

Eine Tiefenanalyse der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1

Bachelor Thesis zum Erlangen des Studienabschlusses Bachelor of Science (B. Sc.) im *Internationalen Studiengang Technische und Angewandte Biologie (ISTAB)* an der Hochschule Bremen.

Erstprüfer: Prof. Dr. Heiko Brunken

Zweitprüfer: Prof. Dr. Dietmar Zacharias

Verfasser: Stephanie Simon

Matr.-Nr.: 239843

Adresse: Woltmershauserstraße 100 A, 28197 Bremen

Email: S_Simon@gmx.net

Telefon: 0176 30 33 97 17

Abgabedatum: 07.02.2012

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	III
Abstract	V
1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	5
2.1 Forschungsplattform FINO 1	5
2.2 Probennahmestrategie	6
2.3 Auswertung der Unterwasserfotos	7
2.4 Berechnung von Deskriptoren der Aufwuchsgemeinschaft (Shannon-Wiener Diversität, Artenanzahl, Pielou's Evenness).....	9
2.5 Uni- und multivariate statische Analyse (ANOVA, nMDS-Plot, ANOSIM, SIMPER-Analyse)	10
3 Ergebnisse	12
3.1 Beschreibung der Tiefenzonierung der Epifaunagemeinschaft	12
3.2 Multivariater Vergleich der Epifaunagemeinschaften verschiedener Tiefenstufen.....	14
3.3 Vergleich der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen anhand univariater Gemeinschaftsdeskriptoren	17
3.3.1 Shannon-Wiener-Diversität, Artenanzahl, Pielou's Evenness	17
3.3.2 Artspezifische Tiefenprofile der Taxa <i>Mytilus edulis</i> , <i>Jassa</i> spp., <i>Halichondria panicea</i> sowie <i>Metridium senile</i>	19
3.4 Vergleich mit Daten aus dem Jahr 2007	22
4 Diskussion	24
4.1 Tiefenzonierung der Epifauna.....	24
4.1.1 Strukturbeeinflussende Umweltfaktoren der Epifauna.....	24
4.1.2 <i>Mytilus edulis</i>	25
4.1.3 <i>Jassa</i> spp.....	26
4.1.4 <i>Halichondria panicea</i>	27
4.1.5 <i>Metridium senile</i>	28
4.1.6 Unbesiedelte Flächen.....	29
4.2 Artdiversität der Epifauna auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1	30
4.3 Vergleich mit Daten aus dem Jahr 2007	33
4.4 Vergleich der Epifauna auf künstlichem und natürlichem Hartsubstrat	34
4.5 Mögliche ökosystemare Auswirkungen auf die (Epi-) Benthosgemeinschaft von Offshore-Windparks	36

5 Zusammenfassung	40
6 Danksagung.....	41
Literatur	42
Anhang	VI
Eidesstaatliche Erklärung	XLIX

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Geplante und genehmigte Offshore-Windparks und deren Kabelanbindung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee (Stand: Januar 2012)	2
Abbildung 2: a) Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee etwa 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum. b) Jacket-Konstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht mit der Messkette des BSH	5
Abbildung 3: a) Das auf der Forschungsplattform FINO 1 installierte Kamerasystem der Firma iSiTEC GmbH (Bremerhaven). b) Das LED-Scheinwerfersystem. c) Das Windensystem an einem senkrechten Führungsrohr am Nordpfeiler der Forschungsplattform.....	6
Abbildung 4: a) Unterwasseraufnahme der Epifauna in 15,58 m Tiefe an der Unterwasserkonstruktion von der Forschungsplattform FINO 1. b) Unterwasseraufnahme nach der Identifizierung und anschließender Markierung der Taxa auf dem Foto.....	8
Abbildung 5: Tiefenspezifische Zusammensetzung der Epifaunagemeinschaft auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht	14
Abbildung 6: nMDS-Plot veranschaulicht die strukturellen Ähnlichkeit der Epifaunagemeinschaften in verschiedenen Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht	16
Abbildung 7: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Shannon-Wiener-Diversität der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht	17
Abbildung 8: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Artenanzahl der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht	18
Abbildung 9: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Evenness (Äquität) der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht	18
Abbildung 10: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch die Miesmuschel (<i>Mytilus edulis</i>). b) Digitales Unterwasserfoto von <i>Mytilus edulis</i>	19
Abbildung 11: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch die Bauten der Amphipoden-Gattung <i>Jassa</i> spp.. b) Digitales Unterwasserfoto von <i>Jassa</i> spp.	20
Abbildung 12: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen	

Bucht durch <i>Halichondria panicea</i> . b) Digitales Unterwasserfoto von <i>Halichondria panicea</i>	21
Abbildung 13: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch <i>Metridium senile</i> . b) Digitales Unterwasserfoto von <i>Metridium senile</i>	21
Abbildung 14: a) Tiefenspezifische, prozentuale Ausdehnung unbesiedelter Flächen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. b) Digitales Unterwasserfoto von unbesiedelten Flächen.....	22
Abbildung 15: nMDS-Plot zum Vergleich der tiefenspezifischen Epifaunagemeinschaften auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht in den Wintern der Jahre 2007 und 2011.....	23
Abbildung 16: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Bray-Curtis-Ähnlichkeit [%] der Epifaunagemeinschaften gleicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in den Jahren 2007 und 2011	23
Tabelle 1: Sieben Tiefenstufen mit der jeweiligen Wassertiefe [m], in denen die Epifauna auf der künstlichen Unterwasserstruktur der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht dokumentiert wurde.....	7
Tabelle 2: Liste aller erfassten Taxa an der Unterwasserkonstruktion von der Forschungsplattform FINO 1, die mittels digitaler Unterwasserbilder dokumentiert wurden.....	12
Tabelle 3: Ergebnis der ANOSIM zum Vergleich der Epifaunagemeinschaften verschiedener Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee.....	15
Tabelle 4: Durchschnittlicher Bedeckungsgrad [%] (\pm Standardabweichung) der Taxa, die stark zu den strukturellen Unterscheiden in den Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee beitragen (Ergebnis der SIMPER-Analyse).....	17

Abstract

The demand for offshore wind power is expected rise in the future in Germany. This will result in a substantial implementation of artificial hard substrates in areas which are naturally characterized by sedimentary habitats. This will affect the composition of the species communities of the respective area because artificial hard substrates in the marine environment are known to provide habitat for various species. The epibiota on the submerged structure of the research platform FINO 1 in the German Bight was investigated by digital underwater photography. Uni- and multivariate analysis revealed a specific zonation pattern in the composition of the epifauna along a vertical pylon of the underwater construction. The composition of the epifaunal community was characteristic for artificial hard substrates in the North Sea. Dominant taxa were the blue mussel *Mytilus edulis*, the amphipod *Jassa* spp., anthozoans, and the sponge *Halichondria panacea*. A comparison with the composition of the epifauna in the year 2007 showed substantial changes in the community in specific water depths due to successional development of the fauna. A literature research verified the hypothesis that the diversity of epibenthic communities is higher on natural than on artificial hard substrates. However, the elevated input of artificial hard substrates along with other disturbing effects of offshore wind farms such as noise, shadowing, electromagnetic fields and changed hydrological conditions may influence the marine benthic environment. The potential ecological implications of the addition of these anthropogenic habitats for benthic communities are discussed.

1 Einleitung

Auf der Suche nach sauberen und erneuerbaren Energieressourcen als Ersatz für fossile Brennstoffe und Kernenergie entwickelt sich die Offshore-Windenergie zu einem integralen Bestandteil der europäischen Energiepolitik. Mit der stetig ansteigenden Nachfrage nach Windkraftanlagen muss, aufgrund begrenzter Flächen an Land, auf Offshore-Gebiete ausgewichen werden (PETERSEN & MALM 2006). Die Nutzung der Windenergie im Offshore-Bereich bietet verschiedene Vorteile: Einerseits können größere Windkraftanlagen als auf dem Festland zum Einsatz kommen, andererseits kann die Energieausbeute durch stärkere und konstantere Winde gesteigert werden. Mehrere westeuropäische Staaten planen einen verstärkten Ausbau der Offshore-Windenergie entlang der atlantischen Küsten. Bei voller Auslastung der Anlagen sollen 50 000 Megawatt pro Anlage durch den Wind auf hoher See bis zum Jahr 2030 generiert werden (SHAW *et al.* 2002). Die deutsche Bundesregierung verabschiedete im Jahre 2002 eine Strategie zur Windenergienutzung auf See, um das Potenzial der Offshore-Windkraftanlagen umwelt- und naturverträglich nutzen zu können. Bis zum Jahr 2030 soll die Offshore-Windenergie, nach einem stufenweisen Ausbau, etwa 15 % des deutschen Strombedarfes decken (URL 1). Die gesetzliche Grundlage zur Realisierung dieses ehrgeizigen Ziels wurde im April 2002 durch die Verabschiedung des Erneuerbare Energien-Gesetzes (EEG) geschaffen. Das Gesetz verpflichtet Stromerzeuger, den Strom vorrangig aus erneuerbaren Energien zu beziehen. Als finanziellen Anreiz wird den Betreibern von Offshore-Windparks eine festgelegte Vergütung für den Strompreis von 9,1 ct/kWh garantiert. Projekte, die sich innerhalb der Gebiete befinden, die im Jahre 2004 nach der Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH-RL) sowie der EU-Vogelschutz-Richtlinie (V-RL) als Schutzgebiete ausgewiesen wurden, sind von dieser Förderung ausgeschlossen (ZEILER *et al.* 2005).

Die Besonderheit der geplanten Offshore-Windparks in Deutschland besteht darin, dass die Anlagen aus Gründen des Naturschutzes und des Tourismus seewärts der 12-Seemeilengrenze, in der sogenannten ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ), gebaut werden (ZEILER *et al.* 2005) (Abbildung 1). Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) ist für die Raumplanung der AWZ zuständig und besitzt somit nach Seeanlagen-Verordnung (SeeAnlV) die Genehmigungsgewalt für Offshore-Windparkprojekte. Jeder Antragssteller hat einen Rechtsanspruch auf eine Genehmigung des Baus und der Inbetriebnahme von Offshore-Windenergieanlagen (WEA), soweit die Sicherheit und Leichtigkeit des

Verkehrs gewährleistet und eine Gefährdung der Meeresumwelt (einschließlich des Vogelzuges) ausgeschlossen werden. Es erfolgt keine Prüfung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Projektes (ZEILER *et al.* 2005).

Der erste Offshore-Windpark *alpha ventus* wurde offiziell im November 2001 genehmigt und im April 2010 an das Stromnetz angeschlossen. Aktuell sind 25 Anträge zum Bau von Offshore-Windparks in der Nordsee und drei Anträge in der Ostsee vom BSH genehmigt worden (URL 2).

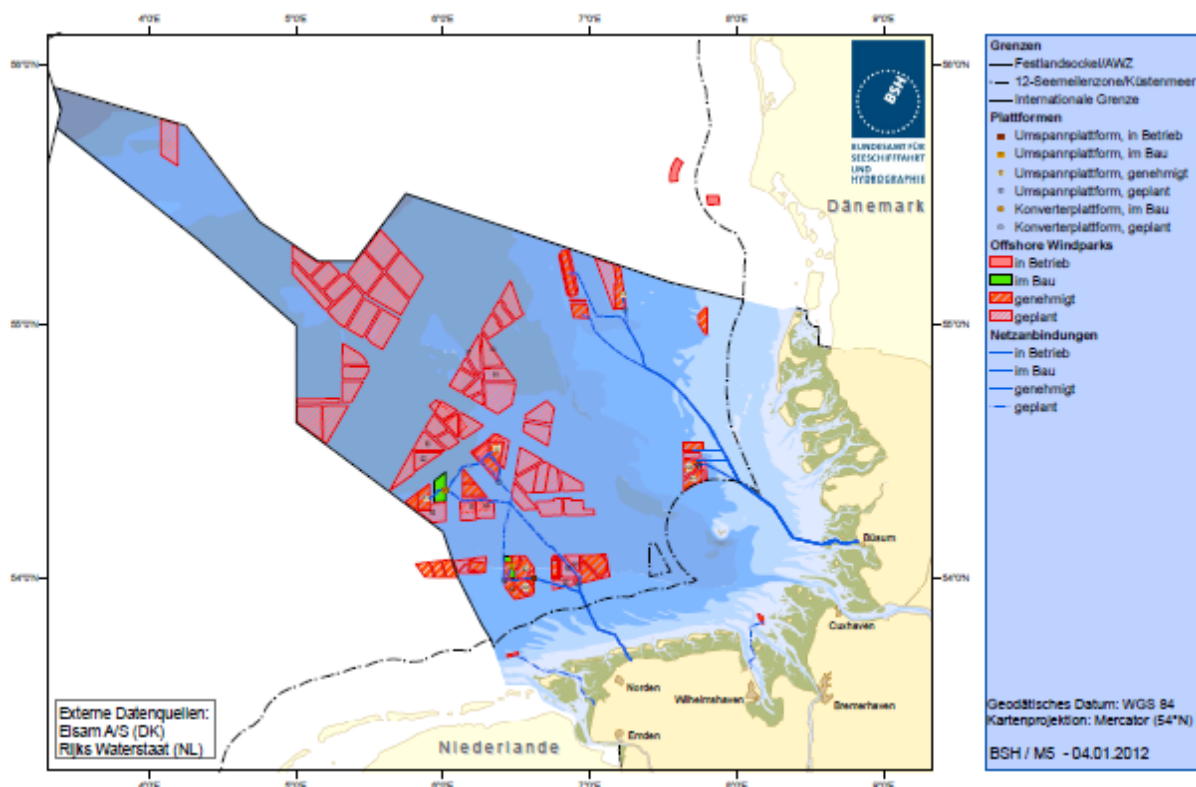


Abbildung 1: Geplante und genehmigte Offshore-Windparks und deren Kabelanbindung in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ) der Nordsee (Stand: Januar 2012) (URL 3).

Die Novellierung der SeeAnIV im April 2002 verpflichtet alle Betreiber von Offshore-Windparkprojekten eine Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) durchzuführen. Bei dieser UVP werden Schutzgüter, wie beispielsweise Boden, Wasser, benthische Fauna und Flora, Fische, Meeressäuger, Vögel, Kultur- und Sachgüter sowie Mensch und Landschaft untersucht (URL 1), um potenzielle Folgen durch beispielsweise Schattenwurf oder sich veränderte hydrologische Bedingungen aufzudecken und gegebenenfalls geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten (PETERSEN & MALM 2006, WILHELMSON & MALM 2008). Ferner könnten elektromagnetische Felder ein Gefahrenpotenzial bergen. Die Übertragung von Strom durch Seekabel (z. B. *HVDC* = *high voltage direct current*) erzeugt elektromagnetische Felder. Zahlrei-

che marine Organismen sind in der Lage, diese Felder wahrzunehmen. Elasmobranchia (Rochen und Haie) ebenso wie Aale nutzen elektrische und magnetische Felder zur Jagd bzw. Orientierung (CMACS 2003). Jedoch können nach dem heutigen Stand der Forschung keine Aussagen über eine Beeinflussung der marinen Organismen durch elektromagnetische Felder ausgehend von den Unterwasserseekabeln getroffen werden (PETERSEN & MALM 2006).

Eine weitere Umweltbelastung liegt in der Schallemission von Offshore-Windanlagen. Insbesondere Fische und Invertebraten sind sehr sensibel bezüglich des Schalls sowie Vibrationen und Druckveränderungen, die im Zusammenhang mit Geräuschen stehen (BARTOLOMÄUS 2002). Die durch schwingende Rotorblätter entstehenden Schallemissionen von Offshore-Windparks sind derzeit nicht umfassend untersucht. Ob Schallemissionen marine Organismen auf verschiedene Weise (Beutefindung, Orientierung, Vermeidung von Hindernissen sowie Kommunikation) (LUCKE 2010) negativ beeinflussen, kann derzeit nicht vollständig ausgeschlossen werden, da keine validen Untersuchungsergebnisse vorliegen (BARTOLOMÄUS 2002).

Um eine Standardisierung der ökologischen Bestands- und Begleituntersuchung zu gewährleisten, wurde das „Standarduntersuchungskonzept (StUK) für die Untersuchung und Überwachung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen (WEA) auf die Meeresumwelt“ eingeführt (ZEILER *et al.* 2005). Ferner werden im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogrammes (ZIP) der Bundesregierung Deutschland Projekte über ökologische Begleitforschungen von Offshore-Windenergie gefördert, um Konflikten zwischen Klima- und Meeresschutz vorzubeugen (URL 1). Im Jahre 2003 wurde die Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht gebaut, um Kenntnisse der Offshore-Bedingungen und Daten über die Auswirkungen auf die marine Flora und Fauna zu erhalten. Seit diesem Zeitpunkt werden kontinuierlich Felduntersuchungen und Feldexperimente durchgeführt, um spezielle Fragestellungen zu behandeln, die nicht durch ökologische Begleituntersuchungen beantwortet werden (URL 4). Unter der Leitung des Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (Bremerhaven) wurde das Projekt BeoFINO initiiert, das durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit finanziert wurde. Im Rahmen dieses Projektes wurde unter anderem die Besiedlung der Unterwasserstruktur der Forschungsplattform sowie die Veränderung der angrenzenden Bodenfauna während der ersten 1,5 Jahren nach dem Bau der Plattform untersucht (SCHRÖDER *et al.* 2008). Das künstliche Hartsubstrat der Unterwasserstruktur wurde bereits nach kurzer Zeit von einer hoch dynamischen Aufwuchsf fauna (Epifauna) besiedelt. Die Epifauna wies eine hohe Biomasse bei jedoch geringer Artenanzahl

auf. Eine Umstrukturierung der Weichbodengesellschaft und eine Veränderung der Sedimentcharakteristika im Nahbereich der Unterwasserkonstruktion wurden dokumentiert. Es war während der Projektphase der ersten BeoFINO-Untersuchung nicht möglich, die Ausdehnung des Einflussbereiches dieser Offshore-Konstruktion abzuschätzen, da die Sukzession an der Unterwasserkonstruktion und den damit verbundenen Flächen noch nicht abgeschlossen war (SCHRÖDER *et al.* 2008). Diese Aspekte standen im Fokus des BeoFINO II-Projektes, das im November 2007 abgeschlossen wurde.

In der vorliegenden Bachelor Thesis mit dem Titel *Eine Tiefenanalyse der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1* werden vier Hypothesen hinsichtlich der Epifauna überprüft:

- a) Die aktuelle Zusammensetzung der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 soll anhand digitaler Unterwasserfotografie dokumentiert werden. Es ist zu vermuten, dass eine Tiefenzonierung der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion vorzufinden ist. Uni- und multivariate Analysen der Daten soll darüber Aufschluss geben.
- b) Der erhobene Datensatz (Winter 2011) wird zum Vergleich mit den Daten aus dem BeoFINO II-Projekt (Winter 2007) verwendet. Eine Veränderung bzw. eine Weiterentwicklung der Hartbodengemeinschaft an der Unterwasserkonstruktion wird, aufgrund des natürlichen Sukzessionsverlaufs einer Gemeinschaft, erwartet.
- c) Ein Vergleich zwischen der Epifauna auf künstlichem und natürlichem Hartsubstrat soll auf Basis einer Literaturrecherche gezogen werden. Die Hypothese besagt, dass die Epifauna auf natürlichem Hartsubstrat infolge höherer Habitatkomplexität eine größere Artendiversität aufweist.
- d) Mögliche ökosystemaren Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die (Epi)Benthosgemeinschaft stehen am Ende dieser Bachelor Thesis im Fokus. Negative Folgen für die angrenzende benthische Flora und Fauna sind zu erwarten.

Im Vorfeld der Ausarbeitung werden zwei Begriffe definiert. Zum einen der Begriff *Epifauna*, der eine Aufwuchsgemeinschaft beschreibt, deren Lebensraum die Oberfläche eines Substrates darstellt (Meeresboden, Felsen, marine Vegetation, künstliches Hartsubstrat, etc.) (RUPPERT *et al.* 2004). Zum anderen der eingedeutschte Begriff *Fouling*, der für die Kolonisierung von (künstlichem) Hartsubstrat steht. Die Organismen, die in der Lage sind künstliche Hartsubstrate zu besiedeln, werden als Fouling Organismen bezeichnet (z.B. Miesmuschel) (WAHL 1989).

2 Material und Methoden

2.1 Forschungsplattform FINO 1

Die Forschungsplattform FINO 1 (Abbildung 2 a) befindet sich in der Deutschen Bucht (Nordsee) im Gebiet Borkum-Riffgrund, etwa 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum (Koordinaten: 54° 0,86' N, 6° 35,26' E). Die Plattform wurde im Jahr 2003 errichtet und dient der Untersuchung abiotischer (z.B. Meteorologie und Hydrologie), biologischer (Benthos, Fische, Vögel) und technischer Aspekte, die im Zusammenhang mit der Nutzung und dem Ausbau der Offshore-Windenergie in der Deutschen Bucht von Bedeutung sind (URL 4). Die Gründungsstruktur von FINO 1 besteht aus einer stählernen Gittermast- bzw. Jacket- Konstruktion, die in ca. 30 m Tiefe mit vier Pfeilern im Sediment verankert ist (Abbildung 2 b). Jeder Pfeiler besitzt einen Durchmesser von 1,5 m und weist eine Wandstärke von 18-40 mm auf. Das Gewicht eines Pfeilers beträgt 37 t (URL 4). Die Unterwasserstruktur verfügt über einen kathodischen Korrosionsschutz. Die Forschungsplattform ist ausgestattet mit einer Richtfunkverbindung zum Festland, die eine Steuerung der elektronischen Ausrüstung vom Festland aus erlaubt. Um wissenschaftliche Daten zu erheben, wurden zahlreiche Messgeräte auf FINO 1 installiert (Abbildung 2 b). FINO 1 wird als unbemannte Forschungsstation betrieben. Für Reparatur- und Wartungsarbeiten ist FINO 1 per Schiff oder Hubschrauber erreichbar (URL 4).

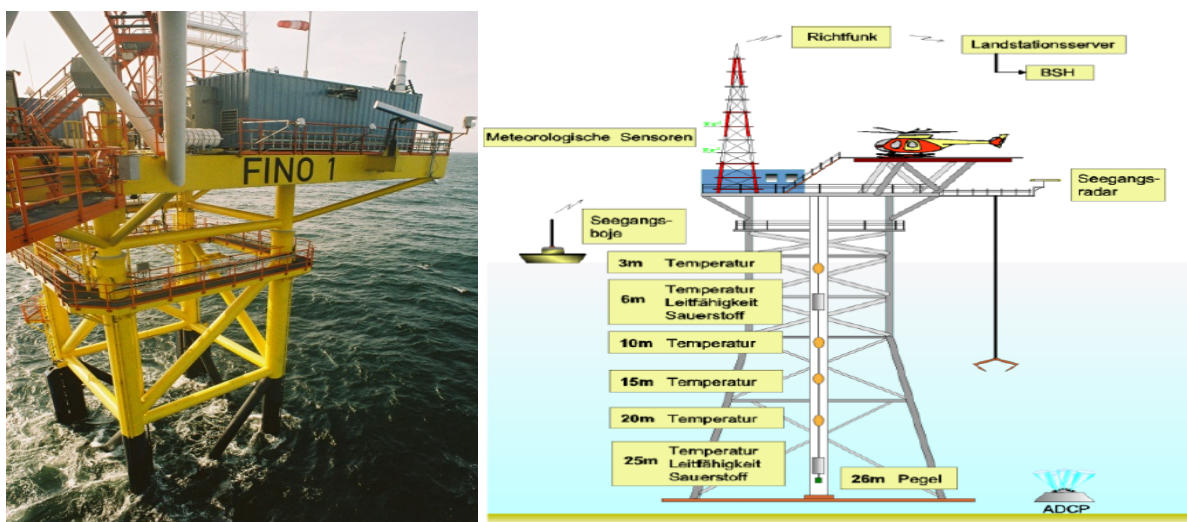


Abbildung 2: a) Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee etwa 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum (URL 5). b) Jacket-Konstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht mit der Messkette des BSH (SCHRÖDER *et al.* 2008).

2.2 Probennahmestrategie

Die Aufwuchsfaua auf der künstlichen Unterwasserstruktur von FINO 1 wurde mittels Unterwasserfotografie dokumentiert. Das von der Firma iSiTEC GmbH (Bremerhaven) entwickelte und im Jahr 2007 auf der Plattform dauerhaft installierte Kamerasystem (Abbildung 3 a) besteht aus einer digitalen Kamera des Typs Canon Powershot A 620 mit einem ringförmig um die Kameralinse angeordneten LED-Scheinwerfersystem (Abbildung 3 b). Die Kamera befindet sich in einem Druckgehäuse und ist auf einer Schwenk- und Neigeeinheit der Firma Sub-Atlantic gelagert. Die Kamera kann mittels eines Windensystems an einem senkrechten Führungsrohr am Nordpfeiler der Forschungsplattform entlang stufenlos bewegt werden (Abbildung 3 c). Dies ermöglicht eine Fotodokumentation über die gesamte Wassersäule bis zu einem unteren Anschlag auf 28 m Wassertiefe (SCHRÖDER *et al.* 2008). Bei einem Abstand von ca. 20 cm zur Oberfläche der Struktur wird bei kleinster Vergrößerung eine Fläche von 23,6 cm Breite und 17,7 cm Höhe und somit ein Oberflächenausschnitt von 418 cm² abgebildet. Diese Maße variieren mit der räumlichen Erhebung der Epifauna über das Substrat. Das Maß dieser Abweichung ist unbekannt und ungleichmäßig.

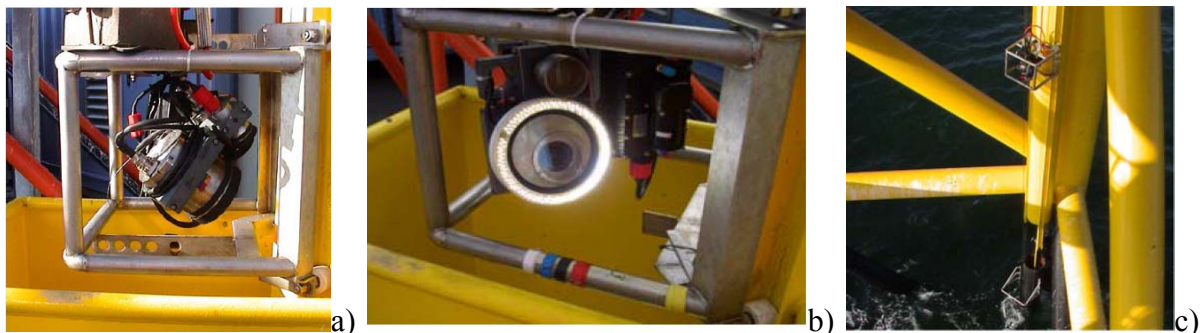


Abbildung 3: a) Das auf der Forschungsplattform FINO 1 installierte Kamerasystem der Firma iSiTEC GmbH (Bremerhaven). b) Das LED-Scheinwerfersystem, das ringförmig um die Kameralinse angeordnet ist, sorgt für eine gute Ausleuchtung der Unterwasseraufnahme. c) Das Windensystem an einem senkrechten Führungsrohr am Nordpfeiler der Forschungsplattform, um die Kamera stufenlos entlang der Unterwasserkonstruktion bewegen zu können (SCHRÖDER *et al.* 2008).

Das Kamerasystem wird durch Steuereinheit auf der Plattform überwacht, welche über die Richtfunkstrecke und Internet von einem Institutsrechner in Bremerhaven aus bedient wird. So kann das System auf FINO 1 jederzeit gesteuert werden, ohne persönlich vor Ort anwesend sein zu müssen (SCHRÖDER *et al.* 2008). Ein Einsatz der Kamera unter Wasser ist bis zu einer Windstärke von 7 Beaufort und entsprechendem Seegang möglich, ohne eine Beschädigung der Komponenten durch Wellenschlag befürchten zu müssen.

Die Epifauna auf der Unterwasserstruktur von FINO 1 wurde von Mitarbeitern des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung (AWI) bereits im Zeitraum von 2005 bis 2007 im Rahmen des Forschungsprojektes BeoFINO II untersucht (SCHRÖDER *et al.* 2008). Um eine Vergleichbarkeit mit den früheren Daten zu gewährleisten, wurden zur Dokumentation der Epifauna die sieben Tiefenstufen dieser vorangegangenen Untersuchung übernommen (Tabelle 1).

Tabelle 1: Sieben Tiefenstufen mit der jeweiligen Wassertiefe [m], in denen die Epifauna auf der künstlichen Unterwasserstruktur der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht dokumentiert wurde.

