



**Forschungskooperation: „Konzept zum Monitoring der Entwicklung von  
Flachwasser-Hartbodengemeinschaften in der s.-h. Ostsee“**

[Aktenzeichen 0608.451722]

**- Zwischenbericht -**

[ Projektteil 2 ]

von

Claas Hiebenthal

(GEOMAR)

IM AUFTRAG

DES LANDESAMTS FÜR LANDWIRTSCHAFT, UMWELT UND LÄNDLICHE RÄUME  
(SCHLESWIG-HOLSTEIN)

NOVEMBER 2020

## I Inhaltsverzeichnis

<b>- Zwischenbericht -</b> .....	1
I Inhaltsverzeichnis.....	2
1 Zusammenfassung .....	3
2 Einleitung .....	4
3 Methodisches Vorgehen in dem Projektteil .....	5
3.1 Vergleich Besiedlungsplatten – lokale Gemeinschaft .....	5
3.2 Bewertungssystem für Riffe .....	7
3.2.1 Anwendung des bestehenden MarBIT auf Steingrund-Datensätze .....	7
3.2.2 Fortentwicklung des MarBIT.....	8
3.3 Indikative Hinweise auf (Nicht-)Vorkommen ausgewählter Organismen in Verbindung spezifischer Belastungen.....	9
4 Ergebnisse .....	10
4.1 Vergleich Reg-Loc-Div-Platten mit lokaler Riff-Gemeinschaft .....	10
4.2 Anpassung MarBIT.....	15
5 Verwendete Quellen.....	18

## II Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1. Relativer Anteil an Taxa, die nur auf Platten (blau), nur auf Steinen (gelb) oder auf sowohl Platten und Steinen (grün) gefunden wurden. A): Nur Taxa, die bis auf Artniveau bestimmt werden konnten. B): Alle bestimmten Taxa. ....	10
Abbildung 2. Vergleich der mittleren Anteile identifizierter Taxa (bei n = 4 Standorten). A): Vergleich Taxa-Listen von Steinen und 1-Jahres- Besiedlungsplatten aus 2019. B): Vergleich der Taxa-Listen von Steinen aus 2019 mit 2-jahresplatten aus 2013. C): Vergleich der Taxa- Listen von Steinen aus 2019 mit 8-jahresplatten aus 2011. ....	11

## III Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Listen der 2019 auf verschiedenen Substraten identifizierten Taxa. ....	13
--	----

## 1 Zusammenfassung

Als Vorbereitung für ein Langzeitmonitoring entwickelt das GEOMAR in der vorliegenden Kooperation ein Monitoringkonzept, um Hartboden- bzw. "Riffgemeinschaften" des küstennahen Flachwasserbereichs gemäß FFH und MSRL bewerten zu können. In dem geplanten Monitoring sollen (auch) standardisierte Einheiten (Besiedlungsplatten) genutzt werden und abiotische Umweltbedingungen (Temperatur, Salz- und Sauerstoffgehalt) während der Besiedlungsphase (also im jeweils vorausgegangenen Jahr) über Logger erfasst werden. So sollen langfristig Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welche abiotischen Bedingungen die Artengemeinschaft wie beeinflussen. Dabei sollen möglichst biotische Interaktionen (z.B. Konkurrenz, Fraß) berücksichtigt sowie Schlüsselarten identifiziert und ggf. deren Gefährdung herausgestellt werden.

Das RegLocDiv-(Regionale-Lokale-Diversität)-Monitoring des GEOMAR stellt die methodische Basis für das hier erarbeitete Konzept dar. Um zu prüfen inwieweit die Gemeinschaften auf den Besiedlungsplatten die natürlichen lokalen Hartbodengemeinschaften repräsentieren, wurden im September 2019 sowie im September 2020 Benthosproben (besiedelte Steine und Kratzproben) an vier Standorten genommen. Erste Ergebnisse zeigen, dass mit den Platten 2/3 der Taxa erhoben wurden, die (auch) auf den Steinen gefunden wurden. Da nur einzelne Algenarten nach den hier erhobenen Daten die Besiedlungsplatten zu meiden scheinen, könnten bei höherer Replikation 97% der lokalen Hartbodengemeinschaft mithilfe von Platten erfasst werden. Die Verwendung von Platten, die für einen längeren Zeitraum der Besiedlung ausgesetzt waren, könnte die nötige Anzahl Replikate verringern. Dies wird anhand der 2020 genommenen Proben derzeit getestet.

Das von MariLIM für das LLUR entwickelte Bewertungssystem MarBIT (insbesondere die dem MarBIT zugrunde liegende autökologische Referenzarten-Datenbank sowie der TSI) wird die Basis für das im weiteren Projektverlauf zu verfeinernde Riff-Bewertungssystem. Dabei müssen aber die Referenzlisten den jeweiligen Standorten, sowie unterschiedlichen Probenname-Methoden angepasst werden. Die lebensraumtypischen Arten gem. FFH, wahrscheinliche Reaktionen der Gemeinschaften auf den Klimawandel sowie rezente wissenschaftliche funktionelle Trait-Einteilungen werden bei der Entwicklung der Bewertungsparameter berücksichtigt.

## 2 Einleitung

Der Flachwasserbereich der Ostsee ist ein Lebensraum mit starken Schwankungen der abiotischen und biotischen Umwelt: neben Temperaturschwankungen variiert auch der Salzgehalt stark. Salzwasser-Einstromereignisse aus der Nordsee bringen das saisonal aktuelle Set von Verbreitungsstadien von Algen und Evertebraten von dort mit. Darüber hinaus unterliegen selbst Flachwassergemeinschaften gelegentlichen starken Schwankungen der O<sub>2</sub>-Konzentration, wenn wetterbedingtes Upwelling O<sub>2</sub>-armes Tiefenwasser an die Küste treibt.

