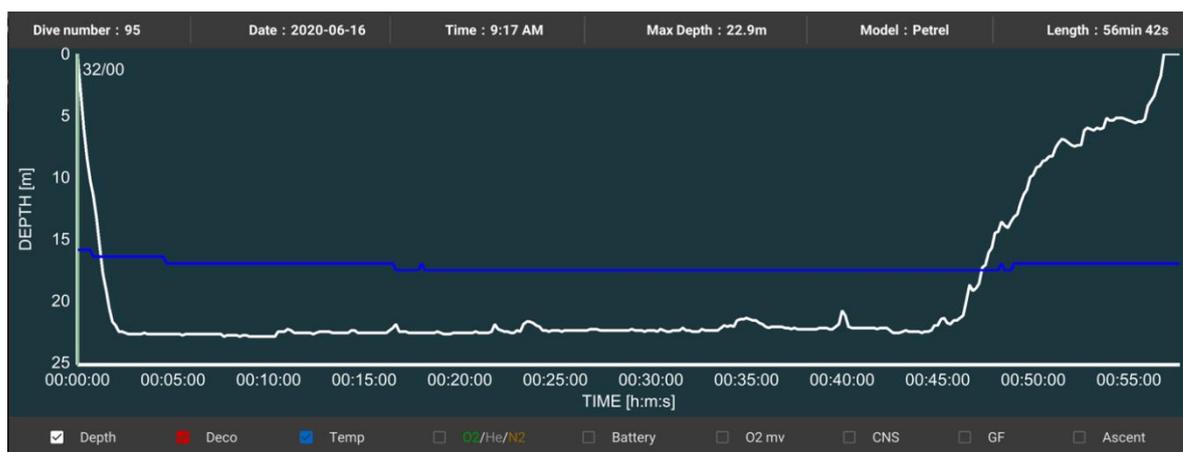


Abb. 33: Tauchprofil eines der eingesetzten JJ-Kreislaufauchaugeräte

Durch den Einsatz von Nitrox (Luft mit erhöhtem Sauerstoffanteil) konnten die Grundzeiten und somit die Arbeitszeiten in der Zieltiefe gegenüber Druckluft deutlich verlängert werden, ohne beim Auftauchen längere Dekompressionsstopps einlegen zu müssen. Außerdem wurden dadurch auch

die einzuhaltenden Pausen zwischen zwei Tauchgängen reduziert. Je ein Team bestand aus einem Taucher mit einem offenen System und einem Taucher mit Kreislaufauchaugerät.

Da die beiden offenen Geräte bereits mit 36 % Nitrox vorgefüllt waren, auf Borkum aber lediglich ein Druckluft-Kompressor der Feuerwehr zur Verfügung stand, nahm das Nitrox durch Auftoppen mit normaler Luft im Laufe der drei Tauchtage von 36 % O₂-Anteil auf etwa 28 % O₂-Anteil ab. Das wirkte sich wiederum negativ auf die Grundzeit bzw. die Dekompressionszeiten aus. Die JJ-Rebreather hingegen lieferten dauerhaft das gleiche Gasgemisch und mussten nicht gefüllt werden. Es wurde lediglich einmal die separate drei Liter Sauerstoffflasche gewechselt. Hier zeigt sich der Vorteil von Kreislaufauchaugeräten, wenn das Einsatzgebiet nur eine eingeschränkte Fülllogistik zulässt. Allerdings ist der Aufwand für den Einsatz dieser komplexen Geräte ungleich höher.

Um die Zeit im Arbeitsgebiet optimal zu nutzen, wurden während einer Stauwasserphase zwei Tauchgänge mit je zwei Tauchern durchgeführt. Da das Wasser in diesem Bereich der Nordsee aber nur etwa eine Stunde stillsteht, die Arbeitstauchgänge (inklusive Aufstiege und Dekompressionsstopps) aber deutlich länger waren, im Schnitt zwischen 50 und 75 min, wurde sowohl vor als auch nach dieser Stillwasserphase getaucht. Das hatte zur Folge, dass Team 1 (Wissenschaft) bei noch vorherrschender Strömung an der Shotline (Verbindung von der Oberfläche zum Meeresboden) abtauchen und Team 2 (Film) bei bereits wiedereinsetzender Strömung auftauchen musste. Die Arbeit beider Teams wurde somit auch während der Grundzeit durch unterschiedlich starke Strömung erschwert.