Tiefenstufe [m]	Wassertiefe [m]
1	0,35-1,86
5	4,00-,81
10	9,04-10,89
15	14,07-15,76
20	19,06-20,76
25	24,06-25,77
28	26,10-27,68

In jeder der sieben Tiefenstufen wurden die Epifauna anhand von 10 Fotos (Replikate) erfasst. Die Replikate sind eine Serie von Fotos, die von der zentralen Wassertiefe einer Tiefenstufe nach oben und unten ausgehend vertikal aneinander grenzen, ohne sich dabei zu überlappen. So wird vermieden, Abschnitte mehrfach zu dokumentieren. Jeweils 10 Bilder aus 7 Tiefenstufen ergeben für diese Untersuchung insgesamt 70 Bilder, die am 2. Dezember 2011 erstellt wurden.

2.3 Auswertung der Unterwasserfotos

Anhand der 70 Unterwasseraufnahmen des Nordpfeilers von FINO 1 wurde die qualitative (wenn möglich auf Artniveau) und quantitative Zusammensetzung der Epifauna in den jeweiligen Tiefenstufen dokumentiert. Ferner wurden artspezifische Tiefenprofile ausgesuchter Taxa (*Halichondria panicea*, *Jassa* spp., *Metridium senile*, *Mytilus edulis*) dargestellt.

Die Auswertung der digitalen Bilder fand mit der Bildbearbeitungssoftware Adobe Photoshop Version 7.0.1 statt (Abbildung 4 a und b). Hierbei wurden die Bildpunkte (Pixel), die von einzelnen Taxa auf den Bildern eingenommen wurden, auf die Gesamtpixelanzahl des Fotos

bezogen. Für diese Berechnung wurde das Computerprogramm Microsoft Excel[®] 2007 verwendet. Das Ergebnis spiegelte die prozentuale Bedeckung der Taxa pro Bild wieder. Konnten Bereiche eines Fotos aufgrund schlechter Ausleuchtung oder der Kameraeinstellung nicht in die Auswertung mit einfließen (sogenannte *dark areas*), wurde für die Berechnung des Bedeckungsgrades die Gesamtpixelanzahl des Bildes um die Pixelanzahl der *dark areas* reduziert. Unbesiedelte Flächen auf dem Pfeiler wurden ebenfalls erfasst, jedoch bei der Analyse der Epifaunagemeinschaft nicht als Taxon berücksichtigt.

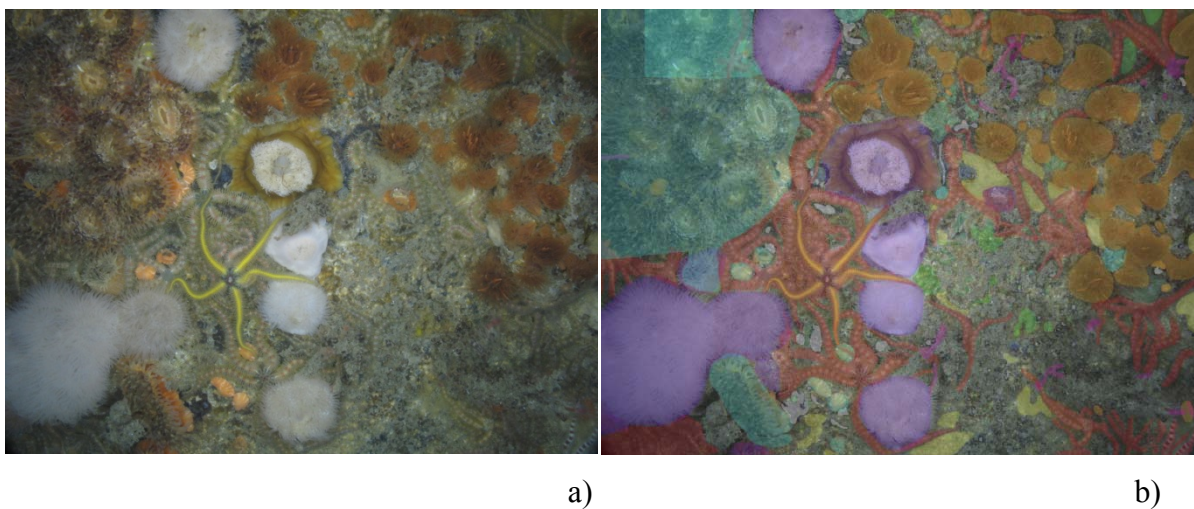


Abbildung 4: a) Unterwasseraufnahme der Epifauna in 15,58 m Tiefe an der Unterwasserkonstruktion von der Forschungsplattform FINO 1. b) Unterwasseraufnahme nach der Identifizierung und anschließender Markierung der Taxa mit der Computersoftware Adobe Photoshop Version 7.0.1.

Dreidimensionale Strukturen der Aufwuchsfauna können Organismen bzw. Teile von Organismen in einem zweidimensionalen Bild überlagern. Einige Invertebraten besitzen die Fähigkeit, Körperteile aktiv abzuwerfen (Autonomie) (RUPPERT *et al.* 2007). Für diese Organismen konnte die Unversehrtheit nicht vorausgesetzt werden. Folglich gingen bei zur Autonomie befähigten Organismen nur die auf den Bildern sichtbaren Körperteile in die Berechnung der prozentualen Bedeckung der Taxa mit ein. Für Taxa, die nicht zur Autonomie befähigt sind (z.B. Bivalvia), wurde der vollständige Körperumriss, basierend auf der anatomischen Kenntnisse der Bearbeiterin, abgeschätzt und der Bedeckungsgrad des vollständigen Individuums bestimmt. Ferner wurde angenommen, dass sich unterhalb sichtbarer Organismen keine weiteren Individuen befanden. Dies kann zu einer quantitativen Unterbewertung von Taxa führen. Bauten der Amphipoden-Gattung *Jassa* bedeckten die Unterwasserstruktur von FINO 1 großflächig und überdeckten dabei beispielsweise ganze Miesmuscheln (*Mytilus*

edulis). Derart überwucherte Muscheln wurden berücksichtigt, wenn keine Anzeichen dafür bestanden, dass diese Individuen nicht lebendig waren (z.B. geöffnete Schale ohne sichtbares Gewebe). Der Bedeckungsgrad der Amphipoden *Jassa* spp. wurde nicht für einzelne, auf der Oberfläche sichtbare Individuen bestimmt, sondern für die umfangreichen, flächigen Konstruktionen der Bauten.

Eine stichpunktartige Überprüfung der Bildauswertung durch einen erfahrenen Wissenschaftler, gewährleistete die Qualität der Fotoanalyse.

2.4 Berechnung von Deskriptoren der Aufwuchsgemeinschaft (Shannon-Wiener Diversität, Artenanzahl, Pielou's Evenness)

Zur Beschreibung der Diversität wurde der Shannon-Wiener-Index (H') verwendet (ZAR 1999). Dieser ergibt sich aus zwei Parametern: die Artenanzahl (*species richness*) und die Gleichmäßigkeit der Verteilung der Individuen (bzw. hier des Bedeckungsgrads) auf die vorhandenen Arten (*evenness*, Pielou's Evenness oder auch Äquität) und wird nach der folgenden Gleichung berechnet (ZAR 1999):

$$H' = - \sum_i P_i \times \log(P_i)$$

Hierbei ist P_i die relative Häufigkeit (hier: Bedeckungsgrad) der i -ten Art einer Probe (hier: auf einem Bild).

Mithilfe des Shannon-Wiener-Index (H') und der Artenanzahl (*species richness*) (S) kann nun die Äquität (Pielou's Evenness) (E) berechnet werden. Dieses Maß quantifiziert die Gleichverteilung der Arten innerhalb einer Probe (ZAR 1999, URL 6, URL 7):

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Sowohl der Shannon-Wiener-Index, die Pielou's Evenness, als auch die Artenanzahl wurden mittels der Statistiksoftware Primer 6 (*Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research*) bestimmt.

2.5 Uni- und multivariate statistische Analyse (ANOVA, nMDS-Plot, ANOSIM, SIMPER-Analyse)

Die Ähnlichkeit der Epifaunagemeinschaften der einzelnen Bilder wurde graphisch anhand von zweidimensionaler nicht-metrischer, multidimensionaler Skalierung (*non-Metric Multidimensional Scaling* - nMDS) auf der Basis der Bray-Curtis-Ähnlichkeit dargestellt (LEYER & WESCHE 2007). Hierfür wurden die Bedeckungsgrade der Taxa aller Fotos zunächst $\sqrt{\cdot}$ -transformiert, um den Einfluss extrem abundanter bzw. extrem seltener Arten auf das Ergebnis der multivariaten Analysen zu reduzieren und dieses somit robuster zu machen (LOZÁN & KAUSCH 1998). Die Gemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen wurden anhand einer *Analysis of Similarity* (ANOSIM) verglichen. Anhand der *Similarity Percentage analysis* (SIMPER) wurden die Taxa identifiziert, die maßgeblich zu den Unterschieden in den Epifaunagemeinschaften der verschiedenen Tiefenstufen beitrugen (SUNDERMANN 2005). Die angewandten, multivariaten Verfahren sind für nicht normalverteilte, nicht lineare Daten ausgelegt (SUNDERMANN 2005). Die multivariaten Analysen wurden anhand des Programmes Primer 6 durchgeführt.

Die Mittelwerte univariater Gemeinschaftsdeskriptoren (Shannon-Wiener-Diversität, Evenness, Artenanzahl) sowie die mittleren Bedeckungsgrade ausgewählter Taxa in unterschiedlichen Tiefenstufen wurden mittels einfaktorieller Varianzanalysen (ANOVA) verglichen. Die prozentualen Bedeckungsgrade wurden hierzu zunächst arcsin-transformiert. Die ANOVA stellt bestimmte Ansprüche an die Daten:

- a) Die Messwerte (Faktorstufen) müssen unabhängig voneinander sein.
- b) Die Varianzhomogenität unter den Stichprobenvariablen muss gewährleistet sein.
- c) Die Stichproben müssen aus einer normalverteilten Grundgesamtheit stammen,

wobei die ANOVA als recht robust gegenüber Abweichung von der Normalverteilung angesehen wird (SCHERMELLEH-ENGEL & WERNER 2007). Die Unabhängigkeit der Daten wird hier als gegeben betrachtet. Mit Hilfe des Bartlett's-Test wurden die Daten auf Varianzhomogenität überprüft. Bei Abweichung von Varianzhomogenität wurde versucht, diese anhand einer Transformation ($\sqrt{\cdot}$ bzw. ln-Transformation) herzustellen. Konnte die Varianzhomogenität auch mit Datentransformation nicht erreicht werden (z.B. Bedeckungsgrade von *Jassa* spp.), so wurde anstatt der ANOVA ein nicht parametrischer Kruskal-Wallis-Test zum Vergleich der Mediane angewendet (ZAR 1999). Es wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ zugrunde gelegt. Wurden anhand der ANOVA bzw. des Kruskal-Wallis-Tests signifikante

Unterschiede zwischen den Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen bestätigt, so wurden Posthoc-Tests nach Student-Newman-Keuls bzw. Dunn durchgeführt, um zu identifizieren, welche Tiefenstufen sich hinsichtlich jeweiliger Parameter (z.B. Epifaunagemeinschaft) unterschieden (ZAR 1999).

Auf der Basis der oben angeführte ANOSIM wurden Tiefenstufen identifiziert, deren Epifauna nicht voneinander zu unterscheiden waren (Kapitel 3.2). Diese Tiefenstufen (5-10 m bzw. 20-28 m) wurden für die univariaten Analysen zusammengelegt. Dies hatte zur Folge, dass die Datensätze unbalanciert waren. Dies wurde akzeptiert. Alternativ hätten Datensätze zufällig eliminiert werden können, um die Stichprobenumfänge anzugleichen. Hierauf wurde jedoch verzichtet, da dies einen Informationsverlust zur Folge gehabt und möglicherweise die natürliche Variabilität der Gemeinschaften verfälscht hätte. Die univariaten Analysen wurden anhand der Software Prism 3.0 durchgeführt.

Die im Dezember 2011 erhobenen Daten wurden mit den Daten aus dem Winter des Jahres 2007 verglichen. Hierbei ist anzumerken, dass aus dem Jahr 2007 nur 3 Replikate aus jeder Tiefenstufe bzw. nur 2 Replikate aus der 1 m-Tiefenstufe zur Verfügung standen. Beide Datensätze wurden hinsichtlich der taxonomischen Auflösung harmonisiert, $\sqrt{\quad}$ -transformiert und mittels nMDS-Plot graphisch dargestellt. Die durchschnittliche Bray-Curtis-Ähnlichkeit zwischen den Gemeinschaften derselben Tiefenstufe zu den unterschiedlichen Zeitpunkten wurde berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Beschreibung der Tiefenzonierung der Epifaunagemeinschaft

Insgesamt wurden 29 Taxa auf den digitalen Unterwasserfotos identifiziert (Tabelle A-1). Davon konnten 12 Taxa bis auf das Artniveau bestimmt werden (Tabelle 2, Tabelle A-2). Die Anzahl der Taxa pro Foto schwankte mit der Wassertiefe. In 10 m Wassertiefe wurde ein Maximum von 21 Taxa auf einem Bild gezählt. Im Kontrast hierzu lag das Minimum mit 12 Taxa auf einem einzigen Bild in der 1 m-Tiefenstufe.

Tabelle 2: Liste aller erfassten Taxa an der Unterwasserkonstruktion von der Forschungsplattform FINO 1, die mittels digitaler Unterwasserbilder dokumentiert wurden. Insgesamt wurden 29 Taxa nachgewiesen, wobei nicht identifizierbare Taxa nicht in der Liste aufgeführt wurden.

Stamm	erfasste Taxa auf den Unterwasserbildern	Autorenname
Annelida (Ringelwürmer)	Polychaeta	Grube, 1850
	<i>Spirorbis</i> spp.	Daudin, 1800
Arthropoda (Gliederfüßler)	Balanidae	Balanidae
	<i>Cancer pagurus</i>	Linnaeus, 1758
	cf. <i>Pisidia longicornis</i>	Linnaeus, 1767
	cf. Portunidae	Rafinesque, 1815
	Isopoda (Asseln)	Latreille, 1817
	<i>Jassa</i> spp.	Holmes, 1905
Bryozoa (Moostierchen)	<i>Electra pilosa</i>	Linnaeus, 1767
Chordata (Chordatiere)	cf. <i>Didemnum maculosum</i>	Milne-Edwards, 1841
	<i>Diplosoma</i> spp.	Schwantes
Cnidaria (Nesseltiere)	Anthozoa VI undefined	Rafinesque, 1815
	cf. <i>Actinia equina</i>	Linnaeus, 1758
	<i>Ectopleura</i> spp.	Van Beneden, 1844
	Hydrozoa	Owen, 1843
	<i>Metridium senile</i>	Linnaeus 1761
	<i>Sagartiogeton undatus</i>	Müller, 1778
	<i>Urticina felina</i>	Linnaeus, 1761
Echinodermata (Stachelhäuter)	<i>Asterias rubens</i>	Linnaeus, 1758
	Echinoidea	Leske, 1778
	<i>Ophiothrix fragilis</i>	O.F. Müller, 1789
	<i>Psammechinus miliaris</i>	P.L.S. Müller, 1771
Mollusca (Weichtiere)	<i>Coryphella browni</i>	Picton, 1980
	Gastropoda	Cuvier, 1797
	<i>Mytilus edulis</i>	Linnaeus, 1758
	Ostreidae	Rafinesque, 1815
Porifera (Schwämme)	<i>Halichondria panicea</i>	Pallas, 1766
	<i>Sycon ciliatum</i>	Fabricius, 1780

Die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) dominierte die Epifaunagemeinschaft der 1 m-Tiefenstufe mit 62 % Bedeckung (Abbildung 5). Amphipoden der Gattung *Jassa* spp. war mit 10 % Bedeckung die zweithäufigste Art in der 1 m-Tiefenstufe. Auch in der 5 m-Tiefenstufe waren *M. edulis* (86 %) und *Jassa* spp. (70 %) die vorherrschenden Taxa, wobei *Jassa* spp. seine prozentuale Bedeckung gegenüber der 1 m-Tiefenstufe um den Faktor 7 erhöhte. In der 10 m-Tiefenstufe war die Epifauna qualitativ und quantitativ ähnlich wie in der 5 m-Tiefenstufe. Alle weiteren Taxa waren in den 1 m bis 10 m-Tiefenstufen nur mit geringer Bedeckung vertreten. Das flächige Auftreten des Brotkrumenschwamms (*Halichondria panicea*) (51 %) veränderte das Dominanzverhältnis in der 15 m-Tiefenstufe deutlich. *M. edulis* (3 %) und *Jassa* spp. (8 %) bedeckten die Unterwasserstruktur nur noch im einstelligen prozentualen Bereich. Anthozoa cf. *Actinia equina* waren in dieser Wassertiefe mit 18 % Bedeckung am zweithäufigsten vertreten. Der Bedeckungsgrad der Anthozoe *Metridium senile* betrug 5 %. Die 20 m-Tiefenstufe wurde von *Jassa* spp. (52 %) dominiert. *H. panicea* (2 %) verschwand beinahe vollständig. Die prozentuale Zunahme von *M. senile* mit der Wassertiefe zeigte sich bereits in der 20 m-Tiefenstufe (8 %), fand in der 25 m-Tiefenstufe (21 %) ihr Maximum und war in der 28 m-Tiefenstufe bereits wieder rückläufig (15 %). Sowohl in der 25 m-Tiefenstufe (57 %), als auch in der 28 m-Tiefenstufe (65 %) war *Jassa* spp. vorherrschend. Die Taxa, die in der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst wurden, machten in jeder der sieben Tiefenstufen nur einen marginalen Anteil (max. 8 % in 1 m Wassertiefe) der Bedeckung aus (Abbildung 5, Tabelle A-3).

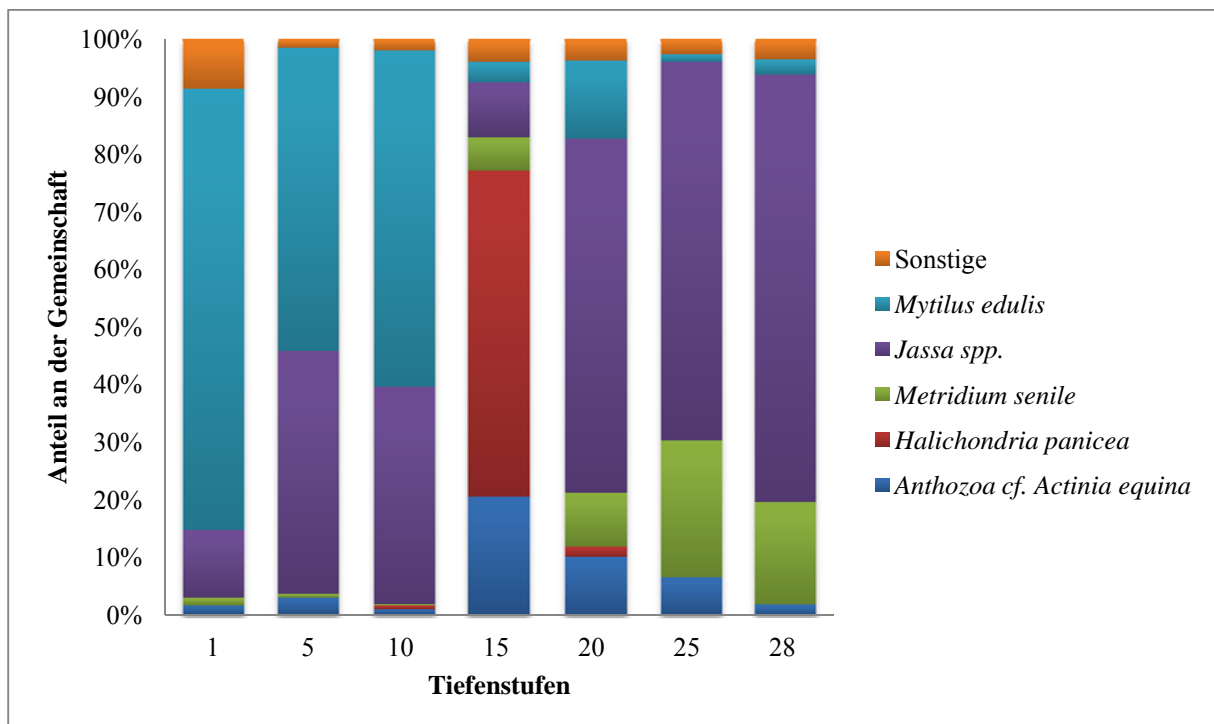


Abbildung 5: Tiefenspezifische Zusammensetzung der Epifaunagemeinschaft auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. Dargestellt sind die prozentualen Anteile der fünf häufigsten Taxa an der Gesamtbedeckung. Alle weiteren Taxa sind in der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst. Die dreidimensionale Strukturierung der Epifauna kann zu einer Gesamtbedeckung von über 100 % führen. In der Graphik sind die durchschnittlichen artspezifischen Bedeckungsgrade entsprechend einer Gesamtbedeckung von 100 % angepasst.

3.2 Multivariater Vergleich der Epifaunagemeinschaften verschiedener Tiefenstufen

Die ANOSIM mit R-Werten von über 0,75 weist deutliche strukturelle Unterschiede zwischen den Epifaunagemeinschaften der 1 m-Tiefenstufe und allen übrigen Tiefenstufen hin (Tabelle 3). Die Gemeinschaften der 5 m und 10 m-Tiefenstufen waren nicht deutlich voneinander zu trennen ($R = 0,174$). Diese können somit zu einer Tiefenstufe zusammengefasst werden. Gegenüber den Gemeinschaften der tieferen Tiefenstufen waren die Gemeinschaften der 5 und 10 m-Tiefenstufen gut abgegrenzt (zu 15 m-25 m Tiefe: $R \geq 0,5 < 0,75$ bzw. zu 28 m Tiefe: $R \geq 0,75$). Die Gemeinschaft der 15 m-Tiefenstufe ist trotz geringfügiger Überlappungen ($R \geq 0,5 < 0,75$) deutlich von allen anderen Tiefen zu unterscheiden. Für den Vergleich der Gemeinschaften der Tiefenbereiche von 20 m bis 28 m wurden R-Werte zwischen 0,051 und 0,354 errechnet. Diese Gemeinschaften wiesen somit starke strukturelle Ähnlichkeiten auf und waren somit nicht deutlich voneinander zu trennen. Die Gemeinschaften ab einer Wassertiefe von 20 m wurden zu einer Gemeinschaft zusammengefasst. Außer den Gemeinschaften aus der 5 m und der 10 m-Tiefenstufe und die Gemeinschaften aus den 20 m bis 28 m-

Tiefenstufen unterschieden sich die Gemeinschaften aller Tiefenstufen untereinander signifikant (Tabelle A-4).

Tabelle 3: Ergebnis der ANOSIM (basierend auf Bray-Curtis-Ähnlichkeit nach vorheriger $\sqrt{}$ -Transformation der prozentualen Bedeckungsgrade) zum Vergleich der Epifaunagemeinschaften verschiedener Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee. Dargestellt sind die Trennungsgrade (R-Werte) (* = signifikant bei $P = 0,05$).

1 m	0,868*	0,926*	0,836*	0,934*	0,91*	0,917*
5 m		0,174	0,736*	0,519*	0,63*	0,767*
10 m			0,749*	0,643*	0,761*	0,821*
15 m				0,526*	0,58*	0,56*
20 m					0,051	0,354
25 m						0,142
28 m						
	5 m	10 m	15 m	20 m	25 m	28 m
$R \geq 0,75$	gut getrennt			$R \geq 0,25 < 0,5$	leicht getrennt, stark überlappend	
$R \geq 0,5 < 0,75$	gut getrennt, aber überlappend			$R < 0,25$	nicht getrennt	

Der nMDS-Plot veranschaulicht die Ergebnisse der ANOSIM und damit die deutliche räumliche Strukturierung der Epifaunagemeinschaft (Abbildung 6). Vier Tiefenstufen sind in dem nMDS-Plot aufgrund ihrer qualitativen und quantitativen Artenzusammensetzung zu identifizieren. Hierbei grenzen sich die 1 m-Tiefenstufe sowie die 15 m-Tiefenstufe trotz geringfügiger Überlappungen deutlich von den anderen Tiefen ab. Der 5 m sowie die 10 m-Tiefenstufen können aufgrund der Nähe der Punkte zueinander zu einer sehr homogenen Tiefenstufe zusammengefasst werden. Die 20 m bis 28 m Tiefen sind nicht mehr differenzierbar und werden ebenfalls zu einer Tiefenstufe gebündelt. Eine starke Streuung der Punkte im nMDS-Plot lässt auf eine heterogene Artenzusammensetzung in der 15 m-Tiefenstufe sowie in der 20-28 m-Tiefenstufe schließen (Abbildung 6).

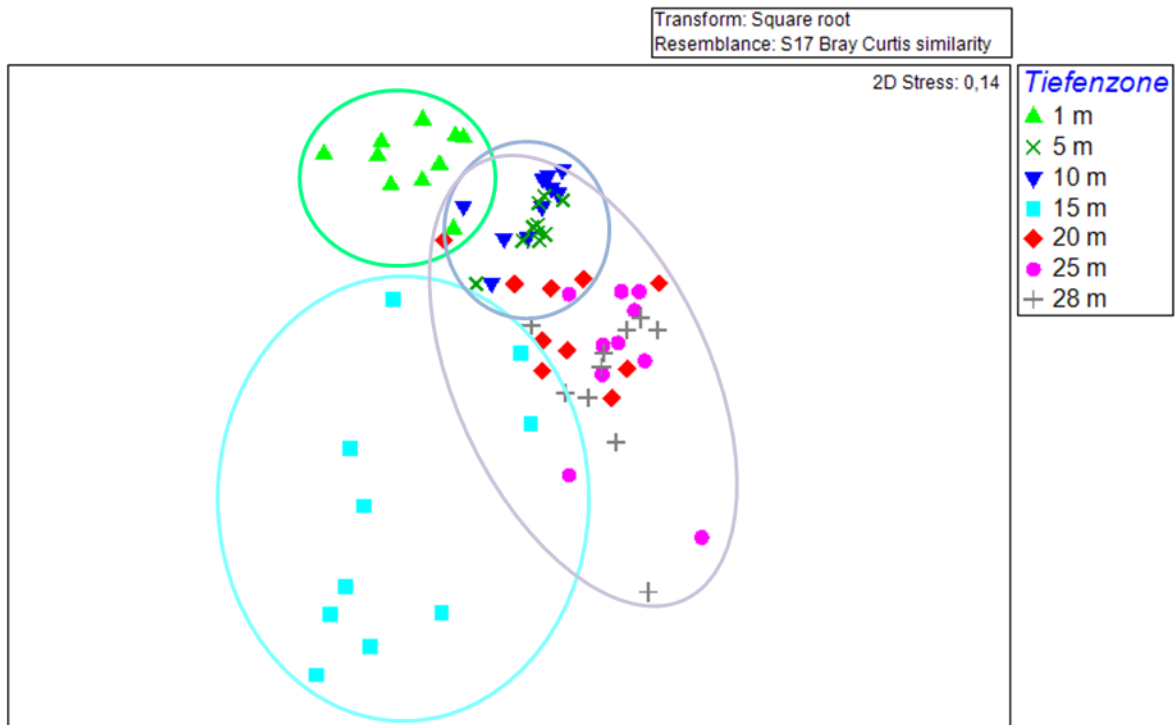


Abbildung 6: nMDS-Plot (basierend auf Bray-Curtis-Ähnlichkeit nach vorheriger $\sqrt{\cdot}$ -Transformation der prozentualen Bedeckungsgrade) veranschaulicht die strukturelle Ähnlichkeit der Epifaunagemeinschaften in verschiedenen Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. Die Linien grenzen die anhand der ANOSIM identifizierten vier Epifaunagemeinschaften der 1 m-, 5-10 m-, 15 m- und 20-28 m-Tiefenstufen voneinander ab.

Demzufolge lässt sich die Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der FINO 1 in vier verschiedene Tiefenstufen einteilen: 1 m-Tiefenstufe, 5-10 m-Tiefenstufe, 15 m-Tiefenstufe sowie die 20-28 m-Tiefenstufe.

