

Deskundigen

OASES VAN BIODIVERSITEIT

Duikonderzoek naar rifstructuren op de
rifbodem van Borkum in april 2023



DUIKONDERZOEK NAAR RIFSTRUCTUREN OP DE BORKUMSE RIFBODEM IN APRIL 2023

Rapport opgesteld in opdracht van Greenpeace e.V.



SUBMARIS
Onderzoeksduikgroep
Körnerstraße 29
24103 Kiel
info@submaris.com

Redactie: Philipp
Schubert
Christian Howe
Uli Kunz
Dr. Florian Huber



BioConsult GmbH & Co KG
Auf der Muggenburg 30
28217 Bremen
+49 421 6207108
info@bioconsult.de

Processor:
Dr. Sandra Jaklin
Tim Bildstein

Geen geld van de industrie en de staat

Greenpeace werkt internationaal en strijdt voor de bescherming van de fundamenteën van het leven met geweldloze acties. Ons doel is om milieuvernietiging te voorkomen, gedrag te veranderen en oplossingen te implementeren. Greenpeace is onpartijdig en volledig onafhankelijk van politiek en bedrijfsleven. Meer dan 630.000 ondersteunende leden in Duitsland doneren aan Greenpeace en verzekeren zo ons dagelijks werk voor de bescherming van het milieu, internationaal begrip en vrede.

Help ons, Een leefbare omgeving behouden



► Word nu ondersteunend lid!

Met uw regelmatige bijdrage steunt u ons werk op de lange termijn. greenpeace.de/spenden/foerdermitglied

Afdruk

Greenpeace e. V., Hongkongstraße 10, 20457 Hamburg, T 040 30618-0 mail@greenpeace.de, www.greenpeace.de
Politieke vertegenwoordiging Berlijn Marienstr. 19-20, 10117 Berlin, T 030 308899-0 V.i.S.d.P. Franziska
Saalmann Foto © Uli Kunz / Submaris / Greenpeace Produktion Ute Zimmermann Vanaf 07.06.2023
S 0451 1

greenpeace.de

GREENPEACE

Inhoud

Samenvatting	6
1. Achtergrond en vragen.....	8
2. Studiegebied	9
2.1 Bestaande documenten en voorbereidend werk	9
2.2 Locatie van de vier onderzochte locaties	9
2.3 Beschermingsstatus.....	11
3. Steekproeven en methodologie.....	12
3.1 Bemonstering van transecten door duikers.....	12
3.2 Taxonomie en soortenaantallen.....	15
3.3 Bekijken van transectvideo's en kaderfoto's.....	15
3.3.1 Transect video's.....	15
3.3.2 Frame foto's	17
4. Resultaten: Karakterisering van het studiegebied.....	18
4.1 Abiotische habitat	18
4.1.1 Bathymetrie en stromingen	18
4.1.2 Ondergronden.....	18
4.2 Faunistische kolonisatie	19
4.2.1 Soortenspectrum van het gebied.....	19
4.2.2 Rode lijst soorten	25
4.2.3 Structuur- en habitatvormende soorten.....	25
4.2.4 De harde substraten bedekken met epibenthos	29
4.3 Ruimtelijke variabiliteit van biotoophoeveelheden	31
4.3.1 Stenen afzettingen (video).....	31
4.3.2 Vagiele Megafauna (Video).....	32
4.3.3 Mobiele en sessiele epifauna (krasmonsters).....	33
4.3.4 De harde substraten bedekken met epifauna (video en kaderfoto).....	35
4.4 Teken van antropogene achteruitgang	36
5. Indeling van de resultaten	37
5.1 Abiotische structuur van de habitat.....	38
5.2 Faunistische nederzettingsstructuren	39
5.2.1 Soortenspectrum en soorten op de Rode Lijst.....	39
5.2.2 Vagiele megafauna rond de stenen	39
5.2.3 Structuur- en habitatvormende soorten en vegetatie op de stenen.....	40
5.2.4 Habitat-typische soorten.....	42
6. Classificatie en evaluatie.....	49
6.1 Classificatie.....	49
6.2 Karakterisering van het rif en beoordeling van natuurbehoud.....	53
Literatuur	57

Illustraties en tabellen

Fig. 1:	Kaart van het studiegebied met de vier locaties Alpha, Bravo, Charlie en Riffgat waar in april 2023 een duikonderzoek werd uitgevoerd.	10
Fig. 2:	Achtergronden beschermd gebied	11
Fig. 3:	Voorbeeld van een kaderfoto met een later digitaal toegevoegd rasterkruis (krasvoorbeeld: Alpha-2).	17
Fig. 4:	De garnaal <i>Pandalus montagui</i> tussen zeeanemonen (<i>Metridium senile</i>) op de duikstek Charlie.	24
Fig. 5:	Naaktslak <i>Polycera quadrilineata</i> en een grondel (<i>Pomatoschistus</i> sp.) op duikplek Charlie	24
Fig. 6:	Grotere rots begroeid met zeeanemonen en hydrozoën met marginaal voorkomen van <i>Halichondria</i> spp. (zie pijl) op de Riffgat site.	26
Fig. 7:	Stenen begroeid met <i>zeelilies</i> en een kleine steen volledig begroeid met <i>Suberites</i> spp. op de Charlie site (zie pijl).	26
Fig. 8:	Groot blok bedekt met Hydrozoa en enkele Anthozoa op de Charlie site.....	27
Fig. 9:	Typische steengroei met een dominantie van <i>Metridium senile</i> op de Charlie site.	28
Fig. 10:	Kolonie van de dodemanshand <i>Alcyonium digitatum</i> (zie pijl) op de vindplaats Riffgat.	29
Fig. 11:	Voorkomen van kleinere, meestal overzandige stenen zonder epibenthische kolonisatie op de Charlie-locatie.....	30
Fig. 12:	Algemeen voorkomen van zeeanemonen en Hydrozoën op een rots zonder duidelijk herkenbare dominantie van één soort op de Riffgat site.	30
Fig. 13:	Totaal aantal soorten en gemiddeld aantal soorten (+SD) in de krasmonsters op de vier locaties.....	34
Fig. 14:	Relatief aandeel (%) van elke hoofdgroep in het totale soortenspectrum) in de krasmonsters op de vier locaties.	34
Fig. 15:	Relatieve aandelen van sessiele epifauna in de bedekking van de stenen voor de 12 krasmonsters op de vier locaties.....	35
Fig. 16:	Onderzochte locaties en rifgrenzen volgens BIOCONSULT (2022).....	52
Tab. 1:	Soortenlijst van de fauna (macrozoöbenthos en vissen) vastgelegd door middel van video's en krasmonsters in april 2023.	20
Tab. 2:	Samenvatting habitatbeschrijving van de vier onderzochte locaties op basis van de video-evaluatie.	32
Tab. 3:	Abundanties van vagiele megafaunasoorten (ongewervelden en vissen) geregistreerd op basis van de video-evaluatie op de vier locaties en in het studiegebied.....	33

Tab. 4:	Habitattypische soorten van de LRT Riffen (code 1170) in de Duitse en Nederlandse EEZ, de Duitse kustwateren en waarnemingen van deze soorten in de Borkum Riffgrund NSG (Duitse EEZ) en de kustwateren van de Borkum Riffgrund.	44
Tab. 5:	Voorstel van BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) voor karakteristieke (habitat-typische) soorten en soorten van speciaal instandhoudingsbelang voor geogene riffen in de kustzee van de Borkum Riffgrund.	48
Tab. 6:	Criteria voor de gedetecteerde biotootypen volgens FINCK et al. (2017)	51
Tab. 7:	Vergelijking van abiotische en biotische kenmerken van de rifstructuren op de vier locaties op basis van verschillende criteria.	55

Samenvatting

Met de implementatie van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRMS) en de implementatie van de Fauna-Flora-Habitatrichtlijn (FFH-richtlijn) heeft het Europese maritieme beleid de randvoorwaarden gecreëerd voor het behoud van de biodiversiteit in de binnenlandse zeeën. Beide richtlijnen richten zich onder andere op de habitats of biotopen van de zeebodem en de biodiversiteit van de bijbehorende gemeenschappen.

In de territoriale zee is ONE-Dyas van plan om naar aardgas en bijbehorende werkzaamheden te boren als onderdeel van het GEMS-project (Gateway to the Ems) in het gebied van de Borkum Riffgrund op boorlocatie N05-A. Het gebied is voor de aanvraag onderzocht met van Veen grab, video en side scan sonar om de in- en epifauna en biotoopstructuren vast te leggen. Het onderzoeksgebied is in opdracht van ONE-Dyas onderzocht met van Veen grijper-, video- en SideScan-sonar om de in- en epifauna en de biotoopstructuren vast te leggen (MARINESPACE 2022a, b). Het voorkomen van riffen volgens de Habitatrichtlijn en de Nederlandse karteringsrichtlijn (MANFQ 2014) werd ontkend. Om deze verklaring in het kader van de juridische procedure tegen het project voor de Nederlandse rechter te herzien, gaf de Deutsche Umwelthilfe (DUH) het bedrijf BioConsult GmbH & Co KG uit Bremen opdracht om een afbakening van het FFH-habitattype "riffen" (code 1170) uit te voeren met behulp van de Duitse instructies voor het in kaart brengen van riffen van BFN (2018) op basis van de bestaande SideScan-gegevens (BIOCON-SULT 2022). Uit deze evaluatie bleek dat beschermingswaardige riffen (FFH-LRT 1170) zich zowel rond het geplande boorplatform als in het gebied van het oorspronkelijk geplande kabeltracé bevinden. Nadat het kabeltracé door ONE-Dyas in zuidelijke richting is gelegd, moet het nu door een gebied lopen waarin zich volgens de gegevens van MARINESPACE (2022a, b) geen rotsen bevinden. Er is echter nog geen biologisch onderzoek naar de vegetatie langs dit traject uitgevoerd.

Om deze leemte op te vullen, gaf Greenpeace e.V. begin april 2023 de opdracht aan de onderzoeksdrukgroep submaris uit Kiel om drie verdachte riflocaties (Alpha, Bravo, Charlie) te controleren op het voorkomen van rotsen met rifypische groei. Medio april 2023 werden wetenschappelijke duikwerkzaamheden uitgevoerd op de drie locaties en een andere nabijgelegen locatie (Riffgat). De Riffgat-locatie was al in 2020 onderzocht en technisch geclassificeerd als een "rif" (BIOCONSULT & SUBMARIS 2021) en moest dienen als vergelijking met de drie vermoedelijke riflocaties. Alpha en Bravo bevinden zich aan Nederlandse zijde in de onmiddellijke nabijheid van de geplande boorlocatie N05-A van ONE-Dyas, Charlie ligt direct aan de geplande route voor de stroomvoorziening van het boorplatform, die afkomstig is van het Duitse offshore windmolenpark "Riffgat", dat ongeveer vijf kilometer ten oosten van de geplande boorlocatie ligt, richting Nederlands grondgebied.

Er werd gedoken met onderzeeërs op één transect per locatie (Alpha en Charlie 50 m, Bravo 24 m lang). Voor elk transect werden 1) de bedekking van de zeebodem met stenen (klassen), 2) de afmetingen van de stenen (klassen), 3) de vagiele megafauna, 4) de epibenthische bedekking van sessiele ongewervelden op stenen en 5) het soortenspectrum vastgelegd door middel van video-opnamen, krasmonsters (25 x 25 cm oppervlak) en fotodocumentatie, zowel *in situ als* door laboratoriumanalyse. Greenpeace gaf BioConsult GmbH & Co KG uit Bremen opdracht voor het uitvoeren van de laboratoriumanalyses (soortidentificatie van de krasmonsters) en voor de gezamenlijke rapportage met submaris.

De onderzochte sites hadden allemaal steenvoorkomens langs de transecten, waarbij de site van

Riffgat werd gekenmerkt door een bijzonder hoge steendichtheid (die vaak het hele gebied bedekte) en door veel

zeer grote stenen (keien). In vergelijking hiermee werden de drie verdachte sites gekenmerkt door het voorkomen van losse stenen met langere steenvrije stukken en gemiddeld kleinere stenen. Vooral op de Bravo-site waren er slechts enkele, maar grote stenen (keien). Vooral de grote stenen werden gekoloniseerd door verschillende diersoorten over een groot gebied op alle vindplaatsen, en er werd een correlatie waargenomen tussen de dichtheid van de vegetatie en de dichtheid of grootte van de stenen. Grotere, dichte stenen hebben minder last van overzanding en afschuring door sedimentdrift en bieden de epifauna daarom een fysiek meer ongestoorde habitat dan kleinere en minder dichte stenen. Bijgevolg kan zich daar een beter ontwikkelde epifaunagemeenschap ontwikkelen.

Door de combinatie van methoden werden in totaal 98 taxa (88 soorten) van ongewervelden (93 taxa) en vissen (5 taxa) geregistreerd, waaronder 17 soorten van de huidige Duitse Rode Lijst voor de mariene benthische ongewervelde fauna. Er werden in totaal 16 soorten gevonden die structuren en habitats vormen door hun grootte en rechtopstaande groei. Deze omvatten sponzen (Porifera), bryozoën (Bryozoa), bloemdieren (Anthozoa), hydroïdpoliepen (Hydrozoa) en zee-eekhoortjesbrood (Ascidacea), die de rotsen met wisselende dominantie of samen koloniseerden en als kenmerkend voor riffen worden beoordeeld. De drie verdachte rifgebieden werden voornamelijk gekoloniseerd door de zeeanjer *Metridium senile* (Anthozoa) en verschillende, torenhoge stokken van verschillende Hydrozoa-soorten. Sponzen (vooral *Halichondria* spp.) en de bladbryozo (*Flustra foliacea*) en de dodemanshand (*Alcyonium digitatum*) waren zeldzamer en kwamen vaker voor op de rifplaats op grote keien. Door hun driedimensionale groeivorm bieden hooggroeiende hydrozoën andere (typische) soorten (naaktslakken, amfipoden, isopode spinnen, weekdieren) een vestigings-, voedsel- en/of paaiplaats en vervullen ze belangrijke structurele en trofische functies in de habitat. Binnen de vagiele megafauna (stekelhuidigen, hogere schaaldieren, vissen) werden riftypische soorten zoals de eetbare krab (*Cancer pagurus*), de gewone zeester (*Asterias rubens*), de spookkrab (*Macropodia rostrata*) en de duivelszwemkrab (*Necora puber*) ook op alle sites aangetroffen. Daarentegen werd de Europese kreeft (*Homarus gammarus*) alleen waargenomen in het transect Riffgat (één kreeft werd waargenomen in het Charlie-gebied buiten het transect).

Een samenvattende evaluatie van de vier locaties op basis van de criteria die in BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) worden voorgesteld voor de evaluatie van de abiotische en biotische kenmerken van riffen, laat zien dat de locatie Riffgat een rotsveld is met een bijzonder karakter dat, voor zover wij weten, zelden in deze vorm wordt aangetroffen in de kustzee van Nedersaksen en nog niet voor een tweede keer is gedocumenteerd. Hoewel het rifkarakter op de drie locaties Alpha, Bravo en Charlie minder uitgesproken is dan in Riffgat, werd ook op deze drie locaties een soortenrijke, riftypische gemeenschap waargenomen, die een ruimtelijk zeldzame en bijzondere gemeenschap vormt binnen de door zand gedomineerde gebieden van de Duitse Noordzeekust. De functie van minder goed ontwikkelde rotsachtige gebieden als springplank en regeneratiereservoir voor de verspreiding van benthische organismen moet ook worden benadrukt. De morfologische dynamiek op de verdachte locaties is groter dan op de locatie in het Riffgat, zodat niet alle stenen die in het studiegebied aanwezig zijn altijd aan het oppervlak liggen (overzanding). Desondanks is de classificatie als biotoop (rif) die bescherming verdient niet alleen gerechtvaardigd op basis van het voorkomen van stenen, maar ook op basis van de biotische kolonisatie en de ecosysteemfunctie voor alle vier de sites.

1. Achtergrond en vraag

Tegen de achtergrond van geplande aardgasboringen en bijbehorende werkzaamheden in het kader van het GEMS-project (Gateway to the Ems) in het gebied van de rifbodem van Borkum op boorlocatie N05-A, heeft Greenpeace e.V. de onderzoeksduikgroep submaris (Kiel) opdracht gegeven om wetenschappelijke en documentaire duiken uit te voeren op drie vermoedelijke rifgebieden voor de kust van Borkum in het gebied van de geplande werkzaamheden voor aardgaswinning, alsmede op een bekend en reeds onderzocht rif ten noorden van het offshore windmolenpark "Riffgat". De vierde duik bij het rotsveld ten noorden van het offshore windmolenpark "Riffgat", dat door BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) in opdracht van de NLWKN en de NLPV werd onderzocht en op basis van deze resultaten als rif werd geïdentificeerd, diende om de structuur en de vegetatie van de verdachte gebieden te vergelijken met een goed ontwikkeld rotsveld als referentie. De duikwerkzaamheden vonden plaats in april 2023.

Vanwege de bijzonder hoge steendichtheid en gevarieerde kolonisatie van het rif ten noorden van het offshore windmolenpark "Riffgat" werd de publicatie van BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) en vooral de opname van het rif in de goedkeuringsprocedure voor de gasboring van Green Peace als relevant aangemerkt. Uit de beschikbare sonargegevens van eerdere karteringen in het kader van de aanvraag voor boorlocatie N05-A (MARINESPACE 2022a, b) en de daaropvolgende herevaluatie door BIOCONSULT (2022) is ook bekend dat in de omgeving van boorlocatie N05-A talrijke rotsen voorkomen.

Als gevolg hiervan gaf Greenpeace opdracht aan submaris en BioConsult GmbH & Co KG Bremen om ook de rotsafzettingen nog dichter bij de boorlocatie voor het eerst biologisch te laten onderzoeken. De drie verdachte rifgebieden Alpha, Bravo en Charlie moesten niet alleen voor het eerst biologisch onderzocht worden, maar ook vergeleken worden met het rif ten noorden van het offshore windmolenpark "Riffgat". Op basis hiervan zou, voor zover mogelijk met een duikinspectie, beoordeeld moeten worden of de aangetroffen structuren voldoen aan de criteria van het biotooptype "rif" dat beschermd is onder § 30 van de Federale Natuurbeschermingswet en of de vegetatie typisch is voor dit biotooptype, dat overeenkomt met het FFH-habitattype "rif" (code 1170).

De drie onderzochte riflocaties (aangeduid als Alpha, Bravo, Charlie) zijn geïdentificeerd en geselecteerd op basis van side scan sonar kartering door Greenpeace en beschikbare sonargegevens van eerdere kartering als onderdeel van de aanvraag voor boorlocatie N05-A (MARINESPACE 2022a, b). De Alpha-locatie ligt aan de Nederlandse kant in de onmiddellijke nabijheid van de geplande boorlocatie N05-A van ONE-Dyas, de Bravo-locatie ligt half aan de Nederlandse en half aan de Duitse kant, en de Charlie-locatie ligt direct aan de geplande route voor de stroomvoorziening van het boorplatform, die van het Duitse offshore-windmolenpark "Riffgat", dat ongeveer vijf kilometer ten oosten van de geplande boorlocatie ligt, naar Nederlands grondgebied loopt.

Naar aanleiding van het duikwerk van submaris kreeg het milieubureau BioConsult (Bremen) de opdracht voor de beoordeling en determinatie van de biologische monsters en het fotomateriaal. Dit rapport is gezamenlijk opgesteld door submaris en BioConsult. Het bevat de resultaten van de duikeronderzoeken en de laboratoriumanalyses en vergelijkt de bevindingen met bestaande informatie over harde substraatgebieden en "riffen" in de Noordzee.

2. Studiegebied

2.1 Bestaande documenten en voorbereidend werk

Het studiegebied werd in opdracht van ONE-Dyas geïnventariseerd met van Veen grijpers, video en SideScan sonar om de ongewervelde en epifauna en de biotoopstructuren vast te leggen (MARINESPACE 2022a, b). De aanwezigheid van riffen volgens de Habitatrichtlijn en de Nederlandse karteringshandleiding (MANFQ 2014) werd ontkracht.

Om deze bewering te verifiëren in het kader van de rechtszaak tegen het project voor Nederlandse rechtbanken, gaf de Deutsche Umwelthilfe (DUH) het bedrijf BioConsult de opdracht om een afbakening van de FFH-LRT "Reefs" (code 1170) uit te voeren met behulp van de Duitse Reef Mapping Guidance van BFN (2018) op basis van de bestaande SideScanSonar-gegevens (BIOCONSULT 2022). Uit deze evaluatie bleek dat zich rond het geplande boorplatform en in het gebied van de oorspronkelijk geplande kabelroute riffen bevinden die bescherming verdienen (LRT 1170). Het kabeltracé werd door ONE-Dyas verschillende keren in zuidelijke richting verplaatst om deze gebieden te vermijden, zodat het geplande kabeltracé nu door een gebied loopt waar volgens de gegevens van MARINESPACE (2022a, b) geen rotsen voorkomen. Een biologisch onderzoek van de vegetatie werd echter niet uitgevoerd in de loop van dit rapport. Deze leemte moet worden opgevuld met het huidige onderzoek met onderwatervaartuigen.

Als eerste stap hebben duikers van Greenpeace begin april 2023 tijdens verschillende duiken de drie verdachte rifgebieden (aangeduid als Alpha, Bravo, Charlie) onderzocht om te zien of daar voldoende rotsafzettingen met rifypische vegetatie voorkomen, voordat sub-maris op 16 april ter plaatse begon met het wetenschappelijke en documentaire duikwerk (zie hoofdstuk 3.1).

2.2 Locatie van de vier onderzochte locaties

De onderzochte locaties werden geselecteerd aan de hand van de geplande route en de voorselectie van potentiële vindplaatsen van het biotooptype "rif" op basis van hydroakoestische opnames (SideScanSonar) door Greenpeace (Fig. 1).

De drie verdachte riflocaties (Alpha, Bravo en Charlie) en het bekende rif bij de Riffgat-locatie liggen tussen 18 en 24 km ten noordwesten van Borkum, deels op Nederlands en deels op Duits grondgebied, waarbij de grenskwestie in dit gebied nog niet definitief is opgehelderd. Sinds 2016 bestaat er een "bevoegdheidslijn", ten oosten waarvan Duitsland verantwoordelijk is, ten westen Nederland. De locaties Charlie en Riffgat liggen dus aan de Duitse kant, de Alpha-locaties en het geplande boorplatform liggen aan de Nederlandse kant van deze bevoegdheidslijn, en Bravo ligt direct op deze lijn (Fig. 1).

De route voor de stroomtoevoer naar het boorplatform is afkomstig van het Duitse offshore windmolenpark "Riff-gat", dat ongeveer vijf kilometer ten oosten van de geplande boorlocatie ligt.