Die Einsätze erfolgten grundsätzlich nach den Regeln für den Einsatz von Forschungstauchern (BGR/GUV-R 2112). Aufgrund der Arbeitsaufgabe sowie des Arbeitsgebiets musste jedoch sowohl auf eine Signalleine, einen Blubb, eine Armverbindungsleine sowie Vollgesichtsmasken verzichtet werden. Getaucht wurde stattdessen im Buddy-Team, wobei jeder Taucher mit zwei voneinander getrennten Atemreglersystemen ausgestattet war (jeweils bestehend aus erster und zweiter Stufe). Dieses System erlaubt nicht nur das schnelle Isolieren eines nicht mehr funktionierenden Atemreglers durch Abdrehen des entsprechenden Ventils, sondern auch eine schnelle Gasspende durch Abgabe eines, an einem langen Schlauch hängenden, Atemreglers an den Tauchpartner. Diese Methode bietet beim Tauchen im Team eine wesentlich größere Flexibilität gegenüber dem Tauchen mit Vollgesichtsmaske und eine höhere Sicherheit.

Aufgrund der beschriebenen Strömungsverhältnisse wurde auf Signalleinen bzw. Blubs verzichtet, da diese zu stark am Taucher gezogen und ein Arbeiten bei starker Strömung unmöglich gemacht hätten. Zusätzlich können sich die Taucher so sicher und unkompliziert im Team über den Meeresboden bewegen. Alle am Einsatz beteiligten Forschungstaucher haben bezüglich des Einsatzes von Mischgasen (Nitrox+Trimix), Kreislaufauchaugeräten sowie Tauchen im Buddy-Team entsprechende Fortbildungen nach internationalen Standards absolviert. Starke Lampen mit fokussiertem Lichtstrahl dienten zur Kommunikation zwischen den Tauchpartnern. Die Wassertemperatur lag bei etwa 15 Grad, getaucht wurde mit Trockentauchanzügen.

Auf- und abgetaucht wurde an der Shotline, an der oben eine große Boje und unten ein ca. 20 kg schweres Grundgewicht befestigt war. Zwei bis drei Meter über dem Grundgewicht wurde an der Leine ein Blitzlicht befestigt, das als Orientierungshilfe diente und auch außerhalb der Sichtweite in größerer Entfernung immer noch deutlich zu sehen war. Die Sichtweiten betragen an allen Tagen zwei bis vier Meter. Direkt vom Grundgewicht wurde per Maßband das entsprechende Transekt

gelegt. Die Filmaufnahmen wurden im Umkreis von etwa 15 m rund um das Grundgewicht gemacht. Somit musste keine zusätzliche Leine gelegt werden, um die Shotline wiederzufinden, was Zeit sparte, die in die Suche von geeigneten Motiven sowie in die Filmaufnahmen floss.

Beschreibung der Foto- und Filmarbeiten unter Wasser

Fotos der Kratzproben

Vor der Entnahme der Kratzproben wurde der jeweilige Rahmen fotografiert. Zum Einsatz kam eine Canon 1DX Mark 2 im Seacam Unterwassergehäuse mit einem Canon 16-35mm/ 4 Objektiv. Die Belichtung wurde mit einem Blitz (Sea&Sea YS-D2) sichergestellt. Die Kamera nimmt 20,2 Megapixel auf einem Vollformatsensor auf.

Megafauna-Videotransekte

Wie bei der Beschreibung der Arbeitstauchgänge erwähnt, haben wir die einzelnen Megafauna-Transekte (insgesamt sechs Stück) zusätzlich abgefilmt, um daraus Rückschlüsse ziehen zu können, welche Methode sich bei einem zukünftigen Monitoring eignen könnte.

Die Filmaufnahmen der Transekte entstanden mit einer GoPro 7, die mit 50 Bildern pro Sekunde (im Folgenden abgekürzt mit B/s) in einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln (Full HD) und einer Farbtiefe von 8 Bit aufgenommen hat. Diese Kamera kodiert die Daten im H.265 Standard und speichert die Dateien als .mp4 ab.