Die SIMPER-Analyse zeigte auf, dass primär vier Taxa zu den Unterschieden in den Gemeinschaften beitrugen: *Halichondria panicea*, *Jassa* spp., *Metridium senile* und *Mytilus edulis*. Drei dieser vier Taxa (nicht *H. panicea*) wurden in jeder Tiefenstufe dokumentiert (Tabelle 4). Jedes dieser Taxa wies art- und tiefenspezifische Schwankungen hinsichtlich des prozentualen Bedeckungsgrades auf. Auch innerhalb der Tiefenstufen zeigten einzelne Taxa deutliche Schwankungen im Bedeckungsgrad (z. B. *Jassa* spp. und *M. senile* im 20-28 m Bereich), was aus den zum Teil sehr hohen Standardabweichungen ersichtlich wird.

Tabelle 4: Durchschnittlicher Bedeckungsgrad [%] (\pm Standardabweichung) der Taxa, die stark zu den strukturellen Unterscheiden in den Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee beitragen (Ergebnis der SIMPER-Analyse).

Taxa	Tiefenstufen [m]			
	1	5-10	15	20-28
	Bedeckung [%]			
<i>Anthozoa cf. Actinia equina</i>	1,3 \pm 1,9	3,0 \pm 4,3	18,3 \pm 26,7	5,1 \pm 6,6
Anthozoa VI	0,1 \pm 0,4	4,3 \pm 6,5	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> spp.	0,0 \pm 0,0	2,4 \pm 6,7	2,0 \pm 5,0	2,5 \pm 3,4
<i>Crassostrea gigas</i>	2,8 \pm 4,8	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
<i>Ectopleura</i> spp.	1,0 \pm 2,9	4,0 \pm 4,6	0,5 \pm 0,7	2,5 \pm 3,3
<i>Electra pilosa</i>	13,0 \pm 9,6	1,1 \pm 0,8	0,6 \pm 0,7	1,4 \pm 2,1
<i>Halichondria panicea</i>	0,0 \pm 0,0	0,4 \pm 1,5	51,0 \pm 43,9	0,6 \pm 2,3
<i>Jassa</i> spp.	9,7 \pm 9,1	59,8 \pm 22,1	8,4 \pm 15,3	58,0 \pm 25,3
<i>Metridium senile</i>	1,0 \pm 1,4	4,7 \pm 18,5	5,2 \pm 8,4	14,7 \pm 24,3
<i>Mytilus edulis</i>	62,1 \pm 12,2	84,1 \pm 28,6	3,3 \pm 7,8	4,9 \pm 13,4
<i>Ophiothrix fragilis</i>	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0	6,7 \pm 9,3	4,8 \pm 9,4
<i>Urticina felina</i>	0,0 \pm 0,0	2,3 \pm 5,1	3,3 \pm 6,1	3,3 \pm 6,1

3.3 Vergleich der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen anhand univariater Gemeinschaftsdeskriptoren

3.3.1 Shannon-Wiener-Diversität, Artenanzahl, Pielou's Evenness

Die Shannon-Wiener-Diversität der Epifaunagemeinschaft variierte geringfügig mit der Wassertiefe zwischen 0,8 in der 15 m-Tiefenstufe und 1,08 in der 5-10 m-Tiefenstufe (Abbildung 7) (Tabelle A-5). Aufgrund der hohen Variabilität vor allem in der 15 m-Tiefenstufe waren die tiefenspezifischen Unterschiede in der Diversität statistisch nicht signifikant (ANOVA: $P = 0,39$) (Tabelle A-6).

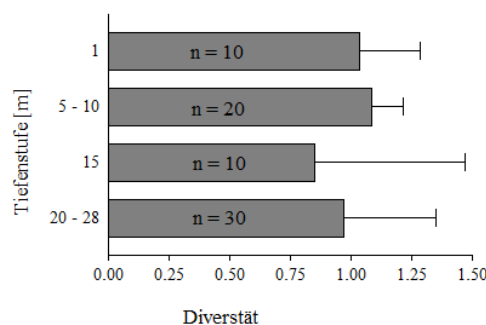


Abbildung 7: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Shannon-Wiener-Diversität der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe sind in den Balken angegeben.

Die maximale Artenanzahl mit durchschnittlich $n = 9$ befand sich in der 5-10 m-Tiefenstufe. Das Minimum mit durchschnittlich 6 Arten war in der 1 m-Tiefenstufe vorzufinden (Abbildung 8). Die Artenzahlen der 15 m-Tiefenstufe waren ähnlich niedrig wie in der 1m-Tiefenstufe. Die 5 m und 10 m-Tiefenstufe und die 20-28 m-Tiefenstufe wiesen untereinander ebenfalls ähnliche Artenzahlen auf (Tabelle A-5). Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant (ANOVA: $P = 0,0002 > P = 0,05$ (\rightarrow signifikant; jedoch wie der Bartlett's Test keine Normalverteilung auf)) (Tabelle A-6).

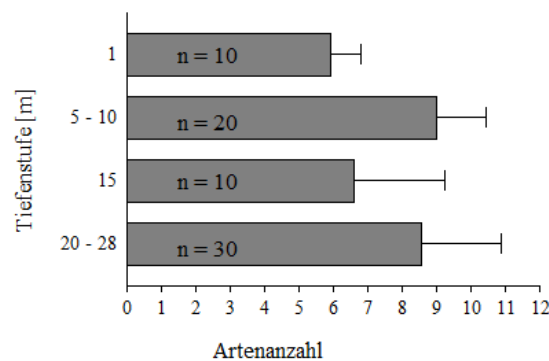


Abbildung 8: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Artenanzahl der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe sind in den Balken angegeben.

Die Äquität nahm von $E = 0,57\%$ in der 1 m-Tiefenstufe zu $E = 0,41\%$ in der 15 m-Tiefenstufe gleichmäßig ab und stieg in der 20-28 m Tiefenstufe wieder geringfügig auf $E = 0,45\%$ wieder an (Abbildung 9) (Tabelle A-5). Die Unterschiede in der Äquität waren jedoch nicht signifikant (ANOVA: $P = 0,09$) (Tabelle A-6).

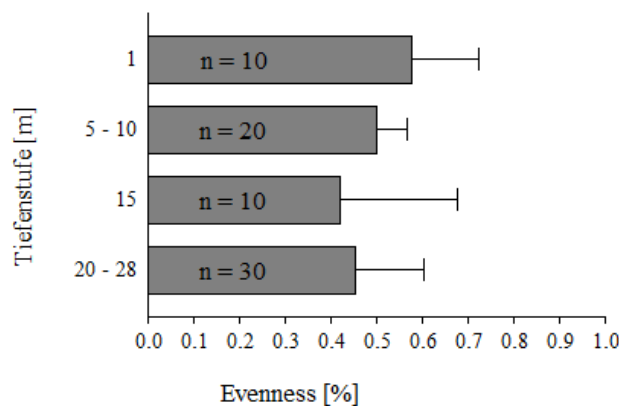


Abbildung 9: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Evenness (Äquität) der Epifaunagemeinschaften unterschiedlicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe, die in die Untersuchung mit einfließen, sind aus den Balken ersichtlich.

3.3.2 Artspezifische Tiefenprofile der Taxa *Mytilus edulis*, *Jassa* spp., *Halichondria panicea* sowie *Metridium senile*

Die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) (Abbildung 10 a und b) bedeckte die Unterwasserkonstruktion von FINO 1 in der 1 m-Tiefenstufe zu 62 %. Die maximale Bedeckung (88 %) war in der 5-10 m-Tiefenstufe vorzufinden. Eine drastische Abnahme der Bedeckung durch *Mytilus edulis* fand in der 15 m-Tiefenstufe (Bedeckungsgrad von 3, 2 %), und in der 20-28 m-Tiefenstufe (Bedeckungsgrad von 4,9 %) statt (Tabelle A-7). Die Bedeckung durch *M. edulis* variierte signifikant mit der Wassertiefe (Kruskal-Wallis Test: $P < 0,0001$). Der anschließenden Dunn's Multiple Comparison Test konnte bei dem paarweisen Vergleich jedoch nur teilweise signifikanten Unterschiede feststellen. So unterschieden sich die Tiefenstufen 1 m und 5-10 m ($P > 0,05$) bzw. 15 m und 20-28m ($P > 0,05$) nicht signifikant zu einander (Tabelle A-8).

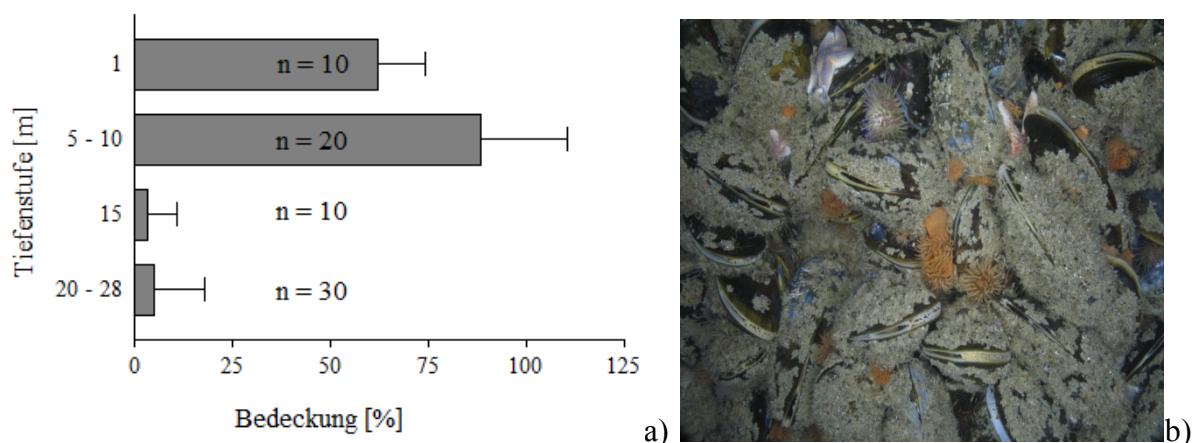


Abbildung 10: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch die Miesmuschel (*Mytilus edulis*). b) Digitales Unterwasserfoto von *Mytilus edulis*, die von *Jassa*-Bauten überwuchert werden. Vereinzelt Anthozoen, *Asterias rubens* sowie *Psammechinus miliaris* sind zu erkennen. Das Foto wurde im 5 m-Bereich Tiefenbereich der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 aufgenommen. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe, die in die Untersuchung mit einfließen, sind aus den Balken ersichtlich.

Die Bedeckung durch die Amphipoden Gattung *Jassa* spp. und deren Bauten (Abbildung 11 b) ist durch zwei tiefenspezifische Peaks gekennzeichnet (Abbildung 11 a). In der 5- 10 m-Tiefenstufe (Bedeckungsgrad von 64 %) wie auch in der 20- 28 m-Tiefenstufe (Bedeckungsgrad von 48 %) war anhand der digitalen Unterwasserfotos eine hohe Bedeckung durch *Jassa* spp. zu verzeichnen. Die 1m-Tiefenstufe (Bedeckung von 9 %) sowie die 15 m-Tiefenstufe (Bedeckung von 8 %) hatten nur eine geringe Bedeckung durch *Jassa*-Bauten (Tabelle A-7). Die Bedeckung durch *Jassa* spp. variierte signifikant mit der Wassertiefe (Kruskal-Wallis Test: $P < 0,0001$). Der folgende Dunn's Multiple Comparison Test konnte nur teilweise signi-

signifikante Unterschiede zwischen der Bedeckung der einzelnen Tiefenstufen durch *Jassa* spp. bestätigen. Die Tiefenstufen 5-10 m zu 20-28 m ($P > 0,05$) bzw. die Tiefenstufen 1 m zu 15 m ($P > 0,05$) unterschieden sich nicht signifikant (Tabelle A-8).

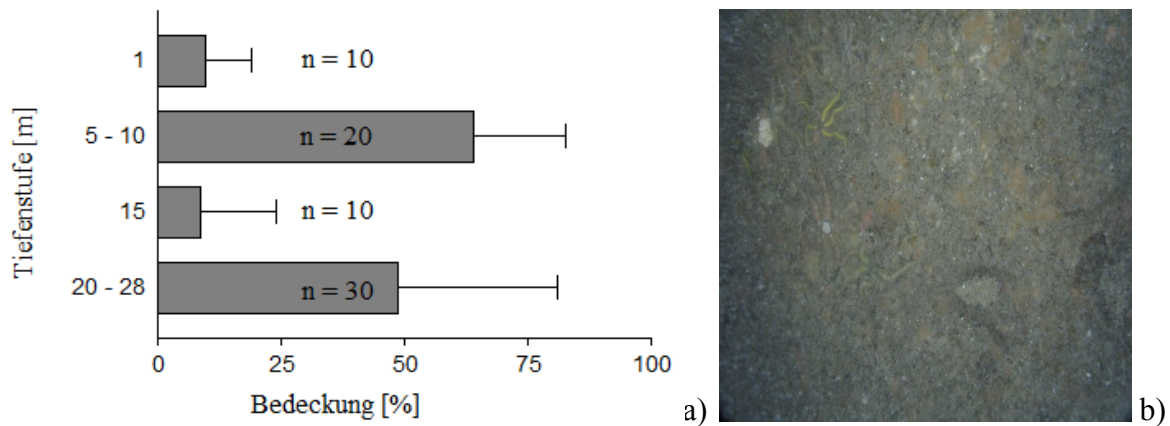


Abbildung 11: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch die Bauten der Amphipoden-Gattung *Jassa* spp.. b) Digitales Unterwasserfoto von *Jassa* spp. mit vereinzelt *Ophiothrix fragilis* im 27 m-Tiefenbereich der Unterwasserkonstruktion von FINO 1. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe, die in die Untersuchung mit einfließen, sind aus den Balken ersichtlich.

Halichondria panicea (Brotkrumenschwamm) kam fast ausschließlich in der 15 m-Tiefenzone vor (Abbildung 12 a und b). Dort bedeckte *H. panicea* 51 % der Oberfläche der Unterwasserkonstruktion. In den anderen Wassertiefen konnte der Brotkrumenschwamm gar nicht oder nur mit sehr geringer Bedeckung nachgewiesen werden (Tabelle A-7). Die Bedeckung durch *H. panicea* variierte signifikant mit der Wassertiefe (ANOVA: $P < 0,0001$). Der anschließende Posthoc-Test nach Student-Newman-Keuls stellte vor allem einen signifikanten Unterschied der 15 m-Tiefenstufe zu den anderen Tiefenstufen (1 m, 5-10 m sowie 20-28 m) fest (Tabelle A-9).

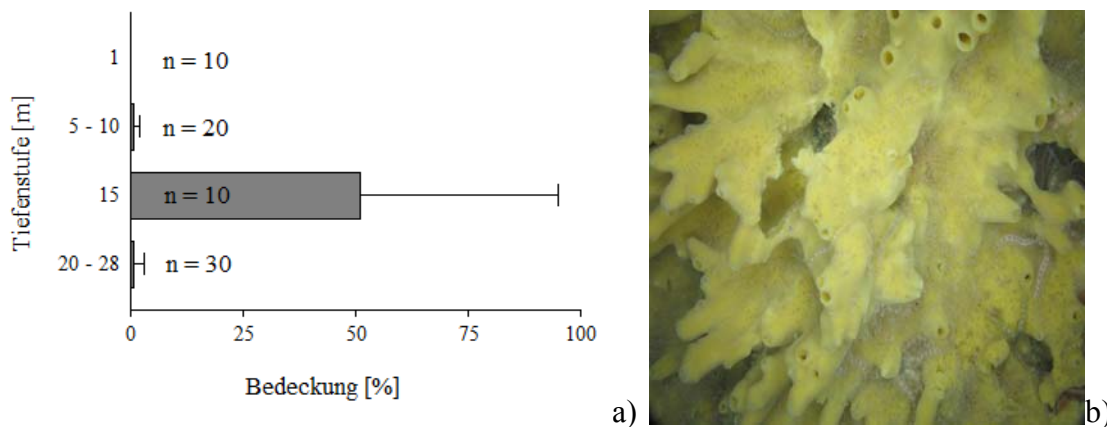


Abbildung 12: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch *Halichondria panicea*. b) Digitales Unterwasserfoto von *H. panicea* mit vereinzelt *Ophiothrix fragilis* im 15 m-Bereich der Unterwasserkonstruktion von FINO 1. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe, die in die Untersuchung mit einfließen, sind aus den Balken ersichtlich.

Die Anthozoe *Metridium senile* wuchs überwiegend in den unteren Tiefenstufen (Abbildung 13 a und b). Der maximale Bedeckungsgrad von 15 % wurde in einer Tiefe von 20 m-28 m erreicht. *M. senile* bedeckte nur eine geringe Fläche des Pfeilers (5 %) in der darüber liegenden 15 m-Tiefenstufe. In den obersten Tiefenstufen (1 m und 5-10 m) war diese Anthozoenart praktisch nicht vorhanden (Bedeckungsgrad von 0,9 % bzw. 0,5 %) (Tabelle A-7). Die Bedeckung *M. senile* variierte signifikant mit der Wassertiefe (ANOVA: $P = 0,0005$). Hierbei wurde ein signifikant Unterschied der 5-10 m-Tiefenstufe zu der 20-28 m-Tiefenstufe sowie die 1 m-Tiefenstufe zu der 20-28 m Tiefenstufe dokumentiert (Newman-Keuls Multiple Comparison Test: $P < 0,001$ bzw. $P < 0,05$) (Tabelle A-9).

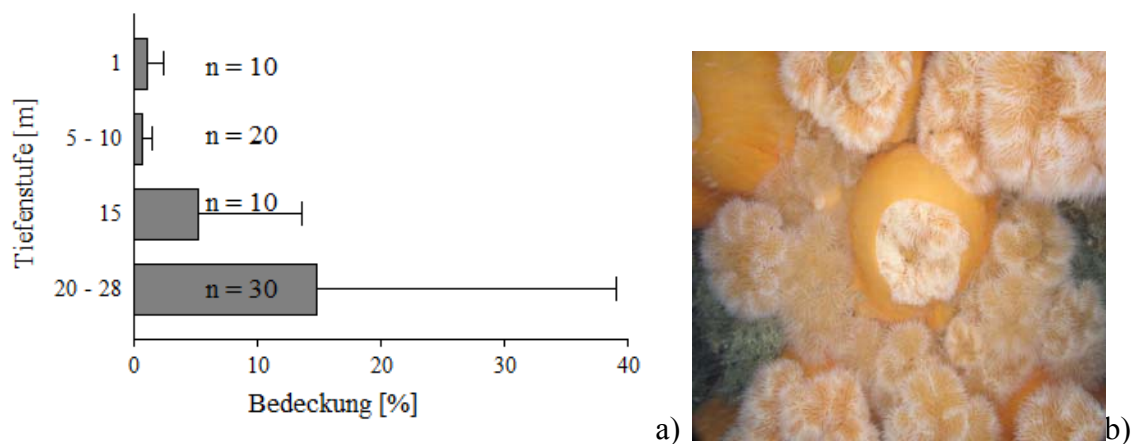


Abbildung 13: a) Tiefenspezifische, prozentuale Bedeckung der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht durch *Metridium senile*. b) Digitales Unterwasserfoto von *Metridium senile* im 25 m-Tiefenbereich der Unterwasserkonstruktion von FINO 1. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe, die in die Untersuchung mit einfließen, sind aus den Balken ersichtlich.

Die unbesiedelten Flächen auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 stellen kein Element der Epifaunagemeinschaft dar. Daher wurden bei der Erfassung der unbesiedelten Flächen die sieben ursprünglichen Tiefenstufen verwendet, um so ein räumlich höher aufgelöstes Bild zu bekommen. Es ist auffallend, dass freie Flächen vor allem im 1 m-Bereich auftraten (Abbildung 14). 7 % der Pfeileroberfläche waren nicht besiedelt. Zwischen dem 5 m-Bereich und dem 15 m-Bereich waren fast keine unbesiedelten Flächen zu finden. In den unteren Tiefenstufen erhöhte sich der Anteil an freien, unbesiedelten Flächen. Im 25 m-Bereich lag die unbesiedelte Fläche bei 2 % (Tabelle A-10). Die unbesiedelte Fläche schwankte signifikant mit der Wassertiefe (ANOVA: $P < 0,0001$) (Tabelle A-9).

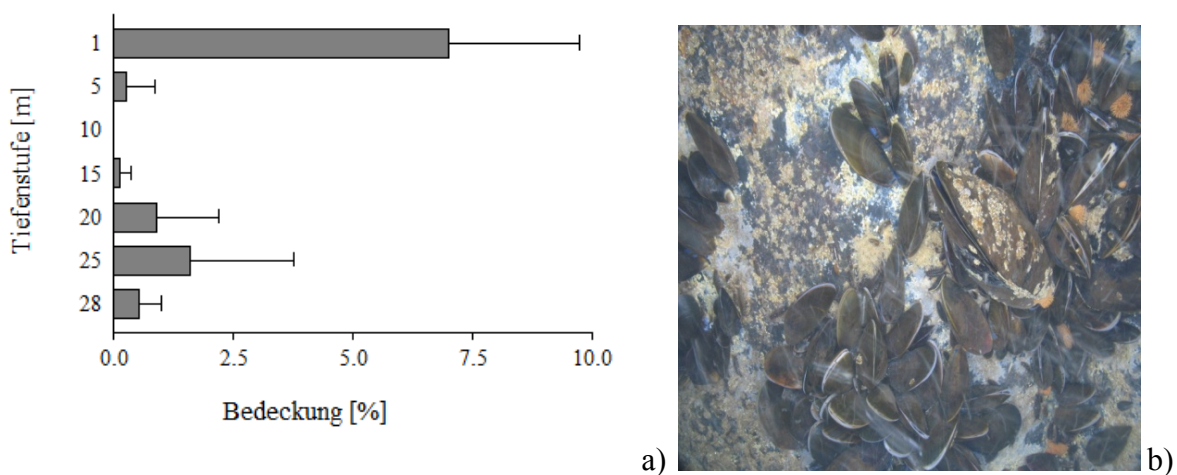


Abbildung 14: a) Tiefenspezifische, prozentuale Ausdehnung unbesiedelter Flächen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. b) Digitales Unterwasserfoto von unbesiedelten Flächen mit vereinzelter *Mytilus edulis* im 1 m-Tiefenbereich der Unterwasserkonstruktion von FINO 1. Die Anzahl der Replikate [n] pro Tiefenstufe, die in die Untersuchung mit einfließen, sind je Tiefenstufe $n = 10$.

3.4 Vergleich mit Daten aus dem Jahr 2007

Der nMDS-Plot belegt, dass die Epifauna des Jahres 2011 eine ähnliche Struktur aufwies wie im Jahr 2007 (Abbildung 15). Eine größere Streuung der Punkte aus dem Jahr 2011 deutet auf eine höhere Heterogenität der Gemeinschaften in diesem Jahr hin. Trotz dieser starken Streuung scheinen sich die Proben aus der 15 m-Tiefenstufe deutlich zwischen den Jahren zu unterscheiden. Für alle anderen Tiefenstufen war kein deutlicher Wandel der Gemeinschaften zwischen den Jahren erkennbar. Allerdings verdoppelte sich fast die Artenanzahl von $n = 15$ im Jahr 2007 auf $n = 29$ im Jahr 2011 (Tabelle A-11).

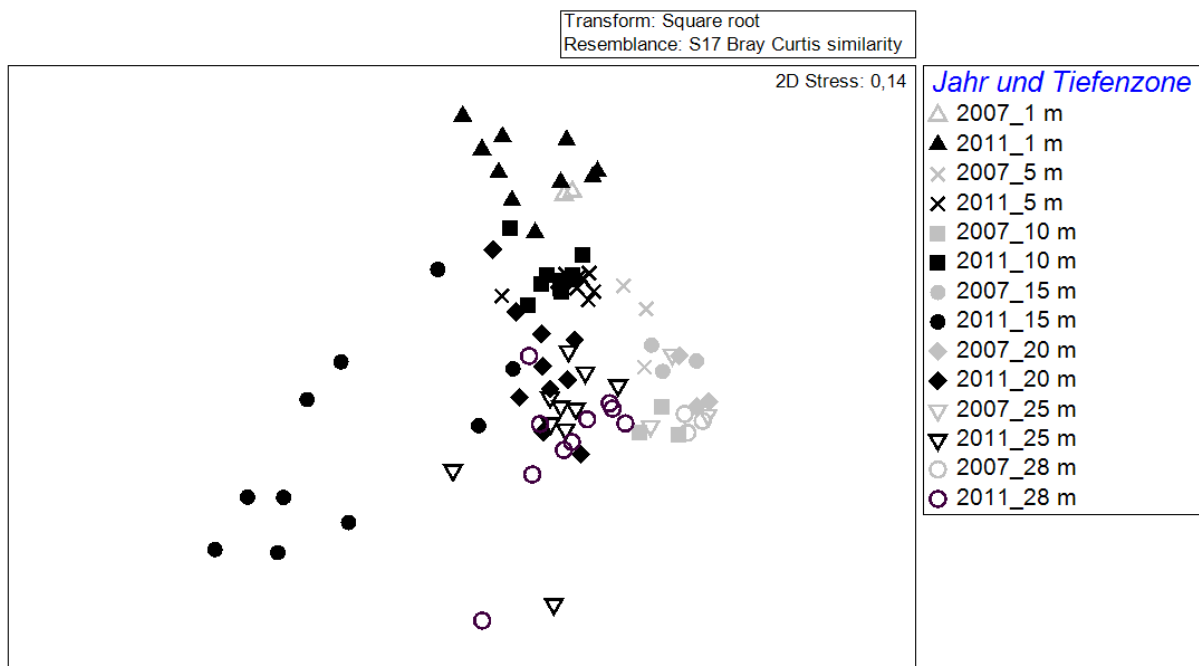


Abbildung 15: nMDS-Plot zum Vergleich der tiefspezifischen Epifaunagemeinschaften auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht in den Wintern der Jahre 2007 und 2011.

Die Epifaunagemeinschaften der 1 m-Tiefenstufe sowie der 28 m-Tiefenstufe wiesen mit 66 % die höchsten interannuellen Ähnlichkeiten auf (Abbildung 16). Die Gemeinschaften der 5 m-Tiefenstufe und der 25 m-Tiefenstufe folgten mit einer rund 60 %igen Ähnlichkeit zwischen den Jahren 2007 und 2011. In den 10 m und 25 m-Tiefenstufen betrug die Ähnlichkeit der Gemeinschaften zwischen den Jahren noch 44 % bzw. 60 %. Der deutlichste Wandel in der Struktur der Epifaunagemeinschaft zwischen den beiden Jahren ließ sich in der 15 m-Tiefenstufe feststellen. Hierbei betrug die Ähnlichkeit nur 11 % (Tabelle A-12).

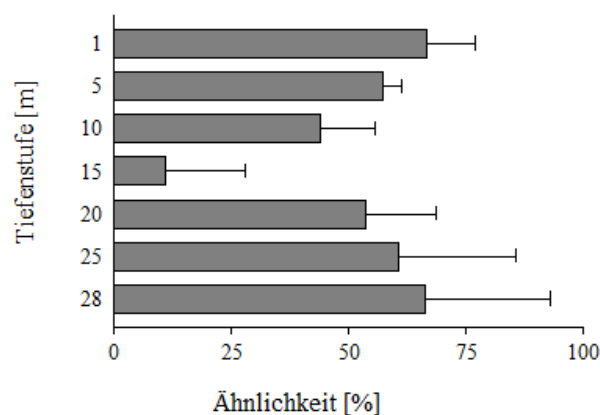


Abbildung 16: Durchschnittliche (\pm Standardabweichung) Bray-Curtis-Ähnlichkeit [%] der Epifaunagemeinschaften gleicher Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in den Jahren 2007 und 2011.

4 Diskussion

4.1 Tiefenzonierung der Epifauna

4.1.1 Strukturbeeinflussende Umweltfaktoren der Epifauna

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen eine klare Tiefenzonierung der Epifauna auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 auf. Diese Differenzierung der Tiefenstufen lässt sich nicht auf die qualitativen Unterschiede der Artengemeinschaften zurückführen, sondern ist in der quantitativen Verteilung der Taxa begründet. Die Identität der Taxa war allen Tiefenstufen weitgehend identisch. Jedoch unterschieden sich die einzelnen Tiefenstufen hinsichtlich der spezifischen Bedeckungsgrad der einzelnen Taxa. Die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) kam überwiegend in den oberen Tiefenstufen (1 m-10 m) vor. Der Brotkrumenschwamm *Halichondria Panicea* war im angrenzenden 15 m-Bereich das dominierende Taxon. Die Bauten der Amphipodengattung *Jassa* spp. sowie die Anthozoe *Metridium senile* bedeckten in den unteren Tiefen (20 m-28 m) einen großen Teil der Unterwasserkonstruktion (Abbildung 5). WHOMERSLEY & PICKEN (2003) bezeichneten in ihrer Studien diese vier genannten Organismen, als dominierenden Taxa der Fouling-Gemeinschaft (WHOMERSLEY & PICKEN 2003).