Het voorgestelde N05-A platform, dat gebouwd moet worden boven het gelijknamige gasveld, zou 430 m ten zuidoosten van de Alpha rifvoorspelling, 785 m ten noordwesten van Bravo en 2,5 km ten noordwesten van Charlie komen te liggen. De Riffgat-locatie ligt ongeveer 8,4 km ten noordoosten van N05-A. De verdachte locaties Bravo en Charlie liggen in het gebied van de geplande route voor de elektriciteitskabel naar het offshore windmolenpark "Riffgat". De waterdiepte in het onderzoeksgebied van ongeveer 15 km² is ongeveer 21-24 m onder zeekaart nul (LAT).

De Alpha en Bravo locaties bevinden zich in gebieden die volgens BIOCONSULT (2022) als rif zijn geïdentificeerd.

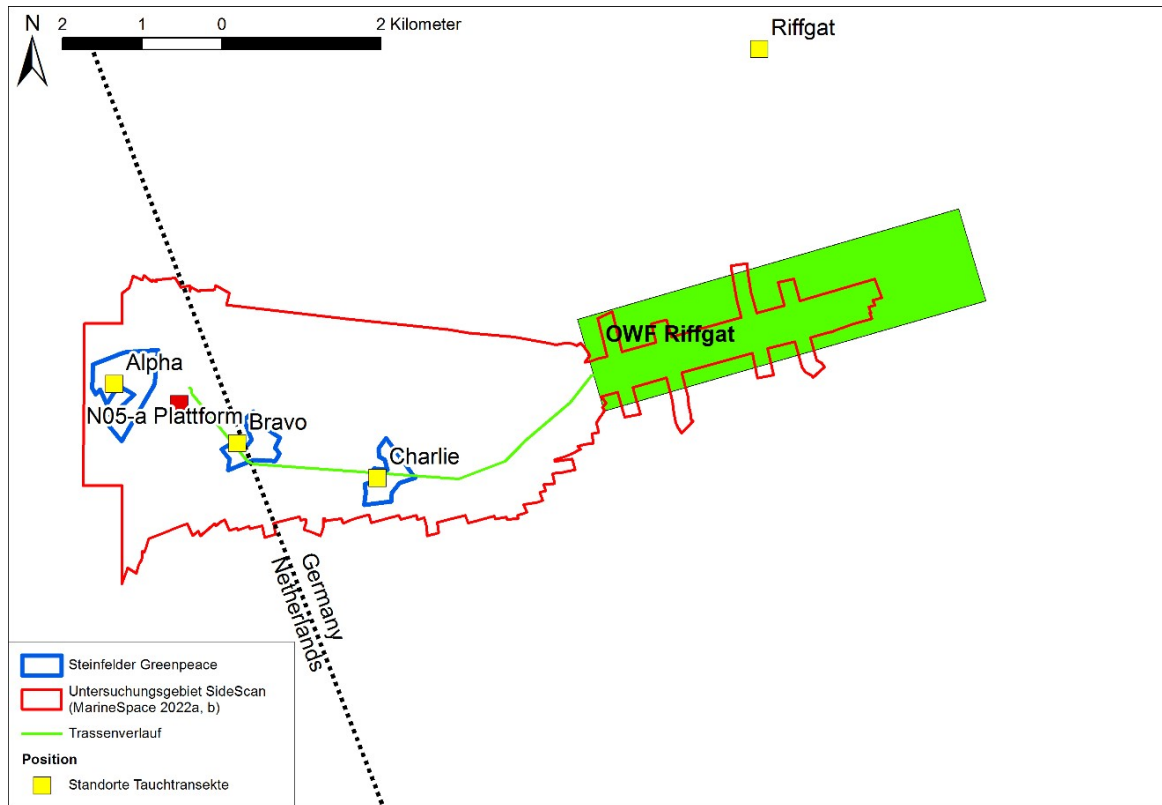


Fig. 1: Kaart van het studiegebied met de vier locaties Alpha, Bravo, Charlie en Riffgat, waar in april 2023 een duikonderzoek werd uitgevoerd.

Opmerking: De volledige omvang van het boorplatform en de bijbehorende infrastructuur wordt hier niet getoond, waardoor de route visueel onscherp wordt.

2.3 Beschermingsstatus

Geen van de onderzochte gebieden ligt momenteel in een beschermd gebied. Tot nu toe is ook geen van de onderzochte gebieden aangewezen als beschermd biotoop.

Het studiegebied ligt aan Duitse zijde tussen de NSG "Borkum Riffgrund" (FFH-gebied DE 2104-301) in de Duitse EEZ, waar ook de FFH-LRT "Riff" voorkomt en beschermd is, en de NSG "Borkum Riff" in de kustwateren, dat deel uitmaakt van het EU-vogelreservaat "Nedersaksische Waddenzee en aangrenzende kustzee" (DE2210-401) en het nationale park "Nedersaksische Waddenzee" (FFH-gebied DE 2306-301), dat ongeveer 7 km ten oosten van het Riffgat begint (figuur 2). 2).

Aan Nederlandse zijde ligt het FFH- en vogelbeschermingsgebied "Noordzeekustzone" (NL9802001) ca. 12 km ten zuiden van het studiegebied. Daar, net als in het aangrenzende FFH-gebied "Waddenzee" (NL9801001) ten zuiden, is de FFH-LRT "Reef" geen beschermings- en instandhoudingsdoelstelling.

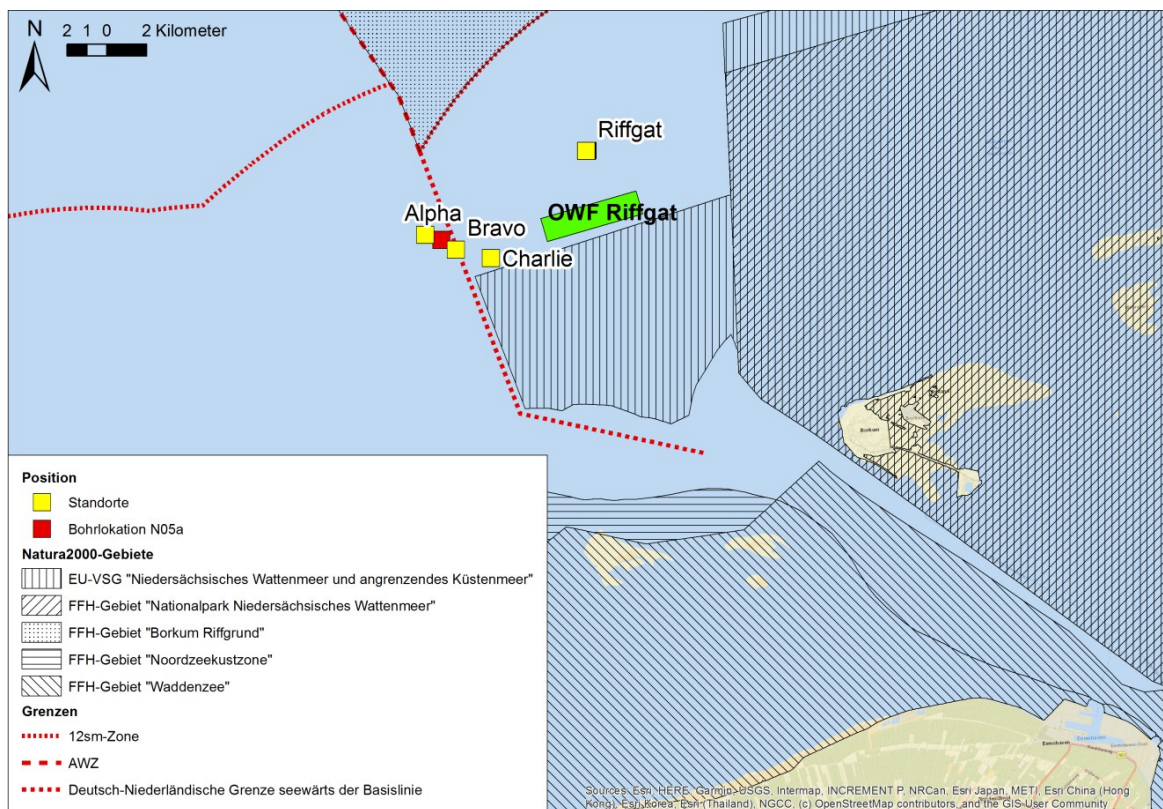


Fig. 2: Achtergrond van beschermd gebied.

3. Steekproeftrekking en methodologie

3.1 Bemonstering van de transecten door duikers

De wetenschappelijke en documentaire duiken in het kader van het project vonden plaats op de 16 en 17 april 2023 en werden uitgevoerd door vier onderzoeksduikers van de onderwaterduikgroep. Het vertrekpunt voor de missies was het eiland Borkum, vanwaar de BELUGA II naar het doelgebied voer. Er werd gedoken vanaf een opblaasboot met een lengte van 8,5 m en twee buitenboordmotoren van 150 pk. Omdat de duikdiepten in het operatiegebied tussen 22 en 25 m liggen, afhankelijk van het waterniveau, werd er met zuurstof verrijkt ademgas (Nitrox 32) gedoken in plaats van perslucht en bovendien gedeeltelijk gedecomprimeerd met pure zuurstof.

Open systemen met dubbele 12-liter cilinders werden gebruikt in combinatie met pure zuurstof als decompressiegas in tanks die aan de zijkant werden meegevoerd, de zogenaamde trappen. Door het gebruik van Nitrox konden de bodemtijden en dus de werktijden op de doeldiepte aanzienlijk worden verlengd in vergelijking met perslucht, zonder dat er langere decompressiestops moesten worden gemaakt bij het opduiken. Bovendien werden de pauzes tussen twee duiken verkort.

Om de tijd in het werkgebied optimaal te benutten, werd er gedoken in twee teams, waarbij team 1 (wetenschap) afdaalde bij de shotline (verbinding van het oppervlak naar de zeebodem) toen de stroming nog licht was en team 2 (film en foto's) naar boven kwam toen de stroming al was toegenomen. Team 2 begon ongeveer 15 minuten na team 1, om in geval van onverwachte problemen terug te kunnen keren naar de oppervlakte.

Op deze manier is het mogelijk om ademgas te besparen en optimaal gebruik te maken van de tijd dat het water stilstaat, bijvoorbeeld als het zicht erg slecht is of de stroming te sterk.

De werkzaamheden werden in principe uitgevoerd volgens de regels voor de inzet van onderzoeksduikers (BGR/GUV-R 2112). Vanwege de taak en het werkgebied moest echter worden afgezien van een seinlijn, een blub, een armverbindingslijn en volgelaatsmaskers. In plaats daarvan werd er gedoken in buddyteams, waarbij elke duiker was uitgerust met twee afzonderlijke ademautomaten (elk bestaande uit een eerste en tweede trap). Dit systeem maakt het niet alleen mogelijk om snel een defecte ademautomaat te isoleren door de bijbehorende kraan dicht te draaien, maar ook om snel gas te leveren door een ademautomaat die aan een lange slang hangt aan de duikpartner te overhandigen. Deze methode biedt veel meer flexibiliteit en veiligheid bij het duiken in teamverband in vergelijking met duiken met een volgelaatsmasker.

Vanwege de beschreven stromingsomstandigheden werden er geen signaallijnen of blubs gebruikt, omdat deze te sterk aan de duiker zouden hebben getrokken en het werken in sterke stromingen onmogelijk zouden hebben gemaakt. Bovendien kunnen de duikers zich veilig en gemakkelijk als team over de zeebodem bewegen. Alle onderzoeksduikers die bij de operatie betrokken waren, hebben de juiste training gevolgd in overeenstemming met internationale normen voor het gebruik van gemengde gassen (Nitrox+Trimix) en duiken in buddyteams. Krachtige lampen met een gerichte lichtstraal werden gebruikt voor het

Communicatie tussen de duikpartners. De watertemperatuur was ongeveer 7° C, er werd gedoken met droogpakken.

De duiker steeg op en daalde af aan een shotline waaraan bovenaan een grote boei was bevestigd en onderaan een basisgewicht van ongeveer 40 kg. Aan de lijn was ongeveer een meter boven het basisgewicht een zaklamp bevestigd, die diende als oriëntatiehulpmiddel en ook op grotere afstand nog goed te zien was, zelfs buiten het zichtbereik. Het zicht was op beide dagen ongeveer vijf meter, wat uitzonderlijk goed was voor de kustzee van de Noordzee. Het bijbehorende transect (tussen 26 en 50 m) werd direct vanaf het bodemgewicht gelegd met behulp van een meetlint. De filmopnamen werden gemaakt in een straal van ongeveer 15 m rond het grondgewicht.

Er werden in totaal vier wetenschappelijke duiken en drie documentaire duiken uitgevoerd door telkens twee duikers rond backwater op twee dagen van de operatie. De gemeten waterdieptes werden gecorrigeerd met behulp van de getijdemeter "Borkum Fischerbalje" en verwezen naar zeekaart nul (laagste astronomische getijde: LAT).

De wetenschappelijke duiken omvatten de volgende stappen per transect: 1) afdalen naar het basisgewicht en het meetlint uitzetten, 2) video-opnames van megafauna langs het transect, 3) kaderfoto's maken, 4) drie krasmonsters verzamelen langs het transect. De stappen worden hieronder beschreven:

1. Duik naar het basisgewicht en leg het meetlint klaar

De BELUGA II naderde de posities met lage snelheid tegen de heersende getijdenstroom in. De GPS aan boord heeft een nauwkeurigheid van 1-3 meter. Bij het bereiken van de positie (afstand tot de betreffende positie minder dan een meter volgens het display) werd een basisgewicht van 40 kg gegooid, dat binnen enkele seconden de bodem bereikte. Het zware gewicht wordt niet verplaatst door de stroming tijdens het zinken. Zelfs met een sterke trekkracht door de duikers die aan het touw in de stroming hingen tijdens de afdaling en tijdens de decompressie tijdens de opstijging, werd het bodemgewicht niet over de bodem getrokken.

Na het bereiken van het bodemgewicht bevestigden de duikers het meetlint aan het bodemgewicht en zwommen ze tussen 24 en bijna 50 m in de gekozen richting. Met uitzondering van de duikstek Bravo, waar de stroming helaas te sterk was en daarom slechts 24 m kon worden gezwommen, werden op alle stekken videodoorsneden van 50 m gezwommen. De gekozen koersen werden gezwommen met een duikkompas. Het kompas (Suunto SK-7) heeft een onderverdeling in stappen van vijf graden.

2. Video-opname van vagiele megafauna langs het transect

Voor deze studie werden vagiele megafauna gedefinieerd als dieren die ongeveer 8 cm of groter konden zijn. Ongeacht hun werkelijke grootte werden bepaalde soorten dus geteld tijdens de video-evaluatie, zelfs als ze iets kleiner waren dan 8 cm (bijvoorbeeld jonge individuen van heremietkreeften, eetbare krabben of klifbaarzen). Zeesterren en grondels werden niet opgenomen, ook al kunnen ze soms meer dan 8 cm groot worden. De reden hiervoor ligt in het zeer grote aantal van deze diergroepen en - in het geval van

grondels - ook hun soms kleine formaat en slechte herkenbaarheid. Beide zouden de aandacht afleiden van de andere soorten en de video-evaluatie veel tijdrovender maken.

Duiker 2 volgde op een afstand van ongeveer 5 m van duiker 1 (die het meetlint neerlegde) en filmde het gebied links en rechts van het meetlint. Er werd voor gezorgd dat het meetlint altijd in het midden van het beeld zichtbaar was om latere evaluatie mogelijk te maken. De transecten werden gefilmd met een GoPro 11, die opnam met 50 beelden per seconde in een resolutie van 4.096 x 2.160 pixels (4K) en een kleurdiepte van 10 bits. Twee sterke cameralampen werden met armen aan de camera bevestigd (Keldan Video 8X).

Tijdens de video-evaluatie werden alleen dieren binnen een 200 cm brede gang geteld (telkens 100 cm rechts en links van het meetlint). De video's werden later op het scherm geanalyseerd (paragraaf 3.3). Het referentiegebied voor de evaluatie (dichtheid van de fauna) werd gestandaardiseerd op een oppervlakte van 100 m² per transect om de dichtheden tussen de transecten te kunnen vergelijken.

3. Framefoto's maken

Na het maken van de video-opnames zwommen de duikers terug op het meetlint en selecteerden drie gebieden met grote stenen voor het verzamelen van krasmonsters. De selectie werd gemaakt om ervoor te zorgen dat de stenen zo divers mogelijk waren om zoveel mogelijk verschillende soorten te kunnen bemonsteren. Duiker 1 plaatste een roestvrijstalen frame van 25 x 25 cm op de betreffende steen, waarmee het gebied voor het krasmonster werd afgebakend. Duiker 2 maakte vervolgens een overzichtsfoto van de omgeving en nog een detailfoto van het frame. Voor elk transect werden op deze manier minstens 6 frame- en overzichtsfoto's gemaakt. De foto's werden geanalyseerd in het laboratorium (paragraaf 3.3).

4. Verzamelen van krasmonsters

Na het maken van de kaderfoto's werd de epibenthische kolonisatie van het kadergebied door duiker 2 met behulp van een spatel zo grondig mogelijk afgeschraapt en door duiker 1 met een schepnet zo verliesvrij mogelijk gevangen. Dit is dus een semi-kwantitatieve bemonstering. Zeer grote sessiele dieren (zeeschelpen, grote sponzen, grote hoeveelheden zeemos, zeesterren) werden gedeeltelijk uit de monsters verwijderd om het monstervolume laag te houden. Het gevulde schepnet werd vervolgens volledig opgeborgen in een vooraf genummerde ziplockzak. Aan boord werden de monsters overgebracht in 4 % formol en bewaard tot latere bepaling (in het BioConsult laboratorium in Bremen).

Film- en foto-opnamen van hoge kwaliteit maken

Naast het wetenschappelijk onderzoek van de verschillende verdachte gebieden en het rif gat rif, produceerde het tweede duikteam van onderzeeërs film- en foto-opnamen voor documentatie en voor het public relations werk van Greenpeace. Hiervoor werden macro- en groothoekopnamen gemaakt van veel van de gevonden diersoorten en van de habitat. Er werden professionele camera's in onderwaterbehuizingen met videolampen en speciale voorzetlenzen gebruikt.

3.2 Taxonomie en soortenaantallen

In het laboratorium van BioConsult in Bremen werd de volledige taxonomische verwerking van de krasmonsters en de identificatie op basis van de kaderfoto's uitgevoerd. Voor zover mogelijk werden de soorten tot op soortniveau geïdentificeerd en geteld. In het geval van zeer abundante taxa werd een schatting en classificatie in abundantieklassen uitgevoerd. Modulair groeiende organismen (soorten die kolonies vormen van meerdere individuele dieren, bijv. Hydrozoën, Bryozoën) kunnen niet worden geteld en werden daarom alleen met hun aan-/afwezigheid geregistreerd.

De taxonomische identificatie van de soorten was gebaseerd op de huidige identificatieliteratuur of op recentere literatuur (met name literatuur over individuele taxonomische groepen uit "The National Marine Biological Analytical Quality Control Scheme", NMBAQC). De naamgeving van soorten, genera etc. komt overeen met de huidige status volgens WoRMS (World Register of Marine Species). Voor dit doel werden de taxonomische benamingen die in de laboratoriumroutine werden gebruikt, vóór de gegevensanalyse vergeleken met de internationaal geldende taxonomische benamingen. De functie "Match Taxa" van WoRMS op de website www.marinespecies.org werd gebruikt; de taxonomische benamingen in het rapport komen overeen met de status per 15.5.2023. De classificatie van ongewervelde zeedieren in de bedreigingscategorieën van de Rode Lijst werd uitgevoerd volgens RACHOR et al. (2013), vissen volgens de Rode Lijst van THIEL et al. (2013). Verder werden uitheemse soorten (Neozoa) geïdentificeerd volgens LACKSCHEWITZ et al. (2022) en verdere literatuur en eigen onderzoeken van BioConsult.

Om een realistische schatting van het aantal soorten binnen een gebied (studiegebied, transect, monster) te verkrijgen, werden de "soorten" als volgt geteld: 1) elk taxon bepaald op soortniveau werd geteld als een "soort", 2) elk taxon bepaald onder het soortniveau (genus, familie, etc.) werd geteld als een "soort" als kon worden uitgesloten dat een mogelijke dubbel telling kon optreden doordat soorten of genera ook in het monster voorkwamen. Bijvoorbeeld, op genusniveau werd *Musculus* spp. niet geteld als de soort *Musculus subpictus* in de monsters aanwezig was. Als er geen soort van het genus aanwezig was, werd het genus (*Musculus* spp.) geteld als een "soort". Op dezelfde manier werd op het niveau van de familie Polyclinidae indet. niet geteld als een genus van de familie (bijv. *Polyclinum* spp.) of een soort van deze familie (bijv. *Polyclinum aurantium*) voorkwam. Het totale soortenspectrum werd geregistreerd volgens de hierboven beschreven methode voor het hele studiegebied en voor de afzonderlijke transecten (locaties).

3.3 De transectvideo's en kaderfoto's bekijken

3.3.1 Transect video's

De transectvideo's werden op de pc bekeken. Hiervoor werd een conventioneel videoprogramma (VLC Media Player 3.0.8) gebruikt en de gegevens werden parallel ingevoerd in een Excel-spreadsheet. Elk transect werd verdeeld in vakken van 2 m en de abiotische en biotische biotoopsamenstelling werd vastgelegd op een breedte van 1 m rechts en links van het meetlint.

De **abiotische karakterisering werd** voor elke sectie uitgevoerd door de steendichtheid en de voorkomende steengroottes te schatten. De bedekkingsgraad van de zeebodem met harde substraten (hier: stenen, kiezel) maakt ook deel uit van het classificatiesysteem volgens FINCK et al. (2017) voor de Duitse biotooptypen van de Noordzee en Oostzee op niveau 3, dat hier in de eerste stap werd uitgevoerd. De classificatie volgens FINCK et al. (2017) is echter erg grof: een bedekking van 5-90% van de zeebodem met harde substraten wordt gemengd substraat genoemd; een bedekking van >90% met bijvoorbeeld stenen wordt geclassificeerd als stenige bodem (voornamelijk Helgoland). Om de biotoopindeling in het studiegebied gedetailleerder te maken, werden daarom verdere klassengrenzen vastgesteld en bepaald:

Klasse beperkt de dekking van stenen: cat. 0: geen stenen; cat. 1: <5%; cat. 2: 5-50%; cat. 3: 50-90%; cat. 4: >90%.