[Kurz-Zusammenfassung Projektteil 1]: Als Vorbereitung für ein Langzeitmonitoring entwickelte und testete das GEOMAR in Projektteil 1 der vorliegenden Kooperation ein Konzept in dem standardisierte Einheiten (Platten) in Kombination mit abiotischen Umweltbedingungen (Temperatur, Salz- und Sauerstoffgehalt) genutzt werden, um "Riffgemeinschaften" des küstennahen Flachwasserbereichs gemäß FFH und MSRL bewerten zu können. Zur Prüfung der Machbarkeit der Methodik konnte das erstellte Konzept an vier küstennahen Standorten (Falshöft, Boknis Eck, Schönberg, Staber Huk) der schleswig-holsteinischen Ostseeküste in der Praxis erfolgreich getestet werden. Um zu verstehen und voraussagen, in welcher Weise der Klimawandel und das Einwandern neuer Arten zukünftig die Zusammensetzung und Funktionsweise der Flachwassergemeinschaften der s.-h. Ostseeküste formen und verändern wird, wurden zudem in Projektteil 1 in Benthokosmen-Experimenten Hartbodengemeinschaften Stressoren ausgesetzt. Dabei zeigte sich eine Tendenz hin zu einer größeren Robustheit von Arten bzw. Gemeinschaften gegenüber Aussüßungs-Stress, wenn diese bereits zuvor Phasen stärkerer Aussüßung erfahren hatten. Damit in Zukunft zuverlässig abiotische Umweltdaten (Temperatur, Salz- und Sauerstoffgehalt) vorliegen, wurden entsprechende Logger direkt an den Standorten ausgebracht. Im Rahmen einer gutachterlichen Vorhersage zur Entwicklung der Gemeinschaften wurden zudem durch den Klimawandel erwartete Zukunftsszenarien dargestellt und die wahrscheinlichen Reaktionen der Gemeinschaften unter Berücksichtigung rezenter Arbeiten am GEOMAR analysiert.

Steine im Flachwasser werden nach der FFH-Richtlinie der EU zum sog. „Lebensraumtyp Riff“ gezählt und sind daher regelmäßig in ihrem Zustand zu bewerten (Hiebenthal et al 2012). Dies geschieht bislang v.a. durch „Expertenmeinung“, d.h. weitgehend ohne Datenerhebung. Da die Bewertung künftig aber auch für die neuere EU-Meeressstrategie-rahmenrichtlinie (MSRL) genutzt werden soll, soll sie zukünftig auf eine datenbasierte Grundlage gestellt werden. Dafür soll in der vorliegenden Kooperation ein auf Arbeiten des

GEOMAR („RegLocDiv“-Projekt) aufbauendes kostengünstiges Monitoringsystem konzipiert werden. Hierbei gilt es zu testen, ob sich die Methode des RegLogDiv-Projektes eignet, langfristig angewendet das Hartbodenbenthos zu monitoren (für eine Bewertung nach MSRL) und ob/wie die beiden Kooperationspartner die Methode (ggf. z.B. um weitere / andere Messstationen erweitert / angepasst) fortführen können, um gleichzeitig die Landesmonitoring-Anforderungen zu erfüllen.

Das LLUR hat in den vergangenen Jahren versucht, erste grundlegende Daten zu Arten von Hartbodengemeinschaften (d.h. von „Riffen“) zu bekommen. In der Vergangenheit konzentrierte sich das Monitoring und die Erstellung von Bewertungsverfahren für verschiedene EU-Richtlinien v.a. auf die leichter zu beprobende Endofauna des Weichbodens. Hierbei wurde für die küstennahen Bereiche der Ostsee der „MarBIT“ entwickelt, ein modular aufgebauter Index, der v.a. zur Bewertung der ökologischen Qualität des Weichboden-Makrozoobenthos angewandt wird, aber auch für die Fauna bei Helgoland sowie die Begleitfauna von Miesmuschelbänken der s.-h. Nordsee. Für Hartsubstrate im Ostsee-Küstenbereich gibt es bislang es nur das BALCOSIS-Verfahren für Makroalgen. Allerdings gibt es auch für den Ostsee-Küstenbereich für den MarBIT Referenzlisten für Hartsubstrate und die Phytalfauna. Als Bewertungssystem für das hier entwickelten Flachwasser-Hartboden-Monitoring wird daher in der 2. Projektphase ein auf die Besiedlungsplatten bzw. Riffsysteme angepasster MarBIT erarbeitet. Dieser soll testweise auf die Gemeinschaften der Besiedlungsplatten und auf die lokaler Benthosproben angewendet werden. Die Ergebnisse werden dann mit bisherigen (WRRL-)Bewertungen der jeweiligen Wasserkörper verglichen. Der angepasste MarBIT soll zudem auf Daten weiterer (laufender/abgeschlossener LLUR-)Projekte angewendet und so getestet bzw. mit dem bestehenden MarBIT verglichen werden.

### **3 Methodisches Vorgehen in dem Projektteil**

#### 3.1 Vergleich Besiedlungsplatten – lokale Gemeinschaft

Um zu prüfen inwieweit die Gemeinschaften auf den Besiedlungsplatten die natürlichen lokalen Hartbodengemeinschaften repräsentieren (oder ob hier bestimmte Taxa ausgeschlossen werden), wurden im September 2019 – zusätzlich zu Besiedlungsplatten, die ein Jahr zuvor

ausgebracht wurden – Benthosproben (besiedelte Steine und Kratzproben) an denselben vier Standorten genommen (n =8). Kratzproben (n = 4) wurden nur bei Staberhuk genommen, da nur dort größere Steine vorkommen. Im Zuge der – in diesem Bericht vorgestellten - Analyse der so gewonnenen Daten, stellte sich jedoch die Frage, ob die Ähnlichkeit der Gemeinschaften signifikant vom Alter der Besiedlungsplatten-Gemeinschaften abhängt. Daher wurden bei der Reg-Loc-Div-Ausfahrt im September 2020 erneut lokale Benthosproben (an den Standorten Boknis Eck, Schönberg und Staberhuk) genommen, sowie 1-Jahres *und* Mehrjahresplatten (auch Bestandteil von Reg-Loc-Div) beprobt. Die Zusammensetzung der letzteren wird aktuell bestimmt. Die Vorstellung und Diskussion der Daten wird Teil des Berichts 2021 sein.