Videodokumentation

Unsere Tauchgänge für die Anfertigung von Videoaufnahmen zur repräsentativen Darstellung des Biotops wurden immer im Anschluss an die Transekttauchgänge durchgeführt. Beide Taucher in dem Team hatten Kameras dabei, um die kurze Grundzeit möglichst effizient zu nutzen. Folgende Kamera- und Beleuchtungstechnik kam zum Einsatz:

Taucher 1

Canon 1DX Mark 3 im Seacam Unterwassergehäuse mit zusätzlichen Vorsatzlinsen, montiert auf einem Stativ zur Vermeidung von Wacklern in der Strömung

Canon Makro EF 100mm / 2.8 USM

2x Keldan Video 8X, 13.000 Lumen

Taucher 2

Sony RX 100 Mk 4 im Nauticam Unterwassergehäuse mit Makrovorsatz und Weitwinkellinse

2x UwaVis Videoleuchte, 13.000 Lumen + Light & Motion Sola Video, 3800 Lumen

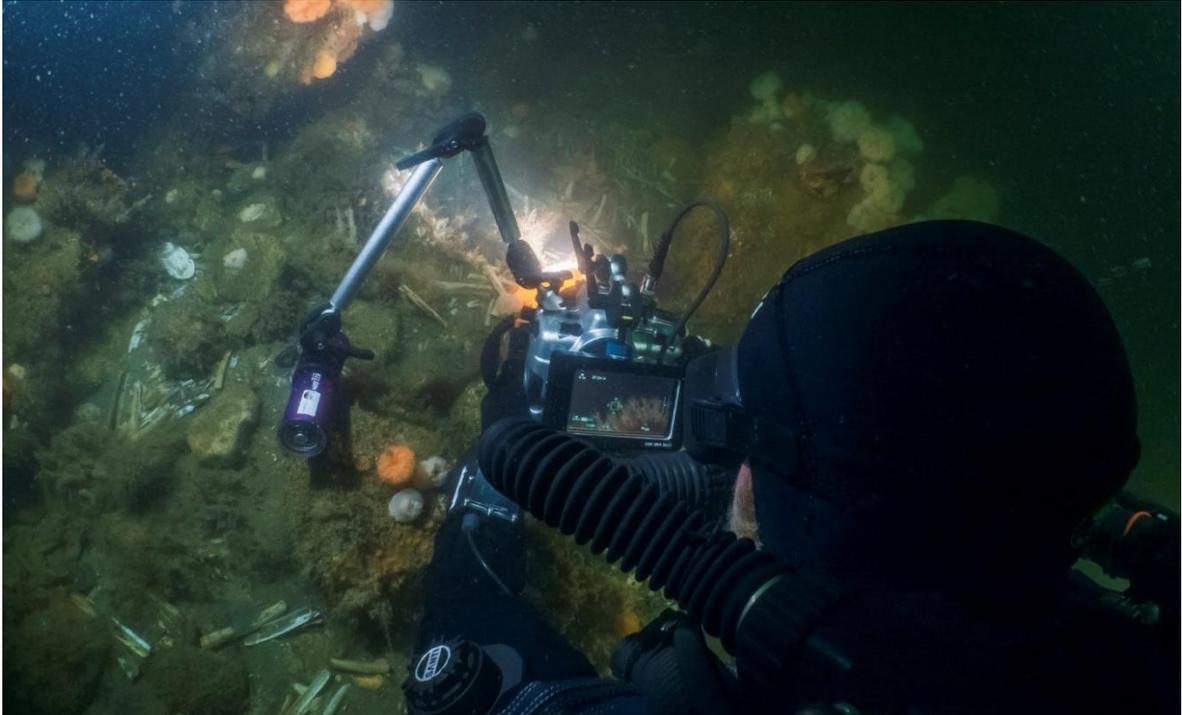


Abb. 34: Forschungstaucher am Meeresboden des Borkum Riffgat mit Kreislaufgerät und Spiegelreflexkamera bei der Aufnahme mit einem Makroobjektiv und zusätzlicher Beleuchtung.

Codecs und Bildwiederholungsrate

Je nach Motiv haben wir mit verschiedenen Bildwiederholungsraten gefilmt: 30, 50, 60, 100 B/s. Die höheren Raten erlauben in der Nachbearbeitung eine verlangsamte Abspielgeschwindigkeit. Mit der daraus entstehenden Zeitlupe können schnellere Bewegungen besser dargestellt werden und durch Strömung entstehende Wackler in der Kameraführung ausgeglichen werden.

Die Canon 1DX Mark 3 nimmt Videos in der Größe 4096x2160 Pixel (4K) mit 50 B/s in einer Farbtiefe von 10 Bit auf, kodiert die Daten im H.265 Standard und speichert die Dateien als .mp4 ab. Höhere Bildraten mit 100 B/s werden mit einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln (Full HD) aufgenommen.