De grootte van de stenen is niet opgenomen in het classificatiesysteem van FINCK et al. (2017). Het werd echter wel opgenomen omdat epibenthische kolonisatie en het voorkomen van vagiele megafauna mogelijk ook afhankelijk zijn van de grootte van de stenen. Daarom werden voor elke sectie van 2 m de voorkomende steengroottes genoteerd. De volgende klassengrenzen werden vastgesteld voor de classificatie van de steengrootte:

Klassegrenzen Steengrootte: Grootteklasse 1 = <20 cm; GK 2 = 20-40 cm, GK 3 = >40 cm (Blokken)

De niet met stenen bedekte zeebodem werd verder grofweg onderverdeeld volgens FINCK et al. (2017) (zandbodem met of zonder voorkomen van de boomkokerworm *Lanice conchilega*, kiezelbodem met epibenthos).

De **biotische karakterisering werd** voor elke sectie uitgevoerd door de grotere vagiele megafauna te registreren (soortenspectrum en abundantie). Verder werd het soortenspectrum van de sessiele epibenthische fauna op de stenen geregistreerd met de aan-/afwezigheid en de totale bedekking van de stenen met epifauna (geen scheiding naar soort/taxa). De volgende categorieën werden gedefinieerd voor de totale bedekking:

Klassegrenzen van epifauna bedekking: Cat. 1 = <10 %, Cat. 2 = 10-50 %, Cat. 3 = 50-100 %.

Naast de basisbezetting van de harde substraten met epifauna werd voor de secties genoteerd welke soortgroepen dominant waren. Omdat niet alle organismen aan de hand van de video's op soortniveau kunnen worden behandeld, is voor elke sectie de epibenthische kolonisatie van de stenen genoteerd met een onderverdeling in Hydrozoa (bijv. *Sertularia cupressina*, *Hydrallmania falcata*, *Obelia* spp.), Anthozoa (*Metridium senile*, overige Anthozoa), Bryozoa (*Flustra foliacea*) (schatting als gemiddelde). Voor de zandvakken werd genoteerd of er kolonisatie was met de goed herkenbare boomkokerworm (*Lanice conchilega*) of pure zandgrond met infauna.

De overweging van de mate van bedekking met epifauna komt ook overeen met de procedure volgens FINCK et al. (2017) voor de classificatie van biotopen op niveau 4 (een bedekking $\geq 5\%$ met epifauna wordt geclassificeerd als "epifauna"), maar gaat verder dan dat.

3.3.2 Foto's inlijsten

Het bekijken van de kaderfoto's werd gedaan door de taxonomen op de PC. De organismen werden tot op soort geïdentificeerd - voor zover mogelijk op basis van de kenmerken die op het scherm zichtbaar waren - en grotere individuen werden geteld. Om de bedekkingsgraad (%) van een soort te schatten (bovenaanzicht), werd een rasterkruis over elke kaderfoto geplaatst (zie Fig. 3). De bedekkingsgraad werd niet gegeven op basis van vastgestelde klassengrenzen, maar zo nauwkeurig mogelijk (1-100 %).

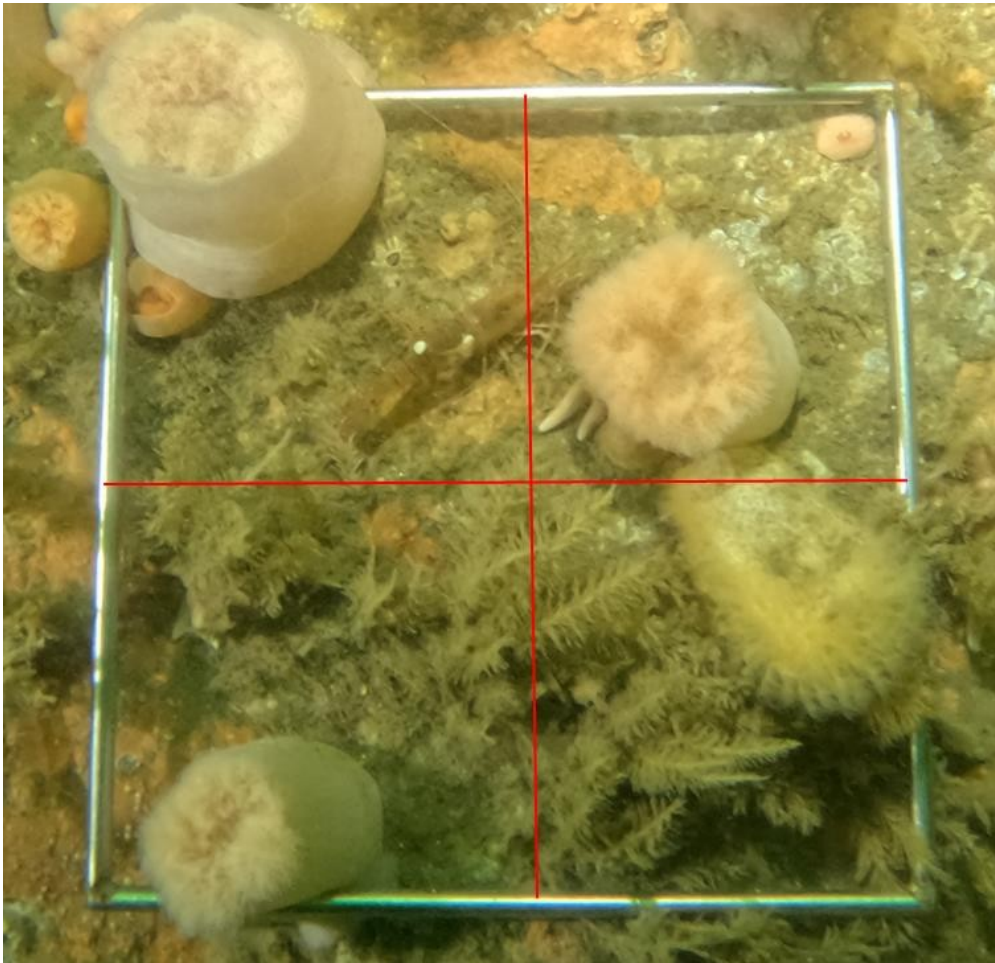


Fig. 3: Voorbeeld van een kaderfoto met een later digitaal toegevoegd rasterkruis (krasvoorbeeld: Alpha-2).
Foto: Florian Huber

4. Resultaten: Karakterisering van het studiegebied

4.1 Abiotische habitat

4.1.1 Bathymetrie en stroming

De vier onderzochte locaties bevonden zich op waterdieptes (LAT) tussen 21,4 en 26,1 meter, dus er was weinig variabiliteit in deze parameter.

De stroming in het studiegebied hangt af van de leeftijd van het getij (doodtij vs. springtij) en de respectievelijke getijdenstand. Er werd gedoken tijdens de periode van slap water (hoog- en laagwater) en één tot twee dagen na doortij (doortij: 15.4.2023). Er zijn geen gegevens beschikbaar over de stromingsomstandigheden in het studiegebied ten tijde van de bemonstering. Voor het deel van de Borkum Riffgrund dat in de EEZ ligt, zijn de gemiddelde stroomsnelheden in de getijdencyclus 0,4 - 0,45 m/s (BFN 2017a). De maximale stroomsnelheden zijn aanzienlijk hoger, met w a a r d e n rond 1 m/s. De seizoensvariabiliteit van de stroomsnelheid is laag, wat duidt op een geringe invloed van door de wind veroorzaakte stromingen. Aangezien het bestudeerde gebied echter aan de kust ligt en dus ondieper is, kan niet worden uitgesloten dat de stroomsnelheden afwijken van de EEZ. Sterke wind- en getijdenstromingen veroorzaken waarschijnlijk regelmatig kleinschalige verschuivingen van zand. Als geomorfologische structuur is de grootschalige glaciële afzetting van grind en stenen grotendeels stabiel (BFN 2017a). Het is echter onbekend in hoeverre de grotere stenen die in het gebied worden gevonden periodiek worden bedekt door zandafzettingen of worden afgeschuurd door zanden.

4.1.2 Substraten

De aanwezigheid van harde substraten of zandbodem werd geanalyseerd aan de hand van de video's in secties van 2 m. De zeebodem was op alle vier de locaties ten minste gedeeltelijk bedekt met stenen van verschillende grootte, waaronder veel keien (stenen > 40 cm). Zeer grote keien van 80-100 cm randlengte werden ook af en toe gevonden.

In sommige transectgebieden ontbraken rotsen >20 cm en bestond de zeebodem voornamelijk uit zand. Bij Alpha was de lengte van deze zandgebieden 16 van de 50 transectmeters, bij Bravo 16 van de 26 transectmeters en bij Charlie 22 van de 50 transectmeters. Ter vergelijking: bij Reefgat Reef was de lengte van de zandgebieden langs het transect 6 van de 50 meter.

De zeebodem tussen de stenen bestond uit zand en plaatselijk grind, waarbij het feitelijke sedimenttype (fijn zand, middelmatig zand, grof zand) niet kon worden bepaald op basis van de video's. In situ werd het grootste deel van het sediment beschreven als middelmatig tot grof zand. In situ werd het grootste deel van het sediment beschreven als gemiddeld tot grof zand; er was onder water echter niet genoeg tijd voor een nauwkeurige sedimentanalyse langs de transecten. Andere harde substraten aan het oppervlak bestonden uit schelpen (voornamelijk schelpen van *Ensis* spp., *Cerastoderma edule* en *Spisula* spp.) en grind. Deze substraten vormen ook een potentieel vestigingssubstraat voor sessiele ongewervelden of bieden schuilplaatsen voor kleine zoogdieren. Een

Hydrozoa; andere gebieden waren bedekt met een dunne sedimentlaag en waren onbewoond. Ook hier was er binnen de opdracht geen tijd voor een gedetailleerde analyse van de kolonisatie of bedekking van deze kleinere harde substraten. De zeebodem was overwegend vlak, plaatselijk waren er kleinere rimpelingen, wat duidt op door stroming geïnduceerde herschikkingsprocessen.

4.2 Faunistische kolonisatie

4.2.1 Soortenspectrum van het gebied

Een doel van deze studie was het vastleggen van de kolonisatie van de harde substraten (grind, stenen, keien) om de faunale samenstelling van dit potentiële rif te kunnen karakteriseren. De video-opnames leggen de grotere fauna vast die zichtbaar is op de zeebodem en op de harde substraten en die door videoanalyse geïdentificeerd kan worden. Met de krasmonsters van de blokken kunnen ook de kleinere soorten worden geïdentificeerd. Het spectrum van soorten dat op deze manier wordt vastgelegd omvat het zogenaamde epibenthos. Alle soorten die verborgen in het sediment leven (de zogenaamde in- of endofauna) worden met de gekozen methodologie niet geregistreerd, zodat het totale soortenspectrum (macrozoöbenthos) van het gebied aanzienlijk hoger is dan hier gepresenteerd.

De krasmonsters en videoanalyses leverden in totaal 98 taxa op langs de vier onderzochte transecten, waarvan er 76 tot op soortniveau konden worden geïdentificeerd (Tab. 1). In overeenstemming met de in hoofdstuk 3.2 beschreven aanpak voor het bepalen van het aantal soorten, werden in totaal 88 soorten uit 9 dierfyla of 13 grote groepen geregistreerd. Van de 98 taxa behoren er 93 tot de ongewervelde fauna en 5 tot de visfauna.

Het soortenspectrum van de ongewervelden bestond uit vagiele, hemisessiele en sessiele soorten van 9 dierenstammen of 12 grote groepen. De meest soortenrijke groep was Crustacea (schaaldieren) met 24 soorten en de sessiele (sessiele) Hydrozoa met 11 soorten. De meeste van de voorkomende Hydrozoa vormen hoog groeiende stengels bestaande uit meerdere sterk vertakte takken en bieden habitat aan een aantal geassocieerde soorten (z. hfdst. 4.2.3). De Crustacea bestonden uit de hoofdgroepen Amphipoda (amfipoden) en Decapoda (decapoden, bijv. *Pandalus montagui* in Fig. 4) evenals Cumacea en Balanomorpha (zeepokken). De Amphipoda omvatten een aantal soorten die zich bij voorkeur ophouden in de vertakte takken van de Hydrozoa (hydroid poliepen) of, als kokerbouwende soorten, dichte tapijten vormen op hun vestigingssubstraat (bijv. *Jassa herd-manni*). Gastropoda (buikpotigen) kwamen voor met 9 soorten, waarvan er 7 tot de Nudibranchia (zeenaaktslakken) behoorden. De 8 soorten Bryozoa (bryozoën) vormen ook een sessiele groep van soorten die ofwel vlakke kolonies vormen of, vergelijkbaar met Hydrozoa, sterk vertakte, driedimensionale pluimen vormen (bijv. *Flustra foliacea*, *Bugulina flabellata*). De groepen Anthozoa (bloemdieren) en Polychaeta (polychaeten) waren aanwezig met elk 6 soorten. Polychaeten omvatten soorten als *Harmothoe*, *Eumida* en *Eulalia*, die beide in het sediment leven en vaak als jagers aan de oppervlakte worden aangetroffen. Bivalvia werden vertegenwoordigd door 5 soorten en de overige grote groepen zoals Porifera (sponzen), Nemertea (kokerwormen), Pycnogonida (isopod spinnen), Ascidiacea (zee-egels) en Echinodermata (stekelhuidigen) werden gevonden met 2 tot 4 soorten, waarbij binnen de Nemertea slechts een zeer beperkte soortidentificatie mogelijk is zonder complexe voorbereiding.

De visfauna bestond uit demersale vissen, waarvan sommige bekend staan om hun gehechtheid aan hard substraat, zoals rotsbaars (*Cten-olabrus rupestris*) en botervis (*Pholis gunnelus*). Grondels (Gobiidae) werden in grote aantallen waargenomen tijdens de duiken (zie Fig. 5), maar ze kunnen niet als soort worden geïdentificeerd zonder laboratoriumonderzoek. Tijdens de transect surveys werd van de platvissen alleen de schar (*Limanda limanda*) geïdentificeerd. De gestreepte liervis (*Callionymus lyra*) werd ook gevonden.

In totaal werden 4 soorten gedetecteerd die niet-inheems (Neo-zoa) zijn in de Duitse zeevaten. Terwijl de tweekleppige *Petricolaria pholadiformis* en de bryozo *Diadumene cincta* al ongeveer 100 jaar in de Noordzee voorkomen, zijn de bryozo *Schizoporella japonica* en de naaktslak *Corambe obscura* pas sinds 2018/19 in de Noordzee waargenomen (LACKSCHE- WITZ et al. 2022).

In totaal werden 80 taxa (75 soorten) geregistreerd door de krasmonsters en daarmee het grootste deel van de 98 aanwezige taxa. Aangezien alleen grotere dieren betrouwbaar geïdentificeerd kunnen worden aan de hand van de video's, werden 17 taxa met deze methode gedetecteerd. Met name vagele decapodale kreeftachtigen zoals de eetbare krab *Cancer pagurus*, de Europese kreeft *Homarus gammarus*, de gemaskerde krab *Corystes cassivelaunus*, de gewone zwemkrab *Liocarcinus holsatus*, de heremietkreeft *Pagurus bernhardus* en de duivelkrab *Necora puber*, evenals de noordelijke kamster *Astropecten irregularis* en de bryozoën *Flustra foliacea* en alle vissoorten werden alleen geïdentificeerd aan de hand van de video's. De spons *Suberites* spp. werd ook alleen gedetecteerd op basis van de videoanalyses.

De kaderfoto's van de krasmonsters langs de video transecten, die ook een klein gebied buiten het eigenlijke krasgebied bestrijken, werden bekeken en gecontroleerd op de aanwezigheid van bijkomende soorten. Er werden echter geen soorten geregistreerd die nog niet waren gedetecteerd door de krasmonsters en/of de video-evaluatie.

Tab. 1: Lijst van faunasoorten (macrozoöbenthos en vissen) geregistreerd door middel van video's en krasmonsters in april 2023. RL: Rode Lijst categorie volgens RACHOR et al. (2013): Cat. 2 = ernstig bedreigd, Cat. 3 = bedreigd, Cat. G = bedreiging van onbekende omvang, Cat. R = uiterst zeldzaam, V = lijst met voorzorgsmaatregelen.

N = uitheemse soort (neozoon)

*niet geteld als onafhankelijke soort in het algemene soortenspectrum, blauwe achtergrond: niet geteld als onafhankelijke soort voor het transect, groene achtergrond: geclassificeerd als structuur- en/of habitatvormende soort. C = Charlie, A = Alpha, B = Bravo, R = Riffgat

Grote groep/ bestelling	Familie	Taxon / Soort	RL	N	C	A	B	R	
Porifera									
Leucosolenida	Syconidae	<i>Sycon ciliatum</i>						x	
Suberitida	Halichondriidae	<i>Halichondria</i> spp.			x	x	x	x	
	Suberitidae	<i>Suberites</i> spp.			x			x	
Hydrozoa									
Anthoathecata	Bougainvillidae	<i>Bougainvillia muscus</i>				x	x	x	
	Corymorphidae	<i>Corymorpha nutans</i>			x				
	Eudendriidae	<i>Eudendrium ramosum</i>			x	x	x	x	
	Tubulariidae	<i>Tubularia indivisa</i>				x		x	
		Tubulariidae indet.*							x

Grote groep/ bestelling	Familie	Taxon / Soort	RL	N	C	A	B	R
Leptothecata	Campanulariidae	<i>Clytia hemisphaerica</i>			x	x	x	x
		<i>Obelia dichotoma</i>				x	x	x
		<i>Obelia longissima</i>			x	x	x	
		<i>Calycella syringa</i>			x	x	x	x
	Haleciidae	<i>Halecium halecinum</i>	R		x	x	x	
	Sertulariidae	<i>Hydrallmania falcata</i>	R					x
		<i>Sertularia cupressina</i>	G		x	x	x	x
Anthozoa								
Malacalcyonacea	Alcyoniidae	<i>Alcyonium digitatum</i>	3		x	x		x
Actiniaria	Actiniidae	<i>Urticina eques</i>	3				x	
	Diadumenidae	<i>Diadumene cincta</i>	R	N			x	x
	Metridiidae	<i>Metridium seniel</i>	G		x	x	x	x
	Sagartiidae	<i>Cylista troglodytes</i>			x		x	
		<i>Sagartia undata</i>	3		x			
		Sagartiidae indet.*				x		
Actiniaria indet.*						x	x	
Bryozoa								
Cheilostomatida	Bugulidae	<i>Bugulina flabellata</i>						x
	Electridae	<i>Conopeum reticulum</i>			x		x	
		<i>Electra pilosa</i>			x	x	x	x
	Flustridae	<i>Flustra foliacea</i>						x
	Schizoporellidae	<i>Schizoporella japonica</i>		N		x		x
		<i>Schizoporella</i> spp.*				x		x
Ctenostomatida	Alcyonidiidae	<i>Alcyonidium parasiticum</i>	G		x			
		Alcyonidiidae indet.*						x
	Arachnidiidae	<i>Arachnidium fibrosum</i>				x	x	x
Cyclostomatida	Crisiidae	<i>Crisia aculeata</i>	R					x
Nemertea								
Monostilifera	Oerstedidae	<i>Oerstedea dorsalis</i>			x	x	x	x
		Nemertea indet.			x		x	
Polychaeta								
Phyllodocida	Phyllodocidae	<i>Eulalia viridis</i>			x			
		<i>Eumida</i> spp.				x		
	Polynoidae	<i>Eunoe nodosa</i>					x	
		<i>Harmothoe impar</i>			x			
		Polynoidae indet.*					x	x
	Syllidae	<i>Eusyllis blomstrandii</i>			x	x	x	x
		<i>Myrianida</i> spp.			x			x
Bivalvia								
Myida	Myidae	<i>Mya</i> spp.						x
Mytilida	Mytilidae	<i>Subpictus spier</i>	G					x

Grote groep/ bestelling	Familie	Taxon / Soort	RL	N	C	A	B	R	
		<i>Mytilus edulis</i>			x			x	
Pectinidae	Pectinidae	<i>Aequipecten opercularis</i>	R					x	
Venerida	Veneridae	<i>Petricolaria pholadiformis</i>		N	x		x		
Gastropoda									
Caenogastro- poda	Epitoniidae	<i>Epitonium clathratulum</i>						x	
Littorinimorpha	Rissoidae	<i>Pusillina inconspicua</i>			x		x	x	
Naaktslakken	Corambidae	<i>Koraalduister</i>		N			x	x	
	Facelinidae	<i>Facelina</i> spp.			x	x			
	Flabellinidae	<i>Flabellina</i> spp.			x		x	x	
	Polyceridae	<i>Limacia clavigera</i>				x			
		<i>Polycera quadrilineata</i>						x	x
	Tergipedidae	<i>Tergipes tergipes</i>					x		
	Tritoniidae	<i>Tritonia hombergii</i>			x				
	Nudibranchia indet.*					x			
Schaaldieren									
Amfipoda	Amphilochidae	<i>Apolochus neapolitanus</i>	V					x	
	Aoridae	<i>Aora gracilis</i>			x	x	x	x	
	Caprellidae	<i>Pariambus typicus</i>					x		
		<i>Phtisica jachthaven</i>					x		
		<i>Pseudoprotella phasma</i>				x			
	Corophiidae	<i>Monocorophium acherusicum</i>			x	x	x	x	
	Iphimediidae	<i>Iphimedia minuta</i>					x		
	Ischyroceridae	<i>Jassa herdmani</i>	R		x	x	x		
	Melitidae	<i>Abludomelita obtusata</i>					x	x	
	Microprotopi- dae	<i>Microprotopus maculatus</i>			x		x	x	
	Stenothoidae	<i>Jachthaven Stenothoe</i>			x	x	x	x	
		Stenothoidae indet.*			x			x	
	Tryphosidae	<i>Tryphosa nana</i>						x	
Cumacea	Bodotriidae	<i>Bodotria schorpioen</i>						x	
Decapoda	Cancriidae	<i>Kanker pagurus</i>			x	x	x	x	
	Corystidae	<i>Corystes cassivelaunus</i>			x				
	Hippolytidae	<i>Hippolyte varians</i>			x	x	x	x	
	Inachidae	<i>Macropodia rostrata</i>			x	x	x	x	
	Nephropidae	<i>Homarus gammarus</i>	2					x	
	Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>			x	x	x	x	
	Pandalidae	<i>Pandalus montagui</i>			x				
	Polybiidae	<i>Liocarcinus holsatus</i>			x		x		
		<i>Necora puber</i>			x	x	x	x	
	Thoridae	<i>Eualus cranchii</i>	R		x				

