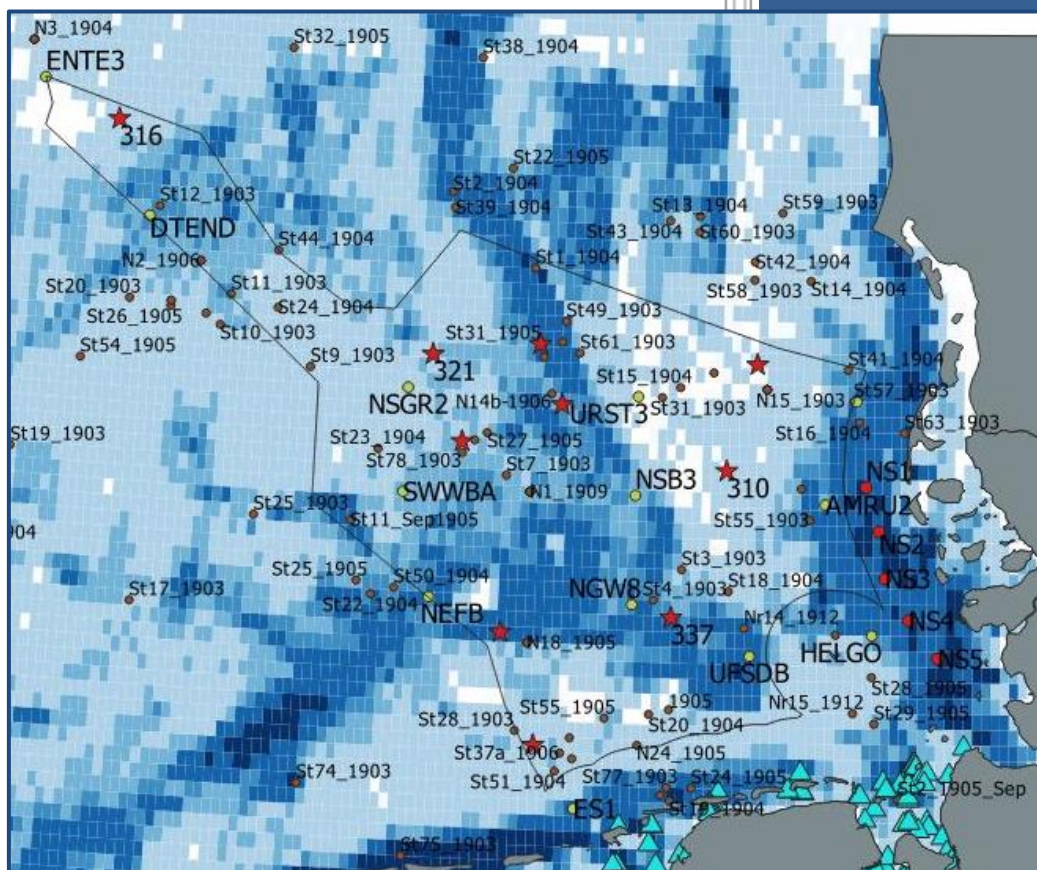


2020

Praxistest eines spanischen Bewertungsverfahrens (BH1, MSRL) für die benthische Epifauna (BESITO) in der Deutschen Bucht und den Küstengewässern der Nordsee



Endbericht v4 2020

Karin Heyer

10.09.2020

Erstellt im Auftrag des
Niedersächsischen Landesbetriebs für
Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz



Landesamts für Landwirtschaft,
Umwelt und ländliche Räume,
Schleswig-Holstein



Dieser Bericht ist durch den Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN) und das Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume, Schleswig-Holstein (LLUR) beauftragt worden. Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein bei der Autorin. Der Bericht gibt die Auffassung der Autorin wieder und muss nicht mit der Meinung des NLWKN und des LLUR übereinstimmen. Der NLWKN und das LLUR übernehmen keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung der Rechte Dritter. Die Auftraggeber behalten sich alle Rechte vor, insbesondere darf dieser Bericht nur mit seiner Zustimmung ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Zitiervorschlag:

Heyer, Karin (2020): Praxistest eines spanischen Bewertungsverfahrens (BH1, MSRL) für die benthische Epifauna (BESITO) in der Deutschen Bucht und den Küstengewässern der Nordsee, Bericht erstellt im Auftrag des NLWKN und LLUR, pp. 58.

Abbildung Titelseite:

Subsurface Fischereiintensität (SAR) (Aggregation über die Jahre 2010- 2015) (ICES 2015) und die in dieser Studie berücksichtigten Stationen.

Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Aufgabenstellung.....	3
2	Beschreibung des original BESITO-Verfahrens (González-Irusta et al. 2018)	3
3	BESITO-Tests.....	5
3.1	Datengrundlage.....	5
3.1.1	Epibenthos-Daten.....	5
3.1.2	Trait- Klassifizierung	6
3.2	Testrechnungen.....	6
3.2.1	BESITO-Test für Arten, die in der Nordsee ab- bzw. zugenommen haben	6
3.2.2	Vergleich der Artenzusammensetzungen und BESITO-Indexwerte zwischen historischen Stationen (Stein et al. 1990) und rezenten Monitoringstationen	10
3.2.2.1	Vergleich zwischen der NLWKN Monitoringstation Nney_MZB_9 und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990)	10
3.2.2.2	Vergleich zwischen der BSH/IOW Monitoringstation ES1 und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990)	12
3.2.2.3	Vergleich zwischen den BSH/IOW-Monitoringstationen NEBF, NSGR2 und SWWBA und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990).....	15
3.2.2.4	Vergleich zwischen der H. Neumann-Station 322 und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990).....	18
3.2.3	Vergleich der Artenzusammensetzung und BESITO-Indexwerte an intensiv vs. gering befischten Gebieten	21
3.2.3.1	Fischereiintensitäten zeitliche Auswertung	21
3.2.3.2	Fischereiintensitäten räumliche Auswertung	23
3.2.3.3	BESITO und Fischereiintensitäten	27
3.2.4	Fazit der Artenvergleiche und BESITO-Testrechnungen	34
4	Diskussion.....	35
4.1	Diskussion zu den Arten, die bei der BESITO-Methode berücksichtigt werden	35
4.2	Diskussion der biologischen Traits für den BESITO und ihre Eignung Effekte der Fischereiintensität auf das Epi- und Endobenthos zu indizieren	35
4.3	Eignung des BESITO-Verfahrens für das Epibenthos in der Deutschen Bucht.....	39
4.4	Bewertung der Epifauna im Rahmen der MSRL und der BESITO	42
4.5	BESITO im Vergleich zum M AMBI- und FIBI-Bewertungsverfahren.....	43
4.6	Eignung des BESITO-Verfahrens für das Endobenthos in der Deutschen Bucht.....	45
5	Zusammenfassung und Empfehlung	45
6	Danksagungen	47
7	Literaturverzeichnis	47
8	Annex.....	49

1 Hintergrund und Aufgabenstellung

In den europäischen Richtlinien werden zoobenthische Bewertungen als wichtiger Bestandteil einer biologischen Zustandsbeschreibung der europäischen Küsten und Meere gefordert und daher ist es notwendig das Benthos ökologisch zu bewerten. In den vergangenen Jahren wurden im Zuge der Umsetzung der MSRL zur Bewertung des ökologischen Zustandes eine Reihe von Indikatoren für bodenbewohnende Meeresorganismen in nationalen (BLANO) und internationalen Gremien (z.B. HELCOM, OSPAR) vorgeschlagen. Der Prozess einen geeigneten Indikator zu finden, ist national und international noch nicht abgeschlossen und es werden neue Indikatoren entwickelt.

Im Rahmen von HELCOM und OSPAR gibt es neue Indikatorentwicklungen, wie z. B. den BESITO (Benthos Sensitivity Index to Trawling Operations nach González-Irusta et al. 2018). Der BESITO wird bei OSPAR für den Indikator BH-1 (Typical species composition) diskutiert. Für die OSPAR Region IV ist BH-1 bereits als Common Indicator eingestuft, während er für die Regionen II (Nordsee) und III noch getestet wird. González-Irusta et al. (2018) haben gezeigt, dass der BESITO fischereilich bedingte Veränderungen der epibenthischen Artenzusammensetzungen abbildet. Der Index wurde an der spanischen Nordküste entwickelt, basiert auf Epibenthos Daten und nutzt die Biological Trait Analyse (BTA). Erste Testrechnungen mit Daten aus der Deutschen Bucht ergaben Hinweise, dass der Index auch in diesem Gebiet die veränderte Artenzusammensetzung des Epibenthos indiziert (Heyer 2019).

Die bisherigen Benthosbewertungen basieren in der Regel auf Makrofauna-Daten (Endofauna) während die Epifauna unberücksichtigt bleibt. Die vorhandenen Epibenthosdaten aus den Monitoringprogrammen gehen daher nicht in die MSRL-Bewertungen ein. Sollte das BESITO Bewertungsverfahren in der Deutschen Bucht funktionieren, wäre es eine Möglichkeit Epibenthosdaten zu nutzen und die Bewertungen auf eine weitere Säule zu stellen.

Der BESITO-Index bewertet das Epibenthos anhand von acht biologischen Traits, die die benthische Sensitivität gegenüber Fischerei anzeigen sollen. Jeder Trait wurde, basierend auf seiner Anfälligkeit gegenüber Bodenfischerei, in vier Stufen eingeteilt. Die originale BESITO-Methodik ist in Kapitel 2 ausführlich beschrieben.

In der vorliegenden Studie wird das Originalverfahren des BESITO in Testrechnungen mit Daten aus der Nordsee auf seine Eignung für die Deutsche Bucht überprüft, die Ergebnisse bewertet und Anpassungsvorschläge erarbeitet.

Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

- 1) Überprüfung der acht Traits auf denen der BESITO basiert auf ihre Eignung Fischereiiintensität zu indizieren und ggfs. Anpassung.
- 2) Zusammenstellung von geeigneten Testdaten aus der Deutschen Bucht.
- 3) Testrechnungen mit dem ursprünglichen BESITO-Verfahren, Auswertung und Diskussion der Ergebnisse und ggfs. Anpassung des BESITO-Verfahrens.

2 Beschreibung des original BESITO-Verfahrens (González-Irusta et al. 2018)

Der BESITO-Index (**B**enthos **S**ensitivity **I**ndex to **T**rawling **O**peration) (González-Irusta et al. 2018) wurde für die Bewertung der Auswirkungen der Fischeiintensität auf das Epibenthos an der spanischen Nordküste mit Wassertiefen > 70 m entwickelt und nutzt die Biological Trait Analyse (BTA). Bewertet wird das Epibenthos anhand von insgesamt acht biologischen Traits, die als Anzeiger (Proxy) für die Auswirkungen durch Fischerei gelten. Diese Traits sind Langlebigkeit, Größe, Robustheit und Ernährungstyp der Organismen und weiterhin Beweglichkeit, Anheftung, benthische Position, Flexibilität, die Einfluss auf die Höhe der Schädigung durch Fischerei haben können. Der Bezugswert ist Biomasse (Naßgewicht). Die Analyse fokussiert auf die reinen Epibenthosarten und daher wurden pelagische, benthopelagische und epibenthische Arten sowie Arten mit sehr hoher

Mobilität (auch alle Fische) aus dem Datensatz entfernt. Von der weiteren Analyse wurden von González-Irusta et al. (2018) auch die sogenannten seltenen Arten, die weniger als 5-mal im Probenzeitraum (2007- 2010) gefunden wurden, ausgeschlossen.

Die Auswahl der acht Traits erfolgte anhand von Erkenntnissen aus früheren Studien bzgl. der Auswirkungen von Bodenfischerei auf das Epibenthos, wie z. B. von De Juan et al. (2007 und Literatur darin), die beschrieben, dass

in stark befischten Gebieten bewegliche, grabende Räuber und Aasfresser sowie schnellwachsende und kleinere Organismen zu- und Filtrierer abnehmen. Organismen, die tiefer im Sediment leben, eine harte Schale haben oder sehr flexibel sind, werden durch die Fischerei weniger geschädigt, als zerbrechliche Organismen, die auf der Sedimentoberfläche leben. Es ist eine Verschiebung von einer großen langsam wachsenden Fauna, hin zu kleineren und schneller wachsenden Organismen zu beobachten.

Aufgrund dieser Beobachtungen wurden für den BESITO folgende acht biologischen Traits ausgewählt (Tabelle 1): 1) Größe, 2) Langlebigkeit, 3) Beweglichkeit, 4) Befestigung (Attachment), 5) benthische Position (Exposition zu den Bodennetzen, d. h. im Boden oder auf dem Sediment), 6) Flexibilität des Körpers, 7) Zerbrechlichkeit und 8) Ernährungstyp. Jeder Trait wurde, basierend auf seiner Anzeigeeigenschaft (s. o.) gegenüber Bodenfischerei, in vier Stufen eingeteilt.

Tabelle 1: Die acht für den BESITO ausgewählten Traits, ihr Wichtungsfaktor (*) und ihre entsprechenden Scores aus (González-Irusta et al. (2018) und der überarbeiteten Version von González-Irusta, pers. comm. In der Originalarbeit: *1) 10 - 50 a; *2) nur no sessile; *3) keine Eintragung; *4) hartschalig oder wurmförmig; *5) nur Aasfresser; *6) nur Deposit-feeder).

Trait (*Wichtung)	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4
1) Größe (* 2)	klein < 2cm	mittel 2 - 10 cm	mittelgroß 10 - 50 cm	groß > 50cm
2) Lebensdauer (*3)	< 5 a	5-10 a	11-50 a ^{*1}	> 50 a
3) Beweglichkeit	schwimmend	kriechend	grabend, gelegentlich kriechend	sessil
4) Anheftung	Vagil, nicht sessil ^{*2}	Nicht vagil (sessil, zeitweise kriechend) ^{*3}	zeitweise	permanent
5) Benthische Position	grabend	-	Oberfläche	oberhalb der Oberfläche > 20 cm
6) Flexibilität des Körpers	hoch > 45°, oder nicht sessil	-	gering 10 - 45°	nicht < 10°
7) Zerbrechlichkeit (*2)	Hartschalig (nur mit Hammer zu öffnen) ^{*4}	kräftig	kein Schutz	zerbrechliche Schale
8) Ernährungstyp (*2)	Aasfresser und/oder Fleischfresser ^{*5}	Räuber, omnivorer Fresser	Deposit-feeder und/oder Suspensions Feeder ^{*6}	Filter-Feeder

Die Traitinformationen zu den Organismen stammten von den Internetplattformen MarLIN (2006) und WoRMS, aus Fach- oder grauer Literatur. Wenn keine oder widersprüchliche Informationen vorhanden waren, wurde die Klassifizierung durch Experten vorgenommen. Für einige dieser Traits gibt es inzwischen Erläuterungen (González-Irusta, pers. comm., siehe Anhang, ANNEX A).

Die Traits werden in der Berechnungsformel unterschiedlich hoch gewichtet (Tabelle 1). Die Langlebigkeit (2) wird am höchsten gewichtet (3-fach) und die Größe (1), Zerbrechlichkeit (7) und der Ernährungstyp (8) gehen je 2-fach und alle übrigen Traits einfach in Berechnung ein. Für den BESITO-Index werden die Traitwerte wie folgt verrechnet:

$\text{BESITO} = \text{gerundet } (2 * \text{BT1} + 3 * \text{BT2} + \text{BT3} + \text{BT4} + \text{BT5} + \text{BT6} + 2 * \text{BT7} + 2 * \text{BT8}) / 6,6 - 2)$

Bewertet wird in drei Gruppen:

- Gruppe I: niedrigster BESITO (gerundeter BESITO = 1), positive Reaktion gegenüber Bodenfischerei (opportunistic response),
- Gruppe II: keine Reaktion gegenüber Bodenfischerei (tolerante response) (gerundeter BESITO = 2) und
- Gruppe III (beinhaltet die gerundeten BESITO-Werte 3 bis 5): negative Reaktion (sensitive response).

Für jeden Fang (jeden Hol) werden die Anteile der drei Gruppen bezogen auf deren Biomasse bestimmt und der Fischereiintensität gegenüber gestellt. Die Biomasse wird für jede Tiergruppe bzw. Art, die im Fang gefunden wurden, als Nassgewicht bestimmt. González-Irusta et al. (2018) zeigten, dass mit zunehmender Fischereiintensität der Anteil der Gruppe I in der Artengemeinschaft anstieg.

3 BESITO-Tests

3.1 Datengrundlage

3.1.1 Epibenthos-Daten

Die BESITO-Tests wurden ausschließlich mit Epibenthos-Daten durchgeführt. Da die Quellen der Daten unterschiedlich waren, unterschieden sich teilweise die Methoden der Probennahmen. Daher werden an dieser Stelle die Datensätze kurz beschrieben.

Datensatz Stein et al. (1990):

Stein et al. (1990) haben für die Nordsee (auch für das Kattegat und die Ostsee) qualitative historische (1902 - 1912) Artenlisten aus alten Stationsprotokollen rekonstruiert. Die Stationen waren über die gesamte Nordsee verteilt, und die Daten wurden mit unterschiedlichem Fanggerät erhoben.

Die historische Datenbasis wurde aus zwei Quellen zusammengetragen: 1) zwei Drittel der Tiere sind in der Sammlung des Zoologischen Museums in Kiel als Alkoholpräparate vorhanden und sind mit Angaben zu Stationsnummer, Fangdatum, Wassertiefe, Sedimenttyp und teilweise Fanggerät versehen und 2) das restliche Material wurde aus den ‚Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen, Neue Folge‘ entnommen, z.B. Reibisch (1905).