Die Struktur der Epifaunagemeinschaft hängt von mehreren Variablen ab: a) dem Sukzessionsstadium der Gemeinschaft, b) saisonale Schwankungen der Population sowie c) abiotische und biotische Umwelteinflüsse. Der Tiefengradient scheint hierbei ein wichtiges Charakteristikum der Epifauna auf Offshore-Konstruktionen zu sein (RULE & SMITH 2007). Veränderungen von Gemeinschaftsstrukturen entlang eines vertikalen Gradienten basieren meist auf physikalischen Faktoren. Hierbei sind die Wassertiefe, Wellenschlag, Lichtverfügbarkeit, Salinität, Strömungsdifferenzen, Substratabfall sowie Zerstörung durch Sturm einflüsse zu nennen (RULE & SMITH 2007). Ferner könnte die Tiefenzonierung an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 von der Initialansiedlung und somit von der Larvenrekrutierung beeinflusst sein (RULE & SMITH 2007). Bei Arten, deren Lebenszyklen ein pelagisches Larvenstudium aufweisen (z.B. Polychaeta, Bivalvia), könnte eine Stratifizierung innerhalb der Wassersäule zu einer Zonierung bei der Ansiedlung auf einem Substrat führen. Diese Stratifizierung innerhalb der Wassersäule entsteht infolge von Temperatur- und Salzgehaltunterschieden (RULE & SMITH 2007). Diverse Studien belegen, dass Larven von Invertebraten Präferenzen bezüglich der Wassertiefe aufweisen. Sessile Suspensionsfresser maximieren ihren Rekrutierungserfolg von Larven in Tiefen, wo bevorzugte Strömungsbedingungen der Art vorherrschen (z.B. *Pinicatada fucata*). Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die

Larvenrekrutierung unselektiv in allen Tiefenstufen stattfindet. Die anschließende vertikale Verteilung der Arten wird durch Migration und Mortalität gelenkt und kontrolliert (z.B. *Pilumnus* spp.) (RULE & SMITH 2007).

Im Folgenden werden die vier dominierenden Taxa an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 hinsichtlich ihres Tiefenprofils, ihres Lebenszyklus sowie ihres Verhaltens analysiert, um die Tiefenzonierung der Epifauna auf der Forschungsplattform zu begründen.

4.1.2 *Mytilus edulis*

Der präferierte Lebensraum von *Mytilus edulis* befindet sich in den oberen Tiefenstufen des Litorals (KAREZ & LUDYNIA 2002). Dieser ist vor allem durch eine hohe Phytoplanktonkonzentration sowie den Wellenschlag charakterisiert. Als Suspensionsfresser profitiert die Miesmuschel von der konstanten Bereitstellung an Nahrung in der Euphotischen Zone sowie durch die gute Mischung des Phytoplanktons durch den Wellenschlag. Gleichzeitig erfordert die permanente Wasserbewegung Anpassungen hinsichtlich der Anatomie und des Verhalten (KAREZ & LUDYNIA 2002). So ist die Miesmuschel in der Lage Byssusfäden zu produzieren, die eine feste Verankerung an der Oberfläche des Substrates gewährleisten (DEAN & HURD 1980, QVARFORDT *et al.* 2006).

Der Lebenszyklus von *Mytilus* spp. beinhaltet ein pelagisches Larvenstadium. *M. edulis* weist eine sehr hohe Reproduktionsrate, schnelles Wachstum, frühe Geschlechtsreife sowie die Fähigkeit eine große Anzahl an Larven zu produzieren auf (GOODMAN & RALPH 1981, WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Ferner können Muschellarven mittels der Wasserströmung über weite Distanzen verbreitet werden (DE VOOYS 1999, JOSCHKO *et al.* 2008). Dabei kann die Sterblichkeit von Muschellarven bis zu 99 % betragen. Hunger sowie Prädation durch Fische und Invertebraten führen zur Minimierung der Larvendichte in der Wassersäule (METAXAS 2001) und somit zur Reduzierung der Populationsdichte auf Unterwasserstrukturen vor allem an Offshore-Anlagen, wie beispielsweise von FINO 1.

Die Ansiedlung und Rekrutierung von *Mytilus*-Larven hängt unter anderem von abiotischen Faktoren, wie beispielsweise der Verfügbarkeit von geeignetem Substrat ab. Die Larvenanzahl, Reproduktionszeit, Prädation sowie die Qualität und auch Quantität des Nahrungsangebots als biotische Faktoren sind dabei ebenfalls von großer Bedeutung (DOBRETsov & MIRON 2001). Folglich variiert die Ansiedlung der Muschellarven räumlich und zeitlich. Indem angrenzenden Gebiet der Forschungsplattform FINO 1 sind Thermokline und Halokline in der Wassersäule nicht oder nur schwach ausgebildet, da die vorherrschende Wasserströmung die

Schichten gut vermischen. Bei Abwesenheit einer stabilen Stratifizierung der Wassersäule durch Temperatur- und Salinitätsunterschiede zeigen Larven bei der Ansiedlung keine Tiefenpräferenz. Infolgedessen spiegelt die Verteilung die Photo- sowie Geotaxis der Larven wieder (JOSCHKO *et al.* 2008).

Laut JOSCHKO *et al.* (2008) wiesen WALTER und BUCK eine kontinuierliche Abnahme an Chlorophyll entlang eines Tiefengradienten in der Deutsche Bucht nach. Ein höheres Nahrungsangebot in den oberen Tiefenstufen erhöht die Wachstums- sowie die Überlebensrate von *M. edulis* (JOSCHKO *et al.* 2008). Ferner zeichnet sich die litorale Zone durch eine geringe Anzahl an Räubern aus. So ist der Seestern *Asterias rubens* ein bedeutender Räuber der Miesmuschel (JOSCHKO *et al.* 2008). *A. rubens* kontrolliert die vertikale Verteilung und die Abundanz der Miesmuschel (JOSCHKO *et al.* 2008). Die Ambulakralfüßchen der Seesterne sind sehr empfindlich und können dem Wellenschlag nicht standhalten (RUPPERT *et al.* 2004). An der Plattform FINO 1 war *A. rubens* nur sehr vereinzelt im Eulitoral zu finden (JOSCHKO *et al.* 2008).

Biologische Untersuchungen an anderen Offshore-Windparkanlagen zeigten, dass die Kolonisierung von Unterwasserstrukturen durch *M. edulis* innerhalb von zwei bis drei Jahren als beendet betrachtet werden kann. Im Gegensatz zu diesen Offshore-Anlagen (WILHELMSON & MALM 2008), bei denen die kompletten Pfeiler von Miesmuschel besiedelt waren, konnte ein dichter Bewuchs von *M. edulis* an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 nur bis in eine Wassertiefe von rund 10 m beobachtet werden. An der *Forties* Plattform wurde *M. edulis* bis in eine Tiefe von 30 m nachgewiesen (RALPH 1979). An der Forschungsplattform FINO 1 wurden ebenfalls sporadische Miesmuscheln in 28 m Tiefe beobachtet, jedoch befand sich der maximale Bedeckungsgrad in einer Tiefe von 1-10 m. Mit zunehmender Tiefe nimmt die Biomasse, maximale Körpergröße sowie Rekrutierung von *M. edulis* ab (WILHELMSON & MALM 2008).

4.1.3 *Jassa* spp.

Auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 koexistieren mindestens zwei Amphipoden Arten: *Jassa herdmandi* und *Jassa marmorata*. *J. herdmandi* ist in Europa einheimisch, wohingegen *J. marmorata* eine gebietsfremde Art ist. Diese Art besitzt die Fähigkeit, mittels treibenden Gegenständen wie beispielsweise Holz oder Makroalgen ihre Verbreitungstrecken zu vergrößern (THIEL & GUTOW 2005, HAVERMANS *et al.* 2007, SCHULTZE 2009). Dies ist ein

großer Vorteil gegenüber *J. herdmandi*, die ebenfalls kein pelagisches Larvenstadium aufweist und dadurch in ihrer Verbreitung sehr limitiert ist (HAVERMANS *et al.* 2007).

Individuen beider Geschlechter der Gattung *Jassa* verwenden Mucus und Faeces, um Röhren auf Hartsubstrat zu bauen. Infolgedessen stehen sie in Konkurrenz um Raum mit anderen sessilen Organismen. Die Individuen von *Jassa* spp. nutzen angrenzende, freie Flächen neben großen, sessilen Organismen (z. B. *M. edulis*) als geschützten Lebensraum. Raumlimitierung und der daraus resultierende interspezifischen Konkurrenzkampf führen bei *Jassa* spp. zu einer hohen Sterblichkeit, einer verminderten Reproduktion sowie aggressivem Verhalten der Weibchen auf der Suche nach geeignetem Raum (FRANZ 1988, SCHULTZE 2009). Arten der Gattung *Jassa*, wie allgemein die Epibiota, konkurrieren vermehrt um Raum als um Nahrungsressourcen (LITTLE & KITCHING 1996, SCHULTZE 2009). Gleichwohl koexistieren *J. herdmandi* und *J. marmorata* auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 aufgrund unterschiedlicher Habitatsansprüche beider Arten. *J. herdmandi* bevorzugt eine höhere Wasserströmung (BEERMANN & FRANKE 2012), weshalb diese Art die oberen Tiefenstufen von FINO 1 besiedelt. *J. marmorata* ist überwiegend an Standorten mit variierender Strömungsstärke vorhanden (SCHULTZE 2009). Jede Art der Gattung *Jassa* weist ein artspezifisches Tiefenprofil auf (RULE & SMITH 2007). Die Divergenz in der Habitatswahl inklusive der Nahrungsressourcen spiegelt sich in anatomischen Unterschieden der Arten wider (CONLAN 1990, SCHULTZE 2009).

Die Bedeckung durch *Jassa* spp. an der Forschungsplattform schwankt saisonal (SCHULTZE 2009). Als ein Taxon der Initialbesiedlung der Unterwasserstruktur ist *Jassa* spp. langlebigen Arten wie *Halichondria panicea* in Konkurrenz um Raum unterlegen. Dies zeigte sich in 15 m Wassertiefe an der Forschungsplattform FINO 1, wo Individuen der Gattung *Jassa* nur kleine Bereiche der Plattformoberfläche besiedelten.

4.1.4 *Halichondria panicea*

In der 15 m-Tiefenstufe nahm *H. panicea* ca. 50 % der Konstruktionsoberfläche ein. Der Brotkrumenschwamm ist konkurrenzfähig, hält Prädation stand, investiert viel Energie in Reproduktion und weist eine lange Lebensdauer auf (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Sowohl die Morphologie als auch die Farbe von *H. panicea* hängt von dem Lebensraum ab (BARTHEL 1988). Er tritt häufig in Küstengebieten des Nordatlantiks, des Mittelmeers sowie der Nordsee auf. Im Allgemeinen ist *H. panicea* nicht tiefenspezifisch. Er kann Habitate im Eulitoral wie auch in einer Tiefe von bis zu 550 m bewohnen (BARTHEL 1988). Umweltbedingungen, wie

beispielsweise Strömung, Salinität und Seegang bestimmen, ob der Schwamm eine flächige oder massige, verkrustete Wuchsform annimmt. Eingelagerte, symbiotische Algen bewirken eine grünliche Färbung von *H. panicea* in den oberen Tiefenstufen (BARTHEL 1988).

Der bevorzugt auf Hartböden lebende Brotkrumenschwamm ist ein Filtrierer. Um die energetischen Anforderungen durch Metabolismus, Wachstum und Reproduktion abzudecken, ist er direkt von der planktonischen Primärproduktion im Sommer abhängig. Eine Speicherung der assimilierten Energie durch Glykogen- oder Fettanlagerungen ist nicht möglich (BARTHEL 1988). Folglich und in Anbetracht der enormen Ausmaße, die der Brotkrumenschwamm annehmen kann, spielt *H. panicea* eine wichtige Rolle im Ökosystem sowie dessen (Energie-) Kreisläufe, wie eine Studie in der Kieler Bucht belegen konnte (BARTHEL 1988).

Ferner könnten die toxischen Exkretionsprodukte von *H. panicea* der Grund für die Abwesenheit von Ascidien- und Muschelpopulationen in der 15 m-Tiefenstufe sein. Ein Laborexperiment dokumentierte, dass abgesonderte Metabolite von *H. panicea* schädlich auf andere Taxa wirken (KHALAMAN *et al.* 2011). Darüber hinaus ist es sehr wahrscheinlich, dass Larven von *H. panicea* Flächen meiden, die von Filtrierern wie Muscheln oder Ascidien dicht besiedelt sind, um dem Fraß durch die genannten Taxa zu entgehen. Des Weiteren geben Muscheln und Ascidien spezifischen Metabolite ab, die *H. panicea*-Larven abwehren und deren Metamorphose unterdrücken (KHALAMAN *et al.* 2011). Dies könnte die Abwesenheit des Brotkrumenschwammes in der 5-10 m Tiefenstufe an der Unterwasserkonstruktion erklären, die von *M. edulis* dominiert wurde.

4.1.5 *Metridium senile*

Die letzte der vier dominierenden Epifauna-Arten an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 gehört zu der Ordnung Actiniaria: *Metridium senile*. Diese Anthozoe ist zirkumpolar in der nördlichen Hemisphäre verbreitet (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Diverse Studien konnten *M. senile* in der Nordsee von der litoralen Zone bis in eine Tiefe von 140 m dokumentieren (GOODMAN & RALPH 1981, WHOMERSLEY & PICKEN 2003). An FINO 1 besaß *M. senile* eine eindeutige Tiefenverteilung. Die Anthozoe besiedelte vorwiegend die 20-28 m-Tiefenstufe. Aus der vorliegenden Literatur ist nicht ersichtlich, ob diese Tiefenstufe die bevorzugte Tiefe von *M. senile* widerspiegelt oder ob der Konkurrenzdruck um Raum und Nahrung der Grund für die geringere Ansiedlung in anderen Wassertiefen war. *M. senile* pflanzt sich sexuell und asexuell fort (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Die sexuelle Reproduktion beinhaltet das planktonische Larvenstadium, das eine effiziente Verbreitung des Taxons erlaubt (GOODMAN

& RALPH 1981). Die asexuelle Fortpflanzung findet durch Spaltung, Knospung oder pedale „Einschnürung“ (engl. *pedal laceration*) statt, was zur Kolonisation benachbarter Flächen befähigt (FORTEATH *et al.* 1982).

4.1.6 Unbesiedelte Flächen

Die unbesiedelten Flächen an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 sind vor allem in den Miesmuschelfeldern im 1 m-Bereich ausgebildet. *M. edulis* hält sich mit Hilfe von Byssusfäden am Hartsubstrat (GOODMAN & RALPH 1981). Innerhalb kompakter Miesmuschelfelder findet die Fixierung auch an benachbarten Miesmuschelindividuen statt. Das daraus resultierende Gewicht lastet auf dem zuunterst liegenden *M. edulis*-Individuen. Die Byssusfäden können das zusätzliche Gewicht bis zu einem bestimmten Punkt tragen. Sobald dieser überschritten wird, fallen große, miteinander verbundene Miesmuschel-Patches ab. Der Wellenschlag in der litoralen Zone begünstigt die natürliche Ausdünnung der *Mytilus*-Kolonie.

Dynamiken unbesiedelter Flächen, Zerstörung ansässiger Kolonie/ Populationen sowie die anschließend Wiederbesiedlung sind wichtige Prozess einer Gemeinschaften auf steinigem Substraten (LITTORIN & GILEK 1999).

Eine (Re-)Kolonisierung läuft stets nach einem gleichen Muster ab und ist nahezu unabhängig vom Substrattyp, geographische Region oder den kolonisierenden Arten (WAHL 1989). Eine Kolonisierung setzt sich aus vier Phasen zusammen, die sich jeweils zeitlich überlappen können: biochemische Veränderung des Substrates, mikrobakterielle Kolonisierung, Ansiedlung unizelluläre gefolgt von multizelluläre Eukaryoten (WAHL 1989). Die biochemische Veränderung eines Substrates beschreibt die Absorption von gelösten, chemischen Verbindungen nach dem Kontakt mit natürlichem Seewasser. Diese Konzentrierung an organischen Molekülen an der Oberfläche des Substrates ist physikalisch begründet und ist ein spontaner Prozess. Die mikrobakterielle Kolonisierung wird ebenfalls durch physikalische Kräfte (elektrostatische Interaktionen, Gravitation sowie Van-der-Waal Kräfte) beherrscht. Ein stabiler Zustand ist selten zu erreichen, da sich die mikrobakterielle Gemeinschaft aufgrund von Sukzession, physikalische Störungen, Konkurrenz sowie Prädation stets verändert (WAHL 1989). Bei der Ansiedlung von unizellulären Eukaryoten spielen vor allem Diatomeen (Kieselalgen) eine wichtige Rolle. Benthische Diatomeen nutzen Mucus-Absonderungen, um sich auf einem Substrat großflächig anzusiedeln und somit zur chemisch-biologischen Evolution des Substrates beizutragen. Nach der vierten und letzten Phase offeriert das kolonisierte Substrat eine differenzierte sowie dreidimensionale mikrobiotischen Gemeinschaft (WAHL 1989). Eine

(Re-)Kolonisierung von multizellulären Organismen, wie beispielsweise *Mytilus edulis* kann anschließend erfolgen (engl. *secondary recruitment*).

Im Gegensatz zu anderen *Mytilus* Arten, ist *M. edulis* sehr opportunistisch. Folglich ist die Miesmuschel sehr schnell und kompetitiv in der Wiederbesiedlung freier Flächen. Die Rekolonisation durch die Miesmuschel an der unbesiedelten Flächen auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 wird von zwei Faktoren beeinflusst: a.) bereits angesiedelten Miesmuschelindividuen und b.) die Dichte der angrenzenden Muschelfelder, so dass die Rate der Wiederbesiedlung mit der Tiefe abnimmt (LITTORIN & GILEK 1999).

Die Forschungsplattform FINO 1 weist eine eindeutige Tiefenzonierung der Epifauna auf. Die charakteristischen Offshore-Bedingungen an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 (geringe Umweltbelastung, kein limitiertes Sauerstoffangebot sowie ein geringes Vorkommen an Räubern) fördert die Kolonisierung durch Fouling Organismen und eine damit verbundene Ausbildung artspezifischer Tiefenprofile (JOSCHKO *et al.* 2008). Der Tiefengradient scheint hierbei ein wichtiges Charakteristikum der Epifauna auf Offshore-Konstruktionen zu sein (RULE & SMITH 2007). Gleichwohl sind weitere Untersuchungen erforderlich, um die Tiefenzonierungen einzelner Arten sowie Interaktionen zwischen Arten als strukturierende Faktoren besser erforschen zu können.

4.2 Artdiversität der Epifauna auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1

Die Artendiversität der Epifauna auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 war mit 29 Taxa sehr gering. An einer der größten Offshore-Ölplattformen *Forties* in der Nordsee, 177 km entfernt von Aberdeen, wurden bis zu 63 Taxa dokumentiert (GOODMAN & RALPH 1981). Artenarme Gemeinschaften sind empfindlicher gegenüber der Etablierung von Neozoen als artenreiche Gemeinschaften. Dies liegt in der nicht vollständigen Ausschöpfung biotischer und abiotischer Ressourcen begründet, die von Einwanderern aufgrund geringen Konkurrenzdrucks genutzt werden können (WILHELMSON & MALM 2008).

Diverse Taxa, die eine Fouling-Gemeinschaft an künstlichen Unterwasserkonstruktionen charakterisieren, konnten an FINO 1 nicht dokumentiert werden. So konnten keine Algen an der Unterwasserkonstruktion nachgewiesen werden. Dieses Phänomen konnte auch bei einer Monitoring-Untersuchung einer Brücke über den Oresund (Ostsee) zwischen Dänemark und Schweden festgestellt werden (ANONYMOUS 2004). Der Grund für Abwesenheit von Algen an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 ist aus der zur Verfügung stehenden Literatur nicht

ersichtlich. Jedoch könnten die vertikale Ausrichtung des Hartsubstrates, die geringe Oberflächenmorphologie der Unterwasserkonstruktion sowie die veränderten hydrodynamischen Kräfte hierbei von Bedeutung sein.

Ferner sind Arten der Hydrozoa und Bryozoa nicht sehr abundant an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1. Studien zeigten, dass *Ectopleura larynx* (Hydrozoa) und *Electra pilosa* (Bryozoa) zu den Schlüsselarten der Epifauna an künstlichen Unterwasserstrukturen zählen (FORTEATH *et al.* 1982). *E. larynx* sowie *E. pilosa* kamen entlang des gesamten Tiefengradienten von FINO 1 vor, jedoch nur mit geringer Bedeckung. Dies kann unter anderem auf saisonale Schwankungen von *E. larynx* zurückgeführt werden. Eine weitere Analyse der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 mittels digitaler Unterwasserfotographie im Sommer würde vermutlich größere sowie kompaktere Kolonien von *E. larynx* aufzeigen. Frühere Datenerhebungen an der FINO 1 können dies bereits teilweise bestätigen (SCHRÖDER *et al.* 2008). Es ist zu vermuten, dass *E. pilosa* aufgrund der Kameraauflösung teilweise nicht sichtbar ist und es somit zu einer Unterbewertung des Taxons kommt.

Darüber hinaus war das Vorkommen von Balaniden (Seepocken) sowie *Asterias rubens* (Seesterne) limitiert. Untersuchungen an den Unterwasserkonstruktionen des größten Offshore-Windparks Horn Rev in der Nordsee, 14 km westlich von Dänemark, konnte eine hohe Abundanz an Balaniden nachweisen (LEONHARD & PEDERSEN 2004). Auf der Unterwasserkonstruktion der FINO 1 waren Balaniden nur sporadisch in den 5 m und den 20 m-Bereichen zu finden. Eine Erklärung hierfür geht aus der vorliegenden Literatur nicht hervor.

A. rubens, Prädator der Miesmuschel, kam vereinzelt in 5-25 m Tiefe an der Unterwasserstruktur von FINO 1 vor. Einen Grund hierfür könnte ein dichter Ring aus Nematocytentragenden Seeanemonen im unteren Bereich des Unterwasserpfeilers sein, der die Besiedlung der Unterwasserkonstruktion durch am Boden lebende *A. rubens* verhinderte (WOLFSON *et al.* 1979). *M. senile* in der 20 m-28 m Tiefenstufe von FINO 1 könnte diese Funktion als biologische Barriere erfüllen. Eine Untersuchung der Weichbodengemeinschaft um die Forschungsplattform FINO 1 könnte darüber Aufschluss geben, ob *Asterias rubens* auf dem angrenzenden Meeresboden abundant ist und ein geschlossener Anthozoen-Gürtel eine Kolonisation der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 verhindert.

Die vergleichsweise geringe Diversität könnte ebenfalls in der angewandten Methodik begründet sein. Eine Fotoanalyse einer Epifauna lässt nur eine geringe taxonomische Auflösung zu, da insbesondere Feinstrukturen, die für eine Differenzierung von Arten häufig essentiell

sind, nicht deutlich zu erkennen sind. Hinzukommend zeigte ÁLVARO *et al.* (2008) in einer Studie, dass eine Analyse der Epifauna mittels digitaler Unterwasserfotos mit Einschränkungen behaftet ist. Dies liegt einerseits an der Transformation einer dreidimensionalen Struktur in eine zweidimensionale Darstellung. Folglich ist es nicht möglich Taxa, die von anderen Organismen verdeckt werden, zu dokumentieren. Andererseits ist die Fotodokumentation der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 auf die Gemeinschaft entlang der Kameraführungsschiene des Nordpfeilers limitiert. Dies könnte zu einem Verlust an Variabilität führen. Aus den erhobenen Daten ist nicht ersichtlich, ob die Exposition zur Strömung und dem Wellenschlag Einfluss auf die Zusammensetzung der Gemeinschaft hat. Die angefertigten digitalen Bilder weisen alle die gleiche Ausrichtung auf, sodass die Exposition zur Strömung nicht variiert, nur der Wellenschlag nimmt mit zunehmender Wassertiefe ab.

Darüber hinaus hängt die Qualität der Fotoauswertung von dem Bearbeiter ab. Eine Auswertung durch einen unerfahrenen Wissenschaftler ist defizitär (ÁLVARO *et al.* 2008). Um diese Fehlerquelle in der Ausarbeitung *Eine Tiefenanalyse der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1* zu minimieren und die Qualität der Auswertung zu gewährleisten, wurde die Fotoauswertung von einem erfahrenen Wissenschaftler stichpunktartig überprüft.

Bei künftigen Fotoauswertungen könnte das Verfahren zur Berechnung des Bedeckungsgrades eines Taxons modifiziert werden. Anstelle der genauen Bestimmung der Pixel, die ein Taxon auf einem Foto einnimmt (mittels Adobe Photoshop 7.0.1), könnte das Computerprogramm Coral Point Count mit Excel Erweiterung (CPCe) Anwendung finden. Bei diesem Programm wird der Bedeckungsgrad eines Taxons anhand willkürlich verteilter Punkte aus dem auszuwertenden Bild berechnet. Diese Methode wird häufig in wissenschaftlichen Studien angewandt und scheint benutzerfreundlicher sowie effizienter zu sein (KOHLER & GILL 2005). Allerdings würde durch die Effizienz die Qualität der Bildauswertung vermutlich beeinträchtigt werden.

Trotz der oben angeführten Einschränkung wird die Beschreibung der Tiefenzonierung der Epifauna auf der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 als verlässlich angesehen. Im Rahmen des BeoFINO II-Projektes wurde die Epifauna zusätzlich anhand von Kratzproben untersucht, die eine maximale taxonomische Auflösung erlauben. Diese Proben wurden von verschiedenen Positionen an der Plattform genommen und dokumentieren somit die Variabilität als

Folge unterschiedlicher Exposition. Beide Methoden, Unterwasserfotografie und Kratzproben, führten zu ähnlichen Ergebnissen. Daraus wird geschlossen, dass die Unterwasserfotografie geeignet ist, die Tiefenstrukturierung sowie die Artdiversität der Epifaunagemeinschaft an der Plattform hinreichend zu beschreiben.

4.3 Vergleich mit Daten aus dem Jahr 2007

Die Fotoauswertung des Jahres 2011 zeigt einen Ausschnitt der fortgeschrittenen Sukzession der Epifauna, die an der Forschungsstation FINO 1 innerhalb von vier Jahren stattfand. Die Sukzession ist abhängig von der saisonalen Verfügbarkeit von Larven, der Lebensdauer sowie Widerstandsfähigkeit der Fouling Organismen (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Die daraus resultierende Dynamik der Epifauna kann am Beispiel von FINO 1 aufgezeigt werden. Die grundsätzliche Gemeinschaftsstruktur der Epifauna ist über 4 Jahre hinweg erhalten geblieben. Jedoch fanden qualitative wie auch quantitative Veränderungen der Gemeinschaftsstruktur statt. Somit wird die Hypothese bestätigt, dass eine Weiterentwicklung der Hartbodengemeinschaft an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1, aufgrund des natürlichen Sukzessionsverlaufs, stattfand.

Im Jahr 2007 wies die Epifauna 15 Taxa auf, wohingegen sich die Artenanzahl der Epifauna aus dem Jahr 2011 verdoppelte. Dieser Anstieg an Taxa könnte aufgrund der erhöhten Anzahl an ausgewerteten Bildern im Jahre 2011 hervorgehen. Allerdings ist eine lokale Erhöhung der Artenvielfalt angesichts der neu angesiedelten Hartbodenfauna (z.B. Isopoda) sehr wahrscheinlich.

In beiden Jahren war *Mytilus edulis* das dominierende Taxon in der eulitoral Zone. Dies ist vermutlich auf die geringe Anzahl an Prädatoren (z.B. *Asterias rubens*) und die Fähigkeit zurückzuführen, physikalischen Einflüssen wie dem Wellenschlag standzuhalten (JOSCHKO *et al.* 2008). Allerdings fand eine Verschiebung der Tiefenverteilung der Miesmuschel statt.

Eine zweite Kolonisationsphase (engl. *secondary colonization*) fand bereits an der Forschungsplattform FINO 1 statt. Dieser Prozess wird durch Primärbesiedler (z. B. Amphipoden und Hydrozoa) begünstigt und anschließend werden sie von Sekundärkolonisten (z. B. *Halichonria panicea*) verdrängt (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Die Epifauna der 15 m-Tiefenstufe der Forschungsstation FINO 1 veranschaulicht dieses Sukzessionsstadium. Die Bedeckung von *H. panicea* im Jahre 2007 dehnte sich bis in das Jahr 2011 um den Faktor 3 aus. Es wird erwartet, dass zukünftig weitere, langlebige und konkurrenzstarke Taxa die

Unterwasserstruktur besiedeln werden und sich sukzessiv gegen die Primärkolonisten durchsetzen werden.