Grote groep/ bestelling	Familie	Taxon / Soort	RL	N	C	A	B	R
Balanomorpha	Balanidae	<i>Balanus crenatus</i>			x	x		x
		Balanidae indet.*			x			
Pycnogonida								
Pantopoda	Ammotheidae	<i>Achelia</i> spp.			x	x		x
	Callipallenidae	<i>Callipallene</i> spp.						x
	Nymphonidae	<i>Nymphon brevirostre</i>				x	x	x
		<i>Nymphon</i> spp.			x	x	x	
Echinodermata								
Forcipulatida	Asteriidae	<i>Asterias rubens</i>			x	x	x	x
Paxillosida	Astropectinidae	<i>Astropecten onregelmatig</i>	G		x	x	x	
Camarodonta	Parechinidae	<i>Psammechinus miliaris</i>				x		x
Amphilepidida	Amphiuridae	<i>Amphipholis squamata</i>	V					x
Ascidiacea								
Aplousobranchia	Polyclinidae	<i>Polyclinum aurantium</i>	R			x		x
Stolidobranchia	Molgulidae	<i>Molgula</i> spp.			x		x	x
Vissen								
Callionymiformes	Callionymidae	<i>Callionymus lyra</i>			x			x
Eupercari	Labridae	<i>Ctenolabrus rupestris</i>				x		x
Perciformes	Pholidae	<i>Pholis gunnellus</i>						x
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	<i>Limanda limanda</i>			x	x		
Gobiformes	Gobiidae	<i>Pomatoschistus</i> spp.			x	x	x	x
Totaal aantal taxa: Σ 98 taxa			17	4	56	41	50	64
Totaal aantal soorten: Σ 88 soorten					54	39	46	61



Fig. 4: De garnaal *Pandalus montagui* tussen zeeanemonen (*Metridium senile*) op de duikstek Charlie.
Foto: Christian Howe

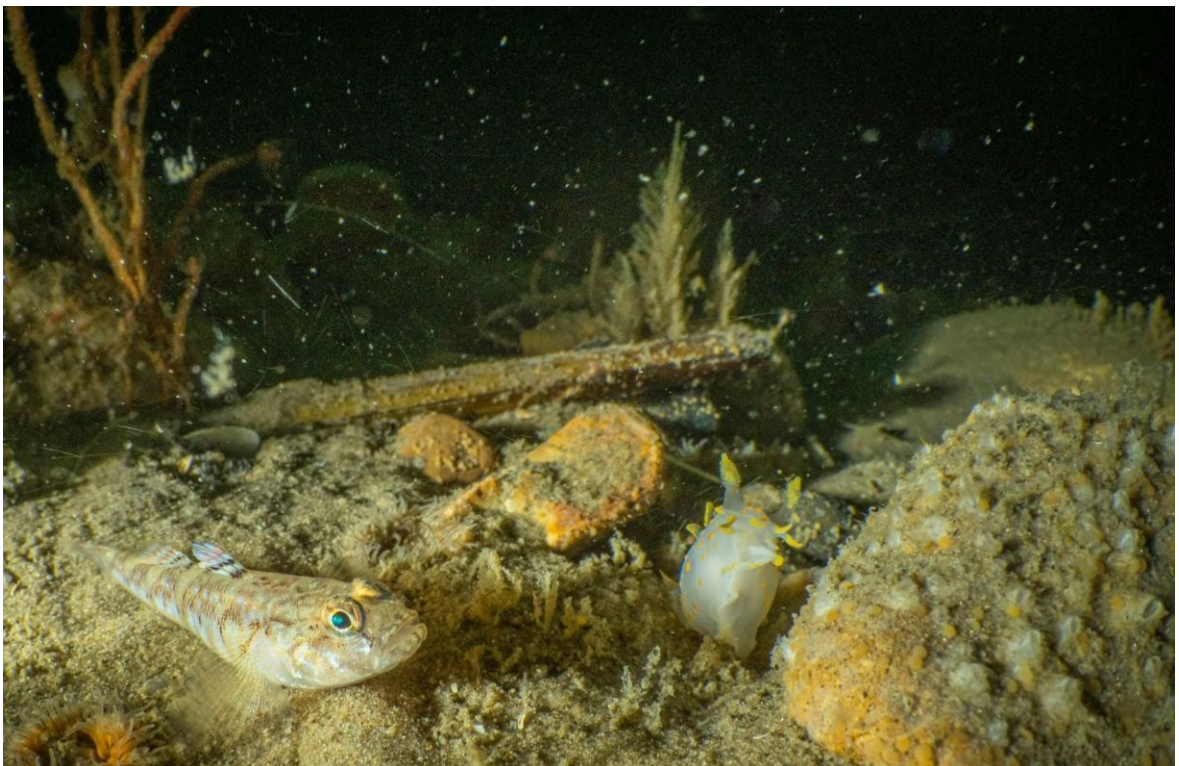


Fig. 5: Naaktslak *Polycera quadrilineata* en een grondel (*Pomatoschistus* sp.) op duikstek Charlie.
Foto: Christian Howe

4.2.2 Soorten op de rode lijst

Volgens de huidige Rode Lijst voor de mariene ongewervelde benthische fauna van RACHOR et al. (2013), hebben in totaal 17 soorten (18% van de soorten) een mate van bedreiging (categorie 0-3, G, R). De Europese kreeft (*Homarus gammarus*), die werd geïdentificeerd aan de hand van de video-opnamen tussen de stenen, heeft de hoogste mate van bedreiging met categorie "2" (ernstig bedreigd). Het mosdiertje *Alcyonidium parasiticum* en de zeeanemonen *Urticia eques* en *Sagartia undata* (voorheen *Sagartiogeton undatus*) hebben een bedreigingsniveau van "3" (bedreigd). In totaal zijn 5 soorten geclassificeerd als "G" (bedreiging van onbekende omvang) en 8 soorten als "R" (uiterst zeldzaam, geografische beperking). De amfipode *Apolochus neapolitanus* en de broze ster *Amphipholis squamatus* staan op de waarschuwingslijst (categorie "V"). De abundantie van de soorten van de Rode Lijst varieerde: kreeften werden regelmatig waargenomen op de locatie Riffgat. Een andere kreeft werd bovendien gezien op de Charlie-locatie. Omdat dit dier zich echter buiten het videotraject bevond, wordt het voorkomen hier alleen ter informatie gegeven en niet als soort geteld in tabel 1. Ook de sessiele emergente soorten kwamen regelmatig of zelfs dominant voor (bijv. *Metridium senile*, *Sertularia cupressina*, beide categorie G). Andere RL-soorten waren geïsoleerde vondsten (bijv. *Urticina eques*, *Eualus cranchii*).

4.2.3 Structuur- en habitatvormende soorten

In het studiegebied kwamen verschillende soorten voor die de epifauna domineerden in termen van frequentie, bedekking en biomassa. Aangezien ze de heterogeniteit van de habitat aanzienlijk vergroten door hun rechtopstaande vertakkende levenswijze (structuurvormend), kunnen dergelijke soorten mogelijk fungeren als ^{ecosysteemingenieurs}¹ *sensu* JONES et al. (1994). In dit rapport zijn habitatvormende soorten die een vestigingsplaats bieden voor verdere sessiele of vagiele secundaire koloniatoren. Tijdens het duikwerk en op de video's en foto's waren deze soorten/taxa meestal duidelijk herkenbaar door hun grootte en groeivorm en konden ook op soortniveau worden geïdentificeerd uit de krasmonsters of op genusniveau uit de video's.

Porifera: In het gebied kwamen in totaal drie soorten sponzen voor, die door hun grootte en groeivorm rechtopstaande driedimensionale structuren kunnen vormen. Over het algemeen kwamen sponzen sporadisch voor. *Halichondria panicea* of *Halichondria* spp. was de meest voorkomende soort en kwam op alle locaties voor. Opvallend was dat alle kolonies nog relatief klein waren en nauwelijks omhoog staken (zie Fig. 6). Het geslacht *Suberites* spp. werd alleen gevonden op basis van de video's en kwam zeer sporadisch voor op de vindplaatsen Charlie en Riffgat (Fig. 7). *Sycon ciliatum* of *Sycon* spp. kwam alleen sporadisch voor op de Riffgat site.

¹ Definitie: Het creëren, vernietigen of wijzigen van habitats en/of het moduleren van de beschikbaarheid van re-bronnen voor andere soorten door organismen (JONES et al. 1994).



Fig. 6: Grotere rots begroeid met zeeanemonen en Hydrozoa met marginaal voorkomen van *Halichondria* spp. (zie pijl) op de Riffgat site.
Foto: Florian Huber

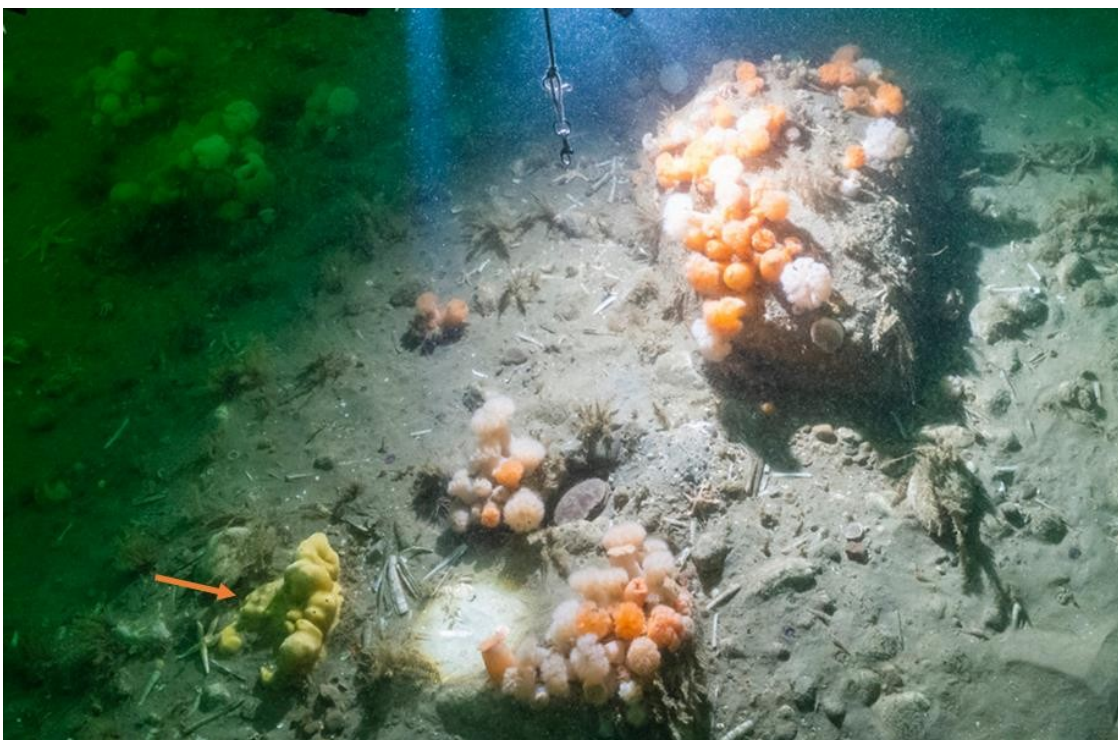


Fig. 7: Stenen begroeid met zeelelies en een kleine steen volledig begroeid met *Suberites* spp. (pijl) op de plaats van Charlie.
Foto: Uli Kunz

Hydrozoën: In deze studie werden drie grotere taxa/soorten gevonden, die fungeren als structuurvormers door hun rechtopstaande groeivorm (Fig. 8). Hooggroeiende hydrozoën zoals *Sertularia cupressina*, *Halecium halecinum* en verschillende *Obelia*-soorten waren wijdverspreid en konden in elk transect worden aangetroffen. De kolonies bereikten een maximale hoogte van 20 cm en een maximale uitgroei van 25 cm.

Bovengenoemde soorten bieden veel kleinere soorten een habitat, paai- en foerageergebied en schuilplaatsen (habitatvormend). De interacties tussen hydrozoën en andere organismen worden o.a. beschreven in BRADSHAW et al. (2003) en DI CAMILLO et al. (2017). Ook in deze studie kwamen een aantal soorten voor die de hydrozoënpopulaties koloniseerden als secundaire groeifauna, zoals veel bryozoën en kleinere hydrozoën. Dichte bedekkingen van *Electra pilosa* op *S. cupressina* waren vaak duidelijk zichtbaar. Veel naaktslakken voeden zich met de hydrozoënpoliepen en gebruiken de stokken ook als eierafzetplaats. Ook in deze studie werden verschillende eierlegsels van naaktslakken gevonden in de krasmonsters. Daarnaast komen veel geleedpotigen (Pycnogonida, Amphipoda) en kleinere polychaeten (Syllidae) voor die geassocieerd zijn met Hydrozoa.



Fig. 8: Groot blok bedekt met Hydrozoa en enkele Anthozoa op de Charlie site.
Foto: Uli Kunz

Anthozoa: In deze studie, de zeeappel *Metridium senile* en de dodemanshand *Alcyonium digitatum* als structuurvormende soort.

Metridium senile was een van de dominante soorten in het gebied door zijn groeigrootte, abundantie en biomassa en was vertegenwoordigd met grote individuen op alle locaties (Fig. 9). De soort koloniseerde alle vormen van hard substraat en werd soms in zeer dichte opstanden aangetroffen. Naast *Sertularia cupressina*

Het was de meest dominante soort in het gebied. Individuen waren 20-25 cm groot en bedekten soms hele steenoppervlakken. Van *M. senile* is niet beschreven dat er fauna mee geassocieerd is. Integendeel, COOLEN et al. (2015) constateerden dat monsters die gedomineerd werden door *M. senile* minder soorten bevatten dan monsters zonder *M. senile*. Hij concludeerde dat *M. senile* een negatieve invloed heeft op de soortendiversiteit door vermindering van vestigingsruimte en predatie van larven en dus een sleutelrol speelt.



Fig. 9: Typische steengroei met een dominantie van *Metridium senile* op de Charlie site.
Foto: Uli Kunz

De dodemanshand *Alcyonium digitatum* werd slechts sporadisch waargenomen langs de video transecten en domineerde de sessiele fauna in geen enkele sectie, zoals bijvoorbeeld bekend is van Helgoland op steile wanden en canyons. Deze soort was alleen regelmatig aanwezig op de Riffgat site (Fig. 10), terwijl ze sporadisch werd aangetroffen op de Charlie en Alpha sites en afwezig was op de Bravo site. De soort speelt een belangrijke en indicatieve rol in het ecosysteem van het rif door zijn groeiwijze, grootte en levensduur (tot 20 jaar). De soort staat ook op de Rode Lijst in categorie 3 ("bedreigd").

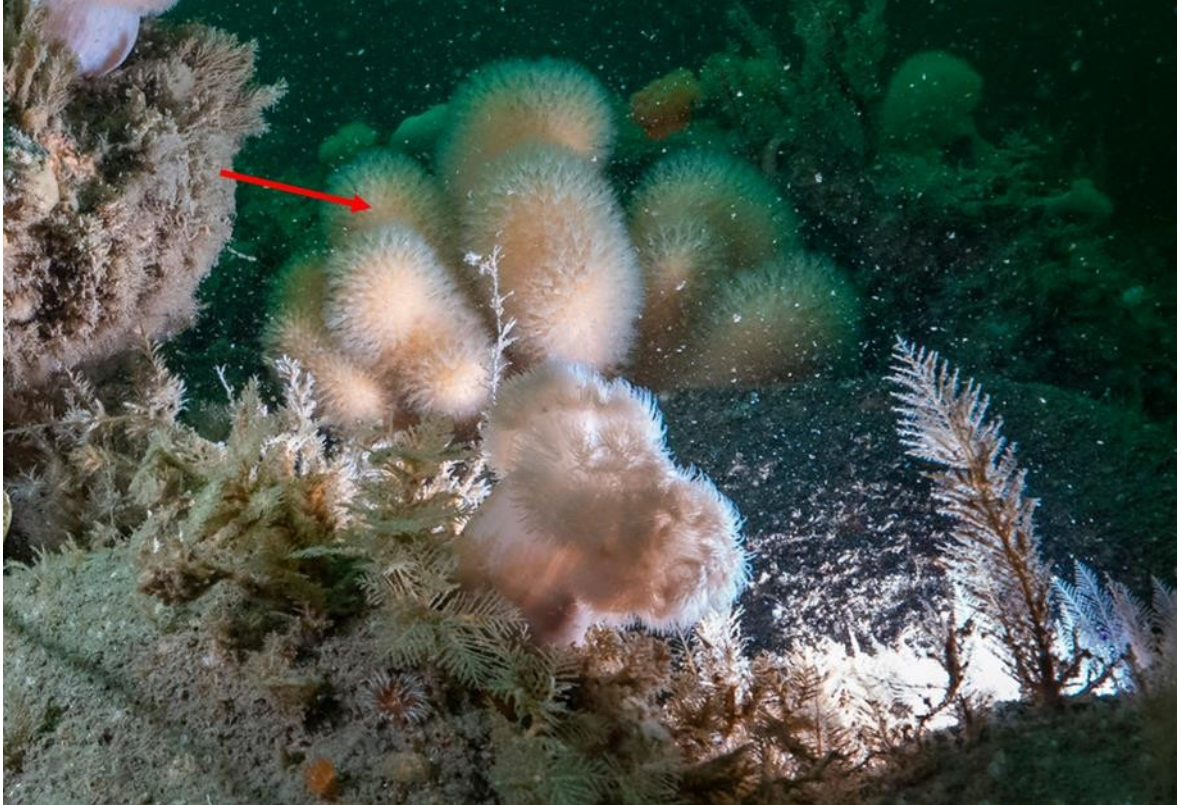


Fig. 10: Kolonie Dode Man's Hand *Alcyonium digitatum* (zie pijl) in Riffgat.
Foto: Uli Kunz

Bryozoa: *Flustra foliacea* is een van de structuur- en habitatvormende Bryozoa. Deze soort kwam echter slechts sporadisch voor in het studiegebied met kleine kolonies op de locatie Riffgat. Op de andere transecten werd geen *Flustra* waargenomen. Van deze soort is ook bekend dat ze een diverse fauna herbergt (STEBBING 1971).

4.2.4 De harde substraten bedekken met epibenthos

De video-opnames toonden aan dat grotere stenen (>20 cm) langs de onderzochte transecten meestal allemaal gekoloniseerd waren. Vooral op de Riffgat-locatie was de dekking van stenen erg hoog. Op de drie verdachte locaties waren er echter ook secties met kleinere stenen die slechts een lage kolonisatiegraad vertoonden en gedeeltelijk bedekt waren met zand (zie Fig. 11).

De structuurvormende soorten kwamen soms samen op één steen voor, zonder dat een duidelijk overwicht van één soort kon worden vastgesteld (Fig. 12). Ook werden stenen gedomineerd door slechts één soort. De gemeenschappen van anthozoën en hydrozoën wisselden elkaar echter af als een mozaïek in een kleine ruimte. Ruimtelijke verschillen in epibenthische kolonisatie worden in meer detail besproken in hoofdstuk 4.3.

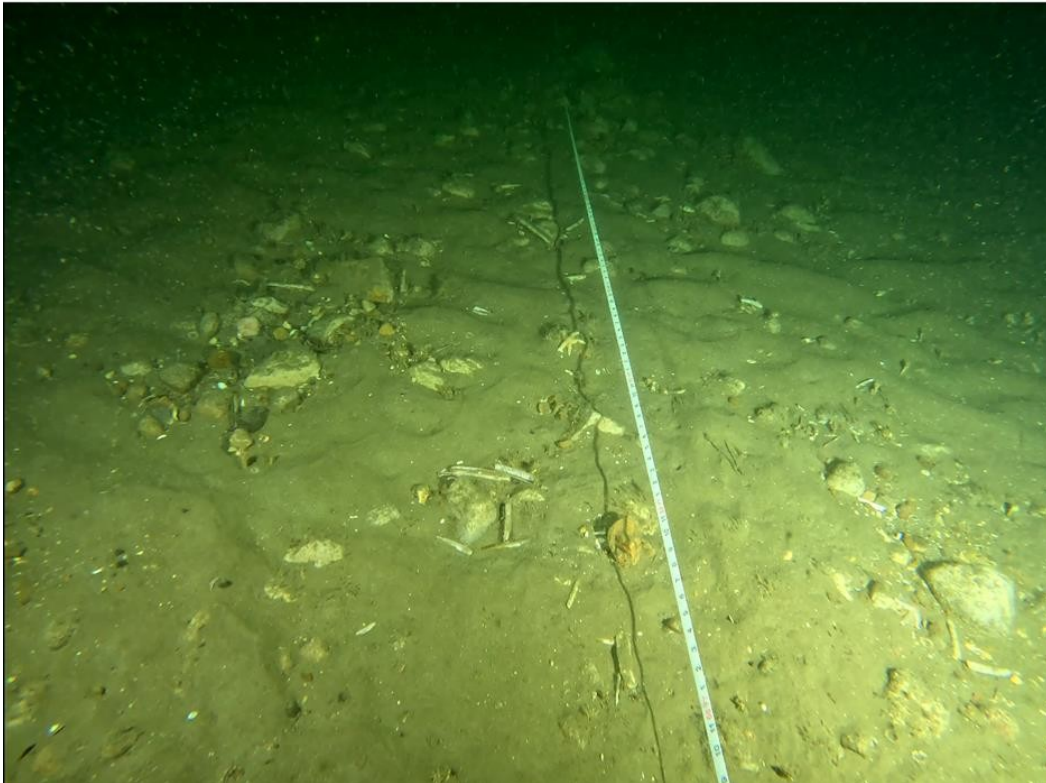


Fig. 11: Voorkomen van kleinere, meestal overzandige stenen zonder epibenthische kolonisatie op de Charlie-locatie.

Foto: stilstaande video in sectie 20-25 m.