Die biologischen Proben stammen von zwei Institutionen

- 1) aus international abgestimmten Untersuchungen der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission (DWK, Partner des ICES). Die Untersuchungen sollten Aufschluss über die fischereiliche Ertragsfähigkeit des Meeres geben. Von 1902 - 1908 fanden jährlich vier Terminfahrten (Februar, Mai, August und November) und von 1909 - 1912 weitere einzelne Terminfahrten statt, wobei jeweils dieselben Stationen angefahren wurden. Die Beprobungen wurden mit Kurre, Dredge oder Helgoländer Trawl durchgeführt.
- 2) Die Königlich Preussische Biologische Anstalt Helgoland (BAH) führte von 1903 - April 1906 Fischereifahrten durch, wobei immer unterschiedliche Stationen beprobt wurden. Die Beprobungen wurden hauptsächlich mit Kurre und Dredge und vereinzelt mit Helgoländer Trawl, Petersen Trawl, Ottertrawl, Granatkurre oder Austerndredge durchgeführt.

Datensatz BSH/IOW:

Von 2008 - 2011 wurden 13 Stationen, die über die gesamte Nordsee verteilt waren, zweimal pro Jahr (Frühling und Herbst) beprobt. Die Probennahme erfolgte mit einer Dredge („Kieler Kinderwagen“) mit einer Spannweite von 1 m und einer Maschenweite von 0,5 cm. Die Schleppdauer betrug meist 5 (maximal 10) Minuten auf den ausschließlich sandigen Stationen. Die Organismen

wurden im Labor bis auf Artniveau bestimmt und als Präsenz/Absenz-Daten angegeben. Biomassen wurden nicht bestimmt.

Datensatz NLWKN

Die Probennahme der in dieser Studie zitierten Station erfolgte im jeweils im Herbst. Im Rahmen des Monitorings nimmt der NLWKN die Epibenthosproben mit einer 1 m-Dredge („Kieler Kinderwagen“), mit einer Maschenweite von 0,5 cm, die für 4 - 10 Minuten bei 2 - 3 Knoten geschleppt wird. Pro Station werden 2 Hols durchgeführt. Die Abundanzangaben erfolgen in Abundanzklassen, jeweils 1 l Unterproben werden konserviert. Die Organismen wurden im Labor bis auf Artniveau bestimmt. Biomassen wurden nicht bestimmt.

Datensatz H. Neumann-Stationen

Die Probennahme erfolgte mit einer 2 m-Baumkurre mit einer Maschenweite von 0,4 cm im Steert. Die Kurre wird ohne Scheuchketten aber mit einer Kettenmatte zum Schutz des Netzes eingesetzt. Geschleppt wurde etwa 5 Minuten mit 2 Knoten. Die Sortierung, Zählung und Bestimmung des Nassgewichts erfolgte an Bord. Die Organismen wurden soweit möglich bis auf Artniveau bestimmt.

Datensatz Rachor & Nehmer (AWI) Stationen

Die Probennahmen erfolgten mit einer 2 m-Baumkurre mit einer Maschenweite von 0,4 cm im Steert und einer Schleppdauer am Grund von 5 Minuten. Sortierung und Zählung und Bestimmung des Nassgewichts erfolgte so weit möglich an Bord. Schwierig zu identifizierende Tiere wurden konserviert und im Labor an Land bestimmt. Die Organismen wurden soweit möglich bis auf Artniveau bestimmt.

3.1.2 Trait- Klassifizierung

Grundlage für die BESITO-Stationsberechnung sind die BESITO-Werte der einzelnen Arten. Da sich die Artenzusammensetzungen zwischen Nord-Spanien, wo der BESITO entwickelt wurde, und der deutschen Nordsee deutlich unterscheiden, mussten für alle Nordsee-Arten BESITO-Werte bestimmt werden. Es wurde daher versucht für alle Arten aus autökologischen Daten die acht Traits abzuleiten (Annexabelle 1). Die Klassifizierung erfolgte mithilfe der Informationen in Tillin et al. (2006), MarLin (2006), Shojaei et al. (2015) und Shojaei (2016). Für einige Arten konnten aufgrund fehlender Trait-Informationen keine BESITO-Indexwerte abgeleitet werden.

3.2 Testrechnungen

Folgende Testrechnungen wurden durchgeführt:

1. Es wurde überprüft, ob Arten von denen bekannt ist, dass sie in den letzten Jahrzehnten abgenommen haben, höhere BESITO-Indexwerte aufweisen, als Arten, die im gleichen Zeitraum zugenommen hatten (siehe Kapitel 3.2.1);
2. Die BESITO-Indexwerte und Artenzusammensetzungen wurden von historischen Stationen (Stein et al. 1990) mit rezenten Monitoringstationen (BSH/IOW, NLWKN, H. Neumann-Station) verglichen (siehe Kapitel 3.2.2).
3. Die BESITO-Indexwerte und die Artenzusammensetzungen wurden von Stationen, die in intensiv bzw. gering befischten Gebieten liegen, verglichen (siehe Kapitel 3.2.3).

Das Fazit der Testrechnungen wird in Kapitel 3.2.4 zusammengefasst.

3.2.1 BESITO-Test für Arten, die in der Nordsee ab- bzw. zugenommen haben

Der BESITO wurde für die in Beermann et al. (2017) zusammengestellten Arten, von denen eine Zu- bzw. Abnahme in der Deutschen Bucht beschrieben wurde, getestet. Diese Auswertungen wurden in Heyer (2019) begonnen, doch viele Arten konnten wegen fehlender Traitinformationen nicht eingestuft werden. Ein Großteil dieser Lücken konnte nun durch Einbeziehung von Informationen in Tillin et al. (2006), MarLin (2006), Shojaei (2016) und Shojaei et al. (2015) geschlossen werden (Annexabelle 1).

Die Ergebnisse sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Von den 26 Arten, die abgenommen hatten, konnten 22 eingestuft werden. Von diesen wurden 50 % (11 Arten) anhand des BESITO als sensitiv ($BESITO \geq 3$) gegenüber Fischereiintensität eingestuft und nur eine der Arten wies eine positive

Reaktion gegenüber Fischereiintensität auf (BESITO = 1); von den 19 Arten, die zugenommen hatten, konnten alle eingestuft werden und von diesen wiesen nur 10 % (2 Arten) einen BESITO ≥ 3 , 74 % (14 Arten) einen BESITO = 2 und 3 Arten (16 %) einen BESITO = 1 auf (Abbildung 1). Die Arten, die abgenommen hatten, wiesen einen mittleren gerundeten BESITO-Indexwert von 3 auf, die Arten, die zugenommen hatten, einen mittleren gerundeten Indexwert von 2 auf (Abbildung 2). Die Unterschiede sind als signifikant zu bezeichnen ($p = 0,0022$, t-Test mit log-transformierten Daten (Stabilisierung der unterschiedlichen Varianzen)). Es gibt also Hinweise, dass sich anhand des BESITO die Veränderung in der Artzusammensetzung auf Fischereiintensität zurückführen lässt.

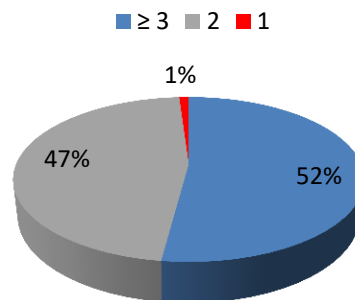
Betrachtet man die einzelnen Artengruppen fällt auf, dass insbesondere die Bivalvia-Arten deutlich abgenommen und die Arten der Gruppen der Crustacea und Gastropoda deutlich zugenommen hatten, während bei den Echinodermata eine Artverschiebung stattgefunden hatte (Abbildung 3 und Tabelle 2). Diese Unterschiede lassen sich anhand der für den BESITO gewählten Traits wiederfinden. Bivalvia sind meist Filter- oder Deposit-Feeder, sie bewegen sich grabend oder kriechend, sind teilweise sehr langlebig und sind eher mittelgroß während Crustacea meist Aasfresser und/oder Räuber sind, die sich auch kriechend/schwimmend bewegen. Diese Traits führen zu den Unterschieden in der Höhe der BESITO-Indexwerte

Es ist notwendig, dass neben der reinen BESITO-Berechnung auch eine gutachterliche Beurteilung der Einstufung der Arten stattfindet, da für einige Arten die BESITO-Werte zu anderen Aussagen führen würden, verglichen mit der Einstufung nach wissenschaftlicher Erkenntnis, z. B. *Echinocardium cordatum* für den sich ein BESITO von 3 ergibt, der aber als profitierend von Fischerei (BESITO = 1) angesehen wird. Auch Arten, die in früheren Untersuchungen methodisch nicht erfasst wurden, wie z. B. *Ascidella* spp., werden heute u. U. fälschlicherweise als zunehmend eingestuft.

Tabelle 2: BESITO-Indexwerte für Arten, die nach Beermann et al. (2017) in den letzten Jahrzehnten ab- bzw. zugenommen haben. BESITO-Klassen: Blau = 3 (sensitiv gegenüber Fischerei), weiß = keine signifikanten Auswirkungen, tolerant), Rot = 1 (positive Auswirkung durch Fischerei).

Arten, die abgenommen hatten		Gerundeter BESITO (Indexwert)
Crustacea, mittlerer BESITO 2,32	<i>Callianassa subterranea</i>	2 (2,24)
	<i>Upogebia deltaura</i>	3 (2,70)
	<i>Pisidia longicornis</i>	2 (2,02)
Bivalvia, mittlerer BESITO 2,73	<i>Arctica islandica</i>	3 (3,00)
	<i>Thracia convexa</i>	3 (2,62)
	<i>Dosinia lupinus</i>	3 (2,85)
	<i>Phaxas (früher Cultellus) pellucidus</i>	3 (2,85)
	<i>Acanthocardia (früher Cardium) echinatum</i>	2 (2,39)
	<i>Abra nitida</i>	1 (1,48)
	<i>Nucula nitidosa</i>	2 (1,79)
	<i>Ennucula tenuis</i>	2 (1,71)
	<i>Spisula solida</i>	2 (2,39)
	<i>Aequipecten opercularis</i>	3 (3,15)
	<i>Modiolus modiolus</i>	4 (4,82)
	<i>Anomia ephippium</i>	4 (3,76)
Echinoder- mata, mittlerer BESITO 2,503	<i>Amphiura filiformis</i>	3 (3,30)
	<i>Leptasterias muelleri</i>	2 (1,64)
	<i>Echinocyamus pusillus</i>	2 (1,79)
	<i>Henricia sanguinolenta</i>	2 (2,09)
	<i>Spatangus purpureus</i>	3 (3,15)
	<i>Brissopsis lyrifera</i>	3 (2,55)
	<i>Ophiothrix fragilis</i>	3 (3,00)
Mittlerer BESITO		3 (2,6)
Arten, die zugenommen hatten		Gerundeter BESITO (Indexwert)
Crustacea, mittlerer BESITO 1,75	<i>Cancer pagurus</i>	2 (2,39)
	<i>Liocarcinus holsatus</i>	2 (1,71)
	<i>Liocarcinus depurator***</i>	2 (1,94)
	<i>Pagurus bernhardus</i>	2 (1,79)
	<i>Pagurus prideaux</i>	1 (1,18)
	<i>Crangon crangon</i>	1 (1,41)
	<i>Crangon allmanni</i>	2 (1,94)
	<i>Corystes cassivelaunus</i>	2 (1,64)
Echino- dermata, mittlerer BESITO 2,07	<i>Asterias rubens</i>	2 (2,09)
	<i>Astropecten irregularis</i>	1 (1,33)
	<i>Ophiura albida</i>	2 (2,24)
	<i>Ophiura ophiura</i>	2 (2,09)
	<i>Psammechinus miliaris</i>	2 (1,94)
Gastropoda, mittlerer BESITO 1,99	<i>Echinocardium cordatum</i>	3 (2,70)
	<i>Aporrhais</i> spp. <i>A. seresianus</i> *	2 (1,94)
	<i>Buccinum undatum</i>	2 (1,79)
Annelida	<i>Colus gracilis</i>	2 (2,24)
	<i>Aphrodite aculeata</i>	2 (1,86)
Chordata	<i>Ascidella</i> spp.**	3 (3,00)
Mittlerer BESITO		2 (1,96)

abgenommene Arten und BESITO-Einstufung



zugewommene Arten und BESITO-Einstufung

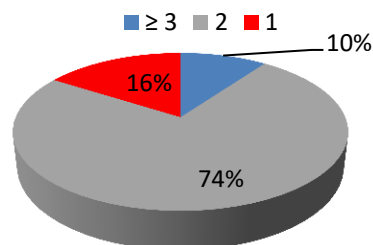


Abbildung 1: Prozentuale Zusammensetzung der drei BESITO-Gruppen der Arten, die nach Beermann et al. (2017) in den letzten Jahrzehnten ab- bzw. zugenommen haben; BESITO-Klassen: Blau = 3 (sensitiv gegenüber Fischerei), Grau = 2 (keine signifikanten Auswirkungen, tolerante Response), Rot = 1 (positive Auswirkung durch Fischerei).

BESITO - Indexwerte der Arten, die ab- bzw. zugenommen haben

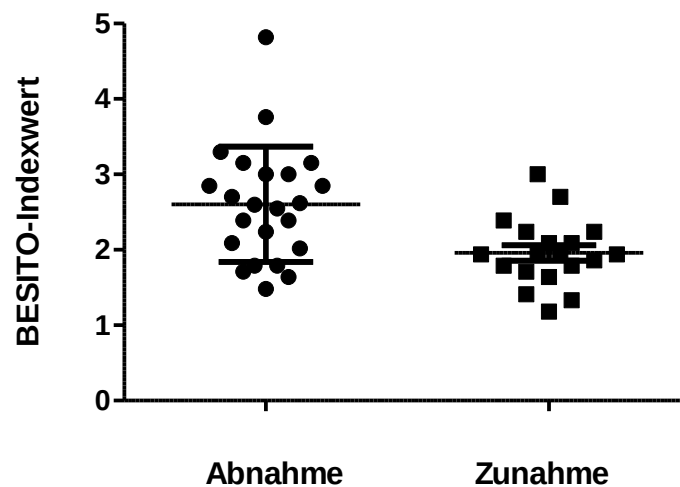


Abbildung 2: Vergleich der BESITO-Indexwerte zwischen den Arten, die ab- bzw. zugenommen hatten (Daten aus Tabelle 2) mit Mittelwert und Standardabweichung.

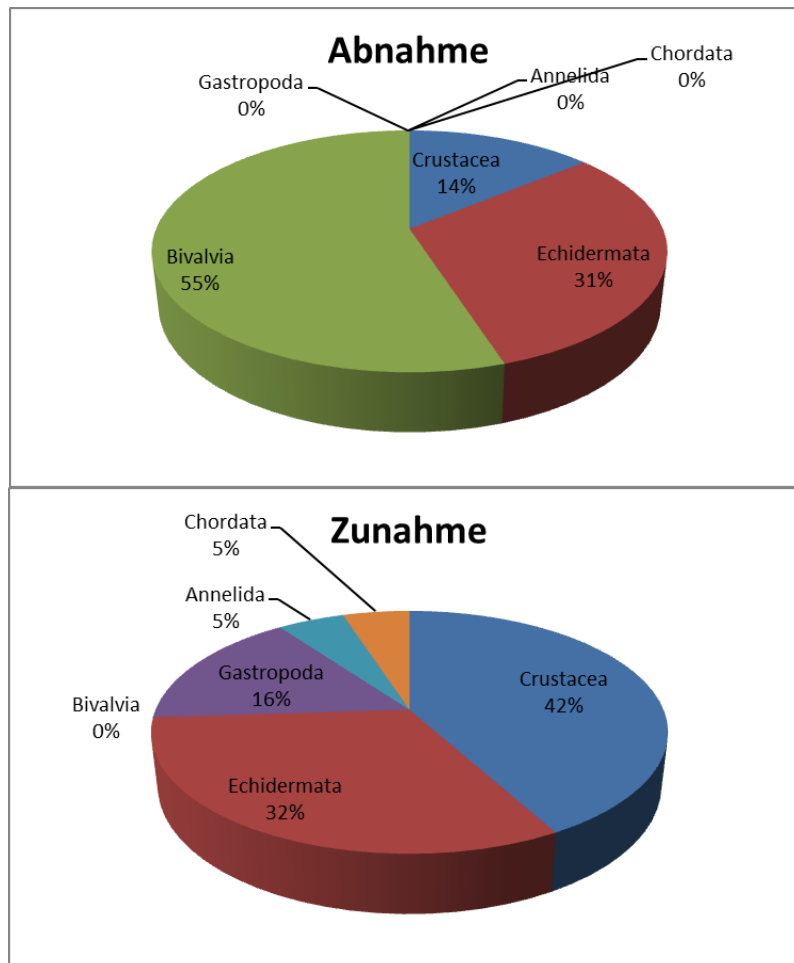


Abbildung 3: Prozentuale Zusammensetzung der Artengruppen, die nach Beermann et al. (2017) in den letzten Jahrzehnten ab- bzw. zugenommen haben.

3.2.2 Vergleich der Artenzusammensetzungen und BESITO-Indexwerte zwischen historischen Stationen (Stein et al. 1990) und rezenten Monitoringstationen

Die Artenzusammensetzungen von ausgewählten Tiergruppen von rezenten Monitoringstationen und in der Nähe liegenden historischen Stationen (Stein et al. 1990) wurden verglichen. Biomassewerte konnten nicht verglichen werden, da in dem Datensatz von Stein nur die Artenzusammensetzung angegeben ist. Verglichen wurden nur Bivalvia, Gastropoda, Decapoda und Echinodermen, da diese Organismen auch mit den unterschiedlichen Geräten der historischen Untersuchungen gefangen werden konnten. Neben den Artenzusammensetzungen wurden auch deren BESITO-Indexwerte verglichen. Verglichen wurden die rezenten Monitoringstationen Nney_MZB_9 (siehe Kapitel 3.2.1), die BSH/IOW-Station ES1 (siehe Kapitel 3.2.2), die BSH/IOW-Stationen NEBF, NSGR2 und SWWBA (siehe Kapitel 3.2.3) und die H. Neumann-Station 322 (siehe Kapitel 3.2.4).