Da das angestrebte Monitoring (vermutlich bis auf ausgewählte Schlüssel-Taxa) vorwiegend die An- oder Abwesenheit von Taxa berücksichtigen soll, wurde sich beim Vergleich des Bewuchses von Steinen und zeitgleich beprobten Besiedlungsplatten zunächst auf die Taxa-Listen (ohne Berücksichtigung der Abundanzen) beschränkt. So sollte herausgefunden werden, inwieweit die Besiedlungsplatten die lokale Hartbodengemeinschaften widerspiegeln, ob also einzelne Taxa lokal nur auf den Besiedlungsplatten vorkommen – oder gar nicht auf Besiedlungsplatten (sondern nur auf den Steinen). Die Taxa der einzelnen Proben (jeweils 8 Platten oder Steine (bzw. auch Kratzproben in Staberhuk)) wurden dabei zu Gesamt-Taxalisten eines Standortes (nach Besiedlungsplatten- und die lokale Hartbodengemeinschaften getrennt) vereint. Verglichen wurde die Gemeinschaften sowohl für die betrachteten Standorte getrennt, als auch über alle Standorte. Um bei einzelnen Taxa zu klären, ob diese generell nicht auf Besiedlungsplatten vorkommen, wurden auch Taxalisten anderer Geomar-Projekte berücksichtigt, in denen Besiedlungsplatten zu Einsatz kamen (oder kommen).

Im Einzelnen waren dies:

- Platten der Experimente aus Phase 1 dieses Projekts
- Reg-Loc-Div Platten älterer Jahrgänge seit 2004 (inkl. 2 Jahrgänge mit Mehrjahresplatten)
- Platten, der Experimente aus dem Projekt BioHAB
- Platten eines Langzeit-Monitorings (seit 2005) im Kieler Hafen (ebenfalls AG Benthosökologie d. Geomar)
- An Seezeichen ausgebrachte Platten als Monitoring invasiver Taxa (Jahre 2007 - 2014)

- In Häfen ausgebrachte Platten als Monitoring invasiver Taxa (LLUR-Projekt „Neobiota in schleswig-holsteinischen Häfen“, Jahre 2016 - 2020)
- Platten des LLUR-Projekts „Upwelling sauerstoffarmen Tiefenwassers in der Eckernförder Bucht“
- Dr.-Arbeit Francisco Barboza: „Geographic biodiversity patterns across ecological scales: drivers and predictions in Baltic Sea hard-bottom communities along environmental gradients“: Platten ausgebracht an der dänischen und deutschen Ostseeküste (2016)

Zur Bestätigung des Vorkommens einzelner Taxa auf (weiteren) Steinen, wurde zudem Taxalisten weiterer (LLUR-)Projekte herangezogen:

- MSRL-Makrophyten-Projekt (Geomar, 2012-2013)
- Steingrund-Erhebung (Submaris, 2014-2017)
- BALCOSIS (Hartboden, MariLim 2006 - 2019)

### 3.2 Bewertungssystem für Riffe

#### 3.2.1 Anwendung des bestehenden MarBIT auf Steingrund-Datensätze

Um die Eignung des MarBIT als Bewertungstool für Hartboden- bzw. Riffgemeinschaften zu testen, soll versucht werden ihn auf eine Reihe von Hartboden- bzw. Steingrund-Datensätzen anzuwenden. Hierfür stehen grundsätzlich folgende Datensätze der Ostsee (S.-H.) zur Verfügung:

- Steingrund-Erhebung: Artenlisten u.a. aus Rahmenbeprobungen (Submaris, 2014-2017)
- BioHAB-Projekt: Besiedlung von Steinen in Fokus-Gebieten und Benthokosmos-Experimente (Geomar)
- WRRL-Monitoring-Daten (BALCOSIS, Fa. MariLim, auch Phytalfauna)
- MSRL-Makrophyten-Projekt (Geomar)

- Reg-Loc-Div Platten älterer Jahrgänge seit 2004 entlang des Salinitätsgradienten (inkl. 2 Jahrgänge mit Mehrjahresplatten)
- Platten der Beprobungen und Experimente aus Phase 1 dieses Projekts
- Platten eines Langzeit-Monitorings (seit 2005) im Kieler Hafen (ebenfalls AG Benthosökologie d. Geomar)
- An Seezeichen ausgebrachte Platten als Monitoring invasiver Taxa (Jahre 2007 - 2014)
- In Häfen ausgebrachte Platten als Monitoring invasiver Taxa (LLUR-Projekt „Neobiota in schleswig-holsteinischen Häfen“, Jahre 2016 - 2020)
- Platten des LLUR-Projekts „Upwelling sauerstoffarmen Tiefenwassers in der Eckernförder Bucht“
- Dr.-Arbeit Francisco Barboza: „Geographic biodiversity patterns across ecological scales: drivers and predictions in Baltic Sea hard-bottom communities along environmental gradients“: Platten ausgebracht an der dänischen und deutschen Ostseeküste (2016)

Die Anwendung des von der Fa. MariLim vorgeschlagenen MarBIT-Ansatzes (Berg, Fürhaupter & Meyer 2019) auf die o.g. Daten soll dazu dienen, zu prüfen inwieweit die Datensätze und Bewertungstool bereits zusammenpassen und sie ggf. jeweils für die Nutzung anzupassen. Der MarBIT-Ansatz soll dabei kritisch wissenschaftlich hinterfragt werden, was der darauf aufbauenden möglichen Fortentwicklung des Tools dient.

### 3.2.2 Fortentwicklung des MarBIT

Basierend auf den Erkenntnissen aus 3.2.1 soll das MarBIT-Bewertungstool (Berg, Fürhaupter & Meyer 2019) möglichst dahingehend für die Nutzung zur Bewertung von Hartboden- bzw. Riffgemeinschaften angepasst werden, dass das finale Bewertungssystem dortige Belastungen (z.B. Eutrophierung [Veränderung der Artzusammensetzung, Wirkung von O<sub>2</sub>-Mangel], mechanische Störungen) anzeigt.