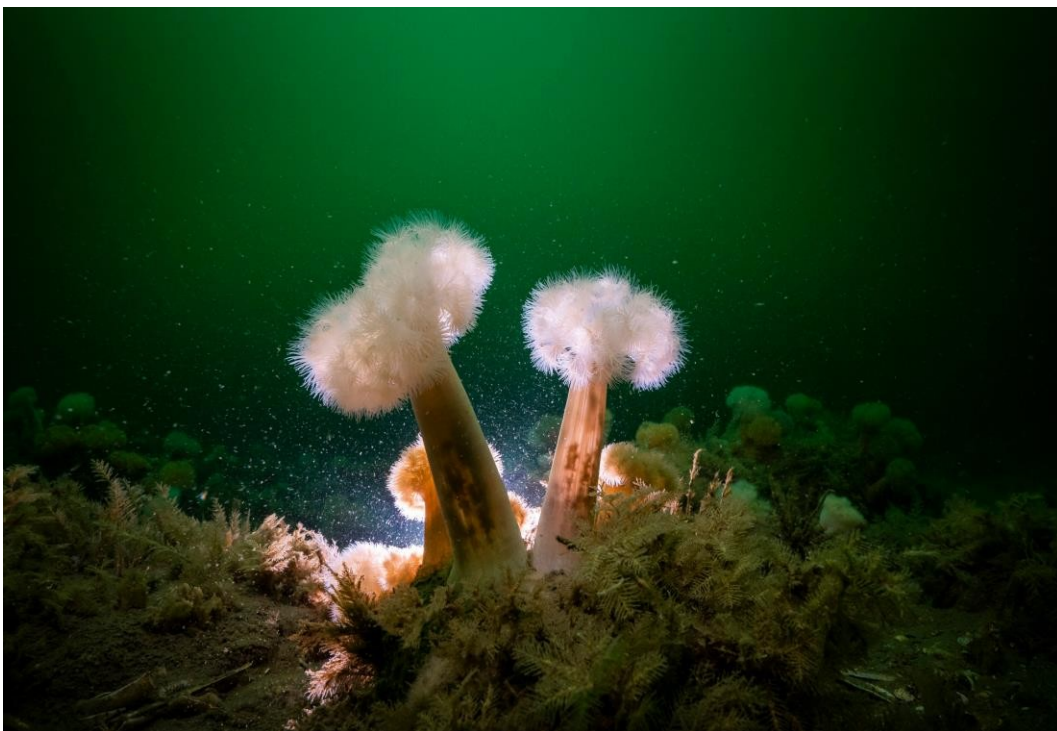


Fig. 12: Gemeenschappelijk voorkomen van zeeanemonen en hydrozoën op een rots zonder duidelijk herkenbare dominantie van één soort in Riffgat.

Foto: Uli Kunz.

4.3 Ruimtelijke variabiliteit van de biotoophoeveelheid

In de volgende hoofdstukken wordt de ruimtelijke variabiliteit van de abiotische en biotische biotoopsamenstelling beschreven. Het doel is om de ruimtelijke variabiliteit van de substraten en de epibenthische kolonisatie met hun kenmerken voor het studiegebied te laten zien.

4.3.1 Steenstorting (video)

Op basis van de video-evaluaties werden de habitats op de vier onderzochte duikplekken beschreven. De transecten werden verdeeld in secties van 2 m lang. Voor elke sectie werden de volgende parameters vastgelegd: De gemiddelde bedekkingsklasse met stenen, de gemiddelde steengrootteklasse, de secties zonder stenen, overheersende sessiele soorten, de gemiddelde bedekking van stenen met sessiele fauna en het aantal stenen >30 cm met vegetatie. De resultaten worden vergeleken in Tab. 2.

Langs het 49 m lange transect had de Riffgat vindplaats een hoge gemiddelde steenbedekking van 3,16 (d.w.z. bedekkingscategorie 3, 50-90 %). Stenen waren aanwezig in 11 secties (categorie 4, >90 %) en slechts 3 van de 25 secties waren zonder stenen. Naast de hoge dichtheid van stenen bevatten 21 secties voornamelijk grote stenen van categorie 3 (blokken = stenen >40 cm).

Op de Alfalocatie was de bedekking van de zeebodem met keien veel lager dan bij de rifpoort en kwam gemiddeld overeen met categorie 1 (<5 %). Keien werden slechts sporadisch waargenomen in twee secties en stenen van categorie 1 (<20 cm) domineerden in 7 secties van het 48 m lange transect. Over het algemeen kwamen grotere gaten met puur zand voor tussen de steenvelden en 8 van de 24 secties van 2 m hadden geen stenen.

Op de Charlie-locatie was de gemiddelde steendichtheid 1,05, vergelijkbaar met de Alpha-locatie. De stenen waren echter iets groter en er waren meer blokken in vier vakken langs het 48 m lange transect. Desondanks hadden 11 van de 24 vakken van 2 m geen stenen.

Langs het 24 m lange transect had de Bravo site de hoogste gemiddelde bedekking van stenen binnen de verdachte gebieden (0,5). In 8 van de 12 vakken van 2 m werden geen stenen gevonden. Grote stenen van categorie 3 (keien) waren echter meestal aanwezig in de weinige secties, hoewel het totale aantal laag was.

De ruimtelijke vergelijking van de abiotische habitatkenmerken toont aan dat de drie verdachte sites significant verschillen van de Riffgat site. Hier hebben de Alpha en Charlie vindplaatsen een vergelijkbare steendichtheid, terwijl de Bravo vindplaats een lagere steendichtheid heeft.

Tab. 2: Samenvattende habitatbeschrijving van de vier onderzochte vindplaatsen op basis van de video-evaluatie. Voor classificaties van steenbedekking en steengrootte, zie Hoofdstuk 3.3. Hoofdstuk 3.3.

4.3.2 Vagiele Megafauna (Video)

De soortenrijkdom en abundantie van de vagile megafauna (dieren >8 cm, ongewervelden en vissen) wordt gepresenteerd aan de hand van de gegevens van de video-evaluatie.

Videoanalyses onthulden een totaal van 12 soorten vagile megafauna in het studiegebied (Tab. 3). Het aantal soorten op de locaties varieerde tussen een minimum van 5 soorten (Bravo) en een maximum van 8 soorten (Riffgat). De totale abundantie, genormaliseerd naar 100 m², varieerde tussen 16,7 individuen/100 m² (Bravo) en 52,0 individuen/100 m² (Riffgat).

Op de locatie Riffgat werden vier kreeften langs het transect waargenomen, wat op de andere drie locaties niet voorkwam. Alleen op de Charlie-locatie werd ook één kreeft waargenomen, maar deze bevond zich buiten het transect en is daarom niet opgenomen in tabel 3. Naast kreeften was de dichtheid van noordzeekrabben (*Cancer pagurus*) en duivels zwemkrabben (*Necora puber*), evenals steenbaars (*Ctenolabrus rupestris*) en botervis (*Pholis gunnelus*) significant hoger op de locatie Riffgat dan op de andere locaties. Daarentegen werden heremietkreeften (*Pagurus bernhardus*) en kamsterren (*Astropecten irregularis*) in lagere dichtheden aangetroffen op Reef Gill dan op de andere locaties.

Binnen de drie verdachte riflocaties hadden Charlie en Alpha een vergelijkbaar hoge soortenrijkdom en abundantie van vagiele megafauna. Op de Bravo-site werden lagere waarden voor soortenaantal en abundantie gevonden, wat te wijten is aan zowel de afwezigheid van vissen als een lagere abundantie van ongewervelde dieren.

Tab. 3: Abundanties van de vagile megafaunasoorten (ongewervelden en vissen) geregistreerd op basis van de video-evaluatie op de vier locaties en in het studiegebied.

Soortnaam		Ind./duikroute				Ind./100 m ²				Σ	Ind./100 m ²
		Charlie	Alfa	Riffgat	Bravo	Charlie	Alfa	Riffgat	Bravo	Totale oppervlakte	Totale oppervlakte
<i>Homarus gammarus</i>	Europese kreeft	0	0	4	0	0	4,1	0	4	1,0	
<i>Kanker pagurus</i>	Eetbare krab	3	1	13	2	3,1	1,0	13,3	4,2	19	5,4
<i>Necora puber</i>	Duivels zwemkrab	1	3	16	2	1,0	3,1	16,3	4,2	22	6,2
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Zwemkrab	1	0	0	1	1,0	0	0	2,1	2	0,8
<i>Macropodia rostrata</i>	Spookkrab	0	0	2	0	0	0	2,0	0	2	0,5
<i>Pagurus bernhardus</i>	Heremiet krab	18	14	3	2	18,8	14,6	3,1	4,2	37	10,1
<i>Corystes cassivelaunus</i>	Gemaskerde krab	1	0	0	0	1,0	0	0	0	1	0,3
<i>Astropecten onregelmatic</i>	Noordse kam Ster	1	4	0	1	1,0	4,2	0	2,1	6	1,8
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Bas	0	1	5	0	0	1,0	5,1	0	6	1,5
<i>Callionymus lyra</i>	Liervis	3	0	4	0	3,1	0	4,1	0	7	1,8
<i>Phonis gunellus</i>	Botervis	0	0	4	0	0,0	0	4,1	0	4	1,0
<i>Limanda limanda</i>	Schar	0	1	0	0	0	1,0	0	0	1	0,3
Totaal aantal soorten vagile megafauna		7	6	8	5					12	
Totale abundantie (Ind./100 m²) van vagiele megafauna						29,2	25,0	52,0	16,7	111	30,7

4.3.3 Mobiele en sessiele epifauna (krasmonsters)

Fig. 13 toont de soortenaantallen van de fauna die werden geregistreerd met de krasmonsters voor de vier onderzochte locaties als totale soortenaantallen en gemiddelde soortenaantallen van de drie monsters per transect (locatie). In totaal varieerden de aantallen soorten per monster tussen 13 soorten (locatie Alpha, monster 1) en 35 soorten (locatie Riffgat, monster 3).

Op de Riffgat site, met een totaal van 49 soorten en een gemiddeld aantal soorten van 31 soorten, werd een significant hogere soortenrijkdom vastgesteld dan op de andere sites (Fig. 13). De locaties Charlie en Bravo zijn vergelijkbaar, zowel wat betreft het totale aantal soorten van respectievelijk 42 en 41 soorten, als wat betreft het gemiddelde aantal soorten van 22,3 (Charlie) en 20,7 (Bravo). Op de Alpha locatie werd zowel een significant lager totaal aantal soorten (28) als een iets lager gemiddeld aantal soorten (18) geregistreerd. De lagere soortendiversiteit op vindplaats Alpha werd voornamelijk veroorzaakt door het relatief lage aandeel van Crustacea en Gastropoda (Nudibranchia) (Fig. 14).

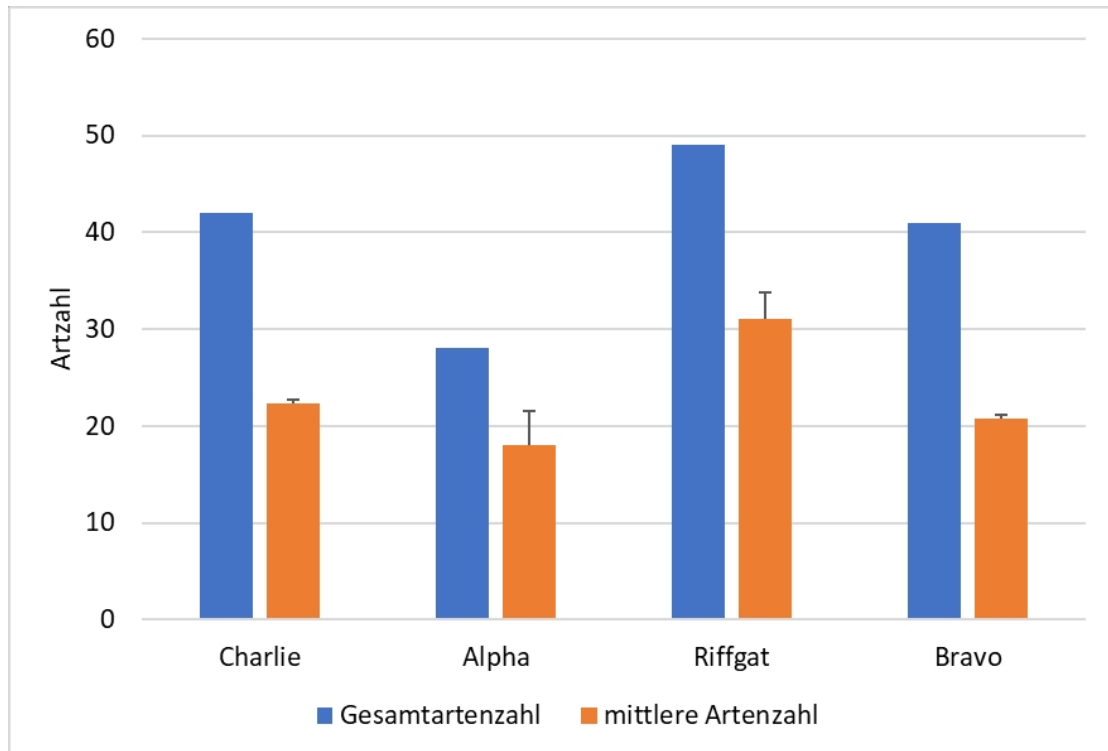


Fig. 13: Totaal aantal soorten en gemiddeld aantal soorten (+SD) in de krasmonsters op de vier locaties.
N = 3 krasmonsters per locatie

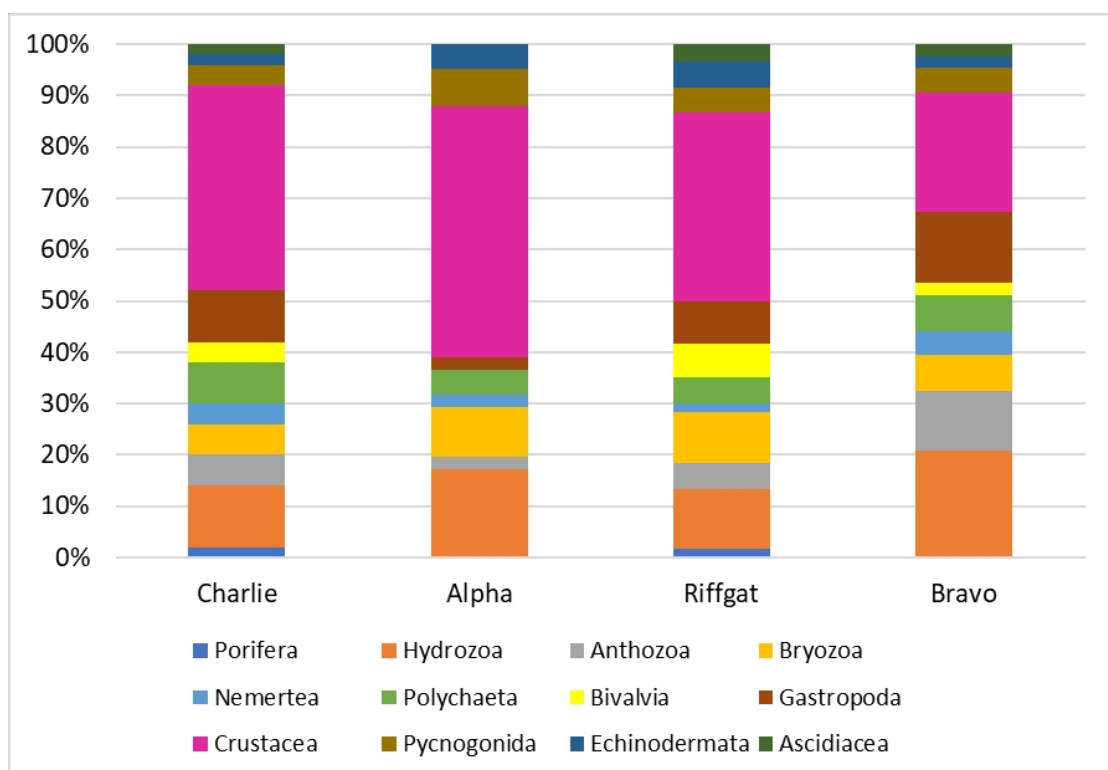


Fig. 14: Relatief aandeel (%) van de afzonderlijke grote groepen in het totale soortenspectrum) in de krasmonsters op de vier locaties.
N = 3 krasmonsters per locatie

4.3.4 De harde substraten bedekken met epifauna (video en kaderfoto)

Tab. 2 toont de gemiddelde bedekking van stenen met sessiele epifauna, opgenomen op de video's in 2 m secties in drie categorieën. De berekening van de gemiddelde waarden heeft alleen betrekking op de secties met stenen. De meeste stenen waren ook op alle locaties gekoloniseerd. De bedekkingsgraad was het hoogst op de Riffgat site, met een gemiddelde van categorie 3 (50-100 % bedekking van stenen). Op de Charlie en Alpha sites was de gemiddelde bedekking categorie 2, d.w.z. tussen 10-50 %. De Bravo site had minder steensecties, maar grotere stenen met een gemiddelde bedekking van 2,3, wat tussen Riffgat en de andere twee sites in ligt.

De samenstelling van de sessiele epifauna op de stenen werd geschat op basis van de kaderfoto's op het oppervlak van 25 x 25 cm. Het percentage geïdentificeerde taxa wordt getoond in Fig. 14. De grafiek laat zien dat de kolonisatie van de stenen in het onderzochte gebied zeer variabel is, zoals te zien is op de foto's in hoofdstuk 4.2. De kolonisatie kan een gevarieerde epifauna laten zien. De kolonisatie kan een diverse epifauna laten zien (bijv. Reefgat-2, Bravo-1 of Alpha-2) of gedomineerd worden door één soort (bijv. Alpha-3, Bravo-3). Op alle locaties en monsters maakten detritale bedekkingen of amfipodenzoden (amfipodenbuisjes) een groter deel uit van de totale bedekking. Daarnaast behoorden Bryozoa (*Eudendrium* spp., *Electra pilosa*), *Metridium senile* en Hydrozoa (vooral *Sertularia cupressina*) tot de dominante kolonisten van de stenen.

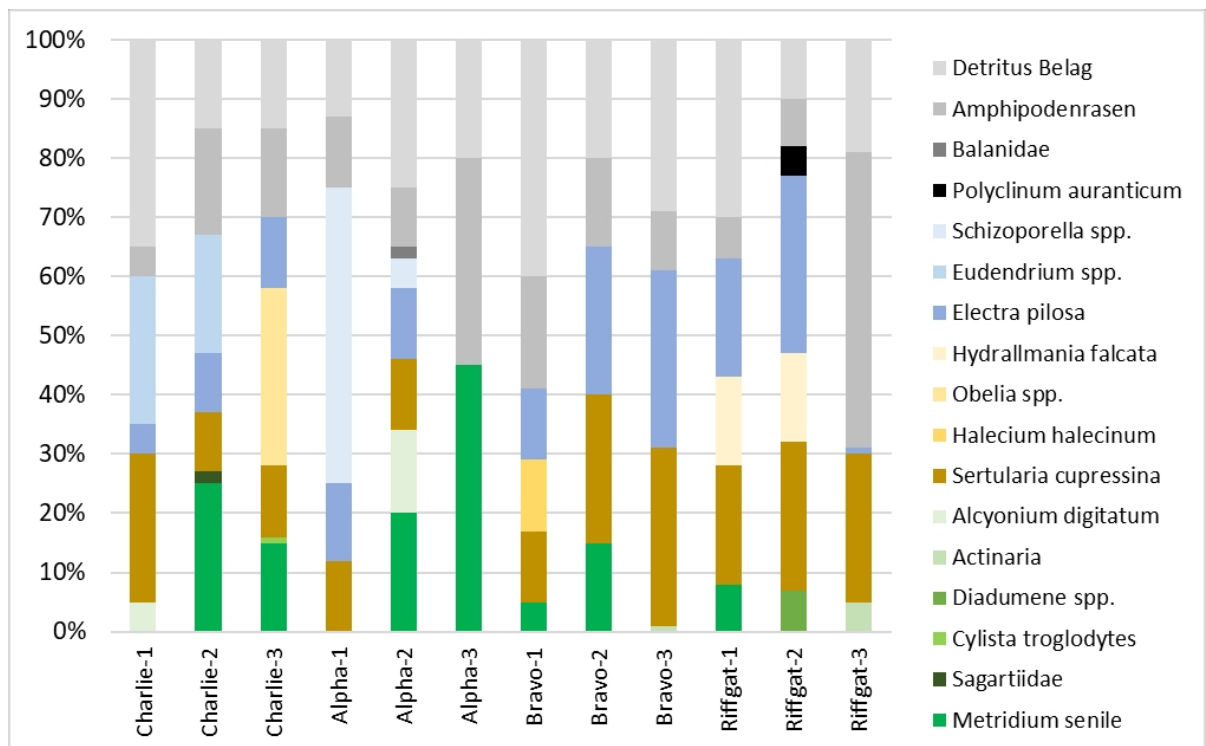


Fig. 15: Relatieve aandelen van sessiele epifauna in de bedekking van de stenen voor de 12 krasmonsters op de vier locaties.

N = 3 frames per locatie met elk 625 cm²

Zelfs binnen een vindplaats kan de samenstelling van de epifauna heel verschillend zijn, hoewel dit ook te wijten is aan het feit dat er zoveel mogelijk verschillende stenen werden bemonsterd in termen van vegetatie, grootte en oriëntatie om uitgebreidere informatie over een hele vindplaats te verkrijgen.

4.4 Tekenen van antropogene achteruitgang

Tijdens de duikwerkzaamheden en ook in de daaropvolgende videoanalyse werden geen menselijke sporen waargenomen, zoals de resten van visnetten of schuursporen op stenen die mogelijk terug te voeren waren op geslept vistuig of afgebrokkelde sponskolonies. Niet alleen op de Riffgat site, maar ook op de andere sites waren geen antropogene veranderingen in de structuur of vegetatie zichtbaar. In principe kan worden aangenomen dat deze gebieden, die zeer rijk zijn aan stenen, niet worden aangetast door de bodemvisserij, omdat de vissers het risico lopen hun netten te vernielen of, in het geval van grotere stenen, ook het risico lopen om te harken, wat potentieel gevaarlijk kan zijn, omdat het schip opzij kantelt en in het ergste geval kapseist.

5. Indeling van de resultaten

Natuurlijke voorkomens van geogene harde substraten zoals stenen en grind zijn belangrijke ecologische kenmerken van het mariene milieu, die slechts in enkele gebieden in de zuidelijke Noordzee voorkomen. In het Duitse zeegebied zijn deze gebieden geconcentreerd op het Helgoland Rock Shelf, de Helgoland Stony Ground, het Sylt Outer Reef en het Borkum Reef Ground. Harde substraten vergroten de complexiteit van de zeebodem en worden geassocieerd met een hoge biodiversiteit, karakteristieke soorten en specifieke ecosysteemfuncties die hen onderscheiden van de omringende zachte substraten (bijv. COOLEN et al. 2015, GOLDING et al. 2020, HARTNOLL 1998, IRVING 2009).

In tegenstelling tot de wijdverbreide zachte bodems is het epibenthos van natuurlijke harde substraten in het sublitoraal van de zuidelijke Noordzee weinig bestudeerd (er zijn uitgebreidere studies beschikbaar over antropogene harde substraten zoals palen van offshore windturbines). Eerdere studies in rotsachtige gebieden concentreerden zich voornamelijk op het rotsachtige plat van Helgoland (bijv. DE KLUIJVER 1991, KÜHNE & RACHOR 1996). Het kleine gegevensbestand is voornamelijk te wijten aan methodologische problemen, aangezien de aangroei van harde substraten niet kan worden onderzocht met de gebruikelijke standaardmethoden (grijpmonsters), maar alleen met beeldvormende of door duikers ondersteunde methoden. Met beeldvormende methoden is alleen een betrouwbare identificatie van een paar grote soorten mogelijk; taxonomen hebben meestal materiaal nodig voor identificatie, dat tot nu toe alleen snel en efficiënt met duikers kan worden genomen. Duikoperaties zijn minder invasieve methoden, maar in de open Noordzee zijn ze alleen mogelijk onder moeilijke omstandigheden en met veel ervaring vanwege verschillende moeilijkheden (golven, stromingen, terugslag, wind, slecht zicht, lage temperaturen), waardoor ze duur, tijdrovend en complex zijn.