Die Sony RX 100 Mk 4 nimmt Videos in der Größe 3840x2160 (UHD) mit 30 B/s in einer Farbtiefe von 8 Bit auf, kodiert die Daten im H.264 Standard und speichert die Dateien als .mp4 ab. Höhere Bildraten mit 60 B/s werden mit einer Auflösung von 1920x1080 Pixeln (Full HD) aufgenommen.

An beiden Kameras wurde eine spezielle Gamma-Kurve gewählt (Canon: C-Log / Sony: S-Log2), um bei der Aufnahme den größtmöglichen Tonwertumfang der Sensoren zu nutzen. Videoaufnahmen ohne diese Einstellung zeigen, gerade bei Unterwasseraufnahmen mit starken Kontrasten durch hell beleuchtete Stellen und tiefe Schwärzen, häufig Bildbereiche, die durch starke Über- oder Unterbeleuchtung keine Details mehr besitzen.

Aufgezeichnete Daten

Der benötigte Speicherplatz für aufgezeichnete Videodateien ist abhängig von der verwendeten Kamera, vom Kodier-Codec, der Datenrate, der Auflösung und natürlich von der Länge der Videodatei und ist kein Maß für die Qualität der Aufnahmen oder der Untersuchung. Zur Vollständigkeit führen wir die Datenmenge und Gesamtlänge der Videodateien der verschiedenen Kameras auf.

GoPro 7, Farbtiefe 8 Bit (Transektvideos): 11,3 GB, Gesamtdauer 20:39 min

1DX Mark 3, Farbtiefe 10 Bit: 285 GB, Gesamtdauer 127:41 min

RX100 Mark 4, Farbtiefe 8 Bit: 43,2 GB, Gesamtdauer 72:11 min

Viele Clips der 1DX Mark 3 wurden mit 100 B/s aufgenommen, die in der Kamera schon als vierfache Zeitlupe mit einer Abspielgeschwindigkeit von 25 B/s gespeichert werden und damit vier Mal so lang erscheinen. Das erklärt den Unterschied in der Gesamtaufzeichnungsdauer beim Auslesen der 1DX Mark 3 und der RX100 Mark 4.

Nachbearbeitung

Zur Umwandlung der Kamera RAW-Fotos (Canon .CR2-Dateien) wurden die Bilder in das Programm Adobe Lightroom importiert, korrigiert und angepasst und als .jpg-Dateien exportiert.

Die Bearbeitung ausgewählter Clips und das Schneiden einer kurzen Dokumentation haben wir mit dem Programm Davinci Resolve gemacht. Hier können die sehr flachen Gamma-Kurven der Original-Clips an das Ausgabeformat angepasst und damit über- und unterbelichtete Stellen weitestgehend vermieden werden.

Tabellen

Tab. 9: Rahmenparameter zu den 12 Kratzproben.

| Tran-sekt | Kratz-probe | Lat | Lon | Tran-sekt-meter * | Wasser-tiefe LAT [m] | Uhrzeit [MESZ] |
|-----------|-------------|-----------|----------|-------------------|----------------------|----------------|
| T1 | KP-T1-1 | 53,720981 | 6,472106 | 14,8 | 21,2 | 13:06 |
| T1 | KP-T1-2 | 53,720922 | 6,472109 | 8,3 | 21,2 | 13:14 |
| T2 | KP-T2-1 | 53,721035 | 6,472253 | 17,0 | 20,8 | 08:15 |
| T2 | KP-T2-2 | 53,721085 | 6,472250 | 11,5 | 20,6 | 08:20 |
| T3 | KP-T3-1 | 53,721192 | 6,472473 | 15,1 | 20,7 | 08:39 |
| T3 | KP-T3-2 | 53,721191 | 6,472420 | 11,6 | 20,6 | 08:46 |
| T4 | KP-T4-1 | 53,721150 | 6,473298 | 12,2 | 22,0 | 14:06 |
| T4 | KP-T4-2 | 53,721168 | 6,473297 | 10,2 | 22,1 | 14:12 |
| T5 | KP-T5-1 | 53,721266 | 6,473569 | 18,3 | 21,6 | 14:27 |
| T5 | KP-T5-2 | 53,721265 | 6,473542 | 16,5 | 21,7 | 14:35 |
| T6 | KP-T6-1 | 53,720907 | 6,472774 | 18,6 | 21,4 | 09:08 |
| T6 | KP-T6-2 | 53,720908 | 6,472823 | 15,4 | 21,3 | 09:15 |

*Entfernung in m auf Transekt vom Startpunkt

Tab. 10: Untersuchungen in Steingepprägten Bereichen in den Küstengewässern des Borkum Riffgrundes.