Die bereits hierfür entwickelten Referenzlisten (Berg, Fürhaupter & Meyer 2019) und auch das Verhalten des Index (bzw. der 4 Module) sollen dafür unter verschiedenen Bedingungen überprüft und ggf. verbessert werden. Die in Projektteil 1 erarbeiteten wahrscheinlichen Reaktionen der Gemeinschaften auf durch den Klimawandel erwartete Zukunftsszenarien für die physikalische Umwelt werden dabei auch als Basis der kritischen Betrachtung bestehender und ggf. Entwicklung neuer Indikatoren zur Bewertung des Umweltzustandes mit einbezogen. Darüber hinaus sollen bestehende EU-Bewertungsindices (wie EUNIS) sowie Indices aus dem Bereich der Wissenschaft (z.B. Franz et al 2019) in Betracht gezogen werden. Auch weitere Punkte des FFH-Kennblatts für Riffe (zu „Struktur und Funktion“) werden für das Bewertungssystem berücksichtigt.

Grundlage des Bewertungssystems sollte schließlich eine möglichst vollständige Artenliste des jeweiligen Riffstandorts sein. Aus dieser wird dann eine (ggf. spezifische für ein lokales Riff) Referenzliste generiert. Deren Arten Referenzliste werden (in Gruppen oder Einzeln, ggf. auch anhand von Traits, Funktionalen Gruppen/Ernährungstypen) genutzt, um den Umweltzustand zu bestimmen. Die verwendeten Referenzlisten sollten die *Riff-typischen* Arten in den Vordergrund stellen (und z.B. Irrgäste der (Weichboden-)Endofauna ausschließen).

Das hierdurch erarbeitete Bewertungssystem soll abschließend durch Anwendung auf dieselben Datensätze (siehe 3.2.1) getestet werden.

Das vorgeschlagene Konzept soll zur zukünftigen Beprobung und Bewertung der Steinriffe des Flachwassers (eher „durchgehende“ ufernahe „Bänder“) dienen, aber auch für die Bewertung tieferer Steingründe geeignet sein.

### 3.3 Indikative Hinweise auf (Nicht-)Vorkommen ausgewählter Organismen in Verbindung spezifischer Belastungen.

Aus den Untersuchungen der Projektphase 1, aus der BioHAB-Kooperation (GEOMAR-LLUR) sowie aus weiteren v.a. dem GEOMAR zur Verfügung stehenden wissenschaftlichen Quellen soll hier versucht werden, Umwelt-Belastungen und -Veränderungen mit der Veränderung von Benthosgemeinschaften zu korrelieren. Für den Nachweis solcher Veränderungen werden – soweit verfügbar - Artenlisten aus früheren Untersuchungen des IFM/IFM-GEOMAR mit Artenlisten jüngerer Untersuchungen verglichen. Für Veränderungen sollen die plausibelsten Ursachen ermittelt werden, u.a. durch Literaturstudien z.B. rezenter experimenteller Arbeiten. Für möglichst viele Arten soll ermittelt werden, ob sie empfindlich auf

bestimmte Belastungen reagieren. Außerdem sollten systematisch Traits und indikative Eigenschaften zusammengetragen werden, die ggf. für die zukünftige Weiter-Entwicklung des Bewertungssystems genutzt werden können.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Vergleich Reg-Loc-Div-Platten mit lokaler Riff-Gemeinschaft

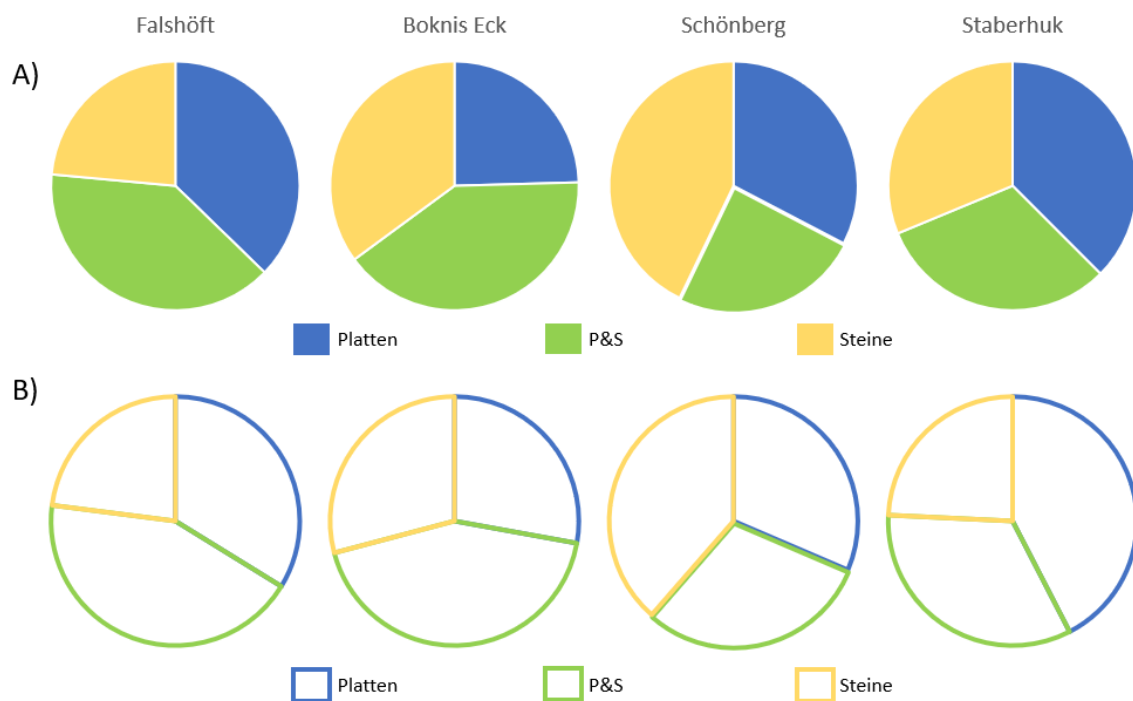


Abbildung 1. Relativer Anteil an Taxa, die nur auf Platten (blau), nur auf Steinen (gelb) oder auf sowohl Platten und Steinen (grün) gefunden wurden. A): Nur Taxa, die bis auf Artniveau bestimmt werden konnten. B): Alle bestimmten Taxa.