Met de implementatie van Europese richtlijnen (Habitatrichtlijn, KRM) zijn ook harde **s u b s t r a a t h a b i t a t s** (potentiële riffen) in de zuidelijke Noordzee intensiever bestudeerd buiten Helgoland en is er informatie beschikbaar uit Duitse en Nederlandse gebieden in de EEZ en de territoriale zee (bijv. COOLEN 2017, COOLEN et al. 2015, MICHAELIS et al. 2019b, SCHRIEKEN et al. 2013). Met name duikgebaseerde studies zoals de huidige, waarin de soorteninventarisatie van solitaire rotsgebieden buiten het Helgolandse rotsplateau vollediger wordt vastgelegd, zijn schaars en omvatten enkelvoudige studies over de Nederlandse (ALVAREZ et al. 2019, COOLEN et al. 2015) en Duitse Borkum Riffgrund (BIOCONSULT & SUBMARIS 2021).

Hierna worden de bevindingen voor de drie verdachte riflocaties Alpha, Bravo en Charlie geassocieerd in vergelijking met de locatie Riffgat en in vergelijking met de literatuur wat betreft de kenmerken van de abiotische structuren en biotische kolonisatieparameters.

5.1 Abiotische structuur van de habitat

Op alle vier de locaties was er binnen een transect een afwisseling tussen gebieden met dichte en/of losse steenafzettingen en zanderige gebieden zonder stenen of losse blokken. Bovendien was de zeebodem plaatselijk bedekt met kiezel en wat grind. Deze substraten vormen ook een potentieel vestigingssubstraat voor sessiele ongewervelden of bieden schuilplaatsen voor kleine zoogdieren. Het feitelijke sedimenttype (fijn zand, middelzand, grof zand) kon niet bepaald worden aan de hand van de video's. In situ werd het merendeel aangesproken als middelgrof tot grof zand. In sommige secties kwam de boomkokerworm *Lanice conchilega* in wisselende dichtheden voor. Het kleinschalige mozaïek van heterogene substraten is karakteristiek voor de Borkumse Riffgrund (BFN 2017a, COOLEN et al. 2015, MICHAELIS et al. 2019b, RACHOR & NEHMER 2003). MICHAELIS et al. (2019b) classificeerden de dominante steendichtheid op de Borkum Riffgrund (EEZ) als "Type 1" (wijd verspreide individuele keien en grote zwerfstenen). Dit komt ook overeen met de beschrijvingen van andere studies over de Borkum Riffgrund (bijv. RACHOR & NEHMER 2003). Door de verschillende methodologie en classificatie zijn de studies echter slechts in beperkte mate vergelijkbaar.

Tussen de vier onderzochte locaties in april 2023 waren er deels significante verschillen met betrekking tot abiotische structuren. De locatie Riffgat was al door het NLWKN geselecteerd als rotsachtig gebied op basis van SideScan sonar en was in 2020 door BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) opgenomen, beoordeeld en technisch geclassificeerd als rif. De resultaten van het onderzoek in opdracht van Greenpeace bevestigden de bevindingen van 2020: de locatie bleef een zeer hoge bedekking van de zeebodem met stenen vertonen en werd gekenmerkt door een groot aantal grote stenen en keien. Deze dichtheid van stenen is zeer ongebruikelijk voor de Duitse Noordzee; tot nu toe kennen we slechts één vergelijkbare vindplaats in de kustzee van Sleeswijk-Holstein (de "Helgoländer Steingrund"). De afbakening van de rifbodem van het omringende gebied is scherp door een plotselinge sterke afname in steendichtheid.

In vergelijking met de Riffgat-locatie was de zeebodembedekking op de drie verdachte locaties, en vooral op de Bravo-locatie, lager en waren er minder grote keien en meer secties met een zuivere zandbodem (zie hoofdstuk 4.3.1). Op basis van de SideScanSonar-gegevens van ONE- Dyas (MARINESPACE 2022a, b) uit 2019 en 2021 is het duidelijk dat de rotsbedekking op de Alpha- en Bravo-locaties in deze korte periode duidelijk is afgenomen. Hoewel beide locaties in 2019 als rif werden geclassificeerd volgens de criteria in de karteringsleidraad van BFN (2018), was de steendichtheid in 2021 te laag om als rif te worden geclassificeerd (BIOCONSULT 2022). De classificatie van biotopen (riffen) wordt behandeld in hoofdstuk 6.

Het huidige onderzoek toonde ook aan dat er langs de Alpha en vooral de Bravo transecten geïsoleerde grotere stenen (keien) lagen en dat sommige van de kleinere stenen aan de randen waren overgeschuurd. Of er na 2021 nog meer overzanding plaatsvond, kan niet worden gekwantificeerd op basis van de verschillende registratiemethoden van de stenen (side scan sonar versus videoanalyses). Volgens de side scan sonargegevens van 2019 en 2021 bevond de Charlie-locatie zich buiten het voorkomen van stenen, terwijl bij het huidige onderzoek enkele blokken en kleinere, deels overgeschuurde steenvelden (vgl. Fig. 11) in de video's werden gedetecteerd. De onderzoeken, hoewel methodisch slechts in beperkte mate vergelijkbaar, maken duidelijk dat de drie verdachte gebieden zich bevinden in gebieden die onderhevig zijn aan morfologische veranderingen. Op de Riffgat vindplaats is het waarschijnlijk dat

Door de dichtheid van grotere keien kan worden aangenomen dat de zettingssubstraten stabielere zijn, wat op zijn beurt de erosie nabij de grond vermindert.

5.2 Faunistische nederzettingsstructuren

5.2.1 Soortenspectrum en soorten op de Rode Lijst

Met 98 taxa of 88 soorten uit negen fyla hadden de onderzoekslocaties een diverse fauna van sessiele en geassocieerde epibenthische soorten en enkele vagiele megafaunasoorten (>8 cm). Dit is iets lager dan de soortenrijkdom die in 2020 door BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) werd geregistreerd voor de Riffgat-locatie (6 transecten en 12 krasmonsters), waar 128 taxa (101 soorten) uit tien fyla aanwezig waren. COOLEN et al. (2015) rapporteren een totaal van 137 taxa (grijpers, duikers, video) voor rotsachtige en grindgebieden van de rifbodem van Borkum (Nederlandse kustzee). Voor de Helgolandse Steingrund rapporteren DEDERER et al. (2015) 129 soorten van de epifauna, die werden geregistreerd op basis van duiken. RACHOR & NEHMER (2003) stelden soortenlijsten samen voor de zachte bodems van de Borkumse Riffgrund op basis van vier surveys met van Veen grijpers en dreggen. Het aantal soorten bedraagt 139 taxa (ongewervelden en vissen).

In deze studie werden 17 soorten van de Rode Lijst volgens RACHOR et al. (2013) gevonden, wat overeenkomt met het aantal op de locatie Riffgat 2020 (BIOCONSULT & SUBMARIS 2021) en ook door RACHOR et al. (2013) wordt gegeven voor het Duitse deel van de Borkum Riffgrund. In de Nederlandse Borkum Riffgrund detecteerden BOS et al. (2014) in totaal 18 soorten van de Rode Lijst volgens RACHOR et al. (2013), in het eigenlijke steengebied werden 5 soorten gevonden met een beperkt aantal monsters. Op de Helgoländer Steingrund werden 32 soorten gevonden (DEDERER et al. 2015); veel van hen, net als op de Borkum Riffgrund, met het bedreigingsniveau "R" (extreem zeldzaam).

In principe wordt een vergelijking van de totale aantallen soorten tussen studies beperkt door methodologische verschillen (bemonsteringsapparaten, aantal monsters, bemonsterd substraat). Daarnaast zijn er seizoensgebonden en interjaarlijkse verschillen in het voorkomen van soorten. Het lagere aantal soorten in 2023 vergeleken met 2020 kan te maken hebben met de verschillende bemonsteringsmaanden en watertemperatuur. De 2023 surveys werden midden april uitgevoerd bij een watertemperatuur van 7°C, terwijl de 2020 survey op de Riffgat site midden juni werd uitgevoerd bij 15°C. Voortplantings- en rekruteringsprocessen zijn gekoppeld aan de watertemperatuur, zodat er mogelijk meer individuen van een soort voorkomen in de zomer en de kans op detectie groter is.

5.2.2 Vagiele megafauna rond de stenen

De numeriek belangrijkste soorten van de vagiele megafauna (>8 cm) waren heremietkreeften (*Pagurus bernhardus*), duivels zwemkrabben (*Necora puber*) en Noordzeekrabben (*Cancer pagurus*; cf. Tab. 3). Alle drie de soorten zijn kenmerkend voor steenachtige/rotsige habitats (rifsoorten van de EEZ) en zijn, net als de Europese kreeft (*Homarus gammarus*) en de Noordzeekrab (*Cancer pagurus*) als toppredatoren, ook belangrijke soorten (keystone species sensu PAINE (1966)) in het rifecosysteem.

De Europese kreeft werd alleen waargenomen langs de transecten in Riffgat. Er werd echter ook een kreeft buiten het transect aangetroffen op de Charlie-locatie, maar deze werd niet opgenomen in de soortenlijst vanwege de gestandaardiseerde methodologie. De waarneming laat echter duidelijk zien dat deze rifypische soort in principe ook op de andere locaties kan voorkomen, maar dat de detectie over een groter gebied moet plaatsvinden vanwege de lagere dichtheid.

De lagere kreeftendichtheid van 4,1 ind./100 m² in het huidige onderzoek vergeleken met 7,5 ind./100 m² in 2020 kan te wijten zijn aan de verschillende bemonsteringsdatum en/of de variabiliteit van de kreeftendichtheid van jaar tot jaar. Decapode kreeftachtigen worden actiever met warmer water en keren terug uit hun winterslaap (bijv. MOLAND et al. 2011). Het water had een temperatuur van ongeveer 7°C in april 2023. Bij het onderzoek uit 2020, dat in juni plaatsvond, was het water al 15°C en dus meer dan twee keer zo warm, wat invloed kan hebben op de activiteit en dus de detectiekans.

De kreeftendichtheid op de locatie Riffgat was 4,1 individuen per 100 m², wat erg vergelijkbaar is met de dichtheden die gevonden zijn op het rotsplateau van Helgoland en de Helgoländer Steingrund (HSG), die het meest vergelijkbaar is met de Borkumse Riffgrund. Met dezelfde methode werden maximale dichtheden van 4 individuen per 100 m² gevonden op het Helgolandse rotsplateau en 7 kreeften per 100 m² op de HSG (ongepubliceerde gegevens P. Schubert, submaris). In de Nederlandse kustwateren van de Borkumse rifbodem werden geen kreeften waargenomen langs de duiktransecten (BOS et al. 2014, COOLEN et al. 2015). De reden hiervoor kan zijn dat de kreeft pas de laatste jaren weer op grotere schaal voorkomt.

De dichtheid van Noordzeekrabben in deze studie bedroeg maximaal 13 individuen per 100 m² en was dus aanzienlijk lager dan in 2020 met 66,7 individuen per 100 m². Maximale dichtheden van ongeveer 30 individuen per 100 m² werden gevonden op het rotsplateau van Helgoland en van ongeveer 100 individuen per 100 m² op de HSG in de zomer. In Borkum Riffgrund in Nederland werden maximaal 15 individuen per 100 m² geteld door duikinventarisaties (BOS et al. 2014). De resultaten zijn dus vergelijkbaar met abundanties van andere locaties in de Borkum Riffgrund, maar in de huidige studie blijven ze duidelijk achter bij de aantallen van Helgoland. Dit komt waarschijnlijk door de lagere watertemperatuur in april 2023, aangezien Noordzeekrabben seizoensgebonden migraties uitvoeren en het koudere seizoen in diepere zeeën doorbrengen (TONK & ROZEMEIJER 2019). Tijdens het duikwerk in 2023 werd opgemerkt dat veel Noordzeekrabben zich hadden ingegraven in het sediment, wat ook de lagere abundantie zou kunnen verklaren, aangezien deze individuen slecht worden waargenomen op de video's.

5.2.3 Structuur- en habitatvormende soorten en vegetatie op de stenen

In deze studie kwamen in totaal 16 soorten voor, die structureel vormend zijn door hun grootte en rechtopstaande groeiwijze (cf. Tab. 1, soorten groen gemarkeerd). *Metridium senile* en Hydrozoa (vooral *Sertularia cupressina*, maar ook *Halecium halecinum* en soorten van het genus *Obelia*) waren de dominante soorten over grote delen van het studiegebied. *Metridium senile* is een wijdverspreide soort in geogene riffen en werd ook door MICHAELIS et al. (2019a) op basis van videomateriaal geïdentificeerd als de meest voorkomende soort van de Borkumse rifbodem, naast Hydrozoa en Porifera. Van de sponzen kwam alleen *Halichondria panicea* lokaal voor op grotere stenen. Andere sponzen, *Flustra foliacea* en *Alcyonium digitatum* waren minder dominant. Opvallend was de geringe grootte van de sponzen. In deze studie vertoonde de meer algemene soort *Halichondria panicea* een hoger aantal sponzen in vergelijking met

2020 (BIOCONSULT & SUBMARIS 2021), zijn de kolonies op de locatie Riffgat niet erg u i t g e s t r e k t in oppervlakte en stijgen ze nauwelijks in hoogte. Veel biologische processen zijn temperatuurafhankelijk en er kan worden aangenomen dat de kraamkamergemeenschap in de loop van het jaar van vorm verandert (bijv. de grootte van de kolonies van sessiele structurele en habitatvormende organismen). De kolonies van sommige sponssoorten vallen terug in de winter en groeien pas in oppervlakte en hoogte in de lente wanneer de watertemperatuur stijgt (BELL & BARNES 2002, KNIGHT-JONES & MOYSE 1961, TANAKA 2002). Het kan niet worden uitgesloten dat door de lagere watertemperaturen (7°C) de sponskolonies nog niet goed ontwikkeld waren en dat soorten die in 2020 op de Riffgat site werden geregistreerd (*Leucosolenia vaiabilis*, *Haliclona oculata*) daarom niet op de video's konden worden waargenomen. Van de 16 structuur- en habitatvormende soorten in het huidige onderzoek (totale oppervlakte), kwamen er 13 voor op de Riffgat-locatie. De drie verdachte locaties h a d d e n iets lagere aantallen van deze kenmerkende soorten, 8 (Bravo), 9 (Charlie) en 10 (Alpha), maar lagen over het algemeen dicht bij elkaar.

In het studiegebied was ongeveer 50 % van het oppervlak van de bestaande stenen gekoloniseerd, terwijl grind en kleinere stenen (<10 cm) ook onbewoond waren of een schijnbaar andere kolonisatie hadden (kleinere organismen, geen sponzen, minder langlevende soorten). Een uitzondering was de Riffgat site, waar de stenen bijna volledig bedekt waren met tussen de 75 en 100% vegetatie. Vergelijkbare correlaties worden beschreven voor de "Borkum Riffgrund" NSG in de EEZ in MICHAELIS et al. (2019b): Ook hier was een correlatie tussen de grootte van de stenen en het gekoloniseerde gebied duidelijk; ook in de video-opnamen bleken graven onbevolkt. In alle gebieden kan de correlatie tussen steengrootte en kolonisedichtheid worden verklaard door het belang van positie stabiliteit of ongestoorde substraten zoals hierboven beschreven. Daarnaast voedt een groot deel van het epibenthos zich als suspensievreters, zodat grote stenen ook een optimale vestigingsplaats vormen met betrekking tot de blootstelling aan stroming en de geringere abrasie door sedimentdrift op de hogere delen van de stenen.

In deze studie werden vooral grotere structuurvormers waargenomen op grotere blokken. Dit wordt ook beschreven door MICHAELIS et al. (2019a) voor de gebieden van de Duitse EEZ. *Metridium* is een competitieve soort en verdringt hydrozoën en zachte koralen (*Alcyonium digitatum*) door overwoekering, zoals successie (11 jaar observatie) op offshore platforms liet zien (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Bovendien kan *Metridium* snel vrije ruimte innemen door ongeslachtelijke voortplanting, nieuwe rekruten verstikken door zijwaarts onder zijn voet te bewegen en vestiging voorkomen door predatie op larven (NELSON & CRAIG 2011). *Halichondria panicea* is ook een competitieve soort en verdringt de meeste soorten tijdens het groeiseizoen (BELL 2008). De kleinere stenen werden voornamelijk overwoekerd door Hydrozoa en individuele *Metridia*. Zelfs stenen bedekt met zand werden overwoekerd door hydrozoën en in sommige gevallen waren zeer kleine stukjes kiezel voldoende om als vestigingsplaats voor de hydrozoën te dienen. De grootte van de harde substraten had geen invloed op de hoogte van de hydrozoënkolonie, althans volgens een ruwe classificatie. Naast *Metridium senile* werden daarom op alle locaties grotere kolonies van verschillende hydrozoënsorten waargenomen.

Door hun driedimensionale groeivorm bieden hooggroeiende hydrozoën vestigings-, voedsel- en/of paairuimte aan andere (typische) soorten. Op deze manier vervullen ze belangrijke structurele en trofische functies in de habitat (BELL 2008, DI CAMILLO et al. 2017, HARTNOLL 1998, STEBBING 1971). Als typische secundaire harde substraatsoorten is hun nauwe associatie met

In principe kunnen alle soorten binnen de belangrijkste taxa Hydrozoa, Bryozoa, Nudibranchia, Amphipoda en Pycnogonida die in deze studie zijn geïdentificeerd, worden beschouwd als behorend tot deze habitat. Deze soortgroepen worden in verschillende studies genoemd als reguliere begeleidende soorten van de sessiele, structuur- en habitatvormende gemeenschap in de zuidelijke Noordzee en ook de Waddenzee (bijv. BIOCONSULT 2013, 2019a, COOLEN et al. 2015, HARTNOLL 1998). Een overweldigend deel van de nieuwe soorten die zijn geregistreerd voor de Borkum Riffgrund 2020 behoren tot de kleinere begeleidende soorten (BIOCONSULT & SUBMARIS 2021). Aangezien het voorkomen van grotere hydrozoënkolonies niet samenhangt met de dichtheid en/of grootte van grote stenen, is het voorkomen van begeleidende soorten ook onafhankelijker van abiotiek. Dit kan verklaren waarom het aantal soorten secundair hard substraat op de locatie Riffgat met 24 soorten niet of nauwelijks hoger was dan bijvoorbeeld bij Charlie (25 soorten) of Bravo (21 soorten). Alleen Alpha was lager met 16 soorten. Hier waren bijvoorbeeld, naast enkele kleinere Crustacea, naaktslakken bijna geheel afwezig. De redenen hiervoor zijn onbekend.

5.2.4 Habitat-typische soorten

De Habitatrichtlijn definieert "typische soorten" in artikel 1, letter e als een element van de staat van instandhouding van habitattypes volgens bijlage I van de Habitatrichtlijn. De richtlijn specificeert niet welke soorten als typisch moeten worden beschouwd. Definities zijn te vinden in de EC guidance "Reporting under Article 17 HD, explanatory notes and guidelines" (2017). Volgens deze zijn kenmerkende soorten,

- die regelmatig worden aangetroffen met een hoge mate van consistentie,
- die gebruikt kunnen worden als indicator van goede milieuomstandigheden, bijvoorbeeld omdat ze indicatief zijn voor een grotere groep soorten met specifieke habitatomstandigheden,
- die gevoelig zijn voor veranderingen in de omgevingsomstandigheden, en
- die bij voorkeur gemakkelijk vast te leggen zijn met niet-destructieve methoden.

Een soort hoeft niet aan elk criterium te voldoen. De lijst van kenmerkende soorten wordt idealiter over een lange periode bijgehouden.

Lijsten met kenmerkende soorten voor het habitatype "riffen" zijn beschikbaar voor de Duitse en Nederlandse EEZ (BFN 2018, MANFQ 2014). De BFN-karteringsleidraad (2018) bevat een lijst van riftypische soorten voor LRT 1170 (riffen) in de EEZ, die met optische methoden (video) moeten worden vastgelegd. In de Nederlandse karteringsgids voor LRT 1170 worden ook riftypische soorten genoemd, waaronder constante (bestendige) soorten die duiden op een goede abiotische toestand en biotische structuur, karakteristieke en exclusieve soorten. Aangezien Nederland geen riffen in kustwateren heeft aangewezen, is de soortenlijst voor de offshore gebieden van de Klaverbank. Voor de kustwateren kunnen habitattypische soorten van LRT 1170 worden overgenomen uit het beoordelingsschema voor mariene en kusthabitattypen van de Habitatrichtlijn en de daarop gebaseerde handhavinginstructies van Nedersaksen (KRAUSE et al. 2008, NLWKN 2011). In totaal zijn er 86 habitattypische soorten opgenomen voor LRT 1170 (EEZ en kust van Duitsland, Nederland), waarvan 64 epibenthische soorten (Tab. 4). De 22 soorten infauna omvatten voornamelijk polychaeta, die niet volgens de methodologie van deze studie werden geregistreerd. Voor de riffen van de EEZ

Voor Duitsland zijn 25 soorten opgenomen en voor Nederland slechts 14 soorten. KRAUSE et al. (2008) noemen 56 habitattypische rifsoorten. Er wordt echter geen onderscheid gemaakt tussen biogene riffen (mosselbanken, Sabellaria-riffen) en geogene riffen, noch tussen eu- en sublitorale locaties.

Om na te gaan of dezelfde soorten als kenmerkend kunnen worden beschouwd in de kustwateren van de Borkum Reef Ground, zijn de soorten van deze studie vergeleken met de lijsten van habitattypische soorten (EEZ en kustzee) (Tab. 4). Naast deze studie, die echter alleen epibenthische soorten registreerde, werden resultaten van studies in aangrenzende gebieden (BIOCON- SULT 2018, 2019b, DARR et al. 2014) meegenomen, waarbij de infauna ook met grijpers werd bemonsterd. Daarnaast kan een soortenlijst van COOLEN et al. (2015) uit de Nederlandse kustwateren van de Borkumse Riffgrund, waarin zowel op duikers gebaseerde onderzoeken van de epifauna als de infauna zijn geïntegreerd, ter vergelijking worden gebruikt. Van COOLEN et al. (2015) werden alleen gegevens verzameld in door rotsen gedomineerde gebieden (mogelijk geogene riffen) in aanmerking genomen voor de vergelijking.