| Bericht/Quelle | Erfassung | Gebiet | Methoden | Anzahl Proben in Steinfeldern |
|-------------------|----------------|----------------|---|---|
| diese Studie | Aug. 2020 | BRG Küste (D) | Epifauna: Video-Tauchertransekte a 20 m ² , Rahmenfotos a 0,0625 m ² , Kratzproben 0,0625 m ² , Infauna: keine Information | 12 Rahmenfotos, 12 Kratzproben, 6 Video-Tauchertransekte |
| BioConsult (2018) | Aug./Nov. 2017 | BRG Küste (D) | Epifauna: Video-Schleppkamera, 2m-Baumkurre, Infauna: 0,1 m ² van Veen | 15 van Veen-Greifer, 1 Dredgehol, 1 Video-Schleppkameratransekt (Bereich: 2-39-1; 2-39-2; 2-39-3; 3-xx-3-1; 3-xx-1; ex-4-1) |
| BioConsult (2019) | Aug. 2018 | BRG Küste (D) | Epifauna: Video-Schleppkamera | 1 Video-Schlepptransekt (Bereich KF-19-3) |
| Bos et al. (2014) | Aug. 2013 | BRG-Küste (NL) | Epifauna: Video-Tauchertransekte Video 100 m ² , Fotos drop-Kamera am Kastengreifer 0,33 m ² , Kratzproben 0,05 m ² , Infauna: Kastengreifer 0,07 m ² | 1 Kastengreifer, 7 Fotos Drop-Kamera, 3 Kratzproben, 6 Video-Tauchertransekte (Bereich: Steen) |

Tab. 11: Videotransekte Ergebnisse 1 m-Abschnitte.