Im Mittel wurden 33 % der identifizierten Taxa nur auf Platten, 34 % sowohl auf Platten (Ober- und Unterseiten) als auch auf Steinen und 33 % nur auf Steinen an den jeweiligen Standorten gefunden (

Abbildung 2A). Dabei war der Anteil der nur auf Steinen gefundenen Taxa in Falshöft mit 24 % am geringsten und in Schönberg mit 43 % am höchsten (Abbildung 1).

Dabei gab es kein erkennbar klares Muster zwischen den beiden Sand- und Seegrasdominierten Standorten (Falshöft und Schönberg) und den steinigern Makroalgen- und Miesmuschel-dominierten Standorten (Boknis Eck und Staberhuk).

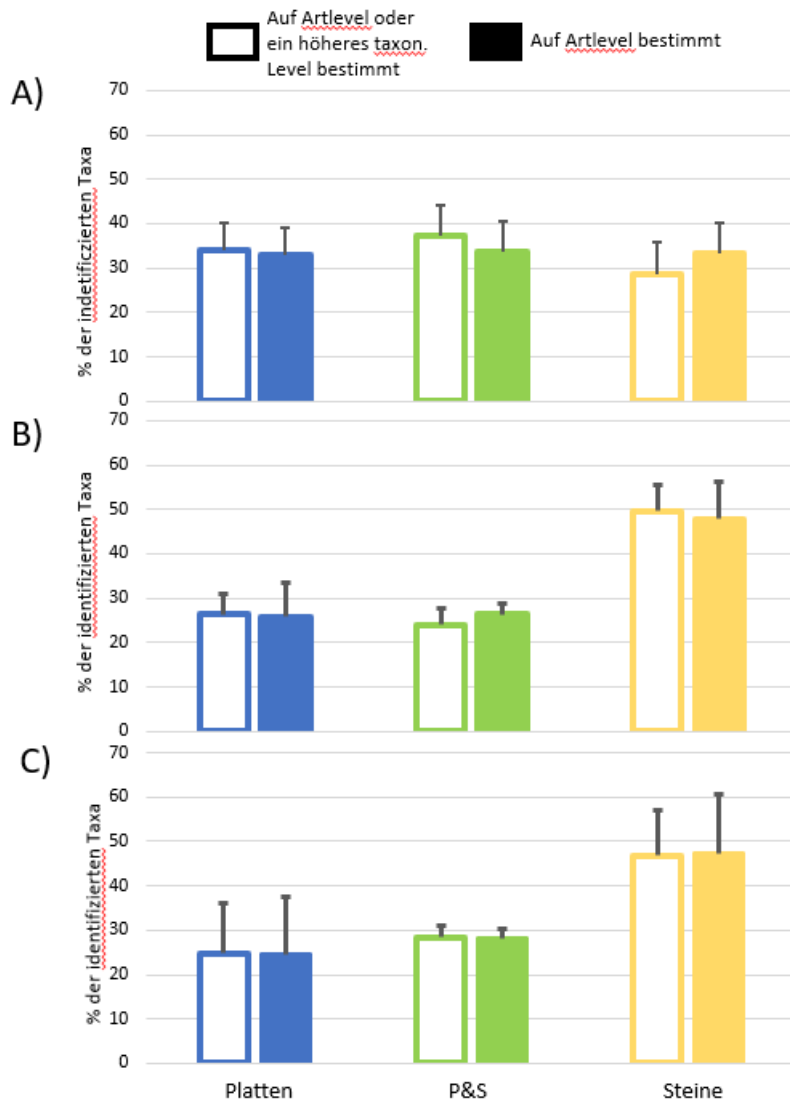


Abbildung 2. Vergleich der mittleren Anteile identifizierter Taxa (bei  $n = 4$  Standorten). A): Vergleich Taxa-Listen von Steinen und 1-Jahres-Besiedlungsplatten aus 2019. B): Vergleich der Taxa-Listen von Steinen aus 2019 mit 2-jahresplatten aus 2013. C): Vergleich der Taxa-Listen von Steinen aus 2019 mit 8-jahresplatten aus 2011.

Wenn nur Taxa berücksichtigt wurden, die bis auf Artniveau identifiziert werden konnten, waren die Ergebnisse zudem weitestgehend identisch zu denen, wenn alle bestimmten Taxa berücksichtigt wurden (also auch solche, die nur bis auf ein höheres taxonomisches Level bestimmt werden konnten).

Der Vergleich mit älteren Mehrjahresplatten aus den Jahren 2011 und 2013 ergab keine höhere, sondern eine geringere Ähnlichkeit mit dem Bewuchs der in 2019 beprobten Steine (

Abbildung 2B und C). Da sich demnach der Bewuchs der Platten seit 2013 wesentlich verändert hat, waren diese (veralteten) Mehrjahres-Besiedlungsplatten nicht ausreichend mit den aktuellen Platten und Steinen vergleichbar. Daher wurde entschieden, in 2020 im Rahmen der Reg-Loc-Div-Ausfahrt erneut Steinproben zu nehmen – und sie dieses Mal sowohl mit dem Bewuchs der jeweiligen 1-Jahres als auch mit der ebenfalls vorhandenen Mehrjahresplatten der Standorte zu vergleichen.

Um zu ergründen, ob die Taxa, die 2019 nicht auf den Besiedlungsplatten oder Steinen der Standorte vorkamen, grundsätzlich diese Substrate vermeiden, wurde zunächst ermittelt, ob die Taxa im selben Jahr an einem der anderen Standorte auf dem jeweils anderen Substrat gefunden wurden. Dies war bei einer Reihe Taxa der Fall, sodass sich der Anteil Taxa, die auf beiden Substraten identifiziert wurden, auf 51,6 % erhöhte. Der Anteil Taxa, der nur auf Steinen gefunden wurde sank auf 27,8 %, der Anteil Taxa, die nur auf Platten gefunden wurden auf 20,6%.