Die Epifaunagemeinschaft aus dem Jahr 2011 stellte sich bei der Analyse als deutlich heterogener als im Jahr 2007 dar. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass 2011 mit deutlich mehr Replikaten gearbeitet wurden, die auch räumlich weiter um die zentrale Position jeder Tiefenstufe gestreut waren. Somit kann hier nicht abschließend entschieden werden, ob die höhere Variabilität in 2011 tatsächlich ein Charakteristikum der Gemeinschaft ist oder nur ein Artefakt.

4.4 Vergleich der Epifauna auf künstlichem und natürlichem Hartsubstrat

Die Epifauna ist diversen Umwelteinflüssen ausgesetzt. Auf künstlichem und auf natürlichem Hartsubstrat wirken grundsätzlich die gleichen biotischen (Konkurrenz um Raum, Prädation) und abiotischen (Salinität, Temperatur, Eis, Wassertiefe, Bodentopographie) Faktoren auf die Aufwuchsgemeinschaft (Kapitel 4.1). Jedoch sind der Einfluss des Substrates und dessen Charakteristika auf die Gemeinschaftsstrukturen nicht zu unterschätzen. Die Substratmorphologie, der Härtegrad und die Neigung des Substrates sind hierbei anzuführen (QVARFORDT *et al.* 2006).

Künstliches Substrate, sogenannte *artificial reefs*, unterscheiden sich von natürlichen Habitaten unter anderem hinsichtlich der Oberflächenmorphologie (QVARFORDT *et al.* 2006). Natürliche Habitate weisen eine Texturvariabilität auf, die künstliche Substrate gewöhnlich nicht bieten. Demzufolge sind Mikrohabitate wie Senken, Bodenvertiefungen und Felsspalten, die von diversen Arten besiedelt werden, ein Alleinstellungsmerkmal natürlicher Hartsubstrate (QVARFORDT *et al.* 2006).

ZINTZEN *et al.* (2006) verglichen die Diversität von Artgemeinschaften auf natürlichen und künstlichen Hartsubstrat miteinander. Die Epifauna auf einem natürlichen Felsen in der Straße von Dover zeigte eindeutig eine höhere Biodiversität als die Epifauna auf Schiffswracks. Die Epifauna auf dem Felsen setzte sich aus 211 küstennahen Arten sowie 128 Hochseearten zusammen. An den Schiffswracks wurden hingegen nur 121 Taxa identifiziert (ZINTZEN *et al.* 2006). Es konnten insgesamt nur geringe Ähnlichkeiten mit der Epifauna auf Schiffswracks vor der Küste von Belgien nachgewiesen werden. Lediglich vier Taxa wurden in beiden Habitaten dokumentiert: *Ophiothrix fragilis* (Zerbrechlicher Schlangensterne), *Pisidia longicornis* (Porzellankrebs), *Lepidonotus squamatus* (Flacher Schuppenwurm) und *Psammechinus*

miliaris (Strandigel). Auf dem natürlichen Hartsubstrat konnte keine ausgeprägte Dominanz von Hydrozoa und Anthozoa nachgewiesen werden, was ein weiterer Unterschied in der Besiedlung zwischen beiden Substraten darstellt (ZINTZEN *et al.* 2006).

Eine weitere Divergenz zwischen den Aufwuchsgemeinschaften natürlicher und künstlicher Hartsubstrate liegt in der Akkumulation suspendierender Sedimente aus der Wassersäule. Auf künstlichem sowie natürlichem Hartsubstrat nimmt die Akkumulation von Sediment in der Epifauna entlang des Tiefengradientens zu. Dies hängt überwiegend mit der Abnahme des Wellenschlags und der Resuspension von Sediment in größeren Tiefen zusammen (RULE & SMITH 2007). Jedoch konnte keinen Zusammenhang zwischen der Epifauna auf künstlichem Hartsubstrat und dem akkumulierten Sediment festgestellt werden. Wenngleich ein Zusammenhang zwischen Sediment und natürlichem Hartsubstrat in diversen Studien bewiesen wurde (RULE & SMITH 2007). Es stellte sich heraus, dass die Epifauna auf künstlichem Hartsubstrat ähnliche Eigenschaften hinsichtlich Sedimentablagerungen aufweist wie das Substrat selbst. Diese Übereinstimmung führt dazu, dass der Zusammenhang zwischen Epifauna auf künstlichem Substrat und dem akkumulierenden Sediment vernachlässigt werden kann (RULE & SMITH 2007).

Künstliche Hartsubstrate begünstigen die Ansiedlung, die Reproduktion, das Wachstum insbesondere von Hartsubstratgemeinschaften, die die küstenferne Stoff- und Energieflüsse auf vielfältige Weise beeinflussen können. Ein Beispiel wäre die Zunahme filtrierender Organismen (z.B. *Bivalvia*). Aufgrund ihrer Schlüsselrolle in den Stoffaustauschprozessen zwischen der Wassersäule und dem Sediment könnte deren Zunahme erhebliche Auswirkungen mit sich bringen. Hierbei sind Auswirkungen auf die Biomasse des Phyto- und des Zooplanktons denkbar.

Nach dem derzeitigen Wissenstand ist vor allem die Habitatkomplexität von natürlichem Hartsubstraten der Grund, warum künstliche Strukturen im Gegensatz zu natürlichen Strukturen sich in ihrer Funktion als Lebensraum in diesem Ausmaß unterscheiden. Gleichwohl ist festzuhalten, dass künstliches Hartsubstrat, wie die Unterwasserkonstruktion von FINO 1, eine andere Zusammensetzung der Epifauna als natürliche Hartsubstrate begünstigen. Dies bestätigt die Theorie von CORNELL und GLASBY (1999), die besagt, dass künstliche Hartsubstrate keine Ersatzhabitate für Gemeinschaften aus angrenzenden, natürlichen Hartsubstraten darstellen (QVARFORDT *et al.* 2006).

Die zu Beginn geäußerte Hypothese, dass natürliche Substrate eine größere Diversität der Gemeinschaft aufweisen, konnte mit der zur Verfügung stehenden Literatur verifiziert werden.

4.5 Mögliche ökosystemare Auswirkungen auf die (Epi-) Benthosgemeinschaft von Offshore-Windparks

Durch die Energiewende ist die Nachfrage an Offshore-Windenergie erheblich gestiegen (URL 1). Bisher wurde nur ein geringer Teil der geplanten Offshore-Anlagen in Betrieb genommen. Eine abschließende Bewertung ihrer Auswirkung auf die Umwelt, vor allem hinsichtlich auf die (Epi-)Benthosgemeinschaft, ist derzeit noch nicht möglich. Allgemein können die ökosystemaren Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen in zwei Kategorien eingeteilt werden: a) Auswirkungen während der Bauphase b) Auswirkungen während Betriebsphase der Offshore-Windenergieanlage (BARTOLOMÄUS 2002, KUTSCHER & PROJEKTRÄGER JÜLICH 2002).

Die Versiegelung des Meeresbodens im Bereich der Fundamente bewirkt lokal eine vollständige Auslöschung der marinen Benthosorganismen. Diese Zerstörung des Lebensraums steigt exponentiell mit der Größe des Offshore-Windparks an. Es ist zu beachten, dass seltene Arten und Lebensräume nach Möglichkeit nicht beeinträchtigt werden. Das Ausbaggern von Baugruben (im Fall von Schwergewichtsfundamenten) führt zu einem temporären bis langfristigen Verlust von Habitaten, Freisetzung von sedimentgebundenen Substanzen und eine erhöhte Sedimentierung suspendierter Partikel in der unmittelbaren Umgebung, was eine Beeinträchtigung der benthischen Organismen mit sich bringt (PETERSEN & MALM 2006).

Da der Bau von Offshore-Windenergieanlagen immer noch den Charakter von Pilotprojekten hat, können die direkten Einflüsse auf die marine Umwelt und vor allen auf die ansässige Benthosgemeinschaft bisher nur unzureichend prognostiziert werden. Umfassende Monitoring-Programme beim Bau großer Infrastrukturprojekte wie beispielsweise der Brücke über den Oresund (Ostsee) zwischen Dänemark und Schweden können dazu beitragen, generelle Kenntnisse der ökosystemaren Auswirkungen künstlicher Hartsubstrate zu gewinnen (ANONYMOUS 2004). Diese Untersuchungen zeigten keine temporären oder permanenten Auswirkungen auf die (epi-)benthische Fauna und Flora (speziellen auf die Muschelpopulation), aber auch auf die Wasserqualität (Nährstoffkonzentration, Sauerstoffzehrung, etc.) sowie Sedimentcharakteristika. Veränderungen in der Hydrographie waren lokal limitiert. Mit diesem Hintergrundwissen liegt die begründete Vermutung nahe, dass der Bau von Offshore-

Windanlagen nur geringe ökologische Auswirkung auf Benthosgemeinschaft hervorruft (PETERSEN & MALM 2006).

Die potenziellen Belastungen während der Betriebsphase sind von Windkraftanlage zu Windkraftanlage analog. Die Störungen werden generiert durch magnetische Felder, schwingende Propellerflügel, operative Geräuschemissionen sowie den sogenannten Riff-Effekt (PETERSEN & MALM 2006).

Im Fokus der vorliegenden Ausarbeitung steht der Riff-Effekt, der durch den Eintrag von künstlichem Hartsubstrat entsteht. Das künstliche Hartsubstrat, das durch die Unterwasserkonstruktionen der Offshore-Anlagen geschaffen wird, bietet eine vielseitige Oberfläche, die sich für die Besiedlung und das Wachstum von Fouling-Organismen eignet und folglich die Artenheterogenität des Gebietes erhöht. Die Auswirkungen des Riff-Effektes spielen sich auf verschiedenen Ebenen ab. Die kleinste Ebene (*micro scale*) bezieht sich auf die Textur, das Material und die Heterogenität des Fundaments. Die mittlere Ebene (*meso scale*) betrifft den Unterwasserpfeiler. Die größte Ebene umfasst die Auswirkungen der gesamten Offshore-Windkraftanlage (*macro scale*) (PETERSEN & MALM 2006).

Die Diversität und Biomasse auf der Unterwasserkonstruktion wird zum Teil von der Wahl des Materials und der Oberflächenmorphologie kontrolliert (*micro scale*). Die Zusammensetzung des Biofilms, benthischer Bakterien und anderer Mikroorganismen ist zu einem großen Maß von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des Substrates abhängig (WAHL 1989, PETERSEN & MALM 2006). Ein gut entwickelter Biofilm ermöglicht die Ansiedlung makroskopischer Organismen wie beispielsweise Seepocken, Muscheln und Polychaeten (WAHL 1989, PETERSEN & MALM 2006).

Muscheln erfüllen eine wichtige Rolle im marinen Ökosystem. So schaffen Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) einen neuen Lebensraum für andere Taxa und erhöhen somit den Artenreichtum (BUSCHBAUM *et al.* 2008). In einer Studie zur Epifauna auf künstlichem Hartsubstrat waren 30 % der dokumentierten Taxa auf den Lebensraum in Muschelfeldern limitiert (BUSCHBAUM *et al.* 2008). Folglich werden Miesmuschelfelder auch als Hot-Spots der Biodiversität bezeichnet, der durch Offshore-Windkraftanlagen gefördert wird.

M. edulis und andere Filtrierer der Fouling-Gemeinschaft beeinflussen ihrerseits die angrenzende Weichbodengesellschaft (*macro scale*). Die Unterwasserkonstruktion stellt häufig das einzige Hartsubstrat in Gebieten dar, die natürlicherweise durch Weichböden dominiert sind. Die Freisetzung organischen Materials (z.B. Faeces) und abfallen der Organismen bieten

zusätzliche Nahrung für die Benthosorganismen des angrenzenden Meeresbodens (BUSCHBAUM *et al.* 2008). Infolgedessen könnte sich die Zusammensetzung der Epifauna des Meeresbodens verändern. Räuber (z.B. *Asterias rubens*) und Aasfresser dominieren die Epifauna der Weichböden (WILHELMSON & MALM 2008). Ferner beeinflusst die Prädation durch Fische, die von der Unterwasserkonstruktion angelockt werden, die Artzusammensetzung des angrenzenden Meeresbodens (WILHELMSON & MALM 2008).

Der Gradient der Störungseffekte nimmt mit zunehmender Entfernung zur Unterwasserkonstruktion ab (WILHELMSON & MALM 2008). Zugleich führt eine erhöhte Anzahl an Filtrierer (z.B. *M. edulis*) zu einer Veränderung des Energie und Stoffkreislaufes (WILHELMSON & MALM 2008). Es ist derzeit nicht absehbar, ob die Folgen von einer erhöhten Filtration von Phytoplankton lokal begrenzt sind (WILHELMSON & MALM 2008).

Zusätzlich können die Unterwasserkonstruktionen von Offshore-Windparksanlagen die Invasion nicht einheimischer Arten erleichtern. Aufgrund des häufig geringen Artenreichtums der Epifaunagemeinschaften auf künstlichen Hartsubstraten, können Ressourcen ungenutzt bleiben (WILHELMSON & MALM 2008). Diese freien Ressourcen können dann exotische Arten zur Verfügung stehen, was die Wahrscheinlichkeit ihrer Etablierung erhöht. Ferner können künstliche Substrate den Austausch von Individuen zwischen Populationen weit voneinander entfernter Hartsubstrathabitate begünstigen, indem sie räumlich intermediäre Siedlungshabitate (*stepping stones*) bieten. Auf diese Weise wird die Migration von Individuen zwischen den Populationen erleichtert. Dies könnte einerseits die Beständigkeit lokaler Populationen erhöhen. Andererseits kann es aber auch zu einem Verlust an genetischer Diversität führen (ZINZTEN *et al.* 2006).

Es gilt zu berücksichtigen, dass sowohl biotische als auch abiotische Störungen die Muster von Verbreitung, Abundanz und Diversität von Gemeinschaften beeinflussen. Zeitlich begrenzte Störungen erhöhen die Mortalität von Individuen, aber auch die Verfügbarkeit von Ressourcen, die somit anderen Taxa zur Verfügung stehen (SUGDEN *et al.* 2007).

Windkraftanlagen bieten auch Möglichkeiten der Sekundärnutzung. So könnte anhand der bisher gewonnenen Kenntnisse zur Entwicklung der Epifauna auf den Unterwasserstrukturen das Potenzial für Marikultur abgeschätzt werden (WHOMERSLEY & PICKEN 2003). Die Machbarkeit der Produktion von Seetang und Muscheln an Offshore-Windkraftanlagen wird derzeit geprüft (JOSCHKO *et al.* 2008). Marikulturen könnten den kommerziellen Druck auf natürliche Seetang- und Muschelpopulationen reduzieren. Jedoch sind für eine kommerzielle Nutzung

der Unterwasserstrukturen von Windkraftanlagen weitere Untersuchungen erforderlich. Aspekte der Wachstumsraten, Larvendichte, Verluste durch Sterblichkeit und Prädation müssen eingehend untersucht werden (JOSCHKO *et al.* 2008).

Die Wissenschaft sollte den logistischen Nutzen einer Offshore-Windanlage für die Grundlagenforschung berücksichtigen. Die Strukturen bieten „Freilandlabore“ für die Untersuchung inter- bzw. intraspezifischer Wechselwirkungen unter Offshore-Bedingungen (WOLFSON *et al.* 1979).

Ferner könnten Windkraftanlagen als FADs (*fish aggregation device*) fungieren und somit von großem Nutzen für die kommerzielle Fischerei sowie für Freizeitangler sein. Die Verwendung der Windkraftanlagen als Tauchattraktion ist ebenfalls in Betracht zu ziehen (PONTI *et al.* 2002).

Trotz des daraus resultierenden ökonomischen Nutzens von Offshore-Windkraftanlagen sollte die Einrichtung angrenzender Schutzgebiete mit strikten Auflagen sowie Fischereiverbote (*marine protected areas*) in Erwägung gezogen werden (PONTI *et al.* 2002). Die anfängliche Hypothese, dass Offshore-Windparks negative Folgen auf die ansässige benthische Flora und Fauna haben, konnte in Anbetracht des Pilotcharakters von Offshore-Windkraftanlagen und aufgrund fehlender Daten nicht eingehend betrachtet werden. Eine Abschätzung der ökosystemaren Auswirkungen der Offshore-Windenergienutzung erfordert weitere umfangreiche Untersuchungen (PONTI *et al.* 2002, JOSCHKO *et al.* 2008, WILHELMSON & MALM 2008).

5 Zusammenfassung

Die Ausarbeitung *Eine Tiefenanalyse der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1* konnte mittels uni- und multivariate Analysen eine klare Tiefenzonierung der Epifauna aufzeigen. Die vier Tiefenstufen (1 m, 5-10 m, 15 m, 20-28 m) wiesen überwiegend Taxa einer charakteristischen Fouling-Gemeinschaft auf, wie sie auch an Hafensstrukturen zu finden ist (KAREZ & LUDYNIA 2002). Eine hohe Artendiversität wurde hierbei nicht festgestellt. Die dominierenden Taxa waren *Halichondria panicea*, *Jassa* spp., *Metridium senile* sowie *Mytilus edulis*.

Der Nachweis einer Tiefenzonierung der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 mittels digitaler Unterwasseraufnahmen zeigt die Anwendbarkeit dieser Methode. Es ist jedoch zu beachten, dass die Unterwasserfotografie nur eine beschränkte taxonomische Auflösung erlaubt.

Der Vergleich zwischen den Datensätzen von 2007 und 2011 zeigte eine Erhöhung der Artenzahl. Die drastische Ausbreitung des Brotkrumenschwamms (*Halichondria panicea*) in der 15 m-Tiefenstufe während der letzten Jahre lässt erwarten, dass sich weitere langlebige Arten auf der Unterwasserstruktur etablieren und großflächig ausbreiten werden. Die Sukzession an der Unterwasserkonstruktion der FINO 1 wird somit als ein bisher noch nicht abgeschlossener Prozess betrachtet.

Der auf Literaturrecherche basierende Vergleich der Epifauna auf künstlichen und natürlichen Hartsubstraten zeigte eine wesentlich höhere Artenvielfalt auf natürlichem Hartsubstrat wie beispielsweise Felsen auf. Dies liegt überwiegend an der struktureller Komplexität der natürlichen Hartsubstrate. Diese fördert die Ansiedlung unterschiedlicher Taxa und erhöht so die Biodiversität der Epifauna. Folglich können künstliche Hartsubstrate nicht als Ersatzhabitat für natürliche Hartsubstrate fungieren.

Verschiedene Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt sind in der Literatur beschrieben. Schallemission, elektromagnetische Felder und sich veränderte hydrologische Veränderungen sind nur einige Aspekte, welche die Meeresumwelt negativ beeinflussen können (PETERSEN & MALM 2002, WILHELMSON & MALM 2008). Anhand der durchgeführten Literaturrecherche und den dabei gewonnen Erkenntnissen ist eine abschließende Beurteilung der ökosystemaren Auswirkungen von Offshore-Windparks auf die benthischen Organismen gegenwärtig nicht möglich. Es müssen weitere Umweltverträglich-

keitsprüfungen über Offshore-Anlagen angefertigt und diese mit Feldforschung, wie sie beispielsweise an der Forschungsstation FINO 1 betrieben wird, ergänzt werden.

6 Danksagung

Ich möchte mich als aller erstes bei allen an der Kooperation beteiligten Partnern zwischen der Hochschule Bremen und der Abteilung Funktionelle Ökologie des Alfred-Wegener-Institutes (Bremerhaven) bedanken. Mein Erstprüfer Prof. Dr. Heiko Brunken (HS Bremen), mein Zweitprüfer Prof. Dr. Dietmar Zacharias (HS Bremen), mein Betreuer am Alfred-Wegener-Institut Dr. Lars Gutow, Dipl. Biologe Henning Harder (HS Bremen) sowie Dipl. Biologe Matthias Hein sind hier zu nennen. Jeder von ihnen war sehr hilfsbereit und hatte stets ein offenes Ohr für mich. Vor allem du Lars, hast mich während der Ausarbeitungszeit in die höhere Wissenschaft der uni- und multivariate Statistik und des wissenschaftlichen Schreibens eingeführt und warst immer sehr geduldig mit mir. Ich habe sehr viel gelernt und danke dir dafür! Die gesamte Abteilung Funktionelle Ökologie hat mich mit offenen Armen aufgenommen und die Einarbeitungsphase erleichtert.

Ich danke meinen Eltern, meine Schwester Carina sowie Lukas Czerwik! Jeder von ihnen hat mich so tatkräftig in diesen neun Wochen unterstützt. Zu guter Letzt möchte ich Dr. Susanne Gatti vom Alfred-Wegener-Institut meinen Dank aussprechen. Ohne dich, Susanne, wäre mein weiterer beruflicher Werdegang immer noch ungewiss. Danke!

Literatur

- ÁLVARO, N. V., WALLENSTEIN, F. F. M. M., NETO, A. I., NOGUEIRA, E. M., FERREIRA, J., SANTOS, C. I. & AMARAL, A. F. (2008): The use of digital photography for the definition of coastal biotopes in Azores. - *Hydrobiologia* 596: 143-152.
- ANONYMOUS (2004): Environmental impact of the construction of the Øresund fixed link. - 1. Auflage, Øresundkonsortiet, Kopenhagen. 96 S.
- BARTHEL, D. (1988): On the ecophysiology of the sponge *Halichondria panicea* in Kiel Bight. II. Biomass, production, energy budget and integration in environmental processes. - *Marine Ecology Progress Series* 43: 87-93.
- BARTOLOMÄUS, C. (2002): Offshore-Windenergie in Deutschland. Analyse eines Diskurses. - Online im WWW unter URL: http://www.uni-greifswald.de/~umwethik/diplomarbeiten/dipl_bartolomaeus [3.12.2011]
- BEERMANN, J. & FRANKE, H.-D. (2012): Differences in resource utilization and behaviour between coexisting *Jassa* species (Crustacea, Amphipoda). - *Marine Biology* 159: 1-7.
- BUSCHBAUM, C., DITTMANN, S., HONG, J.-S., HWANG, I.-S., STRASSER, M., THIEL, M., VALDIVIA, N., YOON, S.-P. & REISE, K. (2008): Mytilid mussels: global habitat engineers in coastal sediments. - *Helgoland Marine Research*: 1 -12.
- CENTRE FOR MARINE AND COASTAL STUDIES (CMACS) (2003): A baseline assessment of electromagnetic fields generated by offshore wind farm cables. - 1. Auflage, COWRIE, Birkenhead. 66 S.
- CONLAN, K. E. (1990): Revision of the crustacean amphipod genus *Jassa* Leach (Corophioidea: Ischyroceridae). - *Canadian Journal of Zoology* 68: 2031-2075.
- CONNELL, S. D. & GLASBY, T. M. (1999): Do urban structures influence local abundance and diversity of subtidal epibiota? A case study from Sydney harbour, Australia. - *Marine Environmental Research* 47: 373-387.
- DE VOOYS, C.G.N. (1999): Numbers of larvae and primary plantigrades of the mussel *Mytilus edulis* in the western Dutch Wadden Sea. - *Journal of Sea Research* 41: 189-2001.
- DEAN, T. A. & HURD, L. E. (1980): Development in an estuarine fouling community: the influence of early colonists on later arrival. - *Oecologia* 46: 295-301.

- DOBRETSOV, S. V. & MIRON, G. (2001): Larval and post-larval vertical distribution of the mussel *Mytilus edulis* in the White Sea. - Marine Ecology Progress Series 218: 179-187.
- FORTEATH, G. N. R., PICKEN, G. B., RALPH, R. & WILLIAMS, J. (1982): Marine Growth Studies on the North Sea Oil Platform Montrose Alpha. - Marine Ecology Progress Series 8: 61-68.
- FRANZ, D. R. (1988): Population density and demography of a fouling community amphipod. - Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 125: 117-136.
- GOODMAN, K. S. & RALPH, R. (1981): Animal Fouling on the Forties Platform. - In: CRISP J. (19. und 20. Mai 1981): Marine Fouling of Offshore Structures. - Fachtagung über Marine Biology overall und Collection and Interpretation of Marine Fouling Data. Tagungsort unbekannt.
- HAIN, J. (Jahr unbekannt): Varianzanalyse-ANOVA. - Online im WWW unter URL: http://www.uni-wuerzburg.de/fileadmin/10040800/user_upload/hain/SPSS/ANOVA.pdf [20.12.2011]
- HAVERMANS, C., DE BROYER, C., MALLEFET, J. & ZINTZEN, V. (2007): Dispersal mechanisms in amphipods: a case study of *Jassa herdmani* (Crustacea, Amphipoda) in the North Sea. - Marine Biology 153: 83-89.
- JOSCHKO, T. J., BUCK, B. H., GUTOW, L. & SCHRÖDER, A. (2008): Colonization of an artificial hard substrate by *Mytilus edulis* in the German Bight. - Marine Biology Research 4: 350-360.
- KAREZ, R. & LUDYNIA, K. (2003): Niche differentiation in habitat and current preference corroborates taxonomic distinction of *Jassa falcate* and *Jassa marmorata* (Amphipoda, Crustacea). - Estuarine, Coastal and Shelf Science 58: 279-392.
- KHALAMAN, V. V., MUKHINA, Y. I. & KOMENDANTOV, A. Y. (2011): The Effects of the Excretory-Secretors Products of Fouling Organisms on Settlement of Larvae of the Sponge *Halichondria panicea* (Pallas, 1766) (Porifera: Demospongiae). - Russian Journal of Marine Biology 37 (6): 494-500.
- KOHLER, K. E. & GILL, S. M. (2005): Coral Point Count with Excel extension (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. - Computer & Geosciences 32: 1259-1269.

- KUTSCHER, J. & PROJEKTTRÄGER JÜLICH (28. und 29. Mai 2002): Ökologische Begleitforschung zur Offshore-Windenergienutzung. - Fachtagung der Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und des Projektträgers Jülich, Bremerhaven.
- LEONHARD, S. B. & PEDERSEN, J. (2004): Hard Bottom Substrate Monitoring Horns Rev Offshore Wind Farm - Annual Status Report 2004. - Online im WWW unter URL: <http://www.hornsrev.dk/Miljoeforhold/miljoerapporter/Hard%20Bottom%20Status%20Report%202004-R2438-03-005-rev3.pdf> [29.01.2012]
- LEYER, I. & WESCHE, K. (2007): Multivariate Statistik in der Ökologie. - 1. Auflage, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. 221 S.
- LITTLE, C. & KITCHING, J. A. (1996): The biology of rocky shores (biology of habitats series). - 1. Auflage, Oxford University Press, New York. 256 S.
- LITTORIN, B. & GILEK, M. (1999): A photographic study of the recolonization of cleared patches in a dense population of *Mytilus edulis* in the northern Baltic proper. - Hydrobiologia 393: 211-219.
- LOZÁN, J. L. & KAUSCH, H. (1998): Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. - 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, Parey Buchverlag, Berlin. 74 S.
- LUCKE, K. (2010): Auswirkungen von Unterwasserschall auf marine Säugetiere. Forschung- und Technologiezentrum Westküste, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. - Online im WWW unter URL: http://www.ozean-der-zukunft.de/fileadmin/user_upload/content/technologietransfer/pdf/lucke_schall-und-saeuger.pdf [28.01.2012]
- METAXAS, A. (2001): Behaviour in flow: perspectives on the distribution and dispersion on meroplanktonic larvae in the water column. - Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science 58: 86-98.
- PERKOL-FINKEL, S., ZILMAN, G., SELLA, I., MILOH, T. & BENAYAHU, Y. (2008): Floating and fixed artificial habitats: Spatial and temporal patterns of benthic communities in a coral reef environment. - Estuarine, Coastal and Shelf Science 77: 491-500.
- PETERSEN, J. K. & MALM, T. (2006): Offshore Windmill Farms: Threats to or Possibilities for the Maine Environment. - Ambio 35 (2): 75-80.