| Transecte | Habitatbeschreibung | | | Strukturbildner | | | Megafauna-Arten | | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|--|-------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| | Sedimenttyp | Bedeckung mit Steinen | Steingrößenklasse | vorherrschende sessile Arten | Bedeckungsgrad der Steine mit sessiler Fauna | Abschnitt und Nummer der Kratzprobe | Hummer - Homarus gammarus | Taschenkrebs - Cancer pagrurus | Teufelsschwimmkrabbe - Necora puber | Schwimmkrabbe - Liocarcinus sp. | Gespensterkrabbe Macropodia rostrata | Einsiedlerkrebs - Pagurus bernhardus | Klippenbarsch - Ctenolabrus rupestris | Leierfisch - Callionymus lyra | Butterfisch - Pholis gunnellus | Seeskorpion - Myoxocephalus scorpius | Scholle - Pleuronectes platessa | Schleimfisch - Blenniidae |
| TRANSEKT T1, Sichtbedingungen gut (8/10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-1 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 1-2 | Steine, Sand | 2 | 1 | Seemoos | 2 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 2-3 | Steine, Sand | 2 | 1,2 | Seemoos | 3 | | | 1 | | 1 | | | | | | | | |
| 3-4 | Steine, Sand | 2 | 1,2 | Seemoos | 3 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | |
| 4-5 | Steine, Sand | 2 | 1 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 5-6 | Steine, Sand, Blöcke | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 6-7 | Steine, Sand | 2 | 1,2 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|-------------|---------|------------------------------|------------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| 7-8 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | |
| 8-9 | Steine, Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | KP 2 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | Steine, Sand, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Schwämme | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | Steine, Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | Steine Sand, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 12-13 | Steine Sand, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | Steine Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Schwämme | 3 | | | 1 | 2 | | | | | | | | | | |
| 14-15 | Steine Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Schwämme | 3 | KP 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 15-16 | Steine Sand, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 2 | | | | | 1 | | | | | | |
| 16-17 | Steine Sand, Grobkies | 2 | 1, 2 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 17-18 | Steine Sand, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | Steine Sand, Grobkies | 2 | 1, 2 | Seemoos, Flustra, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19-20 | Steine Sand, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | 1 | | | | 2 | | | | | | |
| Mittelwerte Transekt 1 | | 2,60 | | | 3,0 | | 0 | 16 | 4 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TRANSEKT T2, Sichtbedingungen schlecht (4/10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-1 | Steine Sand, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 1-2 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Schwämme | 3 | | | 1 | | | | 1 | 1 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------------|---|---------|---------------------|---|------|---|---|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|
| 2-3 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 3-4 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4-5 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 5-6 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 2 | | | | | 1 | | | | | |
| 6-7 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | |
| 7-8 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 8-9 | Steine, Sand, Schill, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | |
| 9-10 | Steine, Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 10-11 | Steine, Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | Steine, Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | KP 2 | | | | | | | | | | | | |
| 12-13 | Steine, Sand, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | Steine, Sand, Block | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 14-15 | Steine, Sand | 1 | 1, 2 | Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 15-16 | Steine, Sand | 2 | 1, 2 | Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 16-17 | Steine, Sand, Block | 3 | 1, 2, 3 | Metridium, Schwämme | 3 | | | 2 | | | | | 1 | | | | | |
| 17-18 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Metridium, Schwämme | 3 | KP 1 | | 1 | | | | | | | | | | |
| 18-19 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Metridium, Seemoos | 3 | | 1 | | | | | | 1 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------|-------------|---------|------------------------------|------------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 19-20 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Metridium, Seemoos | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Mittelwerte Transekt 2 | | 2,80 | | | 3,0 | | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TRANSEKT T3, Sichtbedingungen schlecht (3/10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-1 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 2-3 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 3-4 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 4-5 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | 1 | | | | | | 3 | | | | | |
| 5-6 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 6-7 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 7-8 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Schwämme, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 8-9 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Schwämme, Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 9-10 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 10-11 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Schwämme, Metridium | 3 | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 11-12 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | KP 2 | | 4 | | | | | | | | | | |
| 12-13 | Steine, Sand, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 9 | | | | | | | | | | |
| 13-14 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | 1 | 1 | | | | | | | | | | |
| 14-15 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|------------|---------|------------------------------|------------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 15-16 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | KP 1 | | 1 | | | | | | | | | | |
| 16-17 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 17-18 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 19-20 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwerte Transekt 3 | | 3,0 | | | 3,0 | | 2 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TRANSEKT T4, Sichtbedingungen mittel (5/10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-1 | Sand | 0 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | Sand, Steine | 1 | 1 | Metridium, Seemoos | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 2-3 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | |
| 3-4 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | 1 | | | | | | | | |
| 4-5 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | |
| 5-6 | Steine, Sand, Blöcke | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 2 | | | | | | | | 2 | | | | | |
| 6-7 | Steine, Sand | 2 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 7-8 | Steine, Sand | 2 | 1 | Seemoos, Metridium | 2 | | 1 | | | | | | 1 | | | | | |
| 8-9 | Sand, Steine | 1 | 1 | Seemoos, Metridium | 2 | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 9-10 | Sand, Steine | 1 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 2 | | | | | | | 2 | | | | | | |
| 10-11 | Sand, Grobkies, Steine, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos | 2 | KP 2 | | 1 | | | | | | | | | | |
| 11-12 | Sand, Steine | 2 | 1, 2 | Seemoos | 2 | | | | | | | | 1 | | | | | |
| 12-13 | Steine, Sand, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | KP 1 | | 3 | 1 | | | | 1 | | | | | |
| 13-14 | Steine, Sand | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | 1 | | | | | |
| 14-15 | Steine, Sand | 2 | 1 | Seemoos | 3 | | | | | | | 1 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|-------------|---------|------------------------------|------------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--|
| 15-16 | Steine, Sand | 1 | 1 | Seemoos | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 16-17 | Steine, Grobkies, Sand | 2 | 1 | Seemoos | 2 | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 17-18 | Steine, Grobkies, Sand | 1 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | Steine, Sand | 1 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 19-20 | Sand | 0 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | |
| Mittelwerte Transekt 4 | | 1,80 | | | 2,4 | | 1 | 7 | 1 | 2 | 0 | 4 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TRANSEKT T5, Sichtbedingungen gut (7/10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-1 | Sand | 0 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | |
| 1-2 | Sand | 0 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | |
| 2-3 | Sand | 0 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | |
| 3-4 | Sand | 0 | - | - | - | | | | | | | | | | | | | | |
| 4-5 | Sand, Block | 2 | 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | 1 | | | | | | | |
| 5-6 | Sand, Steine, Block | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 6-7 | Sand, Steine, Block | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 7-8 | Sand, Steine | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 8-9 | Sand, Steine, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 9-10 | Sand, Steine, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | |
| 10-11 | Sand, Steine, Block, Grobkies | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 11-12 | Sand, Steine, Block, Grobkies | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | | |
| 12-13 | Sand, Steine, Grobkies, Schill | 2 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|-------------|---------|---|------------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 14-15 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | 1 | | | 1 | | | | | |
| 15-16 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 16-17 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke, Schill | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | KP 2 | | 3 | | | | | 1 | | | | | |
| 17-18 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke, Schill | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | 5 | | | 1 | | 1 | | | | | |
| 18-19 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme, Seepocken | 3 | KP 1 | | 2 | | | | | 1 | | | | | |
| 19-20 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme, Seepocken | 3 | | | 1 | | | | | 2 | | | | | |
| Mittelwerte Transekt 5 | | 2,20 | | | 3,0 | | 1 | 14 | 1 | 1 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TRANSEKT T6, Sichtbedingungen gut (7/10) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-1 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Schwämme, Flustra | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 1-2 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium Schwämme | 3 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | |
| 2-3 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium Schwämme, Flustra | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 3-4 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Schwämme, Flustra, Seemoos | 3 | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 4-5 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Schwämme | 3 | | | | | | | 1 | | | | | | |
| 5-6 | Sand, Steine, Grobkies, Blöcke | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Schwämme | 3 | | | 7 | | | | | | | | | | |
| 6-7 | Sand, Steine, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Schwämme | 3 | | | 5 | 1 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------|---------|------------------------------|----------|------|----------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 7-8 | Sand, Steine, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium Schwämme, | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 8-9 | Sand, Steine, Grobkies | 3 | 1, 2 | Seemoos, Metridium Schwämme | 3 | | | | | | 1 | | 1 | | | | | |
| 9-10 | Sand, Steine, Grobkies | 2 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 10-11 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 11-12 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | 1 | | | | | | | 1 | | | | |
| 12-13 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | 1 | | | | | | | | | | | |
| 13-14 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 14-15 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 3 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 15-16 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | KP 2 | | | | | | 1 | | | | | | |
| 16-17 | Sand, Steine, Grobkies, Block | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium | 3 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 17-18 | Sand, Steine | 2 | 1, 2 | Seemoos, Metridium | 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 18-19 | Sand, Steine, Block | 2 | 1, 2, 3 | Seemoos, Metridium, Schwämme | 3 | KP 1 | | | | | | | 1 | | | | | |
| 19-20 | Sand, Steine | 2 | 1, 2 | Metridium, Schwämme | 3 | | | | | | | | 1 | | | | | |
| Mittelwerte Transekt 6 | | 2,65 | | | 3 | | 0 | 16 | 5 | 1 | 0 | 4 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 12: Vergleich von Arten der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013) in steingepprägten Bereichen des Borkum Riffgrund (Küstenmeer).