3.2.2.1 Vergleich zwischen der NLWKN Monitoringstation Nney_MZB_9 und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990)

Die Artenzusammensetzungen an der rezenten NLWKN Monitoringstation Nney_MZB_9 und den vier in der Nähe liegenden historischen Stationen (Stein et al. 1990) wurden verglichen (Tabelle 3 und Abbildung 4). Alle fünf Stationen liegen im BHT Circalittoral sand im flachen Küstenvorfeld vor Niedersachsen. Die Wassertiefen betragen zwischen 6 m und 15 m, sodass diese Stationen mehr oder weniger großen Sedimentumlagerungen ausgesetzt sein können. Die Stationen haben Feinsand oder Mittel- bis Grobsand. Die historische Station St19_1904 ist von den abiotischen Verhältnissen her der rezenten Station Nney_MZB_9 am ähnlichsten. Die historischen Stationen stammen aus einmaligen Beprobungen, während die Daten von der rezenten Monitoringstation Nney_MZB_9 aus

sechs Beprobungen (2007 bis 2010, 2012 und 2014) zusammengefasst wurden. Da der NLWKN pro Probennahmezeitpunkt jeweils zwei Hols mit der Dredge durchführt, ist die beprobte Fläche und der Probenzeitraum deutlich größer bzw. länger, als von den historischen Stationen.

Tabelle 4 fasst den Vergleich der Stationen zusammen. Da die Station St19_1904 von den abiotischen Bedingungen am ehesten mit der Monitoringstation vergleichbar ist, wird sie im Folgenden hauptsächlich für den Vergleich herangezogen. Bei den Decapoda wurden an der rezenten Station *Carcinus maenas* und *Diogenes pugilator* (Kleiner Einsiedlerkrebs) sehr häufig gefangen, aber nicht an den historischen Stationen. Gastropoda wurden nur an den historischen Stationen nachgewiesen. Bei den Echinodermata ergaben sich keine Unterschiede zwischen der rezenten und den historischen Beprobungen. Bei den Bivalvia wurde die in der Roten Liste (Rachor et al. 2013) als extrem selten eingestufte Art *Hiatella rugosa* nur in den historischen und nicht in den rezenten Proben nachgewiesen. Die eingewanderte Art *Ensis leei* wurde nur in den rezenten Proben gefunden wie auch *Abra alba*, *Cerastoderma edule* und *Spisula subtruncata*. *Donax vittatus* wurde zu jeder Zeit gefunden.

Für 24 (75 %) der insgesamt 32 Arten konnten BESITO-Einstufungen vorgenommen werden (Tabelle 4). Informationen fehlten insbesondere für die Gastropoda. Es bestehen keine deutlichen Unterschiede der BESITO-Indexwerte zwischen den in den rezenten und historischen Proben gefundenen Arten. Von den 24 eingestuften Arten wurden vier als Klasse 1, 15 als Klasse 2 und fünf als Klasse 3 eingestuft.

Tabelle 3: Stationen, die für den Vergleich zwischen den rezenten und historischen Artenzusammensetzungen herangezogen wurden, Beprobungsjahre, Wassertiefen und Sedimenttypen.

Station	Beprobungs-jahre	Anzahl Beprobungen	Wassertiefe (m)	Sedimenttyp
Nney_MZB_9	2007 bis 2010, 2012, 2014	6	6	Feinsand
St_19_1904	1904	1	8	Feinsand
St_24_1904	1904	1	12	Feinsand
St_56_1905	1905	1	12 - 13	Mittelsand/Grenze zum Feinsand
St_77_1903	1903	1	14 - 15	Grobsand/Grenze z. Feinsand

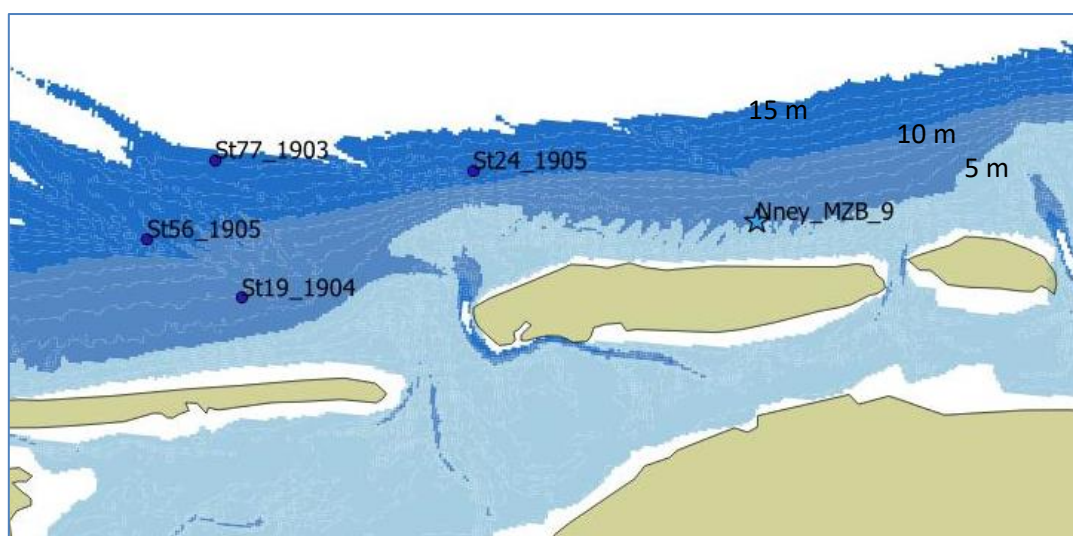


Abbildung 4: Lage der NLWKN-Monitoringstation Nney_MZB_9 und der historischen Stationen aus Stein et al. (1990) vor Norderney und Juist und die Wassertiefen.

Tabelle 4: Vergleich ausgewählter Epifauna-Gruppen zwischen der rezenten NLWKN-Monitoringstation Nney_MZB_9 (2007 bis 2010, 2012 und 2014) und benachbarten historischen Stationen aus Stein et al. (1990) aus den Jahren 1903 bis 1905; RL = Rote Liste Art nach Rachor et al. (2013) (G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, V = Vorwarnliste, R = extrem selten, ausgestorben oder bestandsgefährdet); BESITO = BESITO-Einstufung der Art: BESITO 1 = Rot; 2 = Grau, 3 = Blau); ?? = für die Art lässt sich wegen fehlender Information kein BESITO-Indexwert bestimmen; * = Vorkommen der Art; Ziffer in der Spalte Nney_MZB_9 gibt die Anzahl der Jahre an, in denen die Art gefunden wurde (6 = alle Beprobungen). Für die Lokalisation der Stationen siehe Abbildung 4.

Art	RL	Gruppe	BESITO	Nney_MZB_9	St19_1904	St24_1905	St56_1905	St77_1903
<i>Kurtiella bidentata</i>		Bivalvia	1					*
<i>Abra alba</i>		Bivalvia	2	1				
<i>Cerastoderma edule</i>		Bivalvia	2	1				
<i>Chamelea gallina</i>	G	Bivalvia	2				*	
<i>Donax vittatus</i>	G	Bivalvia	2	2	*	*	*	*
<i>Fabulina fabula</i>		Bivalvia	2			*		*
<i>Macoma balthica</i>		Bivalvia	2	3		*	*	*
<i>Spisula solida</i>	G	Bivalvia	2					*
<i>Ensis leei</i>		Bivalvia	3	2				
<i>Hiatella rugosa</i>	R	Bivalvia	3		*			*
<i>Spisula subtruncata</i>	G	Bivalvia	3	3				
<i>Macomangulus tenuis</i>	V	Bivalvia	??					*
<i>Crangon crangon</i>		Decapoda	1	6	*			
<i>Carcinus maenas</i>		Decapoda	2	6				
<i>Crangon allmanni</i>		Decapoda	2		*			*
<i>Liocarcinus holsatus</i>		Decapoda	2	6	*			
<i>Macropodia rostrata</i>		Decapoda	2	1				
<i>Pagurus bernhardus</i>		Decapoda	2	5	*			*
<i>Diogenes pugilator</i>		Decapoda	??	4				
<i>Pandalus montagui</i>		Decapoda	??		*			
<i>Euspira nitida</i>		Gastropoda	1			*		*
<i>Peringia ulvae</i>		Gastropoda	1			*		
<i>Dendronotus frondosus</i>	V	Gastropoda	??		*			
<i>Euspira catena</i>		Gastropoda	??					*
<i>Euspira montagui</i>		Gastropoda	??		*			
<i>Littorina sp.</i>		Gastropoda	??			*		
<i>Tritia incrassata</i>		Gastropoda	??					*
<i>Ophiura albida</i>		Ophiuroidea	2	2	*		*	
<i>Ophiura ophiura</i>		Ophiuroidea	2	2	*			
<i>Asterias rubens</i>		Asteroidea	2	2	*	*		
<i>Echinocardium cordatum</i>		Echinoidea	3	3	*			
<i>Echinocardium flavescens</i>	G	Echinoidea	3				*	

3.2.2.2 Vergleich zwischen der BSH/IOW Monitoringstation ES1 und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990)

Die Artenzusammensetzungen an der rezenten BSH/IOW-Monitoringstation ES1 und den fünf in der Nähe liegenden historischen Stationen (Stein et al. 1990) wurden verglichen (Tabelle 5 und Abbildung 5). Alle sechs Stationen liegen im BHT Circalittoral sand und die Wassertiefen betragen zwischen 22 m und 26 m. Die Stationen haben meist Grobsand, liegen aber am Rande von Feinsandgebieten. Die historische Station St51_1904 ist von den abiotischen Verhältnissen her am besten mit der rezenten Station ES1 vergleichbar. Die historischen Stationen stammen aus einmaligen Beprobungen, während die Daten von der rezenten Monitoringstation ES1 aus fünf Beprobungen in drei Jahren 2008 bis 2010 mit einer Frühjahrs- und eine Herbstbeprobung (2008 und

2009) stammen. Daher ist die beprobte Fläche bzw. der Zeitraum der rezenten Stationen deutlich größer und länger, als von den historischen Stationen.

Tabelle 6 fasst den Vergleich der Stationen zusammen. Auffallend ist, dass bei den Decapoda deutlich mehr Arten an der rezenten Station gefunden wurden, als an den historischen Stationen. Bivalvia wurden nur sehr vereinzelt an der rezenten Station nachgewiesen und es sind meist andere Arten als an den historischen Stationen. Bei den Bivalvia wurde die in der Roten Liste (Rachor et al. 2013) als extrem selten eingestufte Art *Anomia ephippium* und die als stark gefährdet ausgewiesene Art *Ensis ensis* nur in den historischen und nicht in den rezenten Proben nachgewiesen. Gastropoda wurden sowohl an den historischen als auch an den rezenten Stationen nachgewiesen, allerdings waren es andere Arten. Bei den Echinodermata wurden mehr Arten an der rezenten Station gefunden und nur *Asterias rubens* und *Ophiura ophiura* wurden auch an den historischen Stationen nachgewiesen.

Für 32 (74 %) der 43 Arten konnten BESITO-Einstufungen vorgenommen werden (Tabelle 6). Informationen fehlten insbesondere für einige Decapoda und Bivalvia. Bei den gefundenen Arten bestanden keine deutlichen Unterschiede der BESITO-Indexwerte zwischen den rezenten und historischen Proben (Tabelle 6). Von den 32 eingestuften Arten wurden vier als Klasse 1, 20 als Klasse 2 und acht als Klasse 3 eingestuft.

Tabelle 5: Stationen, die für den Vergleich zwischen den rezenten und historischen Artenzusammensetzungen herangezogen wurden, Beprobungsjahre, Wassertiefen und Sedimenttypen.

Station	Beprobungs-jahre	Anzahl Beprobungen	Wassertiefe (m)	Sedimenttyp
ES1	2008 -2010	5	22	Feinsand/Grenze Grobsand
St_51_1904	1904	1	22	Grobsand/Grenze Feinsand
St_76_1903	1903	1	23/24	Grobsand
N24_1905	1905	1	24	Grobsand/Grenze Feinsand
St_21_1904	1904	1	26	Grobsand
St37a_1906	1906	1	25	Grobsand/Mittelsand

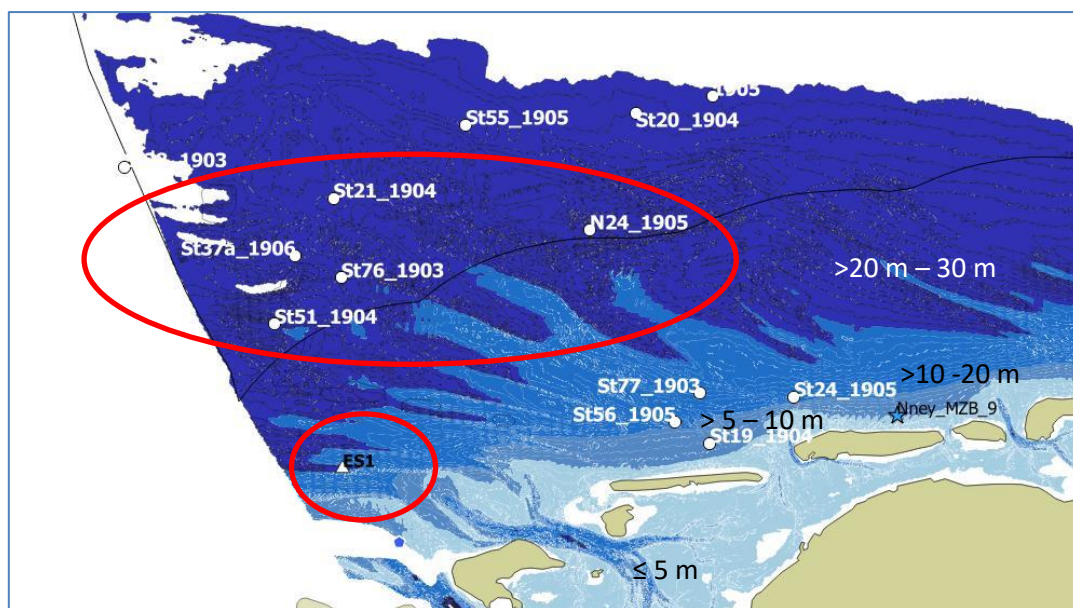


Abbildung 5: Lage der BSG/IOW-Monitoringstation ES1 und der historischen Stationen aus Stein et al. (1990) mit vergleichbaren Wassertiefen und Sedimenten.

Tabelle 6: Vergleich ausgewählter Epifauna-Arten zwischen der rezenten BSH/IOW-Monitoringstation ES1 (2008 bis 2010) und benachbarten historischen Stationen aus Stein et al. (1990) aus den Jahren 1903 bis 1906; RL = Rote Liste Art nach Rachor et al. (2013) (G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet, D = Daten unzureichend; nb = nicht bewertet; V = Vorwarnliste, R = extrem selten, ausgestorben oder bestandsgefährdet); BESITO = BESITO-Einstufung der Art: BESITO 1 = Rot; 2 = Grau, 3 = Blau); ?? = für die Art lässt sich wegen fehlender Information kein BESITO-Indexwert bestimmen; * = Vorkommen der Art; Ziffer in der Spalte ES1 gibt die Anzahl der Beprobungen an in denen die Art gefunden wurde (5 = alle Beprobungen). Für die Lokalisation der Stationen siehe Abbildung 5.

Art	RL	Gruppe	BESITO	ES1 2008- 2010	St51_ 1904	St76_ 1903	St21_ 1904	N24_ 1905	St 37a_ 1906
<i>Corbula gibba</i>		Bivalvia	1	1					
<i>Asbjornsenia pygmaea</i>	D	Bivalvia	2		*	*			
<i>Abra alba</i>		Bivalvia	2	1					
<i>Thracia phaseolina</i>		Bivalvia	2		*				
<i>Chamelea gallina</i>	G	Bivalvia	2	1					
<i>Spisula solida</i>	G	Bivalvia	2	2					*
<i>Spisula subtruncata</i>	G	Bivalvia	3	1					
<i>Dosinia lupinus</i>	D	Bivalvia	3			*			
<i>Ensis ensis</i>	2	Bivalvia	4			*			
<i>Ensis siliqua</i>	G	Bivalvia	4			*			*
<i>Anomia ephippium</i>	R	Bivalvia	4					*	
<i>Mytilus edulis</i>		Bivalvia	4	1				*	
<i>Astarte montagui</i>	3	Bivalvia	??		*	*			
<i>Goodallia triangularis</i>	3	Bivalvia	??	1	*	*			
<i>Solen spec.</i>		Bivalvia	??			*			
<i>Crangon crangon</i>		Decapoda	1	4		*	*		
<i>Macropodia</i>		Decapoda	2	1					
<i>Macropodia deflexa</i>		Decapoda	2	1					
<i>Macropodia linaresi</i>	D	Decapoda	2	1					
<i>Macropodia rostrata</i>		Decapoda	2	2					
<i>Liocarcinus holsatus</i>		Decapoda	2	4		*	*		
<i>Pagurus bernhardus</i>		Decapoda	2	3		*	*		
<i>Processa nouveli nouveli</i>		Decapoda	2	1					
<i>Crangon allmanni</i>		Decapoda	2	1	*	*			
<i>Liocarcinus depurator</i>		Decapoda	2	4					
<i>Pisidia longicornis</i>		Decapoda	2		*		*		
<i>Carcinus maenas</i>		Decapoda	2	1					
<i>Hippolyte varians</i>	D	Decapoda	??	1					
<i>Hyas araneus</i>		Decapoda	??				*		
<i>Palaemon varians</i>	V	Decapoda	??	1					
<i>Pandalus montagui</i>		Decapoda	??	2					
<i>Philocheras bispinosus</i>	D	Decapoda	??	1					
<i>Philocheras trispinosus</i>	D	Decapoda	??	4					
<i>Thia scutellata</i>	D	Decapoda	??	1					
<i>Euspira nitida</i>		Gastropoda	1		*	*			
<i>Crepidula fornicata</i>	nb	Gastropoda	3	3					
<i>Tritia incrassata</i>	G	Gastropoda	??	2					
<i>Astropecten irregularis</i>	G	Asteroidea	1					*	
<i>Asterias rubens</i>		Asteroidea	2	4	*		*	*	
<i>Echinocardium cordatum</i>		Echinoidea	3	2					
<i>Ophiura ophiura</i>		Ophiurida	2	5					
<i>Ophiura albida</i>		Ophiurida	2	2	*	*			
<i>Ophiacten affinis</i>	D	Ophiurida	2	1					

3.2.2.3 Vergleich zwischen den BSH/IOW-Monitoringstationen NEBF, NSGR2 und SWWBA und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990)

Alle drei BSH/IOW-Monitoringstationen NEBF, NSGR2 und SWWBA werden in Wasmund et al. (2012) von den Korngrößen her als schlickiger Feinsand eingestuft, was für die Station SWWBA im Widerspruch zur Einstufung dieser Station zum BHT Offshore circalittoral mud steht. Da die BSH/IOW-Stationen mehrfach beprobt und die Korngrößen bestätigt wurden, wurde die Station SWWBA gemeinsam mit den Stationen NEBF und NSGR2, die im BHT Offshore circalittoral sand liegen, verglichen. Von den historischen Stationen (Stein et al. 1990) wurden jene Stationen ausgewählt, die von den Sedimentverhältnissen her mit den rezenten BSH/IOW-Stationen vergleichbar waren (Abbildung 6 und Tabelle 7). Die Informationen zu den Sedimentverhältnissen und den Wassertiefen sind in Stein et al. (1990) dokumentiert. Die Wassertiefen betrugen zwischen 40 m und 45 m.