In totaal werden 52 habitattypische soorten geregistreerd in alle bovengenoemde onderzoeken op Borkum Riffgrund, waarvan 49 ook in de kustwateren (Tab. 4). Met 14 habitattypische soorten werden in dit onderzoek iets minder soorten geregistreerd dan op de locatie Riffgat 2020 met 22 soorten (BIOCONSULT & SUBMARIS 2021). In de drie studies, die ook de infauna registreerden of een groter gebied bestreken via baggergaten dan via duiktransecten, werden tussen 27 en 34 habitattypische soorten geregistreerd.

Tabel 4: Habitattypische soorten van de LRT Riffen (code 1170) in de Duitse en Nederlandse EEZ, de Duitse kustwateren en waarnemingen van deze soorten in de Borkum Riffgrund NSG (Duitse EEZ) en de kustwateren van de Borkum Riffgrund.

EEZ = Exclusieve Economische Zone, BRG = Borkum Riffgrund

X = voorkomen van een soort, (X) = waarschijnlijk voorkomen van een soort, aangezien het genus is geïdentificeerd
Lichtblauwe achtergrond: soorten alleen genoemd voor Nederlandse wateren

Taxon / Soort	Epifauna	LRT 1170 EEZ		LRT 1170 Kust	NSG BRG AWZ (D)	BRG Kust (D)			BRG Kust (NL)
		BFN (2018) (D)	MANFQ (2014) (NL)	Krause et al. (2008)	Darr et al. (2014)	deze studie (2023)	BioConsult & submaris (2021)	BioConsult (2018, 2019b)	Coolen et al. (2015)
Porifera									
<i>Haliclona oculata</i>	X	X					X		
<i>Halichondria (Halichondria) panicea</i>	X	X				X	X	X	X
<i>Leucosolenia botryoides</i>	X			X			(X)		
Cnidaria - Hydrozoa/Anthozoa									
<i>Sertularia cupressina</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Alcyonium digitatum</i>	X	X	X	X	X	X	X	(X)	X
<i>Metridium seniel</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Urticina</i> spp.	X		X			X			
Bryozoa									
<i>Electra pilosa</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Flustra foliacea</i>	X	X		X	X	X	X	X	
<i>Hydractinia</i> spp.	X	X						X	X
<i>Membranipora membranacea</i>	X	X		X	X				
<i>Securiflustra securifrons</i>	X			X					
Nemertea									
<i>Lineus viridis / L. ruber</i>	(X)			X					
Annelida - Polychaeta									
<i>Aonides paucibranchiata</i>					X			X	X
<i>Capitella capitata (Capitellidae)</i>				X					X
<i>Chaetopterus variopedatus</i>		X							
<i>Chone duneri</i>		X							
<i>Glycera lapidum</i>					X			X	
<i>Goniadella bobrezkii</i>					X			X	X
<i>Hediste diversicolor</i>				X					
<i>Heteromastus filiformis</i>									X
<i>Langwerpige schelp</i>		X		X	X	X	X	X	X
<i>Neanthes succinea</i>				X					
<i>Orbinia sertulata</i>					X				
<i>Owenis fusiformis</i>		X					X	X	X
<i>Afstandsbediening</i>					X			X	X

Taxon / Soort	Epifauna	LRT 1170 EEZ		LRT 1170 Kust	NSG BRG AWZ (D)	BRG Kust (D)			BRG Kust (NL)
		BFN (2018) (D)	MANFQ (2014) (NL)	Krause et al. (2008)	Darr et al. (2014)	deze studie (2023)	BioConsult & submaris (2021)	BioConsult (2018, 2019b)	Coolen et al. (2015)
<i>Polydora ciliata</i>	X			X					(X)
<i>Polydora cornuta</i>				X					(X)
<i>Polygordius appendiculatus</i>					X			(X)	
<i>Protodorvillea kefersteini</i>					X			X	X
<i>Pygospio elegans</i>				X					
<i>Sabellaria spinulosa</i>	X		X	X			X		X
<i>Scoloplos armiger (agg.)</i>				X				X	X
<i>Spirobranchus triqueter</i>	X	X		X	X		(X)		
<i>Tharyx killariensis</i>				X					
<i>Tubificoides benedeni</i>				X					
Weekdieren									
<i>Acropagia crassa</i>			X						
<i>Aequipecten opercularis</i>	X		X			X			
<i>Aporrhais pespelecani</i>	X		X						
<i>Buccinum undatum</i>	X	X	X						
<i>Crepidula fornicata</i>	X	X		X				X	X
<i>Dosinia exoleta</i>			X					(X)	
<i>Goodallia driehoekig</i>					X			X	
<i>Lepidochitona cinerea</i>	X			X					
<i>Littorina littorea</i>	X			X					
<i>Macoma balthica</i>				X					X
<i>Macomangulus tenuis</i>					X			X	
<i>Mytilus edulis</i>	X			X			X	X	X
<i>Ostrea edulis</i>	X				X				
<i>Pododesmus patelliformis</i>	X		X						
<i>Thracië villosiuscula</i>					X				
<i>Xandarovula (Simnia) patula</i>	X		X						
Geleedpotigen									
<i>Balanus balanus</i>	X	X						X	X
<i>Balanus crenatus</i>	X			X		X	X		
<i>Balanus improvisus</i>	X			X					
<i>Kanker pagurus</i>	X	X		X	X	X	X	X	X
<i>Caprella linearis</i>	X			X					X
<i>Carcinus maenas</i>	X			X				X	X
<i>Elminius modestus</i>	X			X					
<i>Galathea intermedia</i>	X		X	X	X				
<i>Galathea nexa</i>	X			X					

Taxon / Soort	Epifauna	LRT 1170 EEZ		LRT 1170 Kust	NSG BRG AWZ (D)	BRG Kust (D)			BRG Kust (NL)
		BFN (2018) (D)	MANFQ (2014) (NL)	Krause et al. (2008)	Darr et al. (2014)	deze studie (2023)	BioConsult & submaris (2021)	BioConsult (2018, 2019b)	Coolen et al. (2015)
<i>Galathea squamifera</i>	X			X					
<i>Galathea strigosa</i>	X			X					
<i>Homarus gammarus</i>	X			X		X	X	X	
<i>Jaera albifrons</i>	X			X					
<i>Pagurus bernhardus</i>	X	X				X	X	X	X
<i>Semibalanus balanoides</i>	X			X					
Echinodermata									
<i>Asterias rubens</i>	X			X	X	X	X	X	X
<i>Echinocyamus pusillus</i>	X				X				
<i>Echinus esculentus</i>	X	X		X	X				
<i>Ophiothrix fragilis</i>	X			X			X		
Chordata									
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>		X			X			X	X
<i>Ascidella aspersa</i>	X	X							
<i>Ascidella scabra</i>	X	X			X				
<i>Ciona intestinalis</i>	X	X		X	X				
Chordata - Vissen									
<i>Anguilla anguilla</i>	X			X					
<i>Ciliata mustela</i>	X							X	
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	X	X					X	X	X
<i>Cyclopterus lumpus</i>	X								
<i>Diplecogaster bimaculata</i>	X		X						
<i>Gadus morhua</i>	X							X	
<i>Liparis liparis</i>	X								X
<i>Liparis montagui</i>	X								
<i>Lophius piscatorius</i>	X		X						
<i>Micrenophrys lilljeborgii</i>	X		X						
<i>Microstomus stopper</i>	X							X	X
<i>Myoxocephalus scorpio</i>	X						X		
<i>Pholis gunellus</i>	X						X	X	
<i>Scophthalmus maximus</i>	X								
<i>Taurulus bubalis</i>	X							X	
<i>Zoarces viviparus</i>	X			X					
Σ Totaal rifsoorten: 86	64	25	14	45	27	14	22	34	31
Σ Totaal rifsoorten BRG: 52							52		
Σ Totaal rifsoorten BRG Kust: 49							49		

Zes van de in tabel 4 opgenomen soorten voor de Nederlandse EEZ komen niet in Duitsland voor (zie de lichtblauwe achtergrond van de soorten in tabel 4). Vijf soorten (*Echinus esculentus*, *Echinocyamus pusillus*, *Ostrea edulis*, *Orbinia sertulata*) zijn zeldzaam in kustwateren of zijn geassocieerd met grote algen (*Membranipora membranacea*). Veel vissen veranderen hun verspreiding seizoensgebonden, zodat een hoge constantheid in riffen niet altijd gegeven is. BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) selecteerden daarom karakteristieke (habitattypische) soorten voor de kustzee van de Borkumse rifbodem, die voldoen aan de bovengenoemde criteria van de Habitatrichtlijn (Tab. 5, details in BIOCONSULT & SUBMARIS (2021)). Van de 28 soorten die daar werden genoemd, werden er 18 soorten ook in deze studie aangetroffen, terwijl er in 2020 24 soorten op de Riffgat-locatie werden aangetroffen. Binnen de afzonderlijke locaties werd het hoogste aantal (13) habitattypische soorten aangetroffen op de locatie Riffgat, terwijl er iets minder soorten werden aangetroffen op Alpha (10) en Charlie (9), en de minste habitattypische soorten (7) werden aangetroffen op de locatie Bravo.

Over het geheel genomen kwamen een aantal habitattypische soorten die worden voorgesteld voor de Borkumse rifbodem van de territoriale zee dus ook herhaaldelijk voor in het kader van dit onderzoek. Het aantal geregistreerde soorten vertoont echter ruimtelijke verschillen.

Tab. 5: Voorstel van BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) voor karakteristieke (habitat-typische) soorten en soorten van speciaal beschermingsbelang voor geogene riffen in de kustzee van de Borkum Riffgrund.

A = Alpha, B = Bravo, C = Charlie, R = Riffgat

Art	Voorkomen, structuur en functie in de BRG-kustzee	verwacht signaal met goede conditie van geogene riffen	Beschermingsstatus ¹	Bewijs voor deze studie	BioConsult & Submaris (2021)	A	B	C	R
karacteristieke macrozoöbenthosoorten²									
Porifera									
<i>Halichondria panicea</i>	Langdurig, sessiel, structuurvormend	Toename in maximale grootte, Toename van de complexiteit van de kwabstructuur		X	X	X		X	X
<i>Haliclona oculata</i>	sessiel, structuurvormend	Toename in maximale grootte, toename in complexiteit van takken			X				
<i>Leucosolenia variabilis</i>	sessiel, structuurvormend	Toename in maximale grootte			X				
<i>Suberites ficus</i>	Langdurig, sessiel, structuurvormend		(X)	X			X	X	
<i>Sycon ciliatum</i>	sessiel, structuurvormend		X	X					X
Hydrozoa									
<i>Halecium halecinum</i>	sessiele, structurele en habitatvormende	Toename in maximale grootte, toename in complexiteit van takken		X	X	X	X	X	
<i>Obelia bidentata</i>	(Soorten in situ en op fotografisch materiaal die niet mogen worden bepalen), sessiel, structuur en habitat vormend		X	X					
<i>Obelia dichotoma</i>			X	X	X	X		X	
<i>Obelia longissima</i>			X	X	X	X		X	
<i>Obelia geniculata</i>			X						
<i>Sertularia cupressina</i>	sessiele, structurele en habitatvormende		X	X	X	X	X	X	X
Anthozoa									
<i>Alcyonium digitatum</i>	Langdurig, sessiel, structuurvormend	Toename in maximale grootte, Toename van de complexiteit van de kwabstructuur	3	X	X	X		X	X
<i>Metridium seniel</i>	Langdurig, sessiel, structuurvormend	Toename in maximale grootte		X	X	X	X	X	X
Bryozoa									
<i>Flustra foliacea</i>	langlevend, sessiel, structuur- en habitatvormend	Toename in maximale grootte, Toename van de complexiteit van de kwabstructuur		X	X				X
Geleedpotigen - Decapoda									
<i>Kanker pagurus</i>	vagiel, sleutelsteen-soort	Toename in dichtheid		X	X	X	X	X	X
<i>Homarus gammarus</i>	vagiel, sleutelsteen-soort	Toename in dichtheid		X	X				X
<i>Macropodia rostrata</i>	onregelmatig, vagiel	onbekend		X	X	X	X	X	X
Chordata									
<i>Polyclinum aurantium</i>	sessiel, structuurvormend	onbekend		X	X	X			X
Andere macrozoöbenthosoorten die van bijzonder belang zijn voor het behoud³									
bedreigde diersoorten									
<i>Sagartia undata</i>	sessiele		3	X	X				
<i>Heteranomia squamula</i>	sessiele		0		X				
<i>Onchidoris muricata</i>	sessiele		0		X				
Historische soorten									
<i>Ostrea edulis</i>	duurzaam, sessiel, structureel en habitatvormende		1, OSPAR-Art						
karacteristieke (habitat-typische) vissoorten⁴									
<i>Pholis gunnelus</i>	waar naar locatie	onbekend		X	X				X
<i>Microstomus plamuur</i>	waar naar locatie								
<i>Myoxocephalus scharpioen</i>	trouw aan de site?					X			
<i>Taurulus bubalis</i>	Mogelijk seizoensgebonden wandeling								
<i>Gadus morhua</i>	Mogelijk seizoensgebonden wandeling			OSPAR Kunst					
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Mogelijk seizoensgebonden wandeling		Toename in dichtheid		X	X			
Σ 28 soorten				Σ 18	Σ 24	10	7	9	13

1 Rode lijst voor ongewervelden (RACHOR et al. 2013) en vissen (THIEL et al. 2013) met bedreigingsstatus 0, 1, 2, 3 en OSPAR-soorten volgens de OSPAR-lijst van bedreigde en/of afnemende soorten en habitats.

2 Identificatie in het kader van de artikel 17-rapportage, toelichtingen en richtsnoeren voor de periode 2013-2017, definitieve versie, mei 2017

6. Classificatie en evaluatie

Het doel van het onderzoek is onder andere een classificatie (paragraaf 6.1) en natuurbehoudsbeoordeling (paragraaf 6.2) van de drie locaties Alpha, Bravo en Charlie, die nog niet zijn onderzocht.

6.1 Classificatie

De volgende benaderingen worden overwogen voor de classificatie:

- Rode lijst van biotooptypen van de Duitse Noordzee en Oostzee (FINCK et al. (2017))
- Biotooptypen in Nedersaksen (DRACHENFELS 2021)
- Karteringsinstructies voor het biotooptype "Riffen" beschermd onder § 30 BNatSchG (BFN (2018))
- Nederlandse karteringshandleiding voor de FFH-LRT "Riffen" (MANFQ 2014)

FINCK et al. (2017)

Op basis van de informatie over sedimentsamenstelling, steendichtheid en epifaunale kolonisatie kunnen de 2 m secties worden toegewezen aan de biotooptypen die in Tab. 6 zijn samengesteld volgens FINCK et al. (2017).

Alle drie de stations zijn losse steenvelden op zand met een verschillend, maar meestal relatief laag aandeel kiezel. Uiteraard bestaat een deel van het sediment uit grof zand, maar het grof zandgehalte kan zonder sedimentmonsters niet duidelijk worden bepaald op basis van alleen de video-evaluaties. Daarom worden de gebieden zonder voldoende bedekking door stenen (zie volgende paragraaf) geclassificeerd als zandbodem (code 02.02.10) en niet als grof sediment (code 02.02.08).

Met betrekking tot de doorsneden van 2 m leiden de zeer kleinschalige veranderingen tussen individuele stenen en het omringende sediment tot even kleinschalige veranderingen in de biotoopclassificatie. Tegen de achtergrond van het doel van een biotoopclassificatie, de algemene type-indeling van een onderzocht gebied, is dit niet zinvol. Omdat er nog geen informatie beschikbaar is over de minimale afmetingen van mariene biotooptypen volgens FINCK et al. (2017), wordt hier een samenvatting op transectniveau gegeven. Met een transectlengte van 50 m (Alpha en Charlie) en 24 m (Bravo) en een onderzoeksbreedte van 2 m wordt dus een biotooptoewijzing gemaakt voor een oppervlakte van respectievelijk 100 m² en 48 m². Deze veralgemening is ook aangewezen tegen de achtergrond van de kleinschaligere (= grovere) biotoopkartering die gebruikelijk is in het mariene gebied dan op het land. De twee EEZ-karteringsrichtlijnen (hier niet van toepassing) voor "Soortenrijke grind-, grof zand- en kiezelbanken" (BFN 2011) en "Geogene restsedimenten van het riftype met geïsoleerde stenen en/of keien" (BFN 2018) specificeren ook minimumgroottes van 1.000 m².

Volgens FINCK et al. (2017) kunnen de transecten bij de Alpha en Charlie stations duidelijk worden geclassificeerd als gemengde substraten (code 02.02.06) volgens het criterium van niveau 3 ($\geq 5\%$ tot $< 90\%$ bedekking door stenen). Op het transect bij Bravo zijn er weinig, maar grotere stenen. De video-opnames onthullen echter ook andere stenen die te ver zijn opgeschuurd en die niet werden geteld. Omdat ze echter ook potentieel vestigingssubstraat vormen voor de typische epifauna van de steenvelden, moeten ze ook hier in aanmerking worden genomen bij de kwalitatieve beoordeling van het gebied in overeenstemming met het interpretatiehandboek (EUROPESE COMMISSIE 2013). De steendichtheid met afstanden van enkele meters tussen de afzonderlijke grotere stenen is nog steeds voldoende voor classificatie als rif in vergelijking met andere gebieden in Duitsland die nog steeds als rif geclassificeerd zijn. Over het geheel genomen kan dit transect daarom ook worden ingedeeld bij de gemengde substraten, zij het als een minder uitgesproken type.

De duidelijk zichtbare kolonisatie van de epifauna maakt het mogelijk om de gemengde substraatbiotootypen te behandelen tot op niveau 6. Zoals te zien is in Tabel 6, domineren de anthozoën, zodat de transecten bij stations Alpha en Charlie globaal worden toegewezen aan het biotooptype "Sublittoraal gemengd substraat van de Noordzee met bloemdieren (Anthozoa)" (code 02.02.06.01.05.01).

Tab. 6: Criteria voor de gedetecteerde biotooptypen volgens FINCK et al. (2017).

Code	Benaming biotoop	Criteria sediment niveau	Criteria Epifauna Niveau			Aantal secties van 2 m		
		3	4	5	6	Alfa 12 Stenen >30 cm op 100 m ²	Bravo 13,5 Stenen >30 cm tot 100 m ²	Charlie 17 stenen >30 cm op 100 m ²
02.02.06. 01.05.01	Sublitoraal gemengd substraat van de Noordzee met blauwwieren (Anthozoa) - alleen open Noordzee	≥5 % tot <90 % Stenen afdekking	≥5 % bedekking door epifauna	Epifauna gedomineerd door Cnidaria	Epifauna gedomineerd door Anthozoa	6	0	8
02.02.06. 01.05.02	Sublitoraal gemengd substraat van de Noordzee met hydropliepen (Hydrozoa), bijvoorbeeld "zeemos".				Epifauna gedomineerd door waterrozolen	0	2	4
02.02.10.02	Sublitorale, eb-zandige bodem van de Noordzee met infauna	<5 % Deversterking door stenen <50 % Grof zand <20 % Grind <20 % Schlick <90 % Schill	<5 % Cover door epifauna	-	-	18	10	12

Lijst van biotooptypen voor Nedersaksen

Volgens de biotooptypenlijst voor Nedersaksen worden de onderzochte stations ingedeeld bij het biotooptype "Diepwaterzone van de kustzee" (KMT) of bij het biotooptype "Steenrijk rif van het suboraal" (KMR). Volgens Drachenfels omvat het KMT-biotooptype "*mariene gebieden van meer dan 20 m diep (onder de eufotische zone, groei van bentische macrofyten niet mogelijk door gebrek aan licht)*". De definitie van het biotooptype "Stenig rif van het sublitoraal" (KMR) uit DRACHENFELS (2021) luidt: "*Natuurlijke, abiotische harde substraten van het sublitoraal (ophoppingen van grote stenen uit pleistoceen puin) die uit de zeebodem oprijzen*". Dit is zo algemeen dat het niet mogelijk is om de transecten op basis hiervan duidelijk aan dit type toe te wijzen.

Karteringsaanwijzingen voor het biotooptype "Riffen" beschermd onder § 30 BNatSchG (BFN 2018)

De karteringsinstructies voor het biotooptype "Geogene riffen - type steenveld/ keienveld Noordzee" (BFN 2018), dat beschermd is volgens § 30 BNatSchG, vereisen een gebiedsdekkende individuele opname van de grotere stenen (>30 - 50 cm) door middel van SideScanSonar. De beschikbare gegevens voor het studiegebied werden overeenkomstig geëvalueerd door BIOCONSULT (2022). Uit de evaluatie bleek dat de stations Alpha en Bravo 2021 zich binnen het beschermde biotooptype "riffen" volgens § 30 BNatSchG bevinden, terwijl Charlie zich 300 m ten zuiden van de rifgebieden bevindt (zie Fig. 16).

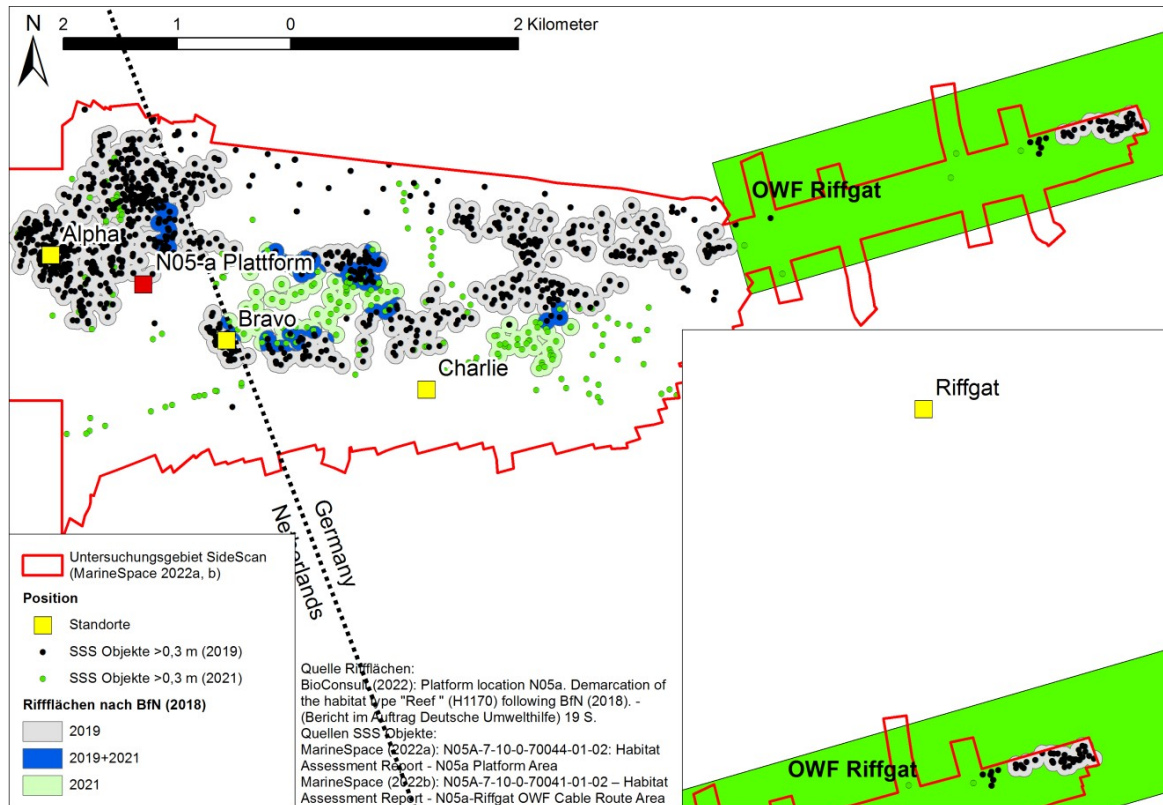


Fig. 16: Onderzochte locaties en grenzen van de riffen volgens BIOCONSULT (2022).