Datengrundlage s. Tab. 10

| Art | RL-Kat. | diese Studie | BioConsult (2018, 2019) | Bos et al. (2014) |
|--|-----------|--------------|-------------------------|-------------------|
| <i>Heteranomia squamula</i> | 0 | x | | |
| <i>Onchidoris muricata</i> | 0 | x | | |
| <i>Ensis ensis</i> | 2 | | x | |
| <i>Homarus gammarus</i> | 2 | x | | |
| <i>Sabellaria spinulosa</i> | 2 | x | | |
| <i>Spisula elliptica</i> | 2 | | x | |
| <i>Alcyonium digitatum</i> | 3 | x | | x |
| <i>Goodallia triangularis</i> | 3 | | x | |
| <i>Pilumnus hirtellus</i> | 3 | x | | |
| <i>Sagartiogeton (Actinothoe) undatus</i> | 3 | x | | |
| <i>Alcyonidium parasiticum</i> | G | x | x | x |
| <i>Astropecten irregularis</i> | G | | x | |
| <i>Branchiostoma lanceolatum</i> | G | | x | |
| <i>Chamelea striatula</i> | G | | x | |
| <i>Donax vittatus</i> | G | | x | |
| <i>Halichondria (Halichondria) panicea</i> | G | x | x | |
| <i>Metridium senile</i> | G | x | | x |
| <i>Scalibregma inflatum</i> | G | | x | |
| <i>Sertularia cupressina</i> | G | x | x | x |
| <i>Spisula solida</i> | G | | x | |
| <i>Tritia reticulata</i> | G | | x | |
| <i>Halecium halecinum</i> | R | x | x | |
| <i>Leucosolenia variabilis</i> | R | x | | |
| <i>Liocarcinus navigator</i> | R | | x | |
| <i>Polyclinum aurantium</i> | R | x | | |
| <i>Stenothoe monoculoides</i> | R | x | | |
| <i>Suberites ficus</i> | R | x | | |
| <i>Syllis gracilis</i> | R | x | | |
| <i>Campanularia volubilis</i> | R | | | x |
| Summe Arten | 29 | 17 | 15 | 5 |

Tab. 13: Liste neuer Artnachweise für den Borkum Riffgrund.