Die historischen Stationen stammen aus einmaligen Beprobungen, während die Daten von der rezenten BSH/IOW-Monitoringstationen aus bis zu fünf Beprobungen in drei Jahren 2008 bis 2010 mit einer Frühjahrs- und eine Herbstbeprobung (2008 und 2009) stammen. Daher ist die beprobte Fläche bzw. der Zeitraum der rezenten Stationen deutlich größer und länger, als von den historischen Stationen.

Tabelle 8 fasst den Vergleich der Stationen zusammen. Wie oben schon für die Vergleiche an den anderen Stationen beschrieben, werden an den rezenten Stationen deutlich mehr Decapoda-Arten und deutlich weniger Bivalva-Arten nachgewiesen als an den historischen Stationen. Bei den Bivalvia wurde die in der Roten Liste (Rachor et al. 2013) als ‚extrem selten‘ eingestuften Arten *Anomia ephippium* und *Hiatella rugosa*, die vom Aussterben bedrohte Art *Ostrea edulis* und die als stark gefährdet ausgewiesene Art *Modiolus modiolus* nur in den historischen und nicht in den rezenten Proben nachgewiesen. Von den vier als ‚gefährdet mit unbekanntem Ausmaß‘ ausgewiesenen Arten wurden *Abra nitida* und *Spisula subtruncata* in beiden Zeiträumen und *Acanthocardia echinata* und *Spisula solida* nur in den historischen Beprobungen gefunden. Gastropoda wurden sowohl an den historischen als auch an den rezenten Stationen nachgewiesen. Allerdings wurde die als ‚gefährdet mit unbekanntem Ausmaß‘ ausgewiesenen Art *Neptunea antiqua* und die als ‚stark gefährdete Art‘ eingestufte Art *Buccinum undatum* nur in den historischen Proben gefunden.

Bei den Echinodermata wurden mehr Arten an den historischen als an den rezenten Stationen gefunden. Mit Ausnahme von *Ophiura ophiura* wurden alle Arten, die an den rezenten Stationen gefunden wurden, auch an den historischen Stationen nachgewiesen. Das waren *Astropecten irregularis*, *Asterias rubens* und *Echinocardium cordatum*. Von den Arten, die nur in den historischen Proben gefunden wurden, werden *Echinocyamus pusillus* und *Echinocardium flavescens* als ‚gefährdet mit unbekanntem Ausmaß‘ eingestuft und *Ophiothrix fragilis* steht auf der Vorwarnliste.

Für 53 Arten (83 %) der 65 Arten konnten BESITO-Einstufungen vorgenommen werden (Tabelle 8). Es bestehen Unterschiede der BESITO-Indexwerte zwischen den in den rezenten und historischen Proben gefundenen Arten: die Arten, die nur in den historischen Stationen nachgewiesen wurden, werden anhand des BESITO hauptsächlich als Klasse 3 (sensitiv gegenüber Fischerei) eingestuft. Keine Unterschiede bestehen hingegen zwischen der Anzahl der Arten der Klasse 1 (profitiert von Fischereiaktivität), mit ein bis zwei Arten pro Tiergruppe pro Untersuchungszeitraum.

Tabelle 7: Stationen, die für den Vergleich zwischen den rezenten und historischen Artenzusammensetzungen herangezogen wurden, Beprobungsjahre, Wassertiefen und Sedimenttypen.

Station	Beprobungs-jahre	Anzahl Beprobungen	Wassertiefe (m)	Sedimenttyp
NSGR2	2008 -2010	4	41	schlickiger Feinsand
SWWBA	2008 -2010	5	44	schlickiger Feinsand
NEBF	2008 -2010	5	40/41	schlickiger Feinsand
St_22_1904	1904	1	40-42	sandiger Schlick
St_24_1904	1904	1	43-45	feiner Sand mit Schlick
St_50_1904	1904	1	44	feiner grauer Sand
St_25_1905	1905	1	42	feiner schlickiger Sand

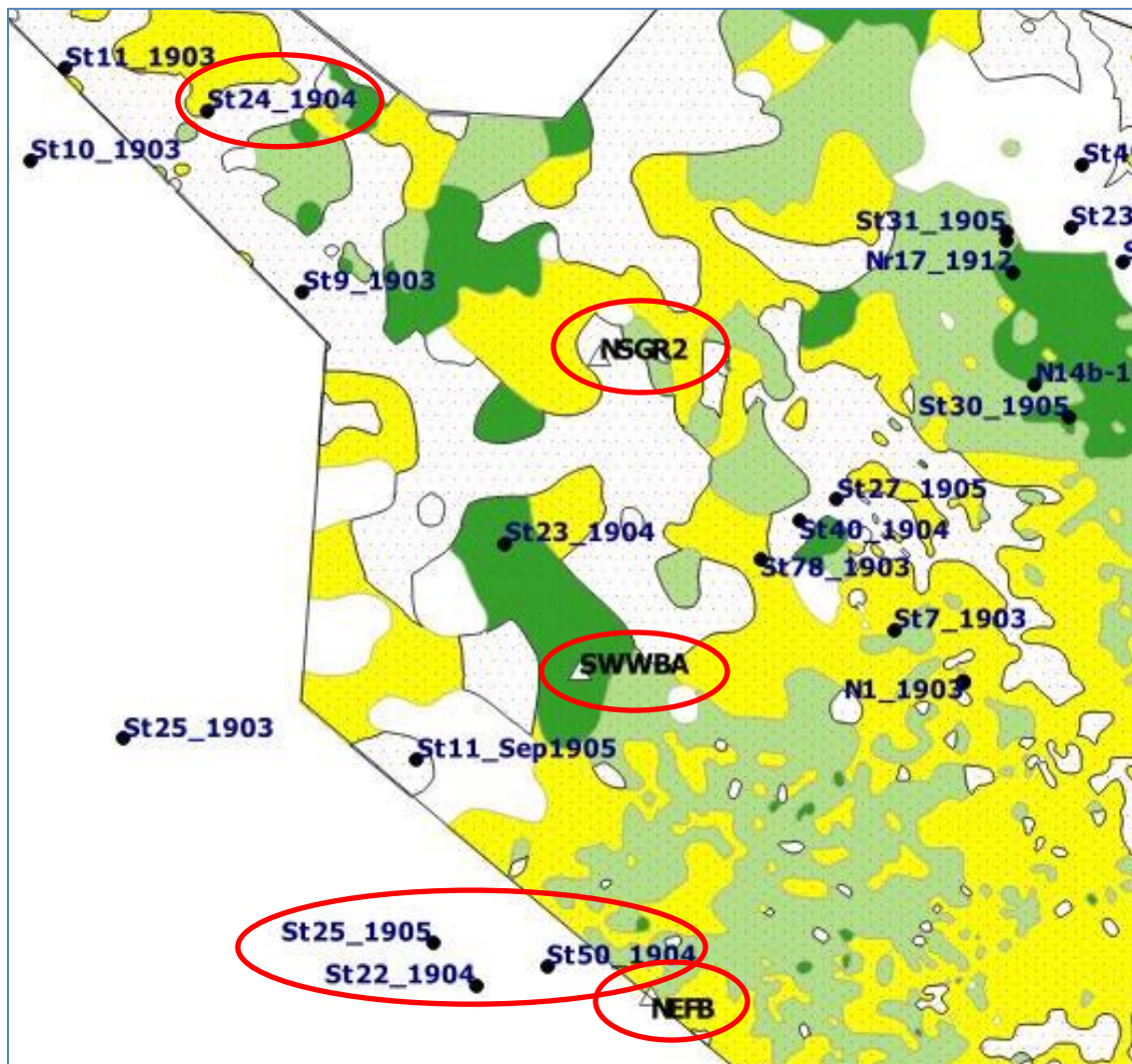


Abbildung 6: Lage der BSH/IOW-Monitoringstationen NEFB, SWWBA und NSGR2 und der historischen Stationen aus Stein et al. (1990) und die Sedimente nach Figge (1981); Weiß mit Punkten = Feinsand; Dunkelgrün = Feinsand mit Schluff/Tonanteil von 21 bis 50 %; Hellgrün = Feinsand mit einem Schluff/Tonanteil von 11 bis 20 %; Gelb mit Punkten = Feinsand mit einem Schluff/Tonanteil von 5 bis 10 %.

Tabelle 8: Vergleich ausgewählter Epifauna-Arten zwischen den rezenten BSH/IOW-Monitoringstation NSGR2, SWWBA und NEBF (2008 bis 2010) und benachbarten historischen Stationen aus Stein et al. (1990) aus den Jahren 1903 bis 1906; RL = Rote Liste Art nach Rachor et al. (2013) (G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, 1 = vom Aussterben bedroht, 2 = stark gefährdet, D = Daten unzureichend, V = Vorwarnliste, R = extrem selten, ausgestorben oder bestandsgefährdet); BESITO = gerundete BESITO-Einstufung der Art: BESITO 1 = Rot; 2 = Grau, 3 = Blau; ?? = für die Art lässt sich wegen fehlender Information kein BESITO-Indexwert bestimmen; * = Vorkommen der Art; Ziffer in der Spalten der BSH/IOW Stationen gibt die Anzahl der Beprobungen an, in denen die Art gefunden wurde (5 = alle Beprobungen), siehe Abb. 6.

Art	RL	Gruppe	BESITO	NSGR2	SWWBA	NEBF	St25_1905	St50_1904	St22_1904	St24_1904
<i>Corbula gibba</i>		Bivalvia	1					*		
<i>Kurtiella bidentata</i>		Bivalvia	1							*
<i>Abra nitida</i>	G	Bivalvia	1		1	1	*	*		
<i>Ennucula tenuis</i>		Bivalvia	2				*	*		*
<i>Lucinoma borealis</i>		Bivalvia	2	1		1				
<i>Tellimya ferruginosa</i>		Bivalvia	2							*
<i>Nucula nitidosa</i>		Bivalvia	2				*	*		*
<i>Mysia undata</i>		Bivalvia	2	1						
<i>Thracia phaseolina</i>		Bivalvia	2			1				
<i>Gavi fervensis</i>		Bivalvia	2				*			
<i>Acantho. echinata</i>	G	Bivalvia	2				*		*	
<i>Spisula solida</i>	G	Bivalvia	2					*		
<i>Hiatella rugosa</i>	R	Bivalvia	3				*			
<i>Phaxas pellucidus</i>		Bivalvia	3	1	1	1	*	*		
<i>Aequipe. opercularis</i>		Bivalvia	3				*			*
<i>Dosinia lupinus</i>	D	Bivalvia	3				*			*
<i>Spisula subtruncata</i>	G	Bivalvia	3		1	3				
<i>Ostrea edulis</i>	1	Bivalvia	3						*	
<i>Musculus subpictus</i>	G	Bivalvia	3				*			
<i>Anomia ephippium</i>	R	Bivalvia	4				*			
<i>Hiatella arctica</i>		Bivalvia	4				*		*	
<i>Mytilus edulis</i>		Bivalvia	4				*			
<i>Modiolus modiolus</i>	2	Bivalvia	5				*			*
<i>Hiatella spec.</i>		Bivalvia	??				*		*	
<i>Lepton squamosum</i>		Bivalvia	??			1				
<i>Mimachlamys varia</i>		Bivalvia	??				*			
<i>Montacuta spec.</i>		Bivalvia	??							*
<i>Ebalia cranchi</i>		Decap.	1							*
<i>Crangon crangon</i>		Decap.	1	1	4	5	*			
<i>Corystes cassivel.</i>		Decap.	2		1					
<i>Liocarcinus holsatus</i>		Decap.	2	2	2	4				
<i>Pagurus bernhardus</i>		Decap.	2		2	3	*		*	
<i>Processa nou. nouveli</i>		Decap.	2	1	1	2				
<i>Crangon allmanni</i>		Decap.	2		3	3	*		*	
<i>Liocarcinus depurator</i>		Decap.	2		1					
<i>Macropodia linnaesi</i>	D	Decap.	2			1				
<i>Macropodia longiros.</i>		Decap.	2							*
<i>Nephrops norvegicus</i>	G	Decap.	2					*		
<i>Pisidia longicornis</i>		Decap.	2		1	1	*			
<i>Cancer pagurus</i>		Decap.	2		1					
<i>Upogebia stellata</i>	2	Decap.	3			1				
<i>Ebalia tuberosa</i>	D	Decap.	??			1				
<i>Galathea squamifera</i>	R	Decap.	??		1					
<i>Goneplax rhomboides</i>	R	Decap.	??			2				
<i>Philocheras bispin. b.</i>	D	Decap.	??	2	3	3				
<i>Philocheras trispin.</i>	D	Decap.	??		1	1				

Fortsetzung der Tabelle 8 nächste Seite

Fortsetzung der Tabelle 8

Art	RL	Gruppe	BESITO	NSGR2	SWWBA	NEBF	St25 – 1905	St50 – 1904	St22 – 1904	St24 – 1904
<i>Euspira nitida</i>		Gastr.	1	1		1	*	*		
<i>Buccinum undatum</i>	2	Gastr.	2							*
<i>Turritella communis</i>	G	Gastr.	2		1	1	*	*		
<i>Hyala vitrea</i>	D	Gastr.	2		1					
<i>Neptunea antiqua</i>	G	Gastr.	3						*	*
<i>Epitonium clathrus</i>	D	Gastr.	??		1					
<i>Euspira pallida</i>	D	Gastr.	??							*
<i>Laona quadrata</i>		Gastr.	??							*
<i>Ophiura ophiura</i>		Ophiur.	2	1	2					
<i>Ophiocten affinis</i>	D	Ophiur.	2					*		
<i>Ophiura albida</i>		Ophiur.	2		1					*
<i>Ophiothrix fragilis</i>	V	Ophiur.	3				*		*	*
<i>Amphiura filiformis</i>		Ophiur.	3				*	*		*
<i>Astropec. irregularis</i>	G	Astero.	1	2	2	1	*	*		*
<i>Asterias rubens</i>		Astero.	2	2	4	2	*		*	*
<i>Echinocyamus pusillus</i>	G	Echino.	2					*		
<i>Echinocar. cordatum</i>		Echino.	3	1						*
<i>Echinoca. flavescens</i>	G	Echino.	3				*			*

3.2.2.4 Vergleich zwischen der H. Neumann-Station 322 und benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990)

Die drei zu vergleichenden Stationen (Abbildung 7) sind Feinsandstationen mit einem Schlickanteil von 11 bis 20 % und Wassertiefen von etwa 47 m und liegen im BHT Offshore circalittoral sand. Die Daten der H. Neumann-Station sind von einer einmaligen Beprobung aus dem Jahr 2018.

Tabelle 9 fasst den Vergleich der Stationen zusammen. Anders als für die obigen Vergleiche beschrieben, werden an der rezenten Station weniger Arten der Decapoda als an den historischen Stationen und gleich viele Bivalvia-Arten nachgewiesen. An den historischen Stationen wurden drei Ascidien-Arten und deutlich mehr Echinodermata Arten gefunden wurden, als an der rezenten Station. Weiterhin wurden an den historischen Stationen deutlich mehr Arten gefunden, die als gefährdet oder ausgestorben oder verschollen eingestuft wurden (Rachor et al. 2013) gefunden.

Für 38 (72 %) der insgesamt 53 Arten konnten BESITO-Einstufungen vorgenommen werden (Tabelle 9). Es bestehen Unterschiede der BESITO-Indexwerte zwischen den in der rezenten Proben und den in den historischen Proben gefundenen Arten, die aber aufgrund der Datenlage nicht statistisch abgesichert werden können und daher rein beschreibenden Charakter haben: die Arten, die ausschließlich an den historischen Stationen nachgewiesen wurden, werden anhand des BESITO größtenteils als Klasse 3 (sensitiv gegenüber Fischerei) eingestuft. Keine Unterschiede bestehen hingegen zwischen der Anzahl der Arten der Klasse 1 (profitiert von Fischereiaktivität), mit jeweils ein bis zwei Arten pro Tiergruppe pro Untersuchungszeitraum.