Die genauere Betrachtung der 26 Taxa, die nur auf Platten gefunden wurden, ergibt, dass davon allein 10 deshalb in der weiteren Analyse keine größere Rolle spielen, weil sie motile Arthropoden oder Gastropoden (6 Taxa), typische Weichbodenvertreter (2 Taxa), Einzeller (1 Taxon) oder deutlich zu unspezifisch („Schneckenlege“) sind. Die übrigen 16 Taxa setzen sich aus feinen Rotalgen (4 Taxa), Hydrozoen (4 Taxa) und Bryozoen (5 Taxa) zusammen, sowie je ein Schwamm, ein Annelid und eine Art Seepocken. Diese Taxa können alle als schnellwüchsige Frühbesiedler freier und / oder glatter Oberflächen betrachtet werden, woraus sich erklären lässt, dass sie mit relativ hoher Wahrscheinlichkeit auf Besiedlungsplatten zu finden sind – und mit geringerer Wahrscheinlichkeit als Teil von in der Sukzession weiter fortgeschrittenen Gemeinschaften auf Steinen.

Tabelle 1: Listen der 2019 auf verschiedenen Substraten identifizierten Taxa.

nur auf Platten [26]	auf Platten und Steinen [65]		nur auf Steinen [34]
<b>Acari</b>	<i>Aglaothamnion / Callithamnion</i> sp.	<i>Idotea balthica</i>	<i>Actinia</i> sp.
<i>Acrochaetium</i> sp.	<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	<i>Jaera albifrons</i>	<i>Ampithoe rubricate</i>
<i>Alcyonidium hirsutum</i>	<i>Apherusa bispinosa</i>	<i>Lithophyllum</i> sp.	<i>Ahnfeltia plicata</i>
<i>Amphiblestrum auritum</i>	<i>Amphibalanus improvisus</i>	<i>Peyssonnelia</i> sp.	<i>Asterias rubens</i>
<i>Antithamnion</i> sp.	<i>Bittium reticulatum</i>	<i>Littorina littorea</i>	<i>Brongniartella / Vertebrata</i>
<i>Arenicola marina</i>	<i>Bougainvillia muscus</i>	<i>Metopa pusilla</i>	<i>byssoides</i>
<i>Balanus crenatus</i>	<i>Bryopsis plumosa</i>	<i>Microdeutopus</i> sp.	<i>Carcinus maenas</i>
<i>Clava multicornis</i>	<i>Calliopius laeviusculus</i>	<i>Musculus subpictus</i>	<i>Ceramium diaphanum</i>
<i>Pachycordyle michaeli</i>	<i>Ceramium deslongchampsii</i>	<i>Mya</i> sp.	<i>Cyathura carinata</i>
<i>Conopeum reticulum</i>	<i>Ceramium tenuicorne</i>	<i>Mytilus edulis</i>	<i>Dynamena pumila</i>
<i>Conopeum seurati</i>	<i>Ceramium virgatum</i>	<i>Nereis</i> sp.	<i>Elachista fucicola</i>
<i>Sarsia tubulosa</i>	<i>Cerastoderma</i> sp.	<i>Alitta succinea</i>	<i>Elysia viridis</i>
<i>Einhornia crustulenta</i>	<i>Chorda filum</i>	<i>Obelia longissima</i>	<i>Fucus serratus</i>
<i>Erichthonius brasiliensis</i>	<i>Cladophora</i> sp.	<i>Brachystomia scalaris</i>	<i>Gammarus locusta</i>
<i>Exogone</i> sp.	<i>Clytia hemisphaerica</i>	<i>Opercularella lacerata</i>	<i>Gammarus salinus</i>
<b>Foraminifera</b>	<i>Monocorophium insidiosum</i>	<b>Ostracoda</b>	<i>Hydractinia</i> sp.
<i>Lagis koreni</i>	<b>Cyanobacteria</b>	<i>Palaemon varians</i>	<i>Laomedea flexuosa</i>
<i>Melita palmata</i>	<i>Dasya baillouviana</i>	<i>Pylaiella littoralis</i>	<i>Lepidochitona cinerea</i>
<i>Nymphon brevirostre</i>	<b>Decapoda larvae</b>	<b>Plathelminthes</b>	<i>Mysis</i> sp.
<i>Obelia geniculata</i>	<i>Delesseria sanguinea</i>	<i>Polydora cornuta</i>	<b>Nemertea</b>
<i>Palaemon elegans</i>	<b>Diptera</b>	<i>Vertebrata nigra</i>	<i>Neoamphitrite figulus</i>
<i>Leptosiphonia fibrillosa</i>	<b>Diatomea</b>	<i>Polysiphonia stricta</i>	<i>Nereimyra punctate</i>
<i>Rissoa</i> sp.	<i>Ectocarpus</i> sp.	<i>Pygospio elegans</i>	<b>Oligochaeta</b>
<i>Scagelothamnion pusillum</i>	<i>Electra pilosa</i>	<i>Retusa truncatula</i>	<i>Pholoe</i> sp.
<b>Schneckenengelege</b>	<i>Eubranchus</i> sp.	<i>Rhodomela confervoides</i>	<i>Phycodrys rubens</i>
<i>Walkeria uva</i>	<i>Fabricia stellaris</i>	<i>Pusillina inconspicua</i>	<i>Phyllophora pseudoceranoides</i>
	<i>Folliculina</i> sp.	<i>Rissoa membranacea</i>	<i>Polyides rotunda</i>
	<i>Fucus</i> sp. juv.	<i>Rhithropanopeus harrisi</i>	<i>Carradoriella elongate</i>
	<i>Gammarus</i> sp.	<b>Scyphozoa</b>	<i>Vertebrata fucoides &amp; nigra</i>
	<i>Harmothoe impar</i>	<i>Spermothamnion repens</i>	<i>Rhizoclonium</i> sp.
	<i>Harmothoe</i> sp.	<i>Sphacelaria</i> sp.	<i>Rhodomela</i> sp.
	<i>Hildenbrandia</i> sp.	<i>Ulva</i> spp.	<i>Syngnathus typhle</i>
	<i>Hydrobia</i> sp.		<i>Spirorbis spirorbis</i>
			<i>Urticina</i> sp.
			<i>Zostera marina</i>

Die 34 Taxa, die in 2019 nur auf Steinen gefunden wurden, wurden im Folgenden dahingehend geprüft, ob sie in früheren Jahren schon auf Platten des Reg-Loc-Div-Projekt gefunden wurden. Dies war bei 21 Taxa der Fall. Weitere 6 Taxa konnten auf Besiedlungsplatten anderer Projekte identifiziert werden. 2 der verbliebenen 7 Taxa (‘*Oligochaeta*‘ und *Syngnathus typhle*) sind typische Weichboden(bzw. Seegraswiesen-)vertreter, die nicht für eine Hartbodenbewertung herangezogen würden. 1 Anthozoe (*Actinia equina*) war noch sehr jung und in der Bestimmung unklar.