- PONTI, M., ABBIATI, M. & CECCHERELLI, V. U. (2002): Drilling platforms as artificial reefs: distribution of macrobenthic assemblages of the "Paguro" wreck (northern Adriatic Sea). - ICES Journal of Marine Science 59: 316-323.
- QVARFORDT, S., KAUTSKY, H. & MALM, T. (2006): Development of fouling communities on vertical structures in the Baltic Sea. - Estuarine, Coastal and Shelf Science 67: 618-628.
- RALPH, R. (1979): Data from North Sea Installation. - In: CRISP J. (19. und 20. Mai 1981): Marine Fouling of Offshore Structures. - Fachtagung über Marine Biology overall und Collection and Interpretation of Marine Fouling Data. Tagungsort unbekannt.
- RULE, M. J. & SMITH, S. D. A. (2007): Depth-associated patterns in the development of benthic assemblages on artificial substrata deployed on shallow, subtropical reefs. - Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 345: 38-51.
- RUPPERT, E., FOX, R. & BARNES, R. (2004): Invertebrate Zoology: a functional evolutionary approach. - 7. Auflage, Thomson Press, Kalifornien. 1008 S.
- SCHERMELLEH-ENGEL, K. & WERNER, C. (2007): Computerunterstützte Einführung in multivariate statistische Analyseverfahren. - Online im WWW unter URL: http://user.uni-frankfurt.de/~cswerner/multivariate/univariate_tests.pdf [20.12.2011]
- SCHRÖDER, A., GUTOW, L., JOSCHKO, T. J., KRONE, R., GUSKY, M., PASTER, M. & POTHOFF, M. (2008): Benthosökologische Auswirkungen von Offshore-Windenergieparks in der Nordsee-BeoFINO II - Prozesse im Nahbereich der Piles. Endbericht. - In Begutachtung. 169 S.
- SCHULTZE, S. (2009): Coexistence of two closely related amphipod species (*Jassa herdmani* and *J. marmorata*) in the intertidal of an offshore structure. - Bachelor Thesis, Universität Bremen, unveröffentlicht. 32 S.
- SHAW, S., CREMERS, M.J. & PALMERS, G. (2002): Enabling offshore wind developments. - 1. Auflage, European Wind Energy Association, Brüssel. 132 S.
- SUGDEN, H., PANUSCH, R., LENZ, M., WAHL, M. & THOMASON, J. C. (2007): Temporal variability of disturbances: is this important for diversity and structure of marine fouling assemblages? - Marine Ecology 28: 368-376.

- SUNDERMANN, A. (2005): Variabilität von Makrozoobenthosproben und Bewertungsergebnissen der Fließgewässer vor dem Hintergrund der Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie. - Dissertation, Philipps-Universität Marburg. 153 S. - Online im WWW unter URL: http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=979332362&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=979332362.pdf [20.12.2011]
- THIEL, M. & GUTOW, L. (2005): The ecology of the rafting in the marine environment. The rafting organisms and community. - *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 43: 279-418.
- WAHL, M. (1989): Marine epibiosis. I. Fouling and antifouling: some basic aspects. - *Marine Ecology Progress Series* 58: 175-189.
- WHOMERSLEY, P. & PICKEN, G. B. (2003): Long-term dynamics of fouling communities found on offshore installation in the North Sea. - *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 83: 897-901.
- WILHELMSON, D. & MALM, T. (2008): Fouling assemblage on offshore wind power plants and adjacent substrata. - *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79: 459-466.
- WOLFSON, A., VAN BLARICOM, G., DAVIS, N. & LEWBEL, G. S. (1979): The Marine Life of an Offshore Oil Platform. - *Marine Ecology Progress Series* 1: 81-89.
- ZAR, J. H. (1999): *Biostatistical Analysis*. - 4. Auflage, Upper Saddle River, New Jersey. 663 S.
- ZEILER, M., DAHLKE, C. & NOLTE, N. (2005): Offshore-Windparks in der ausschließlichen Wirtschaftszone von Nord- und Ostsee. - *promet* 31 (1): 71-76.
- ZINTZEN, V., MASSIN, C., NORRO, A. & MALLEFET, J. (2006): Epifaunal inventory of two shipwrecks from the Belgian Continental Shelf. - *Hydrobiologia* 555: 207-219.

Internetquellen

- URL 1: http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/35811.php [20.01.2012]
- URL 2: <http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/Windparks/index.jsp> [20.01.2012]
- URL 3: <http://www.bsh.de/de/Meeresnutzung/Wirtschaft/CONTIS-Informationssystem/ContisKarten/NordseeOffshoreWindparksPilotgebiete.pdf> [20.01.2012]
- URL 4: <http://www.fino-offshore.de/> [3.12.2011]

URL 5: [http://www.marum.de/ Forschungsplattform_zur_Sicherheit_und_Umweltvertraeglichkeit_von_Windkraftanlagen.html](http://www.marum.de/Forschungsplattform_zur_Sicherheit_und_Umweltvertraeglichkeit_von_Windkraftanlagen.html)
[10.01.2012]

URL 6: <http://rewhc.org/biomeasures.shtml#shannon> [13.11.2011]

URL 7: http://www.icbm.de/studproj/kp_helgoland_05/diversitaet_theorie.html [13.11.2011]

URL 8: <http://www.marinespecies.org/> [25.01.2012]

Anhang

Tabelle A - 1: Auswertung der digitalen Unterwasserbilder von der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 aus dem Jahr 2011	VII
Tabelle A - 2: Liste aller erfassten Taxa an der Unterwasserkonstruktion von der Forschungsplattform FINO 1, die mittels digitaler Unterwasserbilder dokumentiert wurden.....	XXX
Tabelle A - 3: Tiefenspezifische Zusammensetzung der Epifaunagemeinschaft an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht	XXXII
Tabelle A - 4: Auszug aus dem Ergebnis der ANOSIM	XXXIII
Tabelle A - 5: Berechnete Shannon-Wiener-Diversität (H'), Pielou's Evenness (E), Artenanzahl (S) pro digitalem Unterwasserfoto in der jeweiligen Tiefenstufe an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1.....	XXXIV
Tabelle A - 6: Auszug aus den Ergebnisse der durchgeführten one-way Varianzanalyse (ANOVA) und einem anschließenden Bartlett's Test von Shannon-Wiener-Diversität (H'), Artenanzahl (S), Pielou's Evenness (E).....	XXXVI
Tabelle A - 7: Tiefenspezifisches Profil mittels des prozentualer Bedeckungsgrades an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 von vier ausgewählten Taxa: <i>Mytilus edulis</i> , <i>Metridium senile</i> , <i>Halichondria panicea</i> sowie <i>Jassa spp.</i> XXXVII	XXXVII
Tabelle A - 8: Auszug aus den Ergebnisse des durchgeführten Kruskal-Wallis Test und einem anschließenden Dunn's Multiple Comparison Test von den Taxa <i>Mytilus edulis</i> sowie <i>Jassa spp.</i> an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1	XXXIX
Tabelle A - 9: Auszug aus den Ergebnisse der durchgeführten one-way Varianzanalyse (ANOVA) und einem anschließenden Bartlett's Test von den Taxa <i>Halichondria panicea</i> , <i>Metridium senile</i> sowie von der unbesiedelten Fläche an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1	XL
Tabelle A - 10: Tiefenspezifische Analyse hinsichtlich der unbesiedelten Flächen an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1	XLI
Tabelle A - 11: Auswertung der digitalen Unterwasserbilder von der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 aus dem Jahr 2007 (Winter)	XLII
Tabelle A - 12: Ergebnisse der ANOSIM zwischen den Datensätzen von der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 aus den Jahren 2007 und 2011	XLVIII

Tabelle A - 1: Auswertung der digitalen Unterwasserbilder von der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 aus dem Jahr 2011 (2. Dezember). Es wurden mittels einer Unterwasserkamera jeweils 10 Replikate (Fotos) in jeder Tiefenstufe angefertigt.

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	100	27,88	28	<i>Metridium senile</i>	367807		7077888	5,20
2.12.2011	100	27,88	28	<i>Ectopleura</i> sp.	229682		7077888	3,25
2.12.2011	100	27,88	28	<i>Electra pilosa</i>	30377		7077888	0,43
2.12.2011	100	27,88	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	22751		7077888	0,32
2.12.2011	100	27,88	28	Balanidae	20048		7077888	0,28
2.12.2011	100	27,88	28	<i>Jassa</i> spp.	6398411		7077888	90,40
2.12.2011	29	27,68	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	12413		7077888	0,18
2.12.2011	29	27,68	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	128604		7077888	1,82
2.12.2011	29	27,68	28	<i>Metridium senile</i>	6036293		7077888	85,28
2.12.2011	29	27,68	28	<i>Jassa</i> spp.	56377		7077888	0,80
2.12.2011	29	27,68	28	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	163561		7077888	2,31
2.12.2011	31	27,47	28	<i>Metridium senile</i>	82006	dark area=21389	7056499	1,16
2.12.2011	31	27,47	28	<i>Ectopleura</i> sp.	119083	dark area=21389	7056499	1,69
2.12.2011	31	27,47	28	<i>Jassa</i> spp.	6573283	dark area=21389	7056499	93,15
2.12.2011	31	27,47	28	<i>Electra pilosa</i>	30362	dark area=21389	7056499	0,43
2.12.2011	31	27,47	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	60449	dark area=21389	7056499	0,86
2.12.2011	31	27,47	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	117856	dark area=21389	7056499	1,67
2.12.2011	31	27,47	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	28649	dark area=21389	7056499	0,41
2.12.2011	32	27,29	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	281138		7077888	3,97
2.12.2011	32	27,29	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	200514		7077888	2,83
2.12.2011	32	27,29	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	4888		7077888	0,07
2.12.2011	32	27,29	28	<i>Mytilus edulis</i>	45667		7077888	0,65
2.12.2011	32	27,29	28	<i>Electra pilosa</i>	59126		7077888	0,84
2.12.2011	32	27,29	28	<i>Jassa</i> spp.	6611567		7077888	93,41
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	1459957		7077888	20,63

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	33	27,06	28	Balanidae	38089		7077888	0,54
2.12.2011	33	27,06	28	Balanidae	38089		7077888	0,54
2.12.2011	33	27,06	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	227575		7077888	3,22
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	104636		7077888	1,48
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Halichondria panicea</i>	82638		7077888	1,17
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Metridium senile</i>	28275		7077888	0,40
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Jassa</i> spp.	4916223		7077888	69,46
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Ectopleura</i> sp.	17053		7077888	0,24
2.12.2011	33	27,06	28	<i>Electra pilosa</i>	152824		7077888	2,16
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Urticina felina</i>	71860	dark area= 121636	6956252	1,03
2.12.2011	34	26,87	28	Balanidae	28160	dark area= 121636	6956252	0,40
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Mytilus edulis</i>	33139	dark area= 121636	6956252	0,48
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Metridium senile</i>	2717547	dark area= 121636	6956252	39,07
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	1076593	dark area= 121636	6956252	15,48
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Jassa</i> spp.	2894479	dark area= 121636	6956252	41,61
2.12.2011	34	26,87	28	Decapoda cf. <i>Portunidae</i>	10849	dark area= 121636	6956252	0,16
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Ectopleura</i> sp.	9239	dark area= 121636	6956252	0,13
2.12.2011	34	26,87	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	2822	dark area= 121636	6956252	0,04
2.12.2011	34	26,87	28	<i>Electra pilosa</i>	15602	dark area= 121636	6956252	0,22
2.12.2011	35	26,66	28	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	80549		7077888	1,14
2.12.2011	35	26,66	28	<i>Asterias rubens</i>	147118		7077888	2,08
2.12.2011	35	26,66	28	<i>Ectopleura</i> sp.	125519		7077888	1,77
2.12.2011	35	26,66	28	<i>Metridium senile</i>	110032		7077888	1,55
2.12.2011	35	26,66	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	1739526		7077888	24,58
2.12.2011	35	26,66	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	123939		7077888	1,75
2.12.2011	35	26,66	28	<i>Jassa</i> spp.	4562954		7077888	64,47

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	35	26,66	28	<i>Electra pilosa</i>	14386		7077888	0,20
2.12.2011	35	26,66	28	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	103363		7077888	1,46
2.12.2011	36	26,49	28	<i>Metridium senile</i>	376966	dark area=439103	6638785	5,68
2.12.2011	36	26,49	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	101795	dark area=439103	6638785	1,53
2.12.2011	36	26,49	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	1510213	dark area=439103	6638785	22,75
2.12.2011	36	26,49	28	<i>Electra pilosa</i>	112915	dark area=439103	6638785	1,70
2.12.2011	36	26,49	28	<i>Jassa</i> spp.	4042568	dark area=439103	6638785	60,89
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Mytilus edulis</i>	1482666	dark area=231407	6846481	21,66
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Metridium senile</i>	1056454	dark area=231407	6846481	15,43
2.12.2011	37	26,29	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	125996	dark area=231407	6846481	1,84
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Electra pilosa</i>	13010	dark area=231407	6846481	0,19
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Spirorbis</i> sp.	7321	dark area=231407	6846481	0,11
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	417082	dark area=231407	6846481	6,09
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Ectopleura</i> sp.	20213	dark area=231407	6846481	0,30
2.12.2011	37	26,29	28	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	85120	dark area=231407	6846481	1,24
2.12.2011	37	26,29	28	<i>Jassa</i> spp.	3628814	dark area=231407	6846481	53,00
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Metridium senile</i>	66876	dark area=308573	6769315	0,99
2.12.2011	38	26,1	28	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	103718	dark area=308573	6769315	1,53
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Ophiothrix fragilis</i>	326870	dark area=308573	6769315	4,83
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Sycon ciliatum</i>	3984	dark area=308573	6769315	0,06
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Ectopleura</i> sp.	24910	dark area=308573	6769315	0,37
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Jassa</i> spp.	5805163	dark area=308573	6769315	85,76
2.12.2011	38	26,1	28	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	326316	dark area=308573	6769315	4,82
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Electra pilosa</i>	88769	dark area=308573	6769315	1,31
2.12.2011	38	26,1	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	13194	dark area=308573	6769315	0,19

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	39	25,77	25	<i>Metridium senile</i>	6633120		7077888	93,72
2.12.2011	39	25,77	25	<i>Jassa</i> spp.	444768		7077888	6,28
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Metridium senile</i>	2670908		7077888	37,74
2.12.2011	40	25,54	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	71044		7077888	1,00
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Asterias rubens</i>	118655		7077888	1,68
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Sycon ciliatum</i>	16408		7077888	0,23
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Mytilus edulis</i>	47044		7077888	0,66
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Jassa</i> spp.	3687519		7077888	52,10
2.12.2011	40	25,54	25	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	312928		7077888	4,42
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Ectopleura</i> sp.	33688		7077888	0,48
2.12.2011	40	25,54	25	<i>Electra pilosa</i>	70949		7077888	1,00
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	17381	dark area=377881	6700007	0,26
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Asterias rubens</i>	43897	dark area=377881	6700007	0,66
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Ectopleura</i> sp.	332579	dark area=377881	6700007	4,96
2.12.2011	41	25,39	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	274368	dark area=377881	6700007	4,10
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Sycon ciliatum</i>	6505	dark area=377881	6700007	0,10
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Metridium senile</i>	20771	dark area=377881	6700007	0,31
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Jassa</i> spp.	7558	dark area=377881	6700007	0,11
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Jassa</i> spp.	5966006	dark area=377881	6700007	89,04
2.12.2011	41	25,39	25	<i>Electra pilosa</i>	19432	dark area=377881	6700007	0,29
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Asterias rubens</i>	44855	dark area= 405742	6672146	0,67
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Electra pilosa</i>	238535	dark area= 405742	6672146	3,58
2.12.2011	42	25,2	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	907625	dark area= 405742	6672146	13,60
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Ectopleura</i> sp.	248313	dark area= 405742	6672146	3,72
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Sycon ciliatum</i>	4042	dark area= 405742	6672146	0,06

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Jassa</i> spp.	5135990	dark area= 405742	6672146	76,98
2.12.2011	42	25,2	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	79354	dark area= 405742	6672146	1,19
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	3351	dark area= 405742	6672146	0,05
2.12.2011	42	25,2	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	4963	dark area= 405742	6672146	0,07
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	12616		7077888	0,18
2.12.2011	43	24,98	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	688714		7077888	9,73
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Sycon ciliatum</i>	35450		7077888	0,50
2.12.2011	43	24,98	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	664703		7077888	9,39
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Ectopleura</i> sp.	29718		7077888	0,42
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	21733		7077888	0,31
2.12.2011	43	24,98	25	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	4229		7077888	0,06
2.12.2011	43	24,98	25	Balanidae	560		7077888	0,01
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Electra pilosa</i>	12401		7077888	0,18
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Jassa</i> spp.	5389850		7077888	76,15
2.12.2011	43	24,98	25	<i>Metridium senile</i>	186182		7077888	2,63
2.12.2011	44	24,84	25	<i>Asterias rubens</i>	209303	dark area=17121	7060767	2,96
2.12.2011	44	24,84	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	102427	dark area=17121	7060767	1,45
2.12.2011	44	24,84	25	<i>Ectopleura</i> sp.	149030	dark area=17121	7060767	2,11
2.12.2011	44	24,84	25	Decapoda cf. <i>Portunidae</i>	35949	dark area=17121	7060767	0,51
2.12.2011	44	24,84	25	Decapoda cf. <i>Pisidia longicornis</i>	19947	dark area=17122	7060767	0,28
2.12.2011	44	24,84	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	768658	dark area=17121	7060767	10,89
2.12.2011	44	24,84	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	345851	dark area=17121	7060767	4,90
2.12.2011	44	24,84	25	<i>Electra pilosa</i>	18831	dark area=17121	7060767	0,27
2.12.2011	44	24,84	25	<i>Jassa</i> spp.	5313233	dark area=17121	7060767	75,25
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	2623539		7077888	37,07

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Asterias rubens</i>	275981		7077888	3,90
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Metridium senile</i>	2536672		7077888	35,84
2.12.2011	45	24,65	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	422328		7077888	5,97
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Ectopleura</i> sp.	70707		7077888	1,00
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Electra pilosa</i>	75843		7077888	1,07
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	2847		7077888	0,04
2.12.2011	45	24,65	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	224986		7077888	3,18
2.12.2011	45	24,65	25	<i>Jassa</i> spp.	381249		7077888	5,39
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Metridium senile</i>	1255037		7077888	17,73
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Asterias rubens</i>	40494		7077888	0,57
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Ectopleura</i> sp.	183522		7077888	2,59
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Electra pilosa</i>	56932		7077888	0,80
2.12.2011	46	24,46	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	444037		7077888	6,27
2.12.2011	46	24,46	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	557867		7077888	7,88
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Jassa</i> spp.	1604		7077888	0,02
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	1890		7077888	0,03
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	5522		7077888	0,08
2.12.2011	46	24,46	25	<i>Jassa</i> spp.	4509375		7077888	63,71
2.12.2011	47	24,23	25	<i>Metridium senile</i>	1198116		7077888	16,93
2.12.2011	47	24,23	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	155379		7077888	2,20
2.12.2011	47	24,23	25	<i>Ectopleura</i> sp.	91812		7077888	1,30
2.12.2011	47	24,23	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	22880		7077888	0,32
2.12.2011	47	24,23	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	86447		7077888	1,22
2.12.2011	47	24,23	25	<i>Electra pilosa</i>	32434		7077888	0,46
2.12.2011	47	24,23	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	787426		7077888	11,13
2.12.2011	47	24,23	25	Balanidae	2688		7077888	0,04

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	47	24,23	25	<i>Jassa</i> spp.	4542179		7077888	64,17
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Asterias rubens</i>	178539		7077888	2,52
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Metridium senile</i>	237898		7077888	3,36
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Mytilus edulis</i>	724983		7077888	10,24
2.12.2011	48	24,06	25	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	94413		7077888	1,33
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Ectopleura</i> sp.	510426		7077888	7,21
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Ophiothrix fragilis</i>	36711		7077888	0,52
2.12.2011	48	24,06	25	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	135883		7077888	1,92
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Psammechinus miliaris</i>	62917		7077888	0,89
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	13614		7077888	0,19
2.12.2011	48	24,06	25	Balanidae	4153		7077888	0,06
2.12.2011	48	24,06	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	11457		7077888	0,16
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Electra pilosa</i>	166088		7077888	2,35
2.12.2011	48	24,06	25	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	155432		7077888	2,20
2.12.2011	48	24,06	25	<i>Jassa</i> spp.	4460355		7077888	63,02
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Metridium senile</i>	2711381	dark area=64426	7013462	38,66
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	214876	dark area=64426	7013462	3,06
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Halichondria panicea</i>	67914	dark area=64426	7013462	0,97
2.12.2011	49	20,76	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	47036	dark area=64426	7013462	0,67
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Ectopleura</i> sp.	128366	dark area=64426	7013462	1,83
2.12.2011	49	20,76	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	38545	dark area=64426	7013462	0,55
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Ophiothrix fragilis</i>	14166	dark area=64426	7013462	0,20
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Jassa</i> spp.	5572	dark area=64426	7013462	0,08
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Electra pilosa</i>	65541	dark area=64426	7013462	0,93
2.12.2011	49	20,76	20	<i>Jassa</i> spp.	3610899	dark area=64426	7013462	51,49

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	50	20,56	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	106523		7077888	1,51
2.12.2011	50	20,56	20	indet.	20159		7077888	0,28
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Sycon ciliatum</i>	4895		7077888	0,07
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Jassa</i> spp.	3152444		7077888	44,54
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Metridium senile</i>	2044706		7077888	28,89
2.12.2011	50	20,56	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	155058		7077888	2,19
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Ectopleura</i> sp.	1161705		7077888	16,41
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Asterias rubens</i>	14243		7077888	0,20
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	15397		7077888	0,22
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Electra pilosa</i>	58464		7077888	0,83
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Mytilus edulis</i>	7529		7077888	0,11
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Jassa</i> spp.	8021		7077888	0,11
2.12.2011	50	20,56	20	<i>Ophiothrix fragilis</i>	10229		7077888	0,14
2.12.2011	50	20,56	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	8289		7077888	0,12
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Cancer pagurus</i>	205576	dark area=87393	6990495	2,94
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Asterias rubens</i>	143294	dark area=87393	6990495	2,05
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Mytilus edulis</i>	896863	dark area=87393	6990495	12,83
2.12.2011	51	20,38	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	379990	dark area=87393	6990495	5,44
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Metridium senile</i>	100086	dark area=87393	6990495	1,43
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Ectopleura</i> sp.	558109	dark area=87393	6990495	7,98
2.12.2011	51	20,38	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	307609	dark area=87393	6990495	4,40
2.12.2011	51	20,38	20	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	24273	dark area=87393	6990495	0,35
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	13724	dark area=87393	6990495	0,20
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Electra pilosa</i>	605694	dark area=87393	6990495	8,66
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Ophiothrix fragilis</i>	9102	dark area=87393	6990495	0,13

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	51	20,38	20	Balanidae	21913	dark area=87393	6990495	0,31
2.12.2011	51	20,38	20	<i>Jassa</i> spp.	3686596	dark area=87393	6990495	52,74
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Asterias rubens</i>	53288		7077888	0,75
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Mytilus edulis</i>	1715512		7077888	24,24
2.12.2011	52	20,2	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	547457		7077888	7,73
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Ectopleura</i> sp.	151391		7077888	2,14
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Ophiothrix fragilis</i>	161740		7077888	2,29
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Electra pilosa</i>	599924		7077888	8,48
2.12.2011	52	20,2	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	785923		7077888	11,10
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Jassa</i> spp.	1376		7077888	0,02
2.12.2011	52	20,2	20	<i>Jassa</i> spp.	3040689		7077888	42,96
2.12.2011	53	20	20	indet.	2504		7077888	0,04
2.12.2011	53	20	20	<i>Halichondria panicea</i>	74798		7077888	1,06
2.12.2011	53	20	20	Balanidae	18532		7077888	0,26
2.12.2011	53	20	20	<i>Asterias rubens</i>	62713		7077888	0,89
2.12.2011	53	20	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	584361		7077888	8,26
2.12.2011	53	20	20	<i>Ophiothrix fragilis</i>	48737		7077888	0,69
2.12.2011	53	20	20	<i>Ectopleura</i> sp.	156765		7077888	2,21
2.12.2011	53	20	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	14860		7077888	0,21
2.12.2011	53	20	20	<i>Electra pilosa</i>	82120		7077888	1,16
2.12.2011	53	20	20	<i>Metridium senile</i>	118329		7077888	1,67
2.12.2011	53	20	20	<i>Urticina felina</i>	982547		7077888	13,88
2.12.2011	53	20	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	45973		7077888	0,65
2.12.2011	53	20	20	<i>Jassa</i> spp.	4858795		7077888	68,65
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Asterias rubens</i>	101981		7077888	1,44
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Mytilus edulis</i>	412297		7077888	5,83

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	54	19,82	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	655592		7077888	9,26
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Urticina felina</i>	900550		7077888	12,72
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Ectopleura</i> sp.	294049		7077888	4,15
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	18224		7077888	0,26
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Mytilus edulis</i>	34018		7077888	0,48
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Halichondria panicea</i>	31546		7077888	0,45
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Electra pilosa</i>	76295		7077888	1,08
2.12.2011	54	19,82	20	<i>Jassa</i> spp.	4547107		7077888	64,24
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Metridium senile</i>	457530		7077888	6,46
2.12.2011	55	19,65	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	189813		7077888	2,68
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Mytilus edulis</i>	225976		7077888	3,19
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Urticina felina</i>	2162999		7077888	30,56
2.12.2011	55	19,65	20	Balanidae	2466		7077888	0,03
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Ectopleura</i> sp.	163070		7077888	2,30
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Halichondria panicea</i>	20610		7077888	0,29
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Electra pilosa</i>	42044		7077888	0,59
2.12.2011	55	19,65	20	<i>Jassa</i> spp.	3747694		7077888	52,95
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Asterias rubens</i>	88508		7077888	1,25
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Mytilus edulis</i>	4773512		7077888	67,44
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Halichondria panicea</i>	10411		7077888	0,15
2.12.2011	56	19,45	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	180048		7077888	2,54
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Electra pilosa</i>	27693		7077888	0,39
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Urticina felina</i>	2319325		7077888	32,77
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	31293		7077888	0,44
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Ectopleura</i> sp.	104855		7077888	1,48
2.12.2011	56	19,45	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	270902		7077888	3,83

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	56	19,45	20	<i>Jassa</i> spp.	728659	negativ--> Überlap-pung	7077888	10,29
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Metridium senile</i>	156231		7077888	2,21
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Asterias rubens</i>	72456		7077888	1,02
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Halichondria panicea</i>	879356		7077888	12,42
2.12.2011	57	19,25	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	677651		7077888	9,57
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Ectopleura</i> sp.	131840		7077888	1,86
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Urticina felina</i>	68406		7077888	0,97
2.12.2011	57	19,25	20	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	368373		7077888	5,20
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Electra pilosa</i>	26434		7077888	0,37
2.12.2011	57	19,25	20	Balanidae	1421		7077888	0,02
2.12.2011	57	19,25	20	<i>Jassa</i> spp.	4684753		7077888	66,19
2.12.2011	57	19,25	20	Polycheat	4594		7077888	0,06
2.12.2011	58	19,06	20	<i>Asterias rubens</i>	11523		7077888	0,16
2.12.2011	58	19,06	20	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	2379262		7077888	33,62
2.12.2011	58	19,06	20	<i>Ectopleura</i> sp.	198493		7077888	2,80
2.12.2011	58	19,06	20	<i>Electra pilosa</i>	37438		7077888	0,53
2.12.2011	58	19,06	20	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	18848		7077888	0,27
2.12.2011	58	19,06	20	Balanidae	20841		7077888	0,29
2.12.2011	58	19,06	20	<i>Jassa</i> spp.	4374873		7077888	61,81
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Asterias rubens</i>	116887		7077888	1,65
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Metridium senile</i>	347396		7077888	4,91
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Mytilus edulis</i>	559970		7077888	7,91
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Urticina felina</i>	287148		7077888	4,06
2.12.2011	104	15,76	15	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	276800		7077888	3,91

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Ectopleura</i> sp.	116999		7077888	1,65
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Electra pilosa</i>	136134		7077888	1,92
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	7493		7077888	0,11
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Halichondria panicea</i>	56169		7077888	0,79
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	1980606		7077888	27,98
2.12.2011	104	15,76	15	<i>Jassa</i> spp.	3169335		7077888	44,78
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Metridium senile</i>	1282196		7077888	18,12
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Urticina felina</i>	1334447		7077888	18,85
2.12.2011	107	15,58	15	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	856992		7077888	12,11
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Ectopleura</i> sp.	62446		7077888	0,88
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	1112942		7077888	15,72
2.12.2011	107	15,58	15	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	153928		7077888	2,17
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Halichondria panicea</i>	65129		7077888	0,92
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	2053		7077888	0,03
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Electra pilosa</i>	89925		7077888	1,27
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Balanidae</i>	5350		7077888	0,08
2.12.2011	107	15,58	15	<i>Jassa</i> spp.	1950199		7077888	27,55
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Halichondria panicea</i>	2536775		7077888	35,84
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Urticina felina</i>	563584		7077888	7,96
2.12.2011	108	15,39	15	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	2911837		7077888	41,14
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Ectopleura</i> sp.	86862		7077888	1,23
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	847482		7077888	11,97
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Electra pilosa</i>	37817		7077888	0,53
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	1296		7077888	0,02
2.12.2011	108	15,39	15	<i>Jassa</i> spp.	16161		7077888	0,23
2.12.2011	109	15,19	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	441672		7077888	6,24