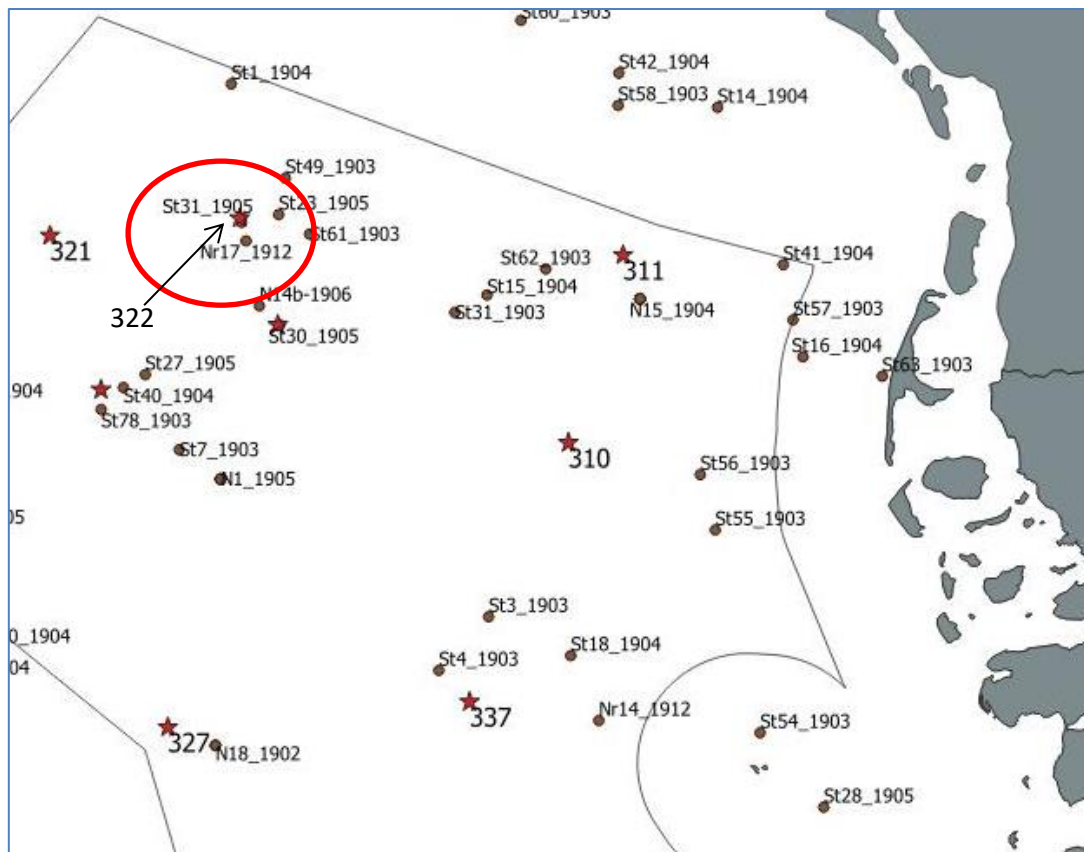


Tabelle 9: Vergleich ausgewählter Epifauna-Arten zwischen der rezenten H. Neumann-Station 322 und den benachbarten historischen Stationen 31 aus Stein et al. (1990) aus den Jahren 1904 und 1905; RL = Rote Liste Art nach Rachor et al. (2013) (G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes, 2 = stark gef., 3 = gef., 0 = ausgestorben od. verschollen, D = Daten unzureichend, (?) = Art nicht in der Liste; BESITO-Einstufung: 1 = Rot; 2 = Grau, 3 = Blau); ?? = für die Art lässt sich wegen fehlender Information kein BESITO-Indexwert bestimmen; * = Vorkommen der Art; Ziffer in der Spalte der H. Neumann-Station gibt die Anzahl der Individuen pro 500 m². Für die Lokalisation der Stationen siehe Abbildung 7.

Art	RL	Gruppe	BESITO	322	St31_1904	St31_1905
<i>Ciona intestinalis</i>		Ascidia.	3		*	
<i>Stylea coriacea</i>	G	Ascidia.	3		*	
<i>Pelonaia corrugata</i>	(?)	Ascidia.	??			*
<i>Corbula gibba</i>		Bivalvia	1			*
<i>Kurtiella bidentata</i>		Bivalvia	1			*
<i>Abra nitida</i>	G	Bivalvia	1			*
<i>Abra alba</i>		Bivalvia	2	1		
<i>Mysia undata</i>		Bivalvia	2			*
<i>Chamelea gallina</i>	G	Bivalvia	2	2		*
<i>Spisula subtruncata</i>	G	Bivalvia	3	1		
<i>Dosinia lupinus</i>	D	Bivalvia	3	1		
<i>Phaxas pellucidus</i>		Bivalvia	3	2	*	*
<i>Arctica islandica</i>	3	Bivalvia	3		*	*
<i>Hiatella arctica</i>		Bivalvia	4			*
<i>Musculus niger</i>	G	Bivalvia	??		*	
<i>Anapagurus laevis</i>	(?)	Decap.	1		*	
<i>Corystes cassivelaunus</i>		Decap.	2	5		
<i>Inachus dorsettensis</i>	(?)	Decap.	2			*
<i>Liocarcinus holsatus</i>		Decap.	2	2		*
<i>Pagurus bernhardus</i>		Decap.	2	2	*	*
<i>Crangon allmanni</i>		Decap.	2	2	*	*
<i>Liocarcinus depurator</i>		Decap.	2	1		
<i>Upogebia deltaura</i>		Decap.	3	1		
<i>Eualus pusiulus</i>	D	Decap.	??		*	
<i>Galathea nexa</i>	0	Decap.	??		*	
<i>Goneplax rhomboides</i>		Decap.	??	2		
<i>Hyas coarctatus</i>	D	Decap.	??		*	
<i>Pagurus pubescens</i>	2	Decap.	??		*	
<i>Pandalus montagui</i>		Decap.	??		*	*
<i>Philocheras bispinosus bispinosus</i>	D	Decap.	??			*
<i>Spirontocaris spinus</i>	0	Decap.	??		*	
<i>Euspira nitida</i>		Gastropoda	1			*
<i>Aeolidia papillosa</i>		Gastropoda	??			*
<i>Doris spec.</i>		Gastropoda	??		*	
<i>Idotea baltica</i>		Isopoda	??		*	
<i>Idotea emarginata</i>		Isopoda	??		*	
<i>Janira maculosa</i>		Isopoda	??		*	
<i>Astropecten irregularis</i>	G	Astero.	1	6	*	*
<i>Leptasterias muelleri</i>	0	Astero.	2		*	
<i>Luidia sarsii</i>	(?)	Astero.	2		*	
<i>Asterias rubens</i>		Astero.	2		*	*
<i>Brissopsis lyrifera</i>	G	Echino.	2	363		
<i>Echinocyamus pusillus</i>		Echino.	2			*
<i>Echinocardium cordatum</i>		Echino.	3	4	*	
<i>Echinocardium flavescens</i>		Echino.	3		*	*
<i>Spatangus purpureus</i>		Echino.	3		*	
<i>Ophiura ophiura</i>		Ophiur.	2		*	
<i>Ophiura albida</i>		Ophiur.	2			*
<i>Ophiothrix fragilis</i>		Ophiur.	3			*
<i>Amphiura filiformis</i>		Ophiur.	3			*
<i>Aphrodita aculeata</i>		Polychaeta	2	4		

3.2.3 Vergleich der Artenzusammensetzung und BESITO-Indexwerte an intensiv vs. gering befischten Gebieten

Um einen Bezug zwischen einem Indexwert und der Fischereiintensität herstellen zu können, müssen repräsentative Daten für die Fischereiintensitäten an den zu bewertenden Stationen vorhanden sein. Diese Daten gibt es auf Stationsbasis in der Regel nicht und daher werden die ICES Karten (ICES 2018), die sich auf eine viel größere Fläche beziehen, herangezogen. Im Folgenden wird daher überprüft, ob Mittelwerte der Fischereiintensitäten über die Zeit (siehe Kapitel 3.3.1) und/oder über den Raum (siehe Kapitel 3.3.2) repräsentative Bezugswerte darstellen können.

3.2.3.1 Fischereiintensitäten zeitliche Auswertung

Die Regionen der Deutschen Bucht werden unterschiedlich intensiv befischt. In Abbildung 8 sind die Fischereiintensitäten (Subsurface ,swept area ratio', ICES 2015) über fünf Jahre 2010 bis 2015 in sechs Intensitätsklassen dargestellt. Die Aggregation über den 5-jährigen Zeitraum erfolgte über Mittelwertbildung für die ICES-Boxen deren Streuungen der 5-jährigen Daten nicht sehr hoch waren und bei starken Schwankungen von mehr als 3 Kategorien, wurde jeweils die höchste Klasse in der aggregierten Karte angegeben. Für die Auswertung dieser Studie wurde die Subsurface ,swept area ratio' gewählt, da nur die tiefer in das Sediment eindringenden Fischereigeräte berücksichtigt werden. Sollen alle fischereilichen Aktivitäten erfasst werden, sollten die Darstellungen zu Surface ,swept area ratio' (Annexabbildung 1) gewählt werden.

Um zu überprüfen, ob über mehrere Jahre gemittelte Daten für Fischereiintensität repräsentativ für die Untersuchungsjahre, der in dieser Studie verwendeten Daten, sind, wurden die Fischereiintensitäten der einzelnen Untersuchungsjahre stationsweise berechnet und in den Abbildungen 9 und 10 dargestellt. Die Daten dazu stammen aus ICES 2018. Nach diesen Auswertungen stimmen die mittleren Klassifizierungen (Mittelwert, bzw. höchste Klasse, s. o.) nach OSPAR sowohl für die BSH/IOW- als auch die der H. Neumann-Stationen nur teilweise überein. Das liegt an den teilweise sehr hohen Schwankungen der Fischereiintensitäten zwischen einzelnen Jahren an einigen Stationen, die mehr als vier Intensitätsklassen ausmachen können. An diesen Stationen geben die mittleren Fischereiintensitäten keinen realistischen Bezugswert. Wenn verfügbar, sollten daher die Fischereiintensitäten und Bestandsaufnahmen aus vergleichbaren Zeiträumen stammen.

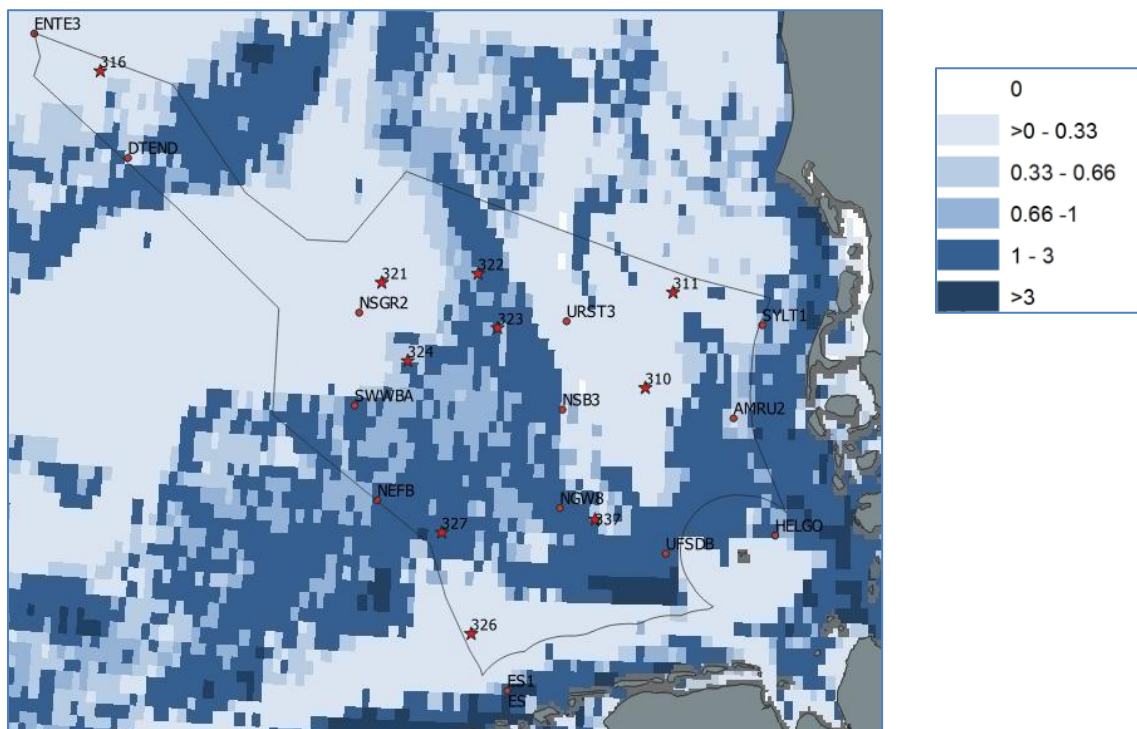


Abbildung 8: Subsurfaceabrasion durch Fischerei (swept area ratio pro Jahr) Aggregation über die Jahre 2010 - 2015 (ICES 2015, Shapdateien)

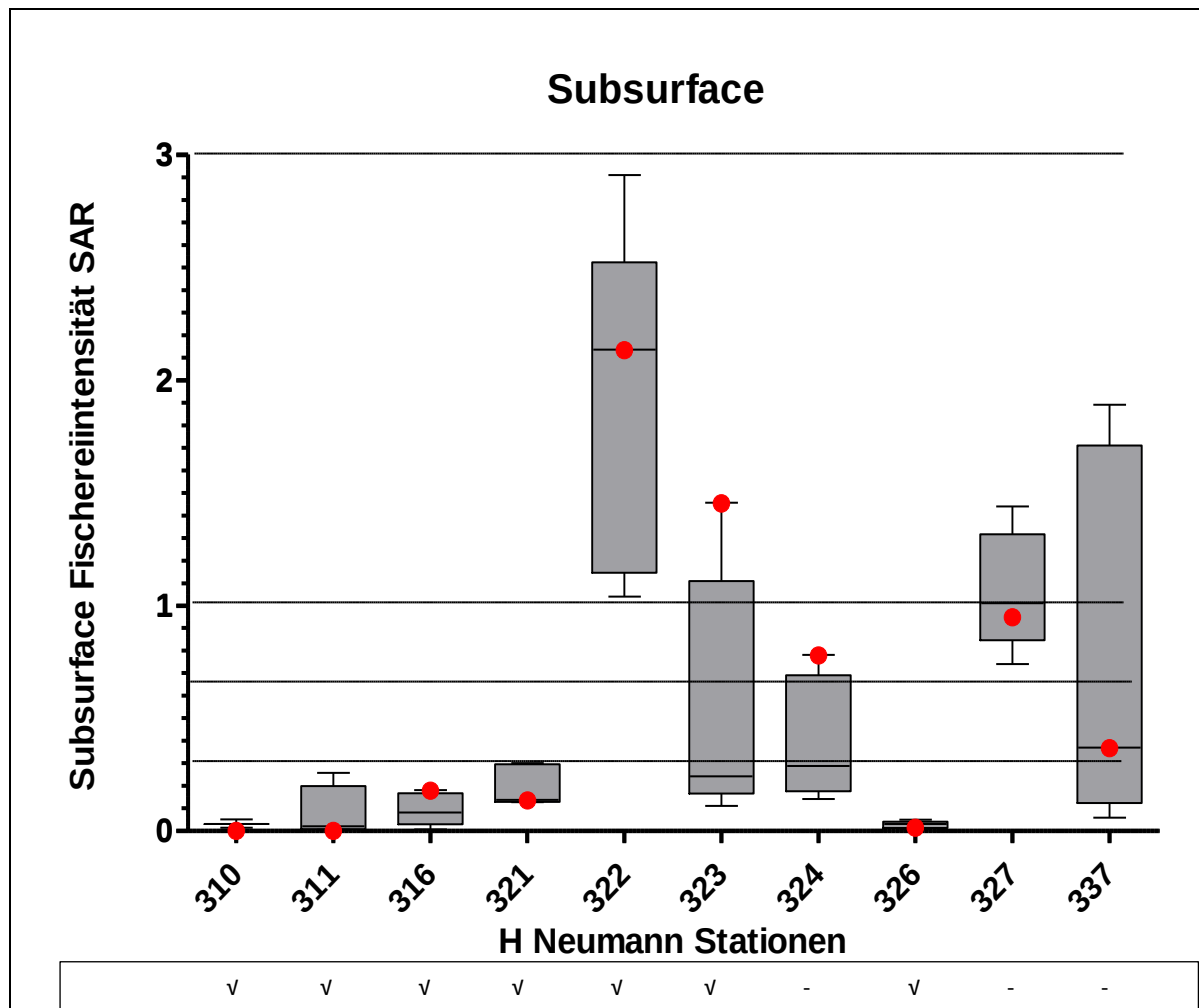


Abbildung 9: Vergleich der mittleren jährlichen Fischereiintensitäten der Jahre 2013 bis 2017 an den Stationen von H. Neumann, Box-Whiskers-Plot (Median mit Maximal- und Minimalwerten) mit den Fischereiintensitäten des Jahres 2017 (roter Punkt), ein Jahr vor dem Zeitpunkt der hier ausgewerteten Daten; die waagerechten Linien markieren die Klasseneinteilung SAR bis 0,33; 0,33 bis 0,66; 0,66 bis 1 und 1 bis 3 (siehe Abbildung 8), die Häkchen markieren, wenn die Einstufung der Fischereiintensitätsklasse in 2017 mit der Einstufung in Abbildung 8 übereinstimmen.