Folgende Literatur wurde für den Vergleich von Nachweisen im Borkum Riffgrund (Küstenmeer und AWZ) herangezogen: Gesamtartenlisten Borkum Riffgrund in RACHOR & NEHMER (2003), BOS et al. (2014), COOLEN et al. (2015), BIOCONSULT (2018), BIOCONSULT (2019b), ALVAREZ et al. (2019)ALVAREZ et al. (2019)

Fett gedruckt: Art, die nicht in der „annotated checklist“ (ZETTLER et al. 2018) für die Nordsee gelistet ist (Stand 2021)
AphiaID entsprechend WoRMS (World Register of Marine Species), Abgleich vom 02.08.2021

| Art | Stamm | Klasse | Familie | AphiaID |
|--------------------------------------|---------------|--------------|-----------------|---------|
| <i>Leucosolenia variabilis</i> | Porifera | Calcarea | Leucosoleniidae | 132233 |
| <i>Haliclona (Haliclona) oculata</i> | Porifera | Demospongiae | Chalinidae | 132833 |
| <i>Suberites ficus</i> | Porifera | Demospongiae | Suberitidae | 134285 |
| <i>Obelia longissima</i> | Cnidaria | Hydrozoa | Campanulariidae | 117389 |
| <i>Podocoryna borealis</i> | Cnidaria | Hydrozoa | Hydractiniidae | 117654 |
| <i>Amathia gracilis</i> | Bryozoa | Gymnolaemata | Vesiculariidae | 851589 |
| <i>Farrella repens</i> | Bryozoa | Gymnolaemata | Farrellidae | 111652 |
| <i>Scrupocellaria</i> | Bryozoa | Gymnolaemata | Candidae | 110866 |
| <i>Smittoidea prolifica</i> | Bryozoa | Gymnolaemata | Smittinidae | 396735 |
| <i>Crisia eburnea</i> | Bryozoa | Stenolaemata | Crisiidae | 111696 |
| <i>Filicrisia geniculata</i> | Bryozoa | Stenolaemata | Crisiidae | 111708 |
| <i>Dipolydora coeca</i> | Annelida | Polychaeta | Spionidae | 131117 |
| <i>Syllis gracilis</i> | Annelida | Polychaeta | Syllidae | 131435 |
| <i>Acanthocardia aculeata</i> | Mollusca | Bivalvia | Cardiidae | 138990 |
| <i>Heteranomia squamula</i> | Mollusca | Bivalvia | Anomiidae | 138749 |
| <i>Venerupis cf. corrugata</i> | Mollusca | Bivalvia | Veneridae | 181364 |
| <i>Doto cf. coronata</i> | Mollusca | Gastropoda | Dotidae | 139631 |
| <i>Epitonium clathratulum</i> | Mollusca | Gastropoda | Epitoniidae | 139718 |
| <i>Pusillina inconspicua</i> | Mollusca | Gastropoda | Rissoidae | 141334 |
| <i>Tergipes tergipes</i> | Mollusca | Gastropoda | Tergipedidae | 141641 |
| <i>Hippolyte varians</i> | Arthropoda | Malacostraca | Hippolytidae | 107518 |
| <i>Homarus gammarus</i> | Arthropoda | Malacostraca | Nephropidae | 107253 |
| <i>Jassa falcata</i> | Arthropoda | Malacostraca | Ischyroceridae | 102431 |
| <i>Photis reinhardi</i> | Arthropoda | Malacostraca | Photidae | 102387 |
| <i>Pilumnus hirtellus</i> | Arthropoda | Malacostraca | Pilumnidae | 107418 |
| <i>Pseudoprotella phasma</i> | Arthropoda | Malacostraca | Caprellidae | 101871 |
| <i>Stenothoe monoculoides</i> | Arthropoda | Malacostraca | Stenothoidae | 103169 |
| <i>Verruca stroemia</i> | Arthropoda | Thecostraca | Verrucidae | 106257 |
| <i>Amphipholis squamata</i> | Echinodermata | Ophiuroidea | Amphiuridae | 125064 |
| <i>Ophiothrix fragilis</i> | Echinodermata | Ophiuroidea | Ophiotrichidae | 125131 |
| <i>Blenniidae</i> | Chordata | Actinopteri | Blenniidae | 125519 |
| <i>Pholis gunnellus</i> | Chordata | Actinopteri | Pholidae | 126996 |
| <i>Polyclinum aurantium</i> | Chordata | Ascidiacea | Polyclinidae | 103674 |