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	109	15,19	15	<i>Metridium senile</i>	52785		7077888	0,75
2.12.2011	109	15,19	15	<i>Mytilus edulis</i>	31342		7077888	0,44
2.12.2011	109	15,19	15	<i>Halichondria panicea</i>	6552089		7077888	92,57
2.12.2011	110	14,99	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	106079		7077888	1,50
2.12.2011	110	14,99	15	<i>Metridium senile</i>	233885		7077888	3,30
2.12.2011	110	14,99	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	4869		7077888	0,07
2.12.2011	110	14,99	15	<i>Halichondria panicea</i>	6733055		7077888	95,13
2.12.2011	111	14,82	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	138227		7077888	1,95
2.12.2011	111	14,82	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	4519		7077888	0,06
2.12.2011	111	14,82	15	<i>Halichondria panicea</i>	6935142		7077888	97,98
2.12.2011	112	14,66	15	<i>Halichondria panicea</i>	6908559		7077888	97,61
2.12.2011	112	14,66	15	<i>Jassa spp.</i>	103846		7077888	1,47
2.12.2011	112	14,66	15	<i>Electra pilosa</i>	13789		7077888	0,19
2.12.2011	112	14,66	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	41209		7077888	0,58
2.12.2011	112	14,66	15	<i>Metridium senile</i>	5421		7077888	0,08
2.12.2011	112	14,66	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	3125		7077888	0,04
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Urticina felina</i>	120123		7077888	1,70
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Metridium senile</i>	1636053		7077888	23,11
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Ophiothrix fragilis</i>	78410		7077888	1,11
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Jassa spp.</i>	63206		7077888	0,89
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	3982		7077888	0,06
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Electra pilosa</i>	226		7077888	0,00
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Halichondria panicea</i>	4983764		7077888	70,41
2.12.2011	113	14,44	15	<i>Cancer pagurus</i>	189710		7077888	2,68
2.12.2011	114	14,25	15	<i>Metridium senile</i>	102440		7077888	1,45
2.12.2011	114	14,25	15	<i>Halichondria panicea</i>	1237144		7077888	17,48

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	114	14,25	15	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	4591942		7077888	64,88
2.12.2011	114	14,25	15	<i>Ectopleura</i> sp.	1363		7077888	0,02
2.12.2011	114	14,25	15	<i>Electra pilosa</i>	117972		7077888	1,67
2.12.2011	114	14,25	15	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	8543		7077888	0,12
2.12.2011	114	14,25	15	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	1130339		7077888	15,97
2.12.2011	114	14,25	15	<i>Jassa</i> spp.	126189	Negativ, da Überlappung	7077888	1,78
2.12.2011	115	14,07	15	<i>Mytilus edulis</i>	1726157		7077888	24,39
2.12.2011	115	14,07	15	<i>Psammechinus miliaris</i>	127630		7077888	1,80
2.12.2011	115	14,07	15	<i>Ectopleura</i> sp.	121023		7077888	1,71
2.12.2011	115	14,07	15	<i>Halichondria panicea</i>	69789		7077888	0,99
2.12.2011	115	14,07	15	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	4313919		7077888	60,95
2.12.2011	115	14,07	15	<i>Electra pilosa</i>	38914		7077888	0,55
2.12.2011	115	14,07	15	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	142764		7077888	2,02
2.12.2011	115	14,07	15	<i>Jassa</i> spp.	537692		7077888	7,60
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Cancer pagurus</i>	179210		7077888	2,53
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Psammechinus miliaris</i>	41540		7077888	0,59
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Asterias rubens</i>	31528		7077888	0,45
2.12.2011	70	10,89	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	46575		7077888	0,66
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Ectopleura</i> sp.	42357		7077888	0,60
2.12.2011	70	10,89	10	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	760192		7077888	10,74
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Electra pilosa</i>	50234		7077888	0,71
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Halichondria panicea</i>	5133		7077888	0,07
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Mytilus edulis</i>	5499884		7077888	77,71
2.12.2011	70	10,89	10	<i>Jassa</i> spp.	842470		7077888	11,90

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Asterias rubens</i>	115144		7077888	1,63
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Urticina felina</i>	582526		7077888	8,23
2.12.2011	71	10,64	10	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	81983		7077888	1,16
2.12.2011	71	10,64	10	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	16739		7077888	0,24
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Ectopleura</i> sp.	65627		7077888	0,93
2.12.2011	71	10,64	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	105097		7077888	1,48
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Electra pilosa</i>	26896		7077888	0,38
2.12.2011	71	10,64	10	Balanidae	3183		7077888	0,04
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Mytilus edulis</i>	6780023		7077888	95,79
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Jassa</i> spp.	4904180		7077888	69,29
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Metridium senile</i>	20551		7077888	0,29
2.12.2011	71	10,64	10	<i>Halichondria panicea</i>	7426		7077888	0,10
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Urticina felina</i>	429101		7077888	6,06
2.12.2011	72	10,44	10	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	126101		7077888	1,78
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Metridium senile</i>	29561		7077888	0,42
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Electra pilosa</i>	229377		7077888	3,24
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Halichondria panicea</i>	474232		7077888	6,70
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Asterias rubens</i>	87535		7077888	1,24
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Ectopleura</i> sp.	46293		7077888	0,65
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Mytilus edulis</i>	2176005		7077888	30,74
2.12.2011	72	10,44	10	<i>Jassa</i> spp.	3484983		7077888	49,24
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Asterias rubens</i>	53955		7077888	0,76
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Urticina felina</i>	1596577		7077888	22,56
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Metridium senile</i>	64537		7077888	0,91

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Electra pilosa</i>	120637		7077888	1,70
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Ectopleura</i> sp.	95636		7077888	1,35
2.12.2011	73	10,2	10	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	17595		7077888	0,25
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Halichondria panicea</i>	37679		7077888	0,53
2.12.2011	73	10,2	10	indet.	3639		7077888	0,05
2.12.2011	73	10,2	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	83880		7077888	1,19
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	73	10,2	10	<i>Jassa</i> spp.	3527207		7077888	49,83
2.12.2011	74	9,98	10	<i>Asterias rubens</i>	137697		7077888	1,95
2.12.2011	74	9,98	10	<i>Ectopleura</i> sp.	610553		7077888	8,63
2.12.2011	74	9,98	10	Anthozoa VI	515101		7077888	7,28
2.12.2011	74	9,98	10	<i>Electra pilosa</i>	62218		7077888	0,88
2.12.2011	74	9,98	10	Polycheat	5315		7077888	0,08
2.12.2011	74	9,98	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	220069		7077888	3,11
2.12.2011	74	9,98	10	koloniale Ascidien cf. <i>Didemnum maculosum</i>	9721		7077888	0,14
2.12.2011	74	9,98	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	74	9,98	10	<i>Jassa</i> spp.	5061096		7077888	71,51
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Coryphella browni</i>	48070		7077888	0,68
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Asterias rubens</i>	160197		7077888	2,26
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Psammechinus miliaris</i>	55776		7077888	0,79
2.12.2011	75	9,82	10	Anthozoa VI	411013		7077888	5,81
2.12.2011	75	9,82	10	Schneckenlaich	21702		7077888	0,31
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Urticina felina</i>	119340		7077888	1,69
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Ectopleura</i> sp.	1130858		7077888	15,98
2.12.2011	75	9,82	10	Echinoidea	137486		7077888	1,94

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Electra pilosa</i>	54267		7077888	0,77
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Sagartiogeton undatus</i>	13628		7077888	0,19
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Jassa</i> spp.	3884747		7077888	54,89
2.12.2011	75	9,82	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	76	9,64	10	Anthozoa VI	1318604		7077888	18,63
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Asterias rubens</i>	84990		7077888	1,20
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Electra pilosa</i>	24854		7077888	0,35
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Ectopleura</i> sp.	159472		7077888	2,25
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Urticina felina</i>	7925		7077888	0,11
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Halichondria panicea</i>	11089		7077888	0,16
2.12.2011	76	9,64	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	24066		7077888	0,34
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	76	9,64	10	<i>Jassa</i> spp.	5043920		7077888	71,26
2.12.2011	77	9,44	10	Anthozoa VI	1100991		7077888	15,56
2.12.2011	77	9,44	10	<i>Electra pilosa</i>	43910		7077888	0,62
2.12.2011	77	9,44	10	<i>Ectopleura</i> sp.	69509		7077888	0,98
2.12.2011	77	9,44	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	9578		7077888	0,14
2.12.2011	77	9,44	10	indet.	4395		7077888	0,06
2.12.2011	77	9,44	10	<i>Sagartiogeton undatus</i>	2848		7077888	0,04
2.12.2011	77	9,44	10	<i>Jassa</i> spp.	4938222		7077888	69,77
2.12.2011	77	9,44	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Asterias rubens</i>	72274		7077888	1,02
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Metridium senile</i>	121900		7077888	1,72
2.12.2011	78	9,24	10	Anthozoa VI	823190		7077888	11,63
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Halichondria panicea</i>	13847		7077888	0,20

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Ectopleura</i> sp.	37650		7077888	0,53
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Electra pilosa</i>	36541		7077888	0,52
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Psammechinus miliaris</i>	14054		7077888	0,20
2.12.2011	78	9,24	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	39083		7077888	0,55
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Jassa</i> spp.	5094817		7077888	71,98
2.12.2011	78	9,24	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	79	9,04	10	<i>Asterias rubens</i>	54955		7077888	0,78
2.12.2011	79	9,04	10	Anthozoa VI	1405197		7077888	19,85
2.12.2011	79	9,04	10	<i>Psammechinus miliaris</i>	173180		7077888	2,45
2.12.2011	79	9,04	10	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	455851		7077888	6,44
2.12.2011	79	9,04	10	<i>Electra pilosa</i>	130349		7077888	1,84
2.12.2011	79	9,04	10	Balanidae	2242		7077888	0,03
2.12.2011	79	9,04	10	<i>Jassa</i> spp.	4655623		7077888	65,78
2.12.2011	79	9,04	10	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	79	9,04	10	<i>Metridium senile</i>	20242		7077888	0,29
2.12.2011	80	5,81	5	<i>Metridium senile</i>	177705		7077888	2,51
2.12.2011	80	5,81	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	183877		7077888	2,60
2.12.2011	80	5,81	5	<i>Ectopleura</i> sp.	84220		7077888	1,19
2.12.2011	80	5,81	5	<i>Electra pilosa</i>	133620		7077888	1,89
2.12.2011	80	5,81	5	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	2176149		7077888	30,75
2.12.2011	80	5,81	5	<i>Mytilus edulis</i>	2230541		7077888	31,51
2.12.2011	80	5,81	5	<i>Halichondria panicea</i>	15136		7077888	0,21
2.12.2011	80	5,81	5	Balanidae	2731		7077888	0,04
2.12.2011	80	5,81	5	<i>Jassa</i> spp.	1953358		7077888	27,60
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Asterias rubens</i>	62161		7077888	0,88
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Psammechinus miliaris</i>	74060		7077888	1,05

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	81	5,62	5	Anthozoa VI	91161		7077888	1,29
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Ectopleura</i> sp.	266262		7077888	3,76
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Electra pilosa</i>	96073		7077888	1,36
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Urticina felina</i>	145494		7077888	2,06
2.12.2011	81	5,62	5	indet.	2559		7077888	0,04
2.12.2011	81	5,62	5	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	24283		7077888	0,34
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Sagartiogeton undatus</i>	26362		7077888	0,37
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Jassa</i> spp.	4517331		7077888	63,82
2.12.2011	81	5,62	5	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	82	5,43	5	<i>Asterias rubens</i>	117520		7077888	1,66
2.12.2011	82	5,43	5	<i>Ectopleura</i> sp.	873679		7077888	12,34
2.12.2011	82	5,43	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	265446		7077888	3,75
2.12.2011	82	5,43	5	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	137421		7077888	1,94
2.12.2011	82	5,43	5	<i>Electra pilosa</i>	71870		7077888	1,02
2.12.2011	82	5,43	5	<i>Metridium senile</i>	21456		7077888	0,30
2.12.2011	82	5,43	5	<i>Mytilus edulis</i>	6450932		7077888	91,14
2.12.2011	82	5,43	5	<i>Jassa</i> spp.	5559131		7077888	78,54
2.12.2011	83	5,2	5	Anthozoa VI	116012		7077888	1,64
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Asterias rubens</i>	18841		7077888	0,27
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Ectopleura</i> sp.	901069		7077888	12,73
2.12.2011	83	5,2	5	Balanidae	7926		7077888	0,11
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Urticina felina</i>	53369		7077888	0,75
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Electra pilosa</i>	133536		7077888	1,89
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Metridium senile</i>	5275		7077888	0,07
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Jassa</i> spp.	5200946		7077888	73,48
2.12.2011	83	5,2	5	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	84	5	5	<i>Asterias rubens</i>	129200		7077888	1,83
2.12.2011	84	5	5	<i>Psammechinus miliaris</i>	117125		7077888	1,65
2.12.2011	84	5	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	380997		7077888	5,38
2.12.2011	84	5	5	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	105522		7077888	1,49
2.12.2011	84	5	5	<i>Ectopleura</i> sp.	121617		7077888	1,72
2.12.2011	84	5	5	<i>Electra pilosa</i>	106138		7077888	1,50
2.12.2011	84	5	5	<i>Jassa</i> spp.	4564945		7077888	64,50
2.12.2011	84	5	5	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	85	4,82	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	805483		7077888	11,38
2.12.2011	85	4,82	5	<i>Electra pilosa</i>	39679		7077888	0,56
2.12.2011	85	4,82	5	<i>Urticina felina</i>	102725		7077888	1,45
2.12.2011	85	4,82	5	<i>Ectopleura</i> sp.	190080		7077888	2,69
2.12.2011	85	4,82	5	<i>Jassa</i> spp.	5637364		7077888	79,65
2.12.2011	85	4,82	5	<i>Mytilus edulis</i>	6433954		7077888	90,90
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Metridium senile</i>	155120		7077888	2,19
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Asterias rubens</i>	73616		7077888	1,04
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Psammechinus miliaris</i>	158193		7077888	2,24
2.12.2011	86	4,62	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	845892		7077888	11,95
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Urticina felina</i>	121280		7077888	1,71
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Ectopleura</i> sp.	56997		7077888	0,81
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Electra pilosa</i>	38796		7077888	0,55
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Jassa</i> spp.	4209325		7077888	59,47
2.12.2011	86	4,62	5	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Asterias rubens</i>	172987		7077888	2,44
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Metridium senile</i>	32876		7077888	0,46
2.12.2011	87	4,39	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	721829		7077888	10,20

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Psammechinus miliaris</i>	18613		7077888	0,26
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Ectopleura</i> sp.	391499		7077888	5,53
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Electra pilosa</i>	98570		7077888	1,39
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Urticina felina</i>	29544		7077888	0,42
2.12.2011	87	4,39	5	Balanidae	1100		7077888	0,02
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Jassa</i> spp.	5404341		7077888	76,36
2.12.2011	87	4,39	5	<i>Mytilus edulis</i>	7077888		7077888	100,00
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Asterias rubens</i>	24662		7077888	0,35
2.12.2011	88	4,21	5	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	134807		7077888	1,90
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Metridium senile</i>	151062		7077888	2,13
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Ectopleura</i> sp.	358947		7077888	5,07
2.12.2011	88	4,21	5	Ascidien cf. <i>Diplosoma</i> sp.	23610		7077888	0,33
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Electra pilosa</i>	180843		7077888	2,56
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Jassa</i> spp.	5960946		7077888	84,22
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Mytilus edulis</i>	6041819		7077888	85,36
2.12.2011	88	4,21	5	<i>Sagartiogeton undatus</i>	66567		7077888	0,94
2.12.2011	89	4	5	<i>Asterias rubens</i>	32913		7077888	0,47
2.12.2011	89	4	5	Anthozoa VI	241758		7077888	3,42
2.12.2011	89	4	5	<i>Ectopleura</i> sp.	405154		7077888	5,72
2.12.2011	89	4	5	<i>Metridium senile</i>	12232		7077888	0,17
2.12.2011	89	4	5	<i>Electra pilosa</i>	12615		7077888	0,18
2.12.2011	89	4	5	Balanidae	4797		7077888	0,07
2.12.2011	89	4	5	<i>Mytilus edulis</i>	4556088		7077888	64,37
2.12.2011	89	4	5	<i>Jassa</i> spp.	6203748		7077888	87,65
2.12.2011	90	1,86	1	<i>Metridium senile</i>	260146		7077888	3,68
2.12.2011	90	1,86	1	<i>Ectopleura</i> sp.	661728		7077888	9,35

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	90	1,86	1	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	90760		7077888	1,28
2.12.2011	90	1,86	1	<i>Electra pilosa</i>	1618395		7077888	22,87
2.12.2011	90	1,86	1	<i>Mytilus edulis</i>	3152664		7077888	44,54
2.12.2011	90	1,86	1	indet.	8482		7077888	0,12
2.12.2011	90	1,86	1	<i>Jassa</i> spp.	1290095		7077888	18,23
2.12.2011	91	1,69	1	<i>Metridium senile</i>	227871	dark area=144309	6933579	3,29
2.12.2011	91	1,69	1	<i>Asterias rubens</i>	18599	dark area=144309	6933579	0,27
2.12.2011	91	1,69	1	<i>Electra pilosa</i>	650859	dark area=144309	6933579	9,39
2.12.2011	91	1,69	1	Anthozoa VI	84882	dark area=144309	6933579	1,22
2.12.2011	91	1,69	1	<i>Ectopleura</i> sp.	17921	dark area=144309	6933579	0,26
2.12.2011	91	1,69	1	<i>Jassa</i> spp.	226439	dark area=144309	6933579	3,27
2.12.2011	91	1,69	1	<i>Mytilus edulis</i>	5266822	dark area=144309	6933579	75,96
2.12.2011	92	1,51	1	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	420258		7077888	5,94
2.12.2011	92	1,51	1	<i>Electra pilosa</i>	441331		7077888	6,24
2.12.2011	92	1,51	1	<i>Metridium senile</i>	24005		7077888	0,34
2.12.2011	92	1,51	1	Isopoda	14767		7077888	0,21
2.12.2011	92	1,51	1	<i>Mytilus edulis</i>	5942538		7077888	83,96
2.12.2011	93	1,33	1	<i>Metridium senile</i>	46110		7077888	0,65
2.12.2011	93	1,33	1	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	229182		7077888	3,24
2.12.2011	93	1,33	1	<i>Electra pilosa</i>	1044717		7077888	14,76
2.12.2011	93	1,33	1	Isopoda	60320		7077888	0,85
2.12.2011	93	1,33	1	<i>Jassa</i> spp.	216847		7077888	3,06
2.12.2011	93	1,33	1	Hydrozoa	212477		7077888	3,00
2.12.2011	93	1,33	1	<i>Mytilus edulis</i>	4524425		7077888	63,92
2.12.2011	94	1	1	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	90434		7077888	1,28
2.12.2011	94	1	1	<i>Electra pilosa</i>	1727868		7077888	24,41

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	94	1	1	Isopoda	181473		7077888	2,56
2.12.2011	94	1	1	Hydrozoa	175450		7077888	2,48
2.12.2011	94	1	1	<i>Jassa</i> spp.	180558		7077888	2,55
2.12.2011	94	1	1	<i>Mytilus edulis</i>	4131808		7077888	58,38
2.12.2011	95	0,8	1	<i>Metridium senile</i>	75124		7077888	1,06
2.12.2011	95	0,8	1	Anthozoa cf. <i>Actinia equina</i>	78862		7077888	1,11
2.12.2011	95	0,8	1	Isopoda	203723		7077888	2,88
2.12.2011	95	0,8	1	<i>Electra pilosa</i>	2156820		7077888	30,47
2.12.2011	95	0,8	1	Hydrozoa	570207		7077888	8,06
2.12.2011	95	0,8	1	<i>Mytilus edulis</i>	3321513		7077888	46,93
2.12.2011	101	0,71	1	<i>Metridium senile</i>	45495		7077888	0,64
2.12.2011	101	0,71	1	<i>Electra pilosa</i>	426852		7077888	6,03
2.12.2011	101	0,71	1	Hydrozoa	358144		7077888	5,06
2.12.2011	101	0,71	1	<i>Jassa</i> spp.	1267858		7077888	17,91
2.12.2011	101	0,71	1	Isopoda	184809		7077888	2,61
2.12.2011	101	0,71	1	<i>Mytilus edulis</i>	4652118		7077888	65,73
2.12.2011	102	0,56	1	Crassostrea	856876		7077888	12,11
2.12.2011	102	0,56	1	Isopoda	313478		7077888	4,43
2.12.2011	102	0,56	1	<i>Electra pilosa</i>	494788		7077888	6,99
2.12.2011	102	0,56	1	<i>Mytilus edulis</i>	4316511		7077888	60,99
2.12.2011	102	0,56	1	<i>Jassa</i> spp.	624756		7077888	8,83
2.12.2011	97	0,24	1	<i>Jassa</i> spp.	1573485		7077888	22,23
2.12.2011	97	0,24	1	Isopoda	221029		7077888	3,12
2.12.2011	97	0,24	1	<i>Electra pilosa</i>	263213		7077888	3,72
2.12.2011	97	0,24	1	Crassostrea	710842		7077888	10,04
2.12.2011	97	0,24	1	<i>Mytilus edulis</i>	4732451		7077888	66,86

Fortsetzung der Tabelle A-1

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	Comments	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
2.12.2011	103	0,35	1	Crassostrea	427124		7077888	6,03
2.12.2011	103	0,35	1	Isopoda	537148		7077888	7,59
2.12.2011	103	0,35	1	<i>Electra pilosa</i>	362945		7077888	5,13
2.12.2011	103	0,35	1	<i>Jassa</i> spp.	1476701		7077888	20,86
2.12.2011	103	0,35	1	<i>Mytilus edulis</i>	3779819		7077888	53,40

Tabelle A - 2: Liste aller erfassten Taxa an der Unterwasserkonstruktion von der Forschungsplattform FINO 1, die mittels digitaler Unterwasserbilder dokumentiert wurden. Insgesamt wurden 29 Taxa nachgewiesen, wobei nicht identifizierbare Taxa nicht in der Liste aufgeführt wurden. Die Taxa wurden mittels *World Register of Marine Species* bestimmt (URL 8).

Stamm	Klasse	Ordnung	Familie	Art	Autorenname
Annelida (Ringelwürmer)	Polychaeta (Vielbortser)				Grube, 1850
		Canalipalpata	Serpulidae	<i>Spirorbis</i> spp.	Daudin, 1800
Arthropoda (Gliederfüßler)	Malacostraca (Höhere Krebse)	Amphipoda	Ischyroceridae	<i>Jassa</i> spp.	Holmes, 1905
		Decapoda	Canceridae (Taschenkrebs)	<i>Cancer pagurus</i>	Linnaeus, 1758
			cf. Portunidae (Schwimmkrabben)		Rafinesque, 1815
			Porcellanidae	cf. <i>Pisidia longicornis</i>	Linnaeus, 1767
		Isopoda (Asseln)			Latreille, 1817
Maxillopoda	Sessilia	Balanidae		Balanidae	
Bryozoa	Gymnolaemata	Cheilostomatida	Electridae	<i>Electra pilosa</i>	Linnaeus, 1767
Chordata (Chordatiere)	Ascidiacea (Seescheide)	Caryophyllales (Nelkenartige)	Aizoaceae	<i>Diplosoma</i> spp.	Schwantes
			Didemnidae	cf. <i>Didemnum maculosum</i>	Milne-Edwards, 1841
Cnidaria (Nesseltiere)	Anthozoa (Blumentier)	Actiniaria (Seeanemone)	Actiniidae	Anthozoa VI undefined	Rafinesque, 1815
				cf. <i>Actinia equina</i>	Linnaeus, 1758

Fortsetzung der Tabelle A-2

Stamm	Klasse	Ordnung	Familie	Art	Autorenname
Cnidaria (Nesseltiere)	Anthozoa (Blumentier)	Actiniaria (Seeanemone)	Actiniidae	<i>Urticina felina</i>	Linnaeus, 1761
			Metridiidae	<i>Metridium senile</i>	Linnaeus 1761
			Sagartiidae	<i>Sagartiogeton undatus</i>	Müller, 1778
	Hydrozoa				Owen, 1843
		Anthoathecata	Tubulariidae	<i>Ectopleura</i> spp.	Van Beneden, 1844
Echinodermata (Stachelhäuter)	Asteroidea (Seesterne)	Forcipulatida	Asteriidae	<i>Asterias rubens</i>	Linnaeus, 1758
	Echinoidea				Leske, 1778
		Camarodonta	<i>Parechinidae</i>	<i>Psammechinus miliaris</i>	P.L.S. Müller, 1771
Ophiuroidea	Ophiurida	Ophiotrichidae	<i>Ophiothrix fragilis</i>	O.F. Müller, 1789	
Mollusca (Weichtiere)	Bivalvia (Muscheln)	Mytiloidea	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	Linnaeus, 1758
	Crassostrea	Ostreoida	Ostreidae (Austern)		Rafinesque, 1815
	Gastropoda				Cuvier, 1797
		Opisthobranchia (Hinterkiemerschnecken)	<i>Flabellinidae</i>	<i>Coryphella browni</i>	Picton, 1980
Porifera (Schwämme)	Calcarea	Leucosolenida	Sycettidae	<i>Sycon ciliatum</i>	Fabricius, 1780
	Demospongiae	Halichondrida	Halichondriidae	<i>Halichondria panicea</i>	Pallas, 1766

Tabelle A - 3: Tiefenspezifische Zusammensetzung der Epifaunagemeinschaft an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Deutschen Bucht. Dargestellt sind die prozentualen Anteile der fünf häufigsten Taxa an der Gesamtbedeckung. Alle weiteren Taxa sind in der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst. Die dreidimensionale Strukturierung der Epifauna kann zu einer Gesamtbedeckung von über 100% führen.

Taxa	Tiefenstufen [m]						
	1	5	10	15	20	25	28
	Bedeckungsgrad [%]						
<i>Anthozoa cf. Actinia equina</i>	1,28	4,72	1,39	18,30	8,32	5,51	1,44
<i>Halichondria panicea</i>	0,00	0,02	0,78	50,97	1,53	0,00	0,12
<i>Metridium senile</i>	0,97	0,87	0,36	5,17	7,93	20,83	15,48
<i>Jassa spp.</i>	9,69	69,53	58,54	8,43	51,61	57,22	65,29
<i>Mytilus edulis</i>	62,07	86,33	90,42	3,27	11,41	1,09	2,28
Sonstige	7,08	2,46	3,06	3,54	3,18	2,29	3,06

Tabelle A - 4: Auszug aus dem Ergebnis der ANOSIM (basierend auf Bray – Curtis-Ähnlichkeit nach vorheriger $\sqrt{}$ -Transformation der prozentualen bedeckungsgrade) zum Vergleich der Epifaunagemeinschaften verschiedener Tiefenstufen auf der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 in der Nordsee.

Global Test					
Signifikanzlevel der Proben: 0,1%					
Tiefenstufen [m]-Gruppen	R-Wert	Signifikanzlevel [%]	mögliche Permutationen	tatsächliche Permutationen	Nummer >= beobachtet
1, 10	0,926	0,1	92378	999	0
1, 15	0,836	0,1	92378	999	0
1, 20	0,934	0,1	92378	999	0
1, 25	0,91	0,1	92378	999	0
1, 28	0,917	0,1	92378	999	0
1, 5	0,868	0,1	92378	999	0
10, 15	0,749	0,1	92378	999	0
10, 20	0,643	0,1	92378	999	0
10, 25	0,761	0,1	92378	999	0
10, 28	0,821	0,1	92378	999	0
10, 5	0,174	1,4	92378	999	13
15, 20	0,526	0,1	92378	999	0
15, 25	0,58	0,1	92378	999	0
15, 28	0,56	0,1	92378	999	0
15, 5	0,736	0,1	92378	999	0
20, 25	0,051	17	92378	999	169
20, 28	0,354	0,1	92378	999	0
20, 5	0,519	0,1	92378	999	0
25, 28	0,142	2,1	92378	999	20
25, 5	0,63	0,1	92378	999	0

Tabelle A - 5: Berechnete Shannon-Wiener-Diversität (H'), Pielou's Evenness (E), Artenanzahl (S) pro digitalem Unterwasserfoto in der jeweiligen Tiefenstufe an der Unterwasser-konstruktion von FINO 1.