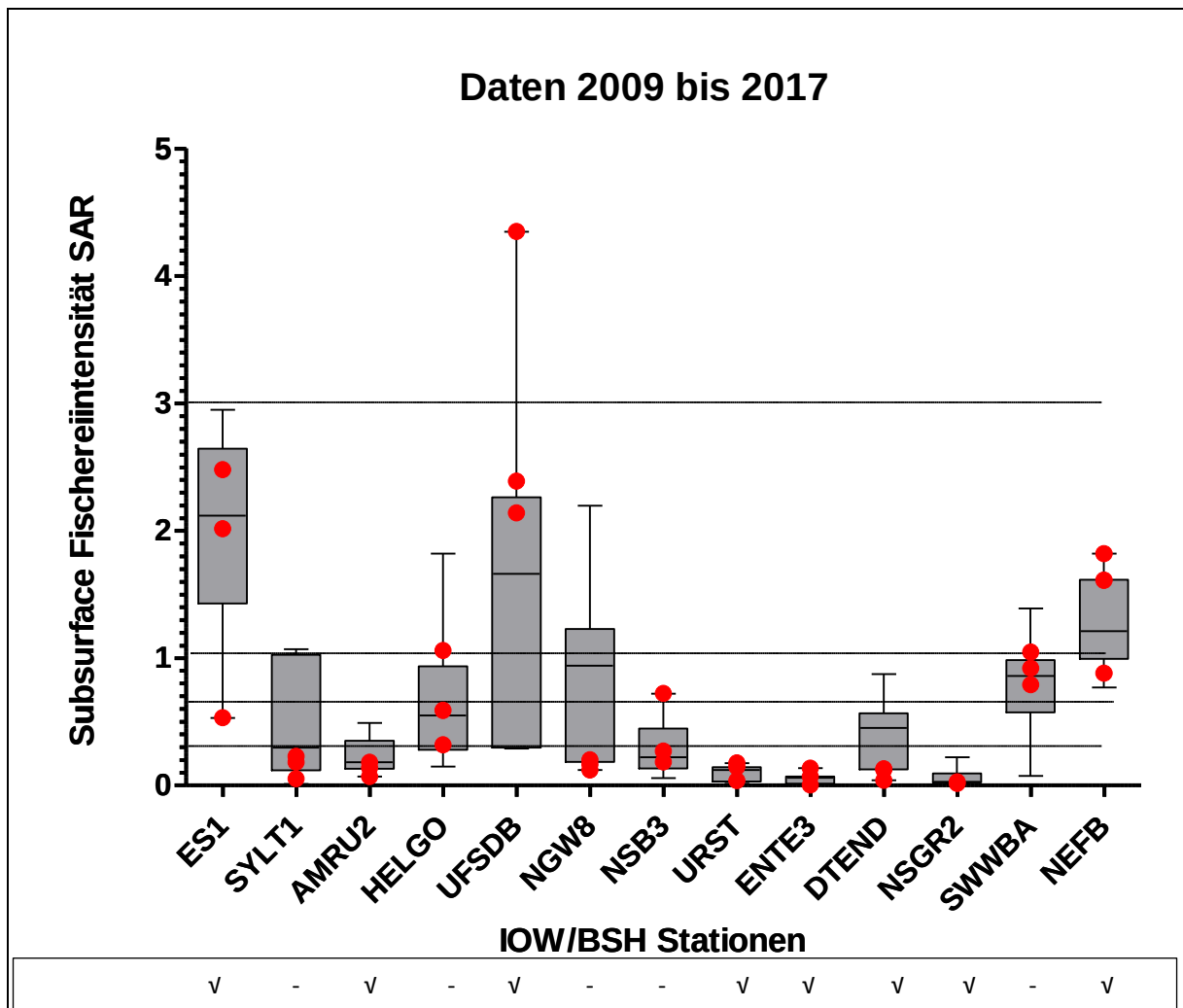


Abbildung 10: Vergleich der mittleren jährlichen Fischereiintensitäten der Jahre 2009 bis 2017 an den Stationen BSH/IOW-Stationen, Box-Whiskers-Plot (Median mit Maximal- und Minimalwerten) mit den Fischereiintensitäten der Untersuchungsjahre 2009 – 2011 (roten Punkte); die waagerechten Linien markieren die Klasseneinteilung SAR bis 0,33; 0,33 bis 0,66; 0,66 bis 1 und 1 bis 3 (siehe Abbildung 8), die Häkchen markieren, wenn Einstufung der mittleren Fischereiintensitätsklasse (2009 – 2011) mit der Einstufung in Abbildung 8 übereinstimmen.

3.2.3.2 Fischereiintensitäten räumliche Auswertung

Zur Bestimmung der Fischereiintensität stehen die Karten vom ICES (ICES 2018) zur Verfügung. Die Daten beziehen sich auf ICES-Rechtecke mit einer Größe von $0,05^\circ$ mal $0,05^\circ$, was bei 54° N einer Fläche von etwa 17 km^2 entspricht (Abbildung 11). Im Rahmen des EU Projektes Benthis (2012 – 2017, www.benthis.eu) wurden Fischereiintensitäten für kleinere Flächen (etwa $1,9$ mal $1,9 \text{ km}^2$) berechnet, sodass für jedes ICES-Rechteck neun Werte für Fischereiintensitäten vorliegen (Eigaard et al. 2017) (Abbildungen 11 und 12). Die Datengrundlage ist für die ICES-Darstellungen (ICES-Rechteck) sowie für die Auswertungen von Eigaard et al. 2017) identisch, nur die Aggregation über die Fläche unterscheidet sich. Dr. Ole Eigaard hat für diese Studie die Benthis Rohdaten für das Jahr 2010 zur Verfügung gestellt, sodass die räumliche Variabilität der Fischereiintensitäten innerhalb eines ICES-Rechteckes exemplarisch gezeigt werden können. Für sieben Stationen, die in unterschiedlichen Regionen der Nordsee liegen wurden die Fischereiintensitäten dargestellt (Abbildungen 11 und 12). Für einige Stationen gibt die mittlere Fischereiintensität eines ICES-Rechteckes keinen repräsentativen Bezugswert wieder, da die Werte innerhalb des Gebietes sehr unterschiedlich sind. Beispiele (Abbildung 12) dafür sind die Station Nney_MZB_9 des NLWKN, die im Bereich sehr hoher Fischereiintensitäten (> 3) liegt, deren mittlerer Wert für das ICES-Rechteck aber nur bei 1,4 beträgt,

oder die BSH/IOW-Station ES1 mit relativ niedrigen Fischereiintensitäten (0,6) im nördlichen Bereich der ICES-Rechtecke und sehr hohen Werten (2,9 - 3,8) in der Nähe der Station oder die Station HELGO, die durch ihre Lage zwischen vier ICES-Rechtecken liegt, sodass es schwierig ist, den geeigneten Bezugswert für die Fischereiintensität zu wählen. Für einige Stationen z. B. die LLUR-Monitoringstation NS4 oder die BSH/IOW-Station SWWBA sind die Fischereiintensitäten innerhalb eines ICES-Rechteckes relativ homogen verteilt, sodass auch die Mittelwerte der ICES Rechtecke einen repräsentativen Bezugswert darstellen (Abbildung 12a,b).

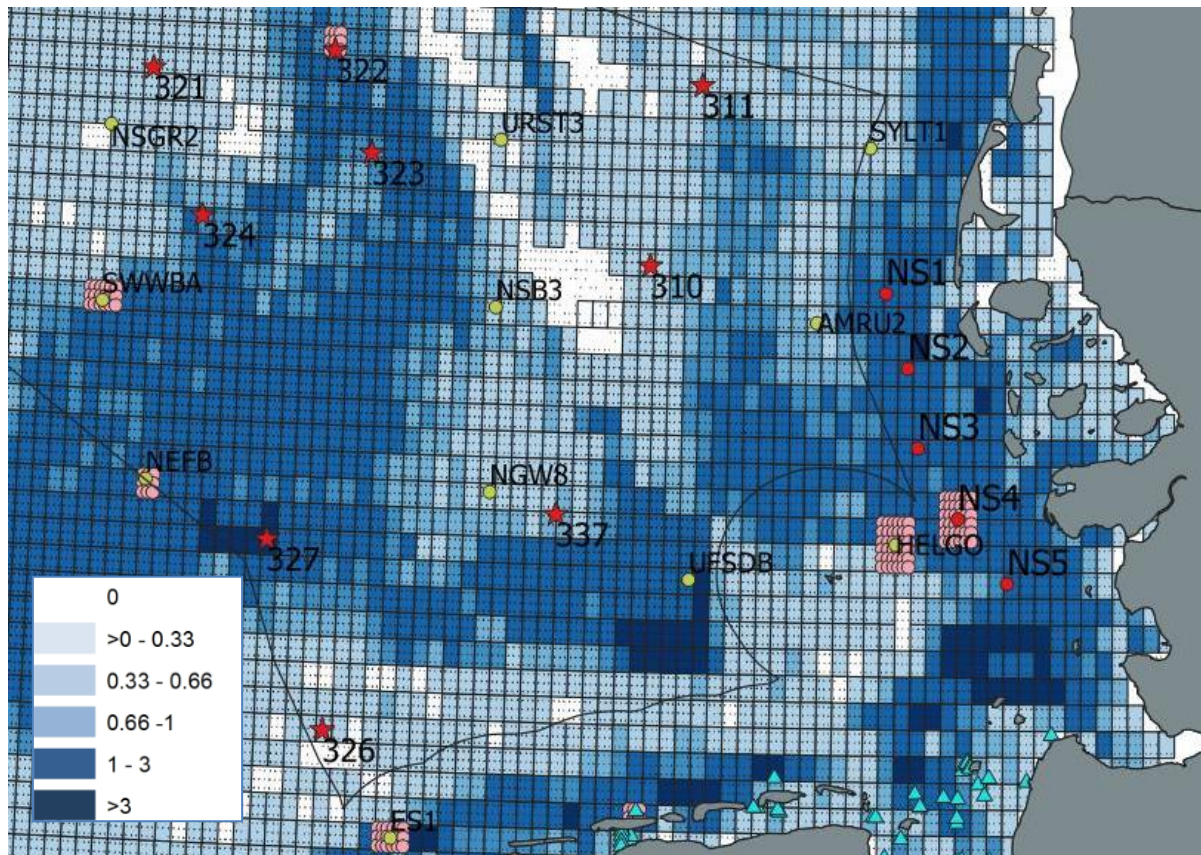


Abbildung 11: Fischereiintensitäten 2010 in den ICES-Rechtecken (subsurface, swept area ratio, SAR), die blauen Klassifizierungen der Fischereiintensitäten in den ICES-Rechtecken entspricht Abbildung 8; die jeweils neun schwarzen Punkten in den ICES Rechtecken geben die Stationen an, an denen Daten für die Fischereiintensitäten von Eigaard et al. (2017) vorliegen, rosa Punkte sind Stationen, von denen in dieser Studie detaillierte Fischereiintensitätskarten erzeugt wurden (Abbildungen 12a,b), Monitoringstationen: rote Punkte LLUR NS1 bis NS5, gelbe Punkte BSH/IOW, hellblaue Dreiecke NLWKN; rote Sterne H. Neumann-Stationen,

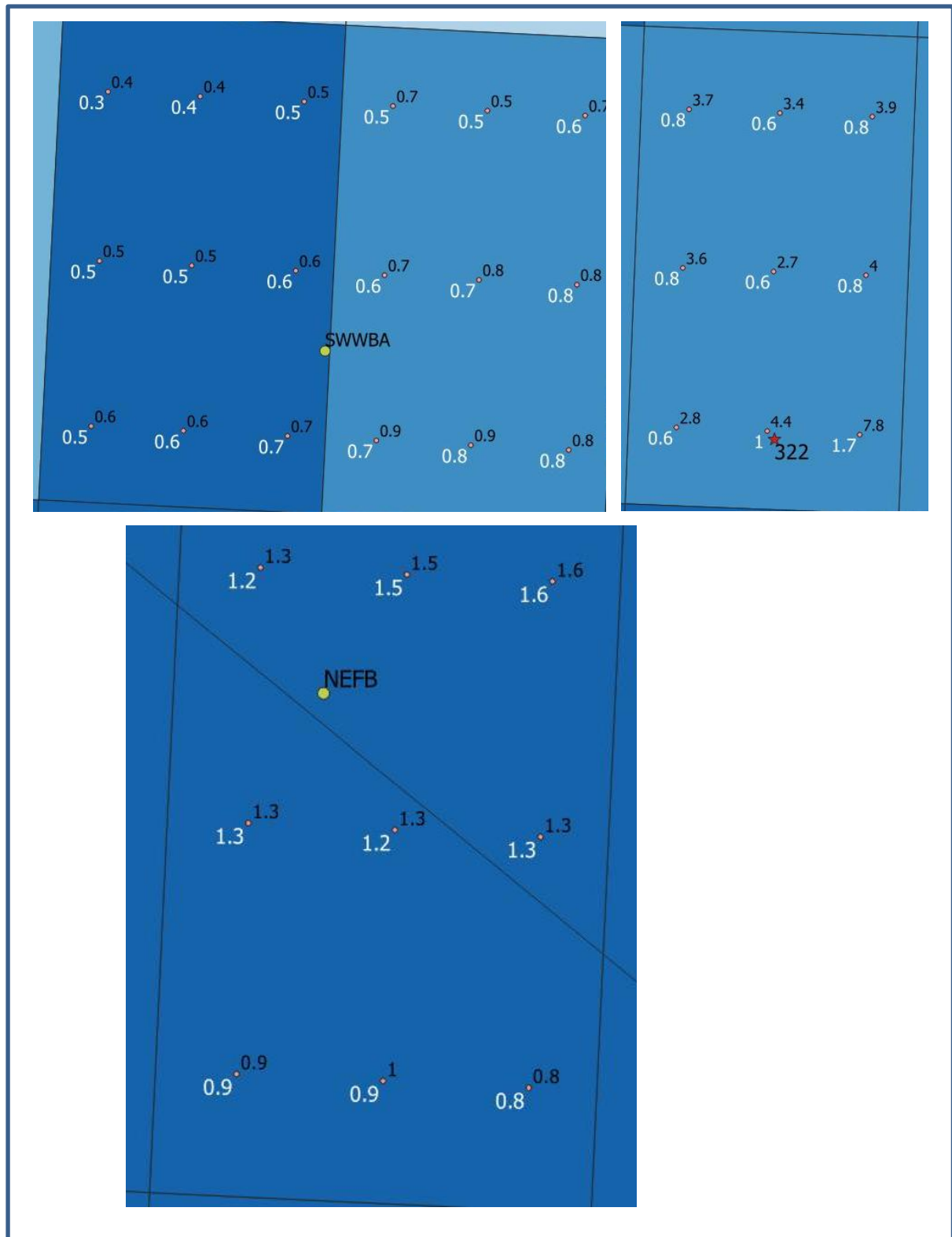


Abbildung 12a: Fischereiintensitäten innerhalb einzelner ICES-Rechtecken (SAR Surface (schwarze Zahlen) und Subsurface (weiße Zahlen)) an ausgewählten Stationen BSH/IOW SWWBA, NEFB und H. Neumann 322, für die Lokalisation der Stationen siehe Abbildung 11. Daten Eigaard et al. (2017).

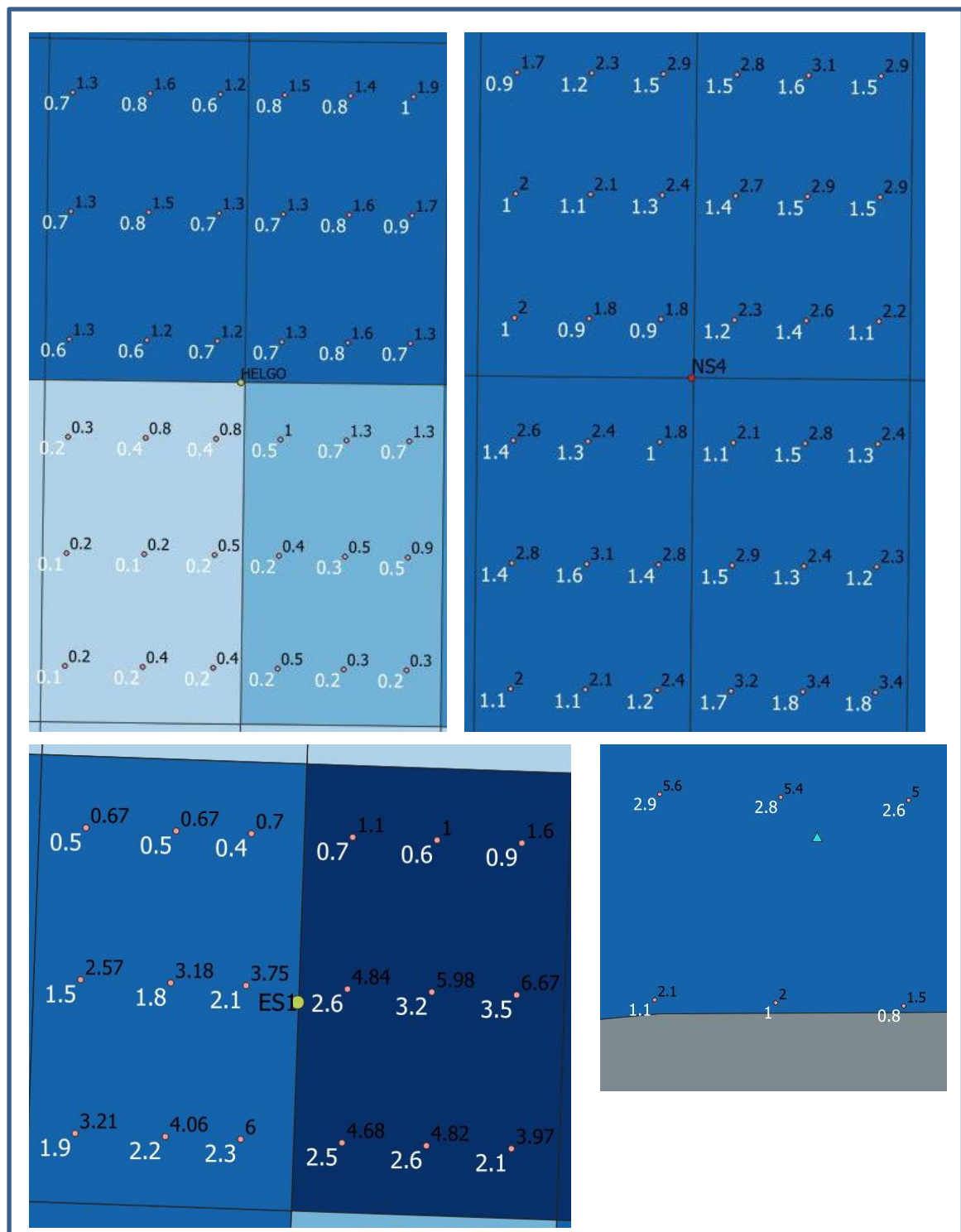


Abbildung 12b Fortsetzung: Fischereiintensitäten innerhalb einzelner ICES-Rechtecken (SAR Surface (schwarze Zahlen) und Subsurface (weiße Zahlen) an ausgewählten Stationen, BSH/IOW HELGO, ES1, LLUR NS4 und NLWKL Nney_MZB_9, für die Lokalisation der Stationen siehe Abbildung 11. Daten Eigaard et al. (2017).