Übrig bleiben 4 Altenarten (2 Rotalgen (*Ahnfeltia plicata* und *Phycodrys rubens*), sowie die Braunalgen *Fucus serratus* und (darauf wachsend) *Elachista fucioloa*) die nach den hier betrachteten Daten tatsächlich nicht auf Besiedlungsplatten wachsen (bzw. nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit auf Besiedlungsplatten gefunden werden können). Dabei muss zudem einschränkend erwähnt werden, dass (i) *F. serratus* und *E. fucioloa* als ein Komplex betrachtet werden müssen und (ii) *Fucus* sp. -Keimlinge durchaus auf Besiedlungsplatten siedeln, jedoch anscheinend nicht die Größe erreichen, dass sie sicher auf Artniveau bestimmt werden können.

Es ergibt sich also, dass mindestens 121 (oder knapp 97 %) von den 125 in 2019 an den 4 Standorten gefundenen Taxa (auch) auf Besiedlungsplatten siedeln können. Dass tatsächlich über alle 4 Standorte betrachtet 72,2 % und an den jeweiligen Standorten im Mittel „nur“ 67 % auf Platten gefunden wurde, liegt mit Sicherheit an statistischen Gründen bzw. an der hier verwendeten relativ geringen Probenzahl (8). Die Analyse, wie viele Proben (Platten) nötig sind, um einen ausreichend hohen Anteil der am Standort tatsächlich vorhandenen Hartboden-Taxa zu erfassen, soll im letzten Projektteil erfolgen, wenn die Daten der 2020 gesammelten Proben (inkl. Mehrjahresplatten) vorliegen. Dann soll auch diskutiert werden, ob möglicherweise eine Ergänzung von Besiedlungsplatten (die eine standardisierte Probengrößen darstellen, sich leicht exponieren und entnehmen lassen und mit denen man die sie besiedelnden Arten unverletzt ins Labor nehmen und analysieren kann [im Ggs. zu divers geformten Steinen, die man z.T. nicht unter einem Binokular auswerten kann und im Ggs. zu Kratzproben, bei denen viele Taxa beschädigt werden]) durch relative wenige Stein-Proben eine machbare Lösung wäre.

#### 4.2 Anpassung MarBIT

Zur Entwicklung eines Bewertungssystems für Riffe gem. für FFH und MSRL fanden eine Reihe von Treffen (inkl. der BLANO FachAG Benthos), Telefonate und Video-Konferenzen statt. Das Riff-Bewertungssystem wird mit und durch die FachAG Benthos länderübergreifend entwickelt.

Bei der verbesserten datenbasierten Riff-Bewertung müssen (auch für die MSRL) primär die Vorgaben der FFH-Richtlinie beachtet werden. Als Grundlage der Bewertung sollen möglichst vollständige Besiedlungsdaten mit herausgestellten Charakter- und Zeigerarten (möglichst umfassend alle riffassoziierten Arten inklusive mobiler Megafauna und Fische, sowie mit strukturierenden Makroalgen oder riff-bildenden Tieren assoziierte Organismen) dienen. Die Listen charakteristischer Arten gem. FFH werden dabei weiterhin eine wichtige Rolle in der Bewertung spielen, müssen aber um typische Weichboden-Arten bereinigt werden.

Da bisher keine spezifischen Referenzen für Riffe vorliegen, könnte die Herangehensweise des MarBIT eine gute Lösung sein, um typspezifische Referenzartenlisten für Riffe zu generieren. Hierbei werden Referenzartenlisten eines Standorts aus autökologischen Informationen der Arten generiert. Die MarBIT-Datenbank mit Arten aus Nord- und Ostsee basiert dementsprechend auf einer detaillierten Liste von Taxa mit ihren autökologischen Merkmalen. Die Referenzlisten des MarBIT können auch zur Anwendung auf einzelne Riffe oder auf eine bestimmte Beprobungstechnik (z.B. Besiedlungsplatten) angepasst werden. Jedoch setzt eine Bewertung nach MarBIT bisher eine Proben-Replikation von mindestens 20 voraus (dabei allerdings von einer höheren Diversität der Proben ausgehend (nicht einheitliche Platten, sondern z.B. Sediment- oder Kratzproben)). Auch hier müsste ggf. eine Anpassung erfolgen.

Zur Bewertung des Zustands der benthischen wirbellosen Fauna zieht das MarBIT -Verfahren bisher vier Parameter heran (Meyer et al. 2005; Meyer et al. 2008):

1. Artenvielfalt: Taxonomic Spread Index (TSI)
2. Abundanz(-verteilung): (Test auf Log-Normalverteilung)
3. Obligatorische störungsempfindliche Taxa (spezialisiert auf einen Lebensraum und/oder spezialisiert auf eine Nahrung und/oder k-Strategie und/oder auf der Roten Liste der Ostsee)
4. Anteil toleranter Taxa (eutrophierungstolerant und/oder r-Strategie) im Vergleich zu Referenzanteil

Als Maß für die allgemeine taxonomische Diversität über taxonomische Großgruppen hinweg an einem Standort hat sich der TSI in den letzten Jahren bewährt, weshalb es sich anbietet, ihn (sowie die Artenliste samt autökologischer Merkmale) auch für die Riffbewertung zu übernehmen. Das Verhalten der 4 bisherigen MarBIT-Bewertungsfaktoren bei der Bewertung unterschiedlicher Datensätze, sowie weiterer hier eingeführter Parameter (passend zu FFH-Vorgabe „Vollständigkeit des lebensraumtypischen Arteninventars“), soll im weiteren Projektverlauf geprüft werden. Neben der Vollständigkeit des charakteristischen Arteninventars sollen die Fragen „Zeigen bestimmte vorherrschende Traits eine bestimmte Belastung an?“, und „Gibt es Engineering-Arten, die das Vorkommen vieler anderer Arten beeinflussen und wie wird das berücksichtigt?“ dabei berücksichtigt werden. Auch in Projektteil 1 erarbeitete durch den Klimawandel erwartete Zukunftsszenarien und die wahrscheinlichen Reaktionen der Gemeinschaften darauf sollen hier berücksichtigt werden. Spezifische Steinvorkommen (Riffe) können dabei neben spezifischen Artenlisten ggf. auch spezifische / angepasste Module benötigen.