Anzahl der Fotos	Shannon-Wiener-Diversität (H')				Pielou's Evenness (E)				Artenanzahl (S)			
	Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]			
	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28
	Diversität				Evenness [%]				Artenanzahl [n]			
1	1,41	0,95	1,58	1,05	0,73	0,41	0,66	0,48	7	10	11	9
2	1,20	1,18	1,14	0,84	0,74	0,57	0,55	0,43	5	8	8	7
3	0,73	1,02	1,78	1,28	0,37	0,43	0,77	0,52	7	11	10	12
4	0,50	1,36	1,29	1,61	0,31	0,62	0,66	0,63	5	9	7	13
5	0,97	1,14	0,30	1,57	0,50	0,47	0,22	0,75	7	11	4	8
6	1,00	1,12	0,23	1,13	0,56	0,51	0,17	0,46	6	9	4	12
7	1,14	1,24	0,11	1,22	0,64	0,50	0,10	0,56	6	12	3	9
8	1,03	1,05	0,14	1,22	0,58	0,48	0,08	0,59	6	9	5	8
9	1,10	0,96	0,85	1,23	0,69	0,50	0,44	0,53	5	7	7	10
10	1,06	1,01	1,09	1,19	0,66	0,44	0,56	0,52	5	10	7	10
11	-	1,42	-	0,24	-	0,68	-	0,34	-	8	-	2
12	-	0,94	-	1,33	-	0,45	-	0,52	-	8	-	13
13	-	0,98	-	1,08	-	0,43	-	0,49	-	10	-	9
14	-	1,10	-	0,48	-	0,53	-	0,23	-	8	-	8
15	-	1,01	-	0,82	-	0,46	-	0,37	-	9	-	9
16	-	1,01	-	0,85	-	0,49	-	0,37	-	8	-	10
17	-	1,00	-	0,91	-	0,56	-	0,42	-	6	-	9
18	-	1,09	-	1,42	-	0,50	-	0,68	-	9	-	8
19	-	1,09	-	1,14	-	0,50	-	0,55	-	9	-	8
20	-	1,02	-	1,07	-	0,46	-	0,51	-	9	-	8

Fortsetzung der Tabelle A-5

Anzahl der Fotos	Shannon-Wiener-Diversität (H')				Pielou's Evenness (E)				Artenanzahl (S)			
	Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]			
	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28
	Diversität				Evenness [%]				Artenanzahl [n]			
21	-		-	0,41	-		-	0,23	-		-	6
22	-	-	-	0,63	-	-	-	0,29	-	-	-	9
23	-	-	-	0,28	-	-	-	0,17	-	-	-	5
24	-	-	-	0,34	-	-	-	0,18	-	-	-	7
25	-	-	-	0,38	-	-	-	0,21	-	-	-	6
26	-	-	-	0,95	-	-	-	0,43	-	-	-	9
27	-	-	-	1,15	-	-	-	0,52	-	-	-	9
28	-	-	-	1,05	-	-	-	0,48	-	-	-	9
29	-	-	-	0,93	-	-	-	0,58	-	-	-	5
30	-	-	-	1,29	-	-	-	0,59	-	-	-	9
Mittelwert	1,03	1,08	0,85	0,97	0,58	0,50	0,42	0,45	5,9	9	6,6	8,5
Standartabweichung	0,25	0,13	0,62	0,38	0,15	0,07	0,26	0,15	0,87	1,41	2,63	2,34

Tabelle A - 6: Auszug aus den Ergebnisse der durchgeführten one-way Varianzanalyse (ANOVA) und einem anschließenden Bartlett's Test von Shannon-Wiener-Diversität (H'), Artenanzahl (S), Pielou's Evenness (E).

	Shannon-Wiener-Diversität (H')	Artenanzahl (S)	Pielou's Evenness (E)
One-way analysis of variance (ANOVA)			
P-Wert	0,3856	0,0002	0,0866
Zusammenfassung des P-Wertes	ns	***	ns
Sind die Mittelwerte signifikant unterschiedlich? (P < 0.05)	No	Yes	No
Anzahl der Gruppen	4	4	4
F	1,029	7,605	2,288
R ²	0,04468	0,2569	0,09421
Bartlett's test for equal variances			
Bartlett's Statistik (korrigiert)	31,14	14,09	22,53
P-Wert	P<0.0001	0,0028	P<0.0001
Zusammenfassung des P-Wertes	***	**	***
Ist die Varianzhomogenität gegeben? (P < 0.05)	Yes	Yes	Yes

Tabelle A - 7: Tiefenspezifisches Profil mittels des prozentualer Bedeckungsgrades an der Unterwasserkonstruktion von FINO 1 von vier ausgewählten Taxa: *Mytilus edulis*, *Metridium senile*, *Halichondria panicea* sowie *Jassa spp.*

Anzahl der Fotos	<i>Mytilus edulis</i>				<i>Metridium senile</i>				<i>Halichondria panicea</i>				<i>Jassa spp.</i>			
	Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]			
	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28
	Bedeckung [%]				Bedeckung [%]				Bedeckung [%]				Bedeckung [%]			
1	44,54	77,71	7,91	0,65	3,68	0,29	4,91	5,20	0,00	0,07	0,79	1,17	18,23	11,90	44,78	90,40
2	75,96	95,79	0,44	0,48	3,29	0,42	18,12	85,28	0,00	0,10	0,92	0,97	3,27	69,29	27,55	0,80
3	83,96	30,74	24,39	21,66	0,34	0,91	0,75	1,16	0,00	6,70	35,84	1,06	3,06	49,24	0,23	93,15
4	63,92	100,00	0,00	0,66	0,65	1,72	3,30	0,40	0,00	0,53	92,57	0,45	2,55	49,83	1,47	93,41
5	58,38	100,00	0,00	10,24	1,06	0,29	0,08	39,07	0,00	0,16	95,13	0,29	17,91	71,51	0,89	69,46
6	46,93	100,00	0,00	0,11	0,64	2,51	23,11	1,55	0,00	0,20	97,98	0,15	8,83	54,89	1,78	41,61
7	65,73	100,00	0,00	12,83	0,00	0,30	1,45	5,68	0,00	0,21	97,61	12,42	22,23	71,26	7,60	64,47
8	60,99	100,00	0,00	24,24	0,00	0,07	0,00	15,43	0,00	0,00	70,41	0,00	20,86	69,77	0,00	60,89
9	66,86	100,00	0,00	5,83	0,00	2,19	0,00	0,99	0,00	0,00	17,48	0,00	0,00	71,98	0,00	53,00
10	53,40	100,00	0,00	0,48	0,00	0,46	0,00	93,72	0,00	0,00	0,99	0,00	0,00	65,78	0,00	85,76
11	-	31,51	-	3,19	-	2,13	-	37,74	-	0,00	-	0,00	-	27,60	-	6,28
12	-	100,00	-	67,44	-	0,17	-	0,31	-	0,00	-	0,00	-	63,82	-	52,10
13	-	91,14	-	0,00	-	0,00	-	2,63	-	0,00	-	0,00	-	78,54	-	0,00
14	-	100,00	-	0,00	-	0,00	-	35,84	-	0,00	-	0,00	-	73,48	-	76,98
15	-	100,00	-	0,00	-	0,00	-	17,73	-	0,00	-	0,00	-	64,50	-	76,15
16	-	90,90	-	0,00	-	0,00	-	16,93	-	0,00	-	0,00	-	79,65	-	75,25
17	-	100,00	-	0,00	-	0,00	-	3,36	-	0,00	-	0,00	-	59,47	-	5,39
18	-	100,00	-	0,00	-	0,00	-	38,66	-	0,00	-	0,00	-	76,36	-	0,00
19	-	85,36	-	0,00	-	0,00	-	28,89	-	0,00	-	0,00	-	84,22	-	64,17
20	-	64,37	-	0,00	-	0,00	-	1,43	-	0,00	-	0,00	-	87,65	-	63,02
21	-	-	-	0,00	-	-	-	1,67	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00
22	-	-	-	0,00	-	-	-	6,46	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00
23	-	-	-	0,00	-	-	-	2,21	-	-	-	0,00	-	-	-	52,74

Fortsetzung der Tabelle A-7

Anzahl der Fotos	<i>Mytilus edulis</i>				<i>Metridium senile</i>				<i>Halichondria panicea</i>				<i>Jassa spp.</i>			
	Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]				Tiefenstufen [m]			
	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28	1	5-10	15	20-28
	Bedeckung [%]				Bedeckung [%]				Bedeckung [%]				Bedeckung [%]			
24	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00
25	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	68,65
26	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	64,24
27	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	52,95
28	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	10,29
29	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	66,19
30	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	0,00	-	-	-	61,81
Mittelwert	62,07	88,38	3,27	4,93	0,97	0,57	5,17	14,74	0	0,39	50,97	0,55	9,69	64,04	8,43	48,41
Standartabweichung	12,19	21,70	7,82	13,38	1,38	0,84	8,38	24,26	0	1,49	43,86	2,27	9,11	18,45	15,34	32,61

Tabelle A - 8: Auszug aus den Ergebnisse des durchgeführten Kruskal-Wallis Test und einem anschließenden Dunn's Multiple Comparison Test von den Taxa *Mytilus edulis* sowie *Jassa* spp. an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1.

	<i>Mytilus edulis</i>			<i>Jassa</i> sp.		
Kruskal-Wallis Test						
P-Wert	P<0.0001			P<0.0001		
Exakter oder gerundeter P-Wert?	Gaussian Approximation			Gaussian Approximation		
Zusammenfassung des P-Wertes	***			***		
Sind die Mittelwerte signifikant unterschiedlich? (P < 0.05)	Yes			Yes		
Anzahl der Gruppen	4			4		
Kruskal-Wallis Statistik	53,96			28,1		
Dunn's Multiple Comparison Test	Unterschiede in Ranksum.	P-Wert	Zusammenfassung	Unterschiede in Ranksum.	P-Wert	Zusammenfassung
1 vs 5 -10	-11,9	P > 0.05	ns	-30,85	P < 0.001	***
1 vs 15	28,1	P < 0.05	*	4,55	P > 0.05	ns
1 vs 20-28	25,87	P < 0.01	**	-19,92	P < 0.05	*
5 -10 vs 15	40	P < 0.001	***	35,4	P < 0.001	***
5 -10 vs 20-28	37,77	P < 0.001	***	10,93	P > 0.05	ns
15 vs 20-28	-2,233	P > 0.05	ns	-24,47	P < 0.01	**

Tabelle A - 9: Auszug aus den Ergebnisse der durchgeführten one-way Varianzanalyse (ANOVA) und einem anschließenden Bartlett's Test von den Taxa *Halichondria panicea*, *Metridium senile* sowie von der unbesiedelten Fläche an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1.

	<i>Halichondria panicea</i>			<i>Metridium senile</i>			unbesiedelte Fläche
One-way analysis of variance (ANOVA)							
P-Wert	P<0.0001			0,0005			P<0.0001
Zusammenfassung des P-Wertes	***			***			***
Sind die Mittelwerte signifikant unterschiedlich? (P < 0.05)	Yes			Yes			Yes
Anzahl der Gruppen	4			4			7
F	19,92			7,092			29,6
R ²	0,4752			0,326			0,7382
Bartlett's test for equal variances							
Bartlett's Statistik (korrigiert)				4,407			
P-Wert				0,2207			
Zusammenfassung des P-Wertes	ns			Ns			ns
Ist die Varianzhomogenität gegeben? (P < 0.05)	No			No			No
Newman-Keuls Multiple Comparison Test							
	Differenz des Mittelwertes	Q	P-Wert	Differenz des Mittelwertes	Q	P-Wert	
1 vs 15	-4330	8,357	P < 0.001	-1,055	6,232	P < 0.001	
1 vs 20 - 28	-5,269	0,012	P > 0.05	-0,6374	2,82	P > 0.05	
1 vs 5 - 10	-2,265	---	P > 0.05	-0,288	---	P > 0.05	
5 - 10 vs 15	-4327	9,645	P < 0.001	-0,7668	3,519	P < 0.05	
5 - 10 vs 20 - 28	-3,004	---	P > 0.05	-0,3494	---	P > 0.05	
20 - 28 vs 15	-4324	10,22	P < 0.001	-0,4174	2,034	P > 0.05	

Tabelle A - 10: Tiefenspezifische Analyse hinsichtlich der unbesiedelten Flächen an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1.

Anzahl der Fotos	Tiefenstufen [m]						
	1	5	10	15	20	25	28
	Bedeckung [%]						
1	9,73	1,70	0,00	0,32	1,56	0,69	0,12
2	5,96	0,95	0,00	0,89	4,38	0,17	1,09
3	3,32	0,00	0,00	0,75	0,54	0,08	0,64
4	10,51	0,00	0,00	0,03	0,29	0,45	0,21
5	8,34	0,00	0,00	0,20	0,38	1,38	0,08
6	9,49	0,00	0,00	0,00	0,09	6,55	1,38
7	2,01	0,00	0,00	0,00	0,93	0,31	1,00
8	6,66	0,00	0,00	0,00	0,09	2,24	0,44
9	6,85	0,00	0,00	0,00	0,52	4,03	0,14
10	6,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14
Mittelwert	6,99	0,27	0,00	0,11	0,88	1,59	0,52
Standartabweichung	2,74	0,59	0,00	0,26	1,32	2,15	0,48

Tabelle A - 11: Auswertung der digitalen Unterwasserbilder von der Epifauna an der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 aus dem Jahr 2007 (Winter). Es wurden nur 3 Replikate (Fotos) in jeder Tiefenstufe, in der 1 m-Tiefenstufe nur 2 Replikate, mittels einer Unterwasserkamera angefertigt.

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
16.01.2007	7158	24,999	25	<i>Ectopleura dumortieri</i>	46184	3144988	1,46849527
16.01.2007	7158	24,999	25	unfouled	16726	3144988	0,53183033
16.01.2007	7158	24,999	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	133468	3144988	4,24383177
16.01.2007	7158	24,999	25	<i>Metridium senile</i>	554751	3144988	17,6392088
16.01.2007	7158	24,999	25	<i>Actinia</i>	62490	3144988	1,98697102
16.01.2007	7158	24,999	25	<i>Jassa</i> spp.	2276550	3144988	72,3866037
16.01.2007	7159	25,192	25	<i>Asterias rubens</i>	19649	3144392	0,62489028
16.01.2007	7159	25,192	25	<i>Actinia</i>	270963	3144392	8,6173416
16.01.2007	7159	25,192	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	224752	3144392	7,14770932
16.01.2007	7159	25,192	25	<i>Polycera quadrilineata</i>	538	3144392	0,01710983
16.01.2007	7159	25,192	25	<i>Metridium senile</i>	14416	3144392	0,45846701
16.01.2007	7159	25,192	25	unfouled	4730	3144392	0,15042654
16.01.2007	7159	25,192	25	<i>Jassa</i> spp.	2609344	3144392	82,9840554
16.01.2007	7161	24,836	25	<i>Sagartiogeton undatus</i>	137266	3143077	4,36724904
16.01.2007	7161	24,836	25	<i>Metridium senile</i>	153350	3143077	4,87897688
16.01.2007	7161	24,836	25	Wurm indet. 1	1587	3143077	0,05049192
16.01.2007	7161	24,836	25	<i>Actinia</i>	246708	3143077	7,84925091
16.01.2007	7161	24,836	25	<i>Ectopleura dumortieri</i>	3468	3143077	0,11033774
16.01.2007	7161	24,836	25	<i>Mytilus edulis</i>	426316	3143077	13,5636512
16.01.2007	7161	24,836	25	<i>Jassa</i> spp.	2598258	3143077	82,6660626
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	181819	3144853	5,7814785
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Polycera quadrilineata</i>	2680	3144853	0,08521861
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Metridium senile</i>	16184	3144853	0,51461865

Fortsetzung der Tabelle A-11

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
16.01.2007	7131	20,002	20	Actinia	128047	3144853	4,07163705
16.01.2007	7131	20,002	20	unfouled	18771	3144853	0,59688004
16.01.2007	7131	20,002	20	Wurm indet. 1	1371	3144853	0,04359504
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Ectopleura dumortieri</i>	2185	3144853	0,06947861
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Mytilus edulis</i>	276585	3144853	8,79484669
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Jassa</i> spp.	2773088	3144853	88,1786207
16.01.2007	7132	20,195	20	<i>Metridium senile</i>	12196	3143455	0,38798074
16.01.2007	7132	20,195	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	368077	3143455	11,7093135
16.01.2007	7132	20,195	20	Actinia	96883	3143455	3,08205462
16.01.2007	7132	20,195	20	<i>Polycera quadrilineata</i>	1391	3143455	0,04425067
16.01.2007	7132	20,195	20	unfouled	16377	3143455	0,52098726
16.01.2007	7132	20,195	20	<i>Jassa</i> spp.	2606852	3143455	82,9295155
16.01.2007	7134	19,824	20	<i>Asterias rubens</i>	19610	3144621	0,62360456
16.01.2007	7134	19,824	20	<i>Polycera quadrilineata</i>	2774	3144621	0,08821413
16.01.2007	7134	19,824	20	<i>Sagartiogeton undatus</i>	258557	3144621	8,22219911
16.01.2007	7134	19,824	20	Actinia	153700	3144621	4,88771143
16.01.2007	7134	19,824	20	unfouled	31808	3144621	1,01150504
16.01.2007	7134	19,824	20	<i>Jassa</i> spp.	2661424	3144621	84,6341737
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Ectopleura dumortieri</i>	54781	3143382	1,74274078
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Polycera quadrilineata</i>	1315	3143382	0,04183392
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Aeolidia papillosa</i>	62730	3143382	1,99562128
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Metridium senile</i>	59468	3143382	1,8918477

Fortsetzung der Tabelle A-11

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	135108	3143382	4,29817311
16.01.2007	7136	14,997	15	Laich	1314	3143382	0,04180211
16.01.2007	7136	14,997	15	Actinia	25635	3143382	0,8155229
16.01.2007	7136	14,997	15	unfouled	24871	3143382	0,79121787
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Mytilus edulis</i>	111970	3143382	3,56208695
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Jassa</i> spp.	2723831	3143382	86,652879
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Polycera quadrilineata</i>	5167	3144484	0,16431949
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Metridium senile</i>	80110	3144484	2,5476358
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	198279	3144484	6,30561326
16.01.2007	7137	15,197	15	Actinia	19638	3144484	0,62452218
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Ectopleura dumortieri</i>	23980	3144484	0,76260525
16.01.2007	7137	15,197	15	unfouled	36359	3144484	1,15627874
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Mytilus edulis</i>	473203	3144484	15,0486694
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Jassa</i> spp.	2743158	3144484	87,2371429
16.01.2007	7139	14,826	15	<i>Aeolidia papillosa</i>	119198	3144139	3,79111738
16.01.2007	7139	14,826	15	<i>Sagartiogeton undatus</i>	248774	3144139	7,91230922
16.01.2007	7139	14,826	15	Actinia	123629	3144139	3,93204626
16.01.2007	7139	14,826	15	<i>Ectopleura dumortieri</i>	46841	3144139	1,48978782
16.01.2007	7139	14,826	15	unfouled	22255	3144139	0,70782494
16.01.2007	7139	14,826	15	<i>Mytilus edulis</i>	166948	3144139	5,30981614
16.01.2007	7139	14,826	15	<i>Jassa</i> spp.	2578503	3144139	82,0098284
07.02.2007	7273	27,249	28	<i>Metridium senile</i>	134385	3144394	4,27379648
07.02.2007	7273	27,249	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	100948	3144394	3,21041193

Fortsetzung der Tabelle A-11

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
07.02.2007	7273	27,249	28	Actinia	179772	3144394	5,71722246
07.02.2007	7273	27,249	28	indet.	1749	3144394	0,0556228
07.02.2007	7273	27,249	28	unfouled	7366	3144394	0,23425818
07.02.2007	7273	27,249	28	<i>Jassa</i> spp.	2720174	3144394	86,5086882
07.02.2007	7272	27,442	28	<i>Metridium senile</i>	11890	3142892	0,37831399
07.02.2007	7272	27,442	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	69462	3142892	2,21013003
07.02.2007	7272	27,442	28	Actinia	157280	3142892	5,00430813
07.02.2007	7272	27,442	28	unfouled	7821	3142892	0,24884724
07.02.2007	7272	27,442	28	indet.	1730	3142892	0,05504484
07.02.2007	7272	27,442	28	<i>Jassa</i> spp.	2894551	3142892	92,0983285
07.02.2007	7270	27,687	28	<i>Metridium senile</i>	34993	3142606	1,11350262
07.02.2007	7270	27,687	28	<i>Sagartiogeton undatus</i>	154596	3142606	4,91935674
07.02.2007	7270	27,687	28	Actinia	96552	3142606	3,0723546
07.02.2007	7270	27,687	28	<i>Ectopleura dumortieri</i>	5539	3142606	0,17625499
07.02.2007	7270	27,687	28	unfouled	37529	3142606	1,19419997
07.02.2007	7270	27,687	28	<i>Jassa</i> spp.	2807233	3142606	89,3281881
16.01.2007	7151	1,007	1	<i>Jassa</i> spp.	458707	3145728	14,5819028
16.01.2007	7151	1,007	1	<i>Polycera quadrilineata</i>	698	3145728	0,02218882
16.01.2007	7151	1,007	1	<i>Mytilus edulis</i>	3145728	3145728	100
16.01.2007	7151	1,007	1	<i>Metridium senile</i>	5633	3145728	0,17906825
16.01.2007	7153	1,326	1	<i>Metridium senile</i>	59935	3145728	1,90528234
16.01.2007	7153	1,326	1	<i>Mytilus edulis</i>	3145728	3145728	100
16.01.2007	7153	1,326	1	<i>Jassa</i> spp.	369859	3145728	11,757501

Fortsetzung der Tabelle A-11

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
16.01.2007	7146	5,002	5	<i>Metridium senile</i>	286688	3141868	9,12476272
16.01.2007	7146	5,002	5	<i>Sagartiogeton undatus</i>	11015	3141868	0,35058761
16.01.2007	7146	5,002	5	Actinia	18806	3141868	0,59856111
16.01.2007	7146	5,002	5	<i>Ectopleura dumortieri</i>	125226	3141868	3,98571805
16.01.2007	7146	5,002	5	indet.	248417	3141868	7,90666572
16.01.2007	7146	5,002	5	unfouled	157476	3141868	5,01217747
16.01.2007	7146	5,002	5	<i>Mytilus edulis</i>	831196	3141868	26,4554717
16.01.2007	7146	5,002	5	<i>Jassa</i> spp.	1537848	3141868	48,9469322
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Metridium senile</i>	366111	3145728	11,6383553
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Sagartiogeton undatus</i>	12703	3145728	0,40381749
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Asterias rubens</i>	9247	3145728	0,29395421
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Ectopleura dumortieri</i>	155714	3145728	4,95001475
16.01.2007	7149	4,638	5	unfouled	184762	3145728	5,8734258
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Mytilus edulis</i>	1407000	3145728	44,7273254
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Jassa</i> spp.	1132597	3145728	36,004289
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Asterias rubens</i>	8063	3145728	0,25631587
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Metridium senile</i>	356859	3145728	11,3442421
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Sagartiogeton undatus</i>	28929	3145728	0,91962814
16.01.2007	7147	5,195	5	Actinia	71274	3145728	2,26573944
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Ectopleura dumortieri</i>	85566	3145728	2,72006989
16.01.2007	7147	5,195	5	indet.	57538	3145728	1,82908376

Fortsetzung der Tabelle A-11

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
16.01.2007	7147	5,195	5	unfouled	44815	3145728	1,42463048
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Mytilus edulis</i>	214866	3145728	6,83040619
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Jassa</i> spp.	2303284	3145728	73,2194265
16.01.2007	7141	9,999	10	<i>Aeolidia papillosa</i>	43742	3136967	1,39440421
16.01.2007	7141	9,999	10	<i>Metridium senile</i>	239288	3136967	7,62800501
16.01.2007	7141	9,999	10	<i>Sagartiogeton undatus</i>	122136	3136967	3,8934423
16.01.2007	7141	9,999	10	Actinia	201826	3136967	6,43379417
16.01.2007	7141	9,999	10	<i>Ectopleura dumortieri</i>	33394	3136967	1,06453144
16.01.2007	7141	9,999	10	unfouled	22734	3136967	0,72471276
16.01.2007	7141	9,999	10	<i>Jassa</i> spp.	2473847	3136967	78,8611101
16.01.2007	7144	9,821	10	<i>Aeolidia papillosa</i>	39913	3137928	1,27195398
16.01.2007	7144	9,821	10	<i>Metridium senile</i>	415163	3137928	13,230482
16.01.2007	7144	9,821	10	<i>Sagartiogeton undatus</i>	9151	3137928	0,29162556
16.01.2007	7144	9,821	10	<i>Ectopleura dumortieri</i>	122953	3137928	3,91828621
16.01.2007	7144	9,821	10	unfouled	63643	3137928	2,02818548
16.01.2007	7144	9,821	10	Balanidae	10417	3137928	0,33197065
16.01.2007	7144	9,821	10	<i>Jassa</i> spp.	2469962	3137928	78,7131508
16.01.2007	7142	10,2	10	<i>Asterias rubens</i>	8595	3145728	0,27322769
16.01.2007	7142	10,2	10	<i>Metridium senile</i>	101919	3145728	3,23991776
16.01.2007	7142	10,2	10	<i>Sagartiogeton undatus</i>	200951	3145728	6,38806025
16.01.2007	7142	10,2	10	Actinia	60567	3145728	1,92537308
16.01.2007	7142	10,2	10	<i>Ectopleura dumortieri</i>	114022	3145728	3,62466176
16.01.2007	7142	10,2	10	unfouled	25565	3145728	0,81268946

Fortsetzung der Tabelle A-11

Datum	Bild Nr.	Tatsächliche Tiefe [m]	Tiefenstufe [m]	Art	Dichte (Pixel)	ausgewertete Bereiche (Pixel)	Bedeckung [%]
16.01.2007	7142	10,2	10	<i>Jassa</i> spp.	2616927	3145728	83,1898689
16.01.2007	7131	20,002	20	<i>Electra pilosa</i>	10028	3144853	0,31887023
16.01.2007	7132	20,195	20	<i>Electra pilosa</i>	41679	3143455	1,32589778
16.01.2007	7134	19,824	20	<i>Electra pilosa</i>	16748	3144621	0,532592
16.01.2007	7136	14,997	15	<i>Electra pilosa</i>	53438	3143382	1,7000161
16.01.2007	7137	15,197	15	<i>Electra pilosa</i>	34554	3144484	1,09887664
16.01.2007	7139	14,826	15	<i>Electra pilosa</i>	4939	3144139	0,15708593
16.01.2007	7142	10,2	10	<i>Electra pilosa</i>	17182	3145728	0,54620107
16.01.2007	7144	9,821	10	<i>Electra pilosa</i>	13407	3137928	0,42725646
16.01.2007	7146	5,002	5	<i>Electra pilosa</i>	41131	3141868	1,30912565
16.01.2007	7147	5,195	5	<i>Electra pilosa</i>	39698	3145728	1,26196543
16.01.2007	7149	4,638	5	<i>Electra pilosa</i>	25425	3145728	0,80823898
16.01.2007	7151	1,007	1	<i>Electra pilosa</i>	12237	3145728	0,38900375
16.01.2007	7153	1,326	1	<i>Electra pilosa</i>	10351	3145728	0,32904943
16.01.2007	7158	24,999	25	<i>Electra pilosa</i>	54819	3144988	1,74305912
07.02.2007	7270	27,687	28	<i>Electra pilosa</i>	6164	3142606	0,19614295

Tabelle A - 12: Ergebnisse der ANOSIM basierend auf der Bray-Curtis -Ähnlichkeit zwischen den Datensätzen von der Unterwasserkonstruktion der Forschungsplattform FINO 1 aus den Jahren 2007 und 2011.

	Tiefenstufe [m]						
	1	5	10	15	20	25	28
	Bedeckung [%]						
Mittelwert	66,50	57,24	43,92	11,05	53,48	60,47	66,25
Standartabweichung	10,38	4,71	11,63	16,80	15,96	24,97	26,56

Eidesstaatliche Erklärung

Name: Simon
Vorname: Stephanie
Adresse: Woltmershauserstraße 100 A
28197 Bremen

Erklärung

Hiermit erkläre ich an Eides Statt, dass ich die vorliegende Bachelor Thesis selbst angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Unterschrift

Bremen, den 6.02.2012