3.2.3.3 BESITO und Fischereiintensitäten

Es stellt sich die Frage, ob der BESITO die unterschiedlich hohen Fischereiintensitäten indiziert. Das wurde qualitativ mit drei BSH/IOW-Monitoringstationen und quantitativ mit ausgewählten Stationen aus den Datensätzen von H. Neumann und Rachor & Nehmer (2003) untersucht.

BSH/IOW-Monitoringstationen

Die drei im obigen Kapitel 3.2 gewählten BSH/IOW-Monitoringstationen liegen in Gebieten mit unterschiedlich hohen Fischereiintensitäten und vergleichbaren abiotischen Bedingung (siehe Kapitel 3.2.3). Während die Station NSGR2 in einem Gebiet mit sehr geringer Fischereiintensität liegt, liegen die Stationen SWWBA und NEFB nach der Darstellung von ICES (2018) in Gebieten mit hoher Fischereiintensität, wobei die Station NEBF die höchsten Fischereiintensitäten aufwies (Tabelle 10).

Um vergleichen zu können, ob sich die jeweiligen Artenzusammensetzungen der Stationen unterscheiden, wurden nur die Datensätze ausgewählt, die von identischen Terminen stammten. Das traf für die Beprobungstermine der Frühjahre 2008 - 2010 und Herbst 2009 zu. Die Daten dieser vier Beprobungen wurden jeweils für jede Station zusammengefasst. Die Artenzusammensetzungen sind im Detail der Annextabelle 2 zu entnehmen. Auffälligste Unterschiede waren die deutlich höheren Anzahlen der Arten der Decapoda und Amphipoda an den beiden Stationen mit höherer Fischereiintensität (Tabelle 11). Keine Unterschiede bestanden hingegen in der Artenzahl der gefundenen Bivalvia und der mittleren BESITO-Indexwerte.

Bei dieser qualitativen Auswertung ist zu berücksichtigen, dass nur die vorkommenden Arten bzgl. ihrer Einstufung zu den drei BESITO-Gruppen untersucht wurden und nicht, wie im ursprünglichen Ansatz nach González-Irusta et al. (2018), die quantitative Zusammensetzung dieser Gruppen. Das war nicht möglich, da keine Biomasse- oder Abundanzwerte für die BSH/IOW-Monitoringdaten zur Verfügung stehen.

Tabelle 10: Fischereiintensitäten (Subsurface, SAR) an den BSH/IOW-Monitoringstationen SWWBA, NEBF und NSGR2 in den Jahren 2009 - 2011.

Station/Jahr	2009	2010	2011	Mittelwert (Einstufung nach der Klassifizierung in OSPAR)	Einstufung der Fischereiintensität nach OSPAR im 5-jährigen Mittel 2010 - 2015 (vergl. Abb. 8)
SWWBA	0,79	1,05	0,92	0,92 (III)	IV
NEBF	1,61	1,82	0,88	1,44 (IV)	IV
NSGR2	0,014	0,027	0,027	0,02 (I)	I

Tabelle 11: Vergleich der Artenzahlen und mittleren BESITO-Indexwerte an den drei BSH/IOW-Monitoringstationen NSGR2, SWWBA und NEBF; Station NSGR2 liegt in einer Region mit relativ geringer Fischereiintensität, die Stationen NEBF und SWWBA liegen in Gebieten mit hoher Fischereiintensität (siehe Tabelle 10 und Abbildung 8).

Gruppe/Station	Anzahl Arten			mittlerer BESITO-Indexwert		
	NSGR2	NEBF	SWWBA	NSGR2	NEBF	SWWBA
Amphipoda	3	6	10	2	1	1
Bivalvia	3	6	3	2	2	2
Bryozoa	0	2	2			
Cumacea	1	1	2			
Decapoda	4	12	12	2	2	2
Gastropoda	1	2	4	1	1	2
Hydrozoa	8	5	7	2	2	2
Isopoda	0	1	1			
Mysida	1	2	1	2	2	2
Polychaeta	6	10	4	2	2	1
Echinodermata	4	2	4	2	2	2
Sonstige	3	3	3			
Summe/Mittelwert	34	52	53	1,8	1,8	1,8

H. Neumann-Stationen

Die Daten von H. Neumann beinhalten sowohl Abundanz- als auch Biomassewerte (Nassgewicht), sodass eine Auswertung wie bei González-Irusta et al. (2018) vorgenommen werden konnte, d. h. innerhalb jedes Fanges wird für jede Art die BESITO-Klasse bestimmt und anschließend werden pro BESITO-Klasse die Arten zusammengefasst und die relativen Biomassewerte pro BESITO-Klasse errechnet. González-Irusta et al. (2018) fanden an den Stationen mit der höchsten Fischereiintensität auch die höchsten Biomasseanteile in der BESITO-Klasse 1 (opportunistische Arten).

Die H. Neumann-Stationen unterscheiden sich bzgl. ihrer Fischereiintensitäten (Abbildung 13) aber ungünstiger Weise auch bzgl. ihrer Sedimenteigenschaften. Die höchsten Fischereiintensitäten weisen die Stationen 322, 323 und 327 mit feinsandigen Sedimenten mit einem Schlickanteil (von 5 bis 50 %) auf, während die Stationen mit den niedrigsten Fischereiintensitäten reine Feinsandstationen sind. Trotzdem wurde der Test durchgeführt.

Anders als bei González-Irusta et al. (2018) spiegeln die BESITO-Klassen, bezogen auf die relativen Biomasseanteile, die Fischereiintensitäten an den einzelnen Stationen nicht wider (Abbildung 14). Unterschiede lassen sich aber erkennen, wenn die mittleren Gewichte (Biomasse/Abundanz) dargestellt werden (Abbildung 15). An den Stationen mit geringer bis mittlerer Fischereiintensität ist das mittlere Gewicht in der BESITO-Klasse 3 höher als an den Stationen mit hoher Fischereiintensität. Vergleicht man die mittleren Gewichte der drei BESITO-Klassen innerhalb der einzelnen Stationen, weist die BESITO-Klasse 3 an nahezu allen Stationen (Ausnahme St. 322) die höchsten mittleren Gewichte auf, wobei man berücksichtigen muss, dass die Größe auch einer der acht Traits ist, die in die BESITO-Klassenbildung eingehen.

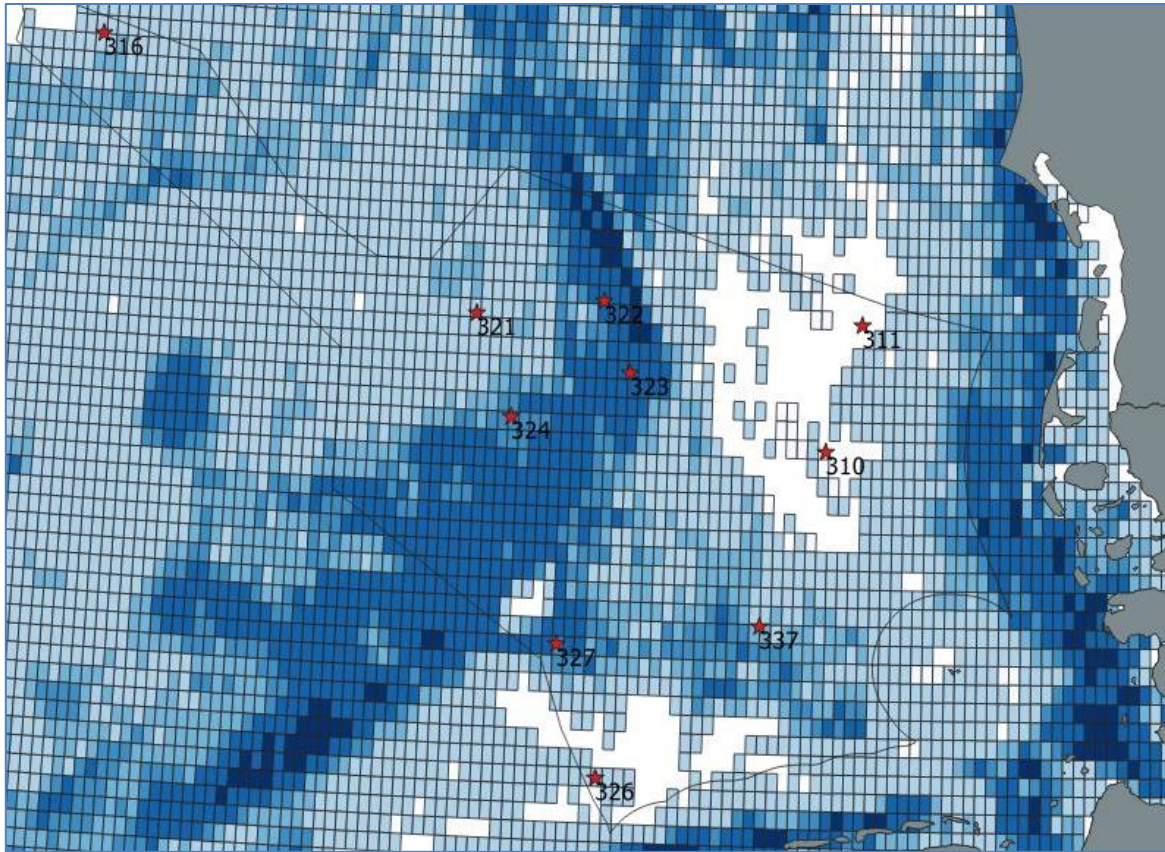


Abbildung 13: Subsurface Fischereiintensität (SAR) 2017 (ICES 2018) und die H. Neumann-Stationen. Die Klassifizierung der Fischereiintensität wie in Abbildung 8.

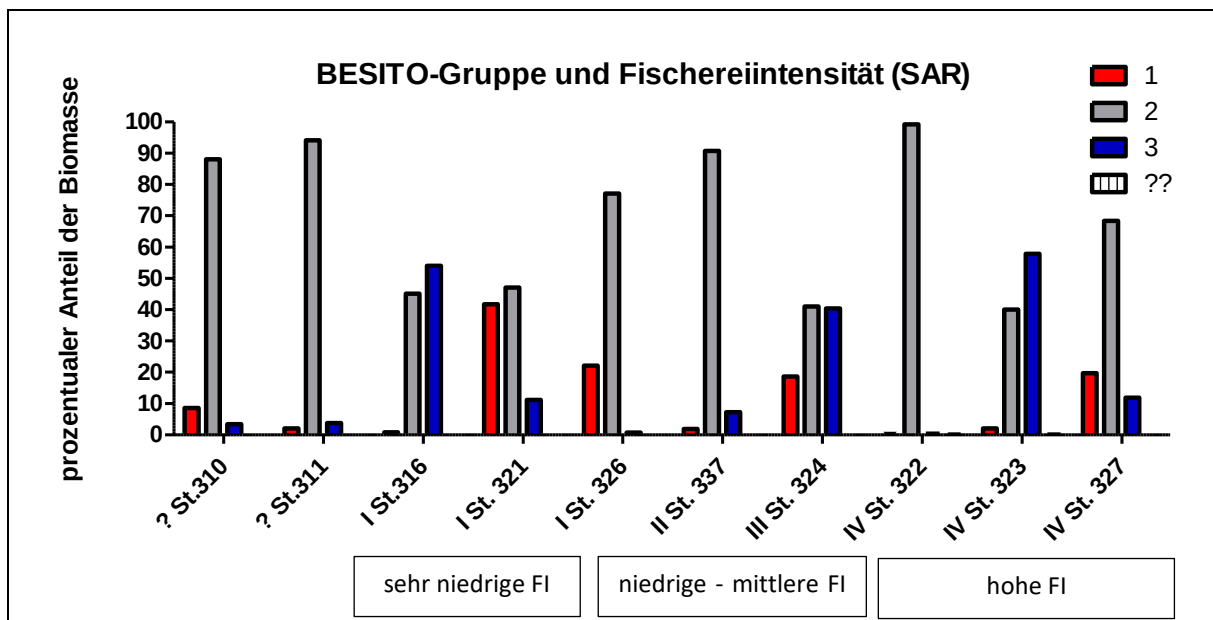


Abbildung 14: Relativer Biomasseanteil der BESITO-Klassen 1 - 3 an den H. Neumann-Stationen von 2018 (BESITO-Klasse ?? für die Arten, die nicht eingestuft werden konnten); die römischen Ziffern I - IV geben die Fischereiintensitäten (FI) wieder (Klassifizierungen siehe Abbildung 8 und 9), ? für Stationen, deren Fischereiintensität unbekannt ist, für die man die sehr geringe Fischereiintensität (nahe = 0) der umliegenden Regionen annehmen.

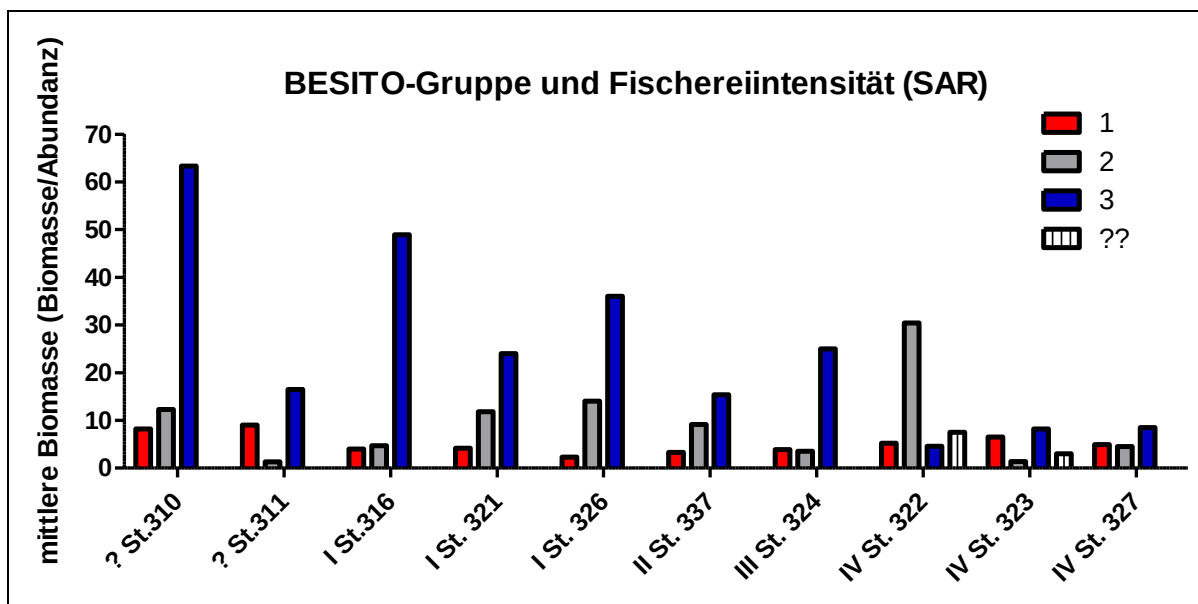


Abbildung 15: Mittlere Biomasse (Biomasse/Abundanz) der BESITO-Klassen 1 - 3 an den H. Neumann-Stationen von 2018 (BESITO-Klasse ?? für die Arten, die nicht eingestuft werden konnten); die römischen Ziffern I - IV geben die Fischereiintensitäten (FI) wieder (für Klassifizierungen siehe Abbildung 8, 11 und 12 a,b; ? für Stationen, deren Fischereiintensität unbekannt ist, für die man die sehr geringe Fischereiintensität (nahe = 0) der umliegenden Regionen annehmen kann.

Rachor & Nehmer (AWI)-Stationen (Rachor & Nehmer 2003)

Auch der Datensatz von Rachor & Nehmer (2003) beinhaltet sowohl Abundanz- als auch Biomassewerte (Nassgewicht). Die Stationen liegen über die gesamte Deutsche Bucht verteilt (Abbildung 16). Die Daten stammen aus dem Jahr 2000, und es sind Baumkurrenproben (2 m-Baumkurre mit einer Maschenweite von 0,4 cm). Da aus dem Jahr 2000 keine Daten für Fischereiintensitäten vorlagen, wurden die Stationen nach der ICES-Darstellung für mittlere bzw. aggregierte Fischereiintensitäten (Jahresmittel 2010 bis 2015, Abbildung 8) eingestuft. Für den BESITO-Test wurden Stationen ausgewählt, die von den abiotischen Verhältnissen (Wassertiefe und Sedimentcharakter) her vergleichbar waren, aber unterschiedlich hohe Fischereiintensitäten aufwiesen. Es ließen sich in den tieferen Bereichen des Elbeurstromtals Stationen mit sehr niedrigen (Subsurface SAR > 0 bis 0,33) und hohen Fischereiintensitäten (Subsurface SAR zwischen 1 und 3) finden (Tabelle 12).

Die BESITO-Werte wurden bestimmt, auf die jeweiligen Biomassen bezogen und den entsprechenden Fischereiintensitäten gegenüber gestellt (Abbildung 17). Es bestand zwischen der Höhe der Fischereiintensität und der Zuordnung zu den BESITO-Klassen keine Abhängigkeit; sowohl für die Stationen mit sehr geringer als auch hoher Fischereiintensität sind die Biomassen und auch die mittleren Biomassen der BESITO-Klasse 2 am höchsten. Es muss also gefolgert werden, dass in diesem Test der BESITO die Fischereiintensitäten nicht widerspiegelt. Vergleicht man die Artenzusammensetzungen der Stationen mit hohen vs. sehr niedrigen Fischereiintensitäten zeigen sich nur geringe Unterschiede, sodass klar wird, dass der BESITO-Index nichts anzeigen kann (Tabelle 13); die Artenzusammensetzungen unterscheiden sich kaum, der Anteil der Arten mit der BESITO-Klasse 3 ist sehr gering und die Arten mit der BESITO-Klasse 2 überwiegen deutlich.

Tabelle 12: Ausgewählte Stationen für den BESITO-Test aus dem Datensatz von Rachor & Nehmer (2003); für die Lage der Stationen und die Zuordnung zu der Fischereiintensität siehe die Abbildungen 8 und 16; Fischereiintensitäten (Subsurface SAR): sehr niedrig I = > 0 bis 0,33 und hoch IV = zwischen 1 und 3; die Sedimente wurden nach Figge (1981) bestimmt: fs = Feinsand, M = Schluff/Tonanteil zwischen 5 und > 50 %.

Station	Fischereiintensität	Wassertiefe (m)	Sedimenttyp
438	IV	41	fs M 11 - 20
463	IV	43	fs M 5 - 10
466	III	39	fs M 11-20
480	IV	43	fs M 11 - 20
563	IV	40	fs M 11-20
385	I - II	38	fs M 5 - 10
434	I	44	fs M > 50
446	I	40	fs M 5 - 10
564	I	38	fs M 11-20
565	I	40	fs M 11-20

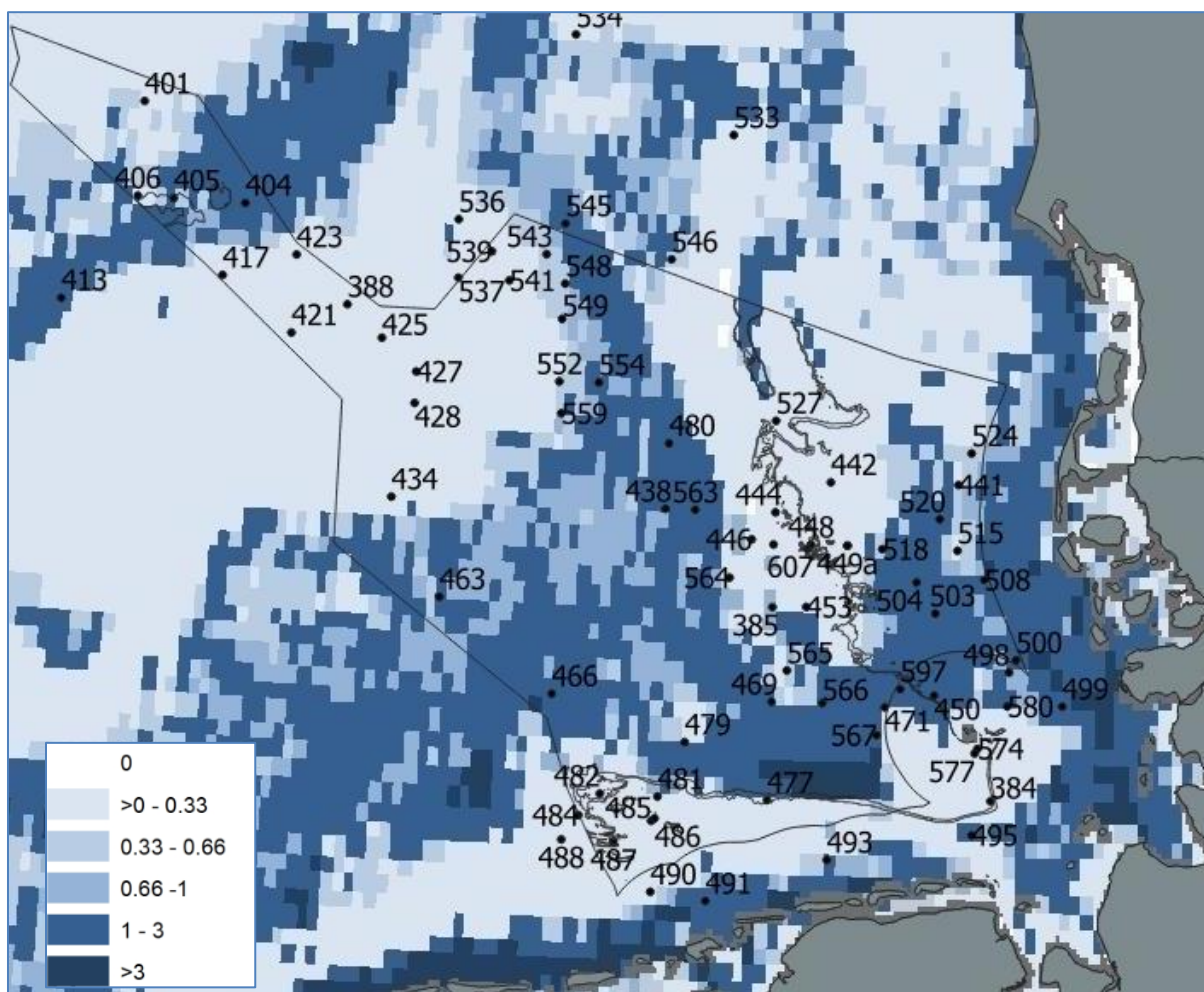


Abbildung 16: Subsurface Fischereiintensität (SAR) (Aggregation über die Jahre 2010 - 2015) (ICES 2015) und die Rachor & Nehmer-Stationen. Die Klassifizierung der Fischereiintensität wie in Abbildung 8.

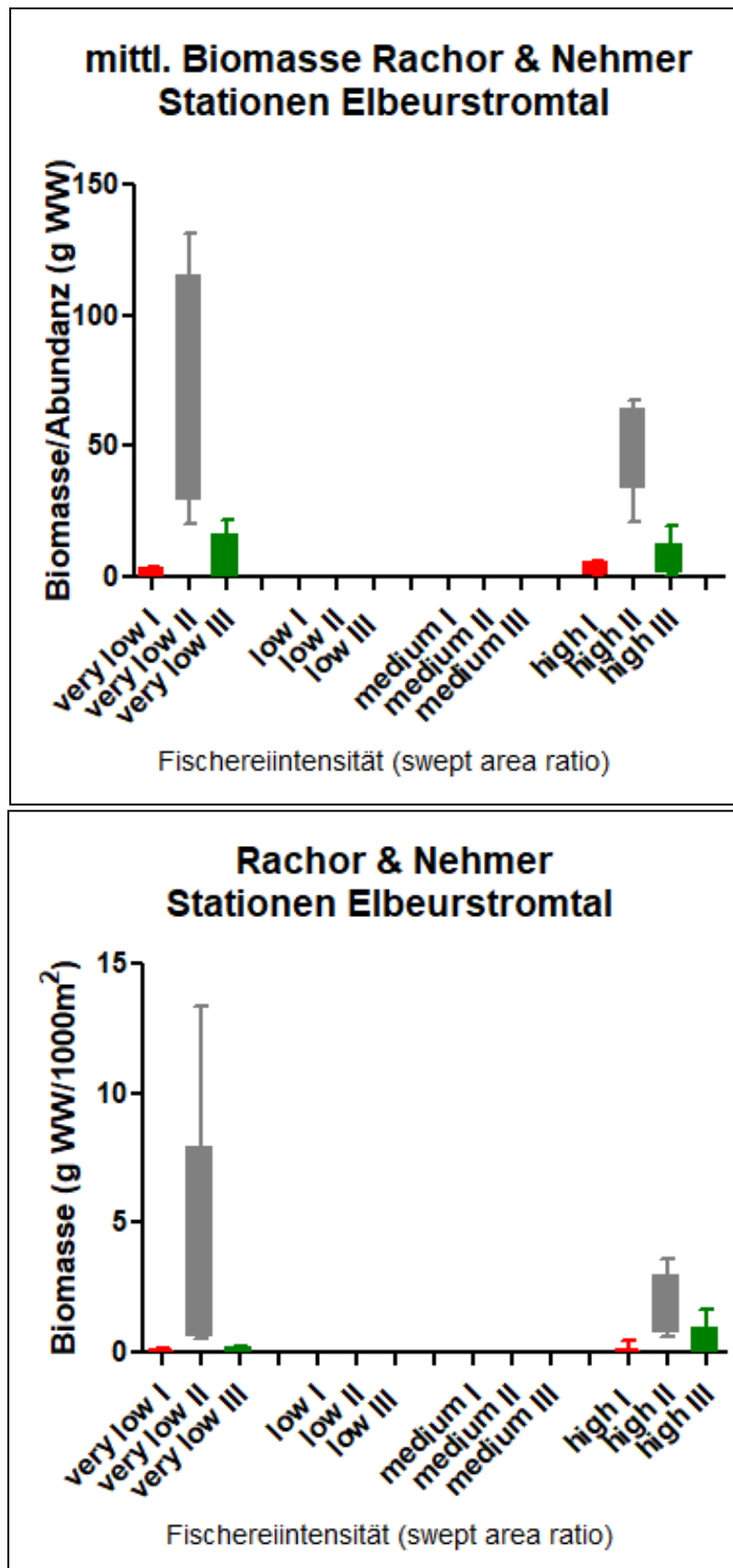


Abbildung 17: Mittlere Biomasse (oben) und Biomasse (unten) der benthischen Arten gepoolt für die BESTIO-Klassen für sehr niedrige (very low) und hohe (high) Fischereiintensitäten; für die Klassifizierung der Fischereiintensitäten siehe Abbildungen 8 und 16.

Tabelle 13: Artenzusammensetzungen an den Stationen mit hohen und sehr niedrigen Fischereiintensitäten und ihre Einstufungen zu den BESITO-Klassen.

Fischereiintensität	Art	BESITO-Klassen:			
		1	2	3	??
hoch	<i>Actiniaria</i>			3	
hoch	<i>Chamelea gallina</i>		2		
hoch	<i>Comarmondia gracilis</i>				??
hoch	<i>Crangon crangon</i>	1			
hoch	<i>Ensis ensis</i>			3	
hoch	<i>Euspira catena</i>				??
hoch	<i>Macra stultorum</i>		2		
hoch	<i>Nephtys assimilis</i>		2		
hoch	<i>Nephtys hombergii</i>		2		
hoch	<i>Psammechinus miliaris</i>		2		
hoch	<i>Spisula subtruncata</i>		2		
sehr niedrig	<i>Acteon tornatilis</i>	1			
sehr niedrig	<i>Epitonium clathrus</i>				
sehr niedrig	<i>Pantopoda</i>				
sehr niedrig+hoch	<i>Astropecten irregularis</i>	1			
sehr niedrig+hoch	<i>Corbula gibba</i>	1			
sehr niedrig+hoch	<i>Euspira nitida</i>	1			
sehr niedrig+hoch	<i>Abra alba</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Aphrodita aculeata</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Aporrhais pespelecani</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Asterias rubens</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Buccinum undatum</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Corystes cassivelaunus</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Crangon allmanni</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Liocarcinus depurator</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Liocarcinus holsatus</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Macropodia</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Nephtys caeca</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Nucula nitidosa</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Ophiura albida</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Ophiura ophiura</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Pagurus bernhardus</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Turritella communis</i>		2		
sehr niedrig+hoch	<i>Echinocardium cordatum</i>			3	
sehr niedrig+hoch	<i>Phaxas pellucidus</i>			3	
sehr niedrig+hoch	<i>Hyas coarctatus</i>				??

3.2.4 Fazit der Artenvergleiche und BESITO-Testrechnungen

Großskalig wurden die Artenzusammensetzungen und die BESITO-Indexwerte von historischen und rezenten Daten verglichen. Dazu wurden Arten, von denen bekannt ist, dass sie im letzten Jahrhundert zu- bzw. abgenommen hatten gegenübergestellt (Beermann et al. 2017) und ihre BESITO-Indexwerte verglichen. Zugenommen hatten insbesondere Arten der Gruppen Crustacea und Echinodermata, während Arten der Gruppen Bivalvia und Echinodermata abgenommen hatten. Bei den Echinodermata hat somit eine Verschiebung der Arten stattgefunden. Diese Veränderungen lassen sich auch in den BESITO-Indexwerten erkennen. Die Arten, die abgenommen hatten, wiesen zur Hälfte (12 Arten) einen BESITO-Indexwert von 3 (sensitiv gegenüber Fischerei) auf und nur eine Art hatte einen BESITO-Indexwert von 1 (profitiert von Fischerei), während von den Arten, die zugenommen hatten, 3 Arten einen BESITO-Indexwert von 1 und nur 2 Arten einen BESITO-Indexwert von 3 hatten.

Es lässt sich also folgern, dass der BESITO diese deutlichen Veränderungen indiziert. Der mittlere BESITO-Index liegt bei den Arten, die abgenommen hatten, bei 3 und bei den Arten, die zugenommen hatten, bei 2.

Für kleinskalige Vergleiche wurden die Daten von ausgewählten rezenten Monitoringstationen den Daten von benachbarten historischen Stationen (Stein et al. 1990) gegenübergestellt. Die Ergebnisse dieser Vergleiche sind nicht so deutlich und es muss zwischen den flachen und den tiefer gelegenen Stationen unterschieden werden. An der flachsten Station (Nney_MZB_9) mit Wassertiefen zwischen 6 m und 15 m hat sich die Artenzusammensetzung im Vergleich zu den historischen Daten nicht deutlich verändert, wenn man von einzelnen seltenen Arten absieht, die nur in den historischen Proben nachgewiesen wurden. Die Unterschiede zwischen der etwas tiefer gelegenen rezenten BSH/IOW-Station ES1 und den historischen Stationen mit Wassertiefen zwischen 22 m und 25 m fällt schon etwas deutlicher aus: an der rezenten Station findet sich eine deutlich höhere Artenzahl von Decapoda- und eine geringere Anzahl an Bivalvia-Arten, die einen hohen BESITO-Indexwert haben. An den tiefen BSH/IOW-Stationen (41 m - 45 m) ist die Zunahme der Decapoda- und Abnahme der Bivalvia-Artenzahl im Vergleich zu den historischen Stationen am deutlichsten. Auch an den H. Neumann-Stationen wird dieser Befund, mit Ausnahme der Station 322, bestätigt. Die Station 322 wies die höchsten Fischereiintensitäten auf, aber es wurden genauso viele Bivalvia wie Crustacea Arten in den Proben gefunden. Allerdings waren es in der rezenten Probe meist andere Arten, die als Einzelfunde und in sehr kleinen Exemplaren auftraten. Weiterer Unterschied zwischen den rezenten und historischen Beprobungen war die deutlich diversere Echinodermata-Fauna in den historischen Proben.

Die Vergleiche der mittleren BESITO-Indexwerte an rezenten Stationen mit hoher vs. niedriger Fischereiintensität ergaben weder bei den BSH/IOW- noch bei den H. Neumann-Stationen deutliche Unterschiede. Anhand der in dieser Studie durchgeführten Tests muss ausgesagt werden, dass der BESITO die unterschiedlich hohen Fischereiintensitäten in den rezenten Proben nicht indiziert. Allerdings lässt sich eine abschließende Bewertung des BESITO-Verfahrens noch nicht vornehmen, da in den hier vorgestellten Gegenüberstellungen in der Regel nur die Präsenz der Arten, nicht aber die Häufigkeit des Auftretens, in den Proben berücksichtigt wurde. Das liegt an der Tatsache, dass die Epibenthos-Daten in der Regel semi-quantitativ, teilweise nur qualitativ (Präsenz-Daten), erfasst werden und keine Biomassedaten vorlagen. Lediglich für die H. Neumann-Stationen lagen quantitative Daten von einer Beprobung aus dem Jahr 2018 vor, aber ungünstiger Weise unterscheiden sich aber die Sedimentverhältnisse der tieferen Stationen mit hoher vs. mit niedriger Fischereiintensität. Die Stationen mit geringer Fischereiintensität waren reine Feinsandstationen, während die Stationen mit hoher Fischereiintensität Feinsand mit Schlickanteilen aufwiesen, sodass ein direkter Vergleich erschwert wird.

Ein weiteres Problem ist das Fehlen von repräsentativen Daten zu Fischereiintensitäten, die als Bezugswerte gebraucht werden. Sie können kleinräumig stark schwanken (siehe Kapitel 3.2.3.1 und 3.2.3.2).

Die theoretischen Überlegungen, die dem BESITO-Verfahren zugrunde liegen, basieren auf Untersuchungen, die die Auswirkungen der Fischereiaktivitäten auf benthische Gemeinschaften bewertet haben, sodass der Grundgedanke der BESITO-Methode sinnvoll ist. Daher sollten für eine abschließende Bewertung über die Eignung dieses Verfahrens, ein weiterer Test mit quantitativen Epibenthosdaten (Abundanz und Biomasse) von Stationen mit unterschiedlichen Fischereiintensitäten und gleichen abiotischen Bedingungen (Wassertiefe und Sedimente) durchgeführt werden.

In den flachen Bereichen der Deutschen Bucht, die starken Scherkräften ausgesetzt sind, wird das BESITO-Verfahren, wie viele andere Bewertungsverfahren auch, nicht funktionieren, da die dort vorkommende Fauna an physikalische Störungen angepasst ist. Das haben auch die Vergleiche zwischen den historischen und rezenten Artenzusammensetzungen gezeigt, die sich wenig unterscheiden und nur wenn Unterschiede erkennbar sind, lassen sich diese auch berechnen.

4 Diskussion

4.1 Diskussion zu den Arten, die bei der BESITO-Methode berücksichtigt werden

Die von González-Irusta et al. (2018) beschriebene BESITO-Methode basiert auf reinen Epibenthosorganismen. Die Fokussierung auf reine