Neben der Prüfung der Anwesenheit von riff-typischen Arten gem. FFH (bzw. deren Verfeinerung / Konkretisierung auf einzelne Riffe) könnte zur Bewertung in Zukunft auch eine Klassifizierung von Organismen gemäß funktionaler Gruppen herangezogen werden, die am Geomar entwickelt wurde und der Wissenschaft seit ca. 10 Jahren zur Verfügung steht (Wahl et al 2009). In diesem System werden den Organismen 8 funktionale Merkmale ("Traits") zugeordnet. Es hat gegenüber anderen funktionalen Klassifizierungs-Systemen den Vorteil, *alle* taxonomischen Gruppen (z.B. nicht nur Algen) zu berücksichtigen, ist aber durch die Vielzahl an Merkmalen und Leveln pro Merkmal sehr komplex. Eine große Zahl an unterschiedlichen Gruppierungen (Merkmalen und Leveln) kann dazu führen, dass die Gruppen jeweils nur mit wenig Arten besetzt werden, was den Anschein einer geringen Redundanz innerhalb der betrachteten Lebensgemeinschaft erzeugen kann. Daher wurde das System in jüngeren Studien angepasst indem Merkmale präziser definiert und die Anzahl der Merkmalen und ihrer Stufen („Level“) verringert wurden (Franz et al. 2019). Eine ähnliche angepasste Klassifizierung könnte auch für die Bewertung von Riffen (auch mittels Besiedlungsplatten) verwendet werden. Eine Bewertung würde demnach anhand vertretener Funktionen/Merkmale geschehen. Als Beispiel können die Funktionen/Merkmale von Makroalgen (wie *Fucus*) an vielen Standorten als positiv zu bewerten, die von Sedimentfressern eher negativ. Entsprechend würde eine Verschiebung einer Gemeinschaft von Makroalgen zu Röhrenwürmern zu einer negativen Bewertung führen (ohne die individuellen Arten einzubeziehen, sondern nur



ihre Funktionen). Auch die Einbindung von Abundanzen sowie die Verwendung von Indizes wie "Anzahl besetzter Funktionen/Merkmale/Level" und "Redundanz pro Funktion/Merkmal/Level" an einem Standort sind machbar / bewertbar (jedoch siehe Einwand oben zur Anzahl an Gruppierungen).

## 5 Verwendete Quellen

- 92/43/EWG (1992): Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie). Der Rat der Europäischen Gemeinschaften: 44 S.
- 2008/56/EG (2008): Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie). Das Europäische Parlament und der Rat der Europäischen Union: 22 S.
- Berg, T., Fürhaupter, K. und Meyer, T. (2019): Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für den Lebensraumtyp Riffe (LRT 1170) nach MSRL und FFH-RL. Endbericht für das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume. MariLim. 140 S.
- Fürhaupter, K. & Meyer, T. (2009): Handlungsanweisung zum Monitoring in den äußeren Küstengewässern der Ostsee nach den Vorgaben der EU-Wasserrahmenrichtlinie. Qualitätskomponente Makrophyten. BALCOSIS-Verfahren. Bearbeitungsstand 31. März 2009. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (LLUR) Schleswig-Holstein und Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie (LUNG) Mecklenburg-Vorpommern. MariLim, Schönkirchen: 38 S.
- Franz M. (2018): LLUR Bericht BioHab: Erfassung von Flachwasser-Hartsubstratgemeinschaften (LRT „Riff“) und deren Sensitivität gegenüber Umweltstress Aktenzeichen: LLUR Az 0608.451426. 40 S.
- Franz, M., Barbosa, F., Hinrichsen, H-H., Lehmann, A., Scotti, M., Hiebenthal, C., Wahl, M. (2019): Long-term records of hard-bottom communities in the southwestern Baltic Sea reveal the decline of a foundation species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 219(242-251).
- Hiebenthal, C., N. Blöcher, J. Krause und H. Rumohr (2012) Steckbriefe der Lebensraumtypen / Biotope ("Ästuarien", "Küstenlagunen", "Flache große Meeresarme und -buchten (Flachwasserzonen)", "Vegetationsfreies Schlick-, Sand- und Mischwatt", "Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung", "Riffe", "Seegraswiesen", "Makrophytenbestände", "Miesmuschelbänke", "Seefedern und Grabende Megafauna", "Sabellaria-Riffe", "Schillgründe", "Kiesgründe mit Ophelia-Arten" und "Küstenfernes Tiefenwasser unterhalb der Halokline"). In: Ingo Narberhaus, Jochen Krause und Ulrike Bernitt (Bearb.), *Bedrohte Biodiversität in der deutschen Nord- und Ostsee - Empfindlichkeiten gegenüber anthropogenen Nutzungen und den Effekten des Klimawandels*. Naturschutz und Biologische Vielfalt 116, Bonn-Bad Godesberg, Bundesamt für Naturschutz. S. 43-221.
- Meyer, T., Berg, T. & Fürhaupter, K. (2008): Ostsee-Makrozoobenthos-Klassifizierungssystem für die Wasserrahmenrichtlinie. Referenz-Artenlisten, Bewertungsmodell und Monitoring. MariLim, Schönkirchen: 131 S.
- Meyer, T., Reincke, T., Fürhaupter, K. & Krause, S. (2005): Ostsee-Makrozoobenthos-Klassifizierungssystem für die Wasserrahmenrichtlinie. Bericht im Auftrag des Landesamtes für Natur und Umwelt des Landes Schleswig-Holstein (LANU). Flintbek: 73 S.
- Wahl, M., Caldwell, M.M., Heldmaier, G., Jackson, R.B., Lange, O.L., Mooney, H.A., Schulze, E.D., Sommer, U. (2009): *Marine Hard Bottom Communities*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 445 S.