Dit lijkt in tegenspraak met de waarnemingen tijdens de duiken, volgens welke Alpha, Bravo en Charlie als "rif" zouden worden geclassificeerd. De methodologische beperkingen (individuele detectie van kleinere stenen met behulp van side scan sonar niet mogelijk, detectie op grote schaal met behulp van video / inzet van duikers niet mogelijk) lijken hier ook een rol te spelen. De reeds in BIOCONSULT (2022) beschreven sedimentdynamiek en de verschillende karteringstijden (side scan sonar in 2019 en 2021, duikers in 2023) zijn echter essentieel voor de schijnbare tegenstrijdigheden. Het is waarschijnlijk dat dit betekent dat niet alle stenen die in het studiegebied aanwezig zijn te allen tijde aan de oppervlakte liggen. Het lijkt er eerder op dat de stenen tijdelijk bedekt zijn door zand en daardoor niet meer zichtbaar zijn in de SideScanSonar en, in het geval van grotere bedekkingen, ook in de video.

Vanuit deskundig oogpunt heeft de afbakening van het beschermde bio-landbouwgebied volgens § 30 BNatSchG daarom

tootypes "riffen" van BIOCONSULT (2022) nog steeds bestaan. Het lijkt mogelijk dat de in

BIOCONSULT (2022) verder naar het zuiden uitbreiden in het gebied van Station Charlie.

Nederlandse kaartengids voor de FFH-LRT "Riffen" (MANFQ 2014)

Volgens de Nederlandse karteringsinstructies voor de FFH-LRT "Riffen" is de minimale grootte 100 m². Deze oppervlakte kan worden verdeeld over meerdere deelgebieden, zolang ze functioneel met elkaar verbonden zijn. Als vuistregel wordt een maximale afstand van 20 m tussen de deelgebieden genoemd. In de karteringsinstructies staat: *"Het gehele complex van geogene rifstructuren, tussenliggende gebieden van kleinere stenen en grof grind (indien bedekt met sessiele organismen) behoort tot habitatype H1170."* Het is echter onduidelijk of dit betekent dat een rots- en grindbedekking van 100% in de deelgebieden een voorwaarde is voor classificatie als FFH-LRT "Riffen".

Afhankelijk van de interpretatie kunnen de op video opgenomen gebieden dus worden geclassificeerd als "rif" volgens deze karteringsinstructies, of niet als "rif" ondanks de aanwezigheid van stenen en rifypische fauna. Dit laatste was het geval in de FFH-studie in opdracht van ONE-Dyas (MARINESPACE 2022a, b).

6.2 Karakterisering van het rif en beoordeling van natuurbehoud

Statusbeoordelingen van mariene biotooptypen zijn voornamelijk vereist in het kader van de Habitatrictlijn en de Richtlijn mariene strategie als het gaat om een habitatype volgens de Habitatrictlijn of een habitat volgens de KRM. Zoals beschreven in hoofdstuk 6.1, gaan we ervan uit dat de onderzochte gebieden FFH-habitattypen (riffen) zijn en dus ook KRM-habitats van het type "overige habitat", die niet alleen riffen maar bijvoorbeeld ook zandbanken omvatten.

Volledig kwantitatieve criteria voor een statusbeoordeling van riffen in Duitse kustwateren zijn nog niet beschikbaar en gegevens over de kolonisatie van steenvelden zijn nog schaars. Nederland heeft dit habitatype niet aangewezen in de kustwateren. Op basis van het onderzoek in 2020 in het Riffgat hebben BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) een voorstel ontwikkeld voor kwantitatieve criteria die in de toekomst (bij voldoende gegevens en verificatie) kunnen worden gebruikt om de omvang van riffen te beoordelen. De criteria werden zo gekozen dat ze met niet-invasieve methoden kunnen worden beoordeeld.

De volgende kwantitatieve criteria werden voorgesteld door BIOCONSULT & SUBMARIS (2021):

- (1) Harde bodembedekking (hoeveel % van de zeebodem is bedekt met een harde bodem).
- (2) Aantal / dekking van stenen >40-50 cm randlengte
- (3) Bedekkingsgraad van de harde bodem met sessiele epifauna (%)
- (4) Soortenaantal karakteristieke (habitat-typische) soorten

- (5) Groeihoogte en vorm van sessiele karakteristieke (habitattypische) epifauna
- (6) Dichtheid van kenmerkende vagiele ongewervelde megafaunasoorten
- (7) Dichtheid van kenmerkende vissoorten
- (Aanvullende) Soorten/taxa van de begeleidende fauna van de harde bodem

Tab. 7 vergelijkt verschillende abiotische en biotische parameters voor de vier locaties. De door BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) voorgestelde parameters zijn vetgedrukt en de rangorde van de afzonderlijke parameters is in kleur gemarkeerd (rang 1: groen, rang 2: oranje, rang 3: geel, rang 4: rood). De parameters in tabel 7 maken duidelijk dat de locatie Riffgat een bijzondere positie inneemt ten opzichte van de drie verdachte locaties. Met één uitzondering "Soorten/taxa aantal fauna van de harde bodem", alle parameters bereiken hier de hoogste waarden. BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) benadrukten ook dat de vindplaats Riffgat door de hoge dichtheid aan stenen, de afmetingen van de stenen en de diversiteit en overvloed aan karakteristieke soorten een stenenveld met een bijzonder karakter is, dat voor zover wij weten in deze vorm zelden in de Nedersaksische kustzee wordt aangetroffen en nog geen tweede keer is gedocumenteerd. Het huidige onderzoek bevestigt dus in principe de bevindingen van 2020.

Als een gemiddelde waarde wordt berekend op basis van de voorgestelde beoordelingscriteria van BIOCONSULT & SUBMARIS (2021), wordt het duidelijk dat de drie verdachte locaties Alpha, Bravo en Charlie niet fundamenteel van elkaar verschillen, maar dat ze een lagere impact hebben op de abiotische en biotische parameters in vergelijking met de locatie Riffgat.

Op alle locaties werd een lagere gemiddelde bedekking van de zeebodem met stenen, een kleinere steengrootte en minder grote stenen gevonden (Tab. 7). Terwijl de dichtheid van stenen en het aantal grotere stenen beter was op de Charlie-locatie dan op de andere locaties, werden grotere stenen gevonden op de Bravo-locatie, waar de sessiele fauna hoger was.

De resultaten van deze studie tonen aan dat de abiotische structuur een invloed heeft op de biotische expressie: Hoe groter de stenen, hoe uitgebreider de driedimensionale structuur, het oppervlak en het spletenstelsel, en hoe meer niches er beschikbaar zijn voor sessiele en vagiele soorten. Hoe groter de stenen, hoe kleiner de kans dat ze worden overgeschuurd en afgeschuurd door sedimentdrift, wat de stabiliteit van de habitat voor het epi- benthos verhoogt. Sponzen en sommige Anthozoa in het bijzonder kunnen zeer oud worden (10-20 jaar) en hebben een zo ongestoord mogelijke habitat nodig, zowel antropogeen als natuurlijk. Zo werden grotere sponzen en de dodemanshand (*Alcyonium digitatum*) steeds vaker aangetroffen op de vindplaats in het Riffgat. Deze zeer langzaam groeiende filterfeeders hebben lange, ongestoorde perioden nodig om grote individuen/kolonies te vormen en zijn ook zeer gevoelig voor sediment. Deze basis lijkt alleen aanwezig te zijn op de Riffgat site, omdat de stenen daar zo dicht zijn dat ze elkaar kunnen beschermen en vastzetten, en tegelijkertijd zo hoog opstijgen dat de sedimenttoevoer en -bedekking beperkt zijn. Op de andere drie vindplaatsen leiden sterke stormen waarschijnlijk regelmatig tot het bedekken van kleinere stenen met zand. De grotere stenen worden echter zelden bedekt, te oordelen naar hun vegetatie. Op

Op deze plekken is de epifauna mogelijk permanent in een vroeger stadium van successie, vooral op kleinere stenen.

Tab. 7: Vergelijking van abiotische en biotische kenmerken van de rifstructuren op de vier locaties volgens verschillende criteria.

Vetgedrukte kenmerken: criteria voorgesteld door BIOCONSULT & SUBMARIS (2021) voor een statusbeoordeling van riffen in kustwateren.

Rang 1: groen, rang 2: oranje, rang 3: geel, rang 4: rood

Parameter		Alfa	Bravo	Charlie	Rifgat
Abiotica	gemiddelde bedekking (cat.) zeebodem met stenen	1	0,5	1,04	3,16
	Aantal stenen >30 cm gestandaardiseerd op 100 m²	12	17	13,5	146
	middelgrote steen (cat.)	1,69	2,5	1,77	3
	Gemiddelde bedekking (cat.) Stenen met sessiele fauna	2	2,25	2	3
Biotica	Totaal aantal soorten	39	46	54	61
	Aantal RL-soorten	7	7	9	10
	Soortenaantal vagile megafauna	6	5	7	8
	Soort aantal habitattypische soorten	10	8	9	13
	Gemiddelde abundantie (ind./100 m²) van kenmerkende vissoorten	2,1	0	3,1	13,3
	Gemiddelde abundantie (ind./100 m²) van kenmerkende vagiele ongewervelden	22,9	16,7	26	38,8
	Soorten aantallen Krasmonsters	28	41	42	49
	Soorten/taxa van harde bodemfauna (secundaire harde bodemfauna) fauna)	16	21	25	24
	Groeihoogte en vorm van sessiele cha- ractische (habitattypische) epifauna	niet beoordeeld vanwege zeer vroege bemonstering medio april bij 7°C watertemperatuur			
Som (boven) en gemiddelde (onder) voor de parameters volgens BIOCONSULT & SUBMARIS (2021)	66	65,45	79,64	241,26	
	9,4	9,4	11,4	34,5	

Een aantal structuur- en habitatvormende soorten die geclassificeerd kunnen worden als habitattypisch werden op alle locaties aangetroffen. Ook het aantal Rode Lijstsoorten verschilde niet significant tussen de locaties. Hetzelfde geldt voor de secundaire (geassocieerde) harde bodemfauna, die op alle locaties soortenrijk was (uitzondering Alpha).

De vagiele megafauna kwam op alle sites voor met verschillende soorten, maar riftypische soorten zoals kreeft, eetbare krab, zeebaars en botervis werden in grotere dichtheid aangetroffen op de Riffgat site. Deze soorten vertonen een nauwe associatie met het voorkomen van rotsen en hun overvloed lijkt gerelateerd te zijn aan de dichtheid en grootte van rotsen op basis van eerdere onderzoeken. Het lijkt aannemelijk dat de Riffgat vindplaats deze soorten meer niches en schuilplaatsen tussen de stenen biedt dan de losse steenafzettingen op de andere drie vindplaatsen.

Door de hogere steendichtheid en het grotere aantal grotere stenen op de Charlie vindplaats in vergelijking met de Alpha en Bravo vindplaatsen, had deze vindplaats iets betere waarden voor de meeste biotische criteria. Ook hier speelt, naast het aantal stenen, de grootte van de stenen waarschijnlijk een belangrijke rol (zie hierboven).

Hoewel het rifkarakter op de drie sites Alpha, Bravo en Charlie minder uitgesproken is dan op de site Riffgat, werd op alle sites een rifachtige gemeenschap waargenomen, die een ruimtelijk zeldzame en bijzondere gemeenschap vormt binnen de zandgebieden van de Duitse Noordzeekust. De functie van minder goed ontwikkelde rotsachtige gebieden als springplank en regeneratiereservoir voor de verspreiding van bentische organismen moet ook worden benadrukt. De classificatie als biotoop (rif) die bescherming verdient, is daarom niet alleen gerechtvaardigd op basis van het voorkomen van stenen, maar ook op basis van de biotische kolonisatie en de ecosysteefunctie voor alle vier de locaties.

Literatuur

- ALVAREZ, H., S. GARCÍA, A. L. PERRY, B. J., D. J. MAAHOLM & R. AGUILAR, 2019: Protecting the Noordzee: Stenen van Borkum. - Oceana, Madrid, 56 blz.
- BELL, J. J., 2008: Sponzen als biologische verstoorders. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 127-135.
- BELL, J. J. & D. K. A. BARNES, 2002: Density, distribution and decline of two species of unattached demosponge. - Sarsia 87: 110-118.
- BFN, 2011: Soortenrijke grind-, grofzand- en kiezelbanken in zee- en kustgebieden. Definitie- en karteringsgids voor grind-, grofzand- en kiezelbanken. - 5 p. Status oktober 2011.
- BFN (red.), 2017a: Die Meeresschutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee - Beschreibung und Zustandsbewertung. - BfN-Skripten 477, 549 p.
- BFN (red.), 2017b: Methodik der Managementplanung für die Schutzgebiete in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nord- und Ostsee. - (Opgesteld door Kramer, M., Bleich, S., Dierschke, V., Koschinski, S., Schückel, S., Darr, A., Bildstein, T., Schuchardt, B.) BfN-Skripten 478 Bonn: 104 p.
- BFN, 2018: BfN karteringsgids voor "riffen" in de Duitse exclusieve economische zone (EEZ) - Beschermde biotoop volgens § 30 lid 2 p. 1 nr. 6 BNatSchG, FFH - bijlage I - habitatype (code 1170). - 70 S.
- BIOCONSULT, 2013: Das Makrozoobenthos auf der potenziellen Kompensationsfläche zur Umfahrung Minsener Oog. - (Deskundigenadvies in opdracht van WSA Wilhelmshaven) 32 blz.
- BIOCONSULT, 2018: Optisch en biologisch onderzoek voor een benthische biotoopclassificatie in de kustzee van Nedersaksen - Pilotstudie Borkum Riffgrund. - (in opdracht van het Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) Oldenburg). S. 144.
- BIOCONSULT, 2019a: Benthos kartering in de sublitorale ebdelta en geulzone van Sylt en Amrum. Vestigingspatronen en biotopen. - (in opdracht van het Onderzoeks- en Technologiecentrum Westkust, Büsum) 67 p.
- BIOCONSULT, 2019b: Optisch en biologisch onderzoek voor een benthische biotoopclassificatie in de kustzee van Nedersaksen en de Eems/Osterems - Resultaten van de kartering in september 2018 - (i. A. des Nds. Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) Oldenburg) 62 p.
- BIOCONSULT, 2022: Perronlocatie N05a. Afbakening van het habitatype "Reef " (H1170) volgens BfN (2018). - (Rapport in opdracht van Deutsche Umwelthilfe) 19 blz.
- BIOCONSULT & SUBMARIS, 2021: Taucherische Erfassung, Analyse und Bewertung benthischer Biotope im niedersächsischen Küstengewässer. - (Rapport in opdracht van NLWKN Brake-Oldenburg en NLPV Wilhelmshaven) 98 blz. + bijlage.
- 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 blz.
- BRADSHAW, C., P. COLLINS & A. R. BRAND, 2003: In hoeverre beïnvloedt rechtopstaande sessiele epifauna de benthische biodiversiteit en samenstelling van gemeenschappen? - Mariene biologie 143: 783-791.
- COOLEN, J. W. P., 2017: North Sea Reefs - Benthic biodiversity of artificial and rocky reefs in the southern North Sea. - (Proefschrift, Wageningen University & Research) 203 p.
- COOLEN, J. W. P., O. G. BOS, S. GLORIUS, W. LENGKEEK, J. CUPERUS, B. VAN DER WEIDE & A. AGÜERA, 2015: Riffen, zand en rifachtig zand: een vergelijking van de benthische biodiversiteit van habitats in de Nederlandse Borkum Reef Grounds. - Tijdschrift voor Zeeonderzoek Volume 103, 2015: 84-92.
- DARR, A., M. L. ZETTLER, B. EBBE & L. GUTOW, 2014: Monitoring report: Status of benthic species and biotopes in the German Exclusive Economic Zone of the North Sea and Baltic Sea. Untersuchungsjahr 2013 - (Deskundigenadvies in opdracht van het Bundesamt für Naturschutz) 86 blz.
- 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: Duikonderzoek van de Steingrund bij Helgoland (FFH DE 1714-391) en conceptontwikkeling van een duikmonitoring voor het FFH-habitattype rif. Eindrapport. - S.
- DI CAMILLO, C. G., G. BAVESTRELLO, C. CERRANO, G. CINZIA, S. PIRAINO, S. PUCE & F. BOERO, 2017: Hydroïden (Cnidaria, Hydrozoa): Een verwaarloosde component van dierenbossen. - In: ROSSI, S. (red.), 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 p.
- EUROPESE COMMISSIE, 2013: Interpretatiehandboek voor habitats van de Europese Unie. - Europese Commissie, DG Milieu, Brussel: 144 blz.
- FINCK, P., S. HEINZE, U. RATHS, U. RIECKEN & A. SSYMANK, 2017: Rote Liste der gefährdeten Biotoptypen van Duitsland - Derde bijgewerkte versie 2017 - Natuurbehoud en biodiversiteit 156, 637 blz.
- GOLDING, N., J. ALBRECHT & F. MCBREEN, 2020: Verfijning van criteria voor het definiëren van gebieden met een "geringe gelijkenis" met stenen riffen van bijlage I; workshopverslag. - JNCC Report No. 656, JNCC, Peterborough, ISSN 0963-8091 34 pp.
- 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, Schotland. - 112.
- IRVING, R., 2009: The identification of the main characteristics of stony reef habitats under the Habitats Directive. Samenvattend verslag van een inter-agency workshop 26-27 maart 2008 - JNCC Report No. 432, 42 pp.
- JONES, C. G., J. H. LAWTON & M. SHACHAK, 1994: Organismen als ecosysteemingenieurs. - Oikos 69: 373-386.
- KNIGHT-JONES, E. W. & J. MOYSE, 1961: Intraspecific competition in sedentary marine animals. - Symp. Soc. Exp. Biol. 15: 72-95.
- 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: Mariene wateren en intergetijdengebieden. - 23 S.
- KÜHNE, S. & E. RACHOR, 1996: De macrofauna van een stenig zandgebied in de Duitse Bocht (Noordzee). - Helgoländer Meeresuntersuchungen 50 (4): 433-452.
- LACKSCHEWITZ, D., K. REISE, C. BUSCHBAUM & R. KAREZ, 2022: Neobiota van de Duitse Noordzee- en Oostzeekusten. Geïntroduceerde soorten in Duitse kustwateren. - LLUR SH- Gewässer, 394 p.
- MANFQ, 2014: Rif (H1170). - 7 p. <https://www.natura2000.nl/profielen/h1170-riffen> MARINESPACE, 2022a: N05A-7-10-0-70041-01-02 - Habitat Assessment Report - N05a-Riffgat OWF. Kabelroutegebied. - S.
- MARINESPACE, 2022b: N05A-7-10-0-70044-01-02: Habitatbeoordelingsverslag - N05a Platformgebied. - Rapport in opdracht van one dyas (Amsterdam, Nederland) en GEOxyz (Zwegem, België), 102 p. + bijlage.
- 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-substraat habitats in de Duitse Bocht (zuidoostelijke Noordzee) waargenomen met behulp van driftvideo's. - Tijdschrift voor zeeonderzoek 144: 78-84.
- MOLAND, E., E. M. OLSEN, H. KNUTSEN, J. A. KNUTSEN, S. E. ENERSEN, C. ANDRÉ & N. C. STENSETH, 2011: Activiteitspatronen van de wilde Europese kreeft *Homarus gammarus* in kustwateren

- mariene reservaten: implicaties voor het ontwerp van toekomstige reservaten. - Voortgangssreeks mariene ecologie 429: 197-207.
- NELSON, M. L. & S. F. CRAIG, 2011: Rol van de zeeanemoon *Metridium senile* bij het structureren van een zich ontwikkelende subtidal fouling community. - Mar. Ecol. Prog. Ser. 139-149.
- NLWKN, 2011: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotooptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen. - FFH-habitattypen en biotooptypen met prioriteit voor instandhoudings- en ontwikkelingsmaatregelen - riffen. - Nedersaksische strategie voor het behoud van soorten en biotopen, Hannover. - 12 S.
- PAINE, R. T., 1966: Food web complexity and species diversity. - American Naturalist 100: 65-75.
- RACHOR, E., R. BÖNSCH, K. BOOS, F. GOSELCK, 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 (red.), Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 2: Meeresorganismen. Münster (Landwirtschaftsverlag). Bundesamt für Naturschutz. Bonn. Natuurbehoud en biodiversiteit. 70 (2): 81-176.
- RACHOR, E. & P. NEHMER, 2003: Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee. - (Eindverslag voor het R+D-project FKZ 899 85 310 BfN). Alfred Wegener Instituut voor polair en marien onderzoek, Bremerhaven: 175 blz.
- SCHRIEKEN, N., A. GITTENBERGER, J. COOLEN & W. LENGKEEK, 2013: Mariene fauna van harde substraten van de Klaverbank en de Doggersbank - 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.
- TANAKA, K., 2002: Groeodynamiek en sterfte van de intertidale korstspoon *Halichondria okadai* (Demospongiae, Halichondrida). - Mariene biologie 140: 383-389.
- 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.
- TONK, L. & M. J. C. ROZEMEIJER, 2019: Ecologie van de bruine krab (*Cancer pagurus*) en productiepotentieel voor passieve visserij in Nederlandse offshore windparken. Wageningen, Wageningen Marine Research (University & Research centre), Wageningen Marine Research rapportnummer C064/19A. - 49 S.
- WHOMERSLEY, P. & G. B. PICKEN, 2003: Long-term dynamics of fouling communities found on oishore installations in the North Sea. - J. Mar. Biol. Ass. U.K. 83: 897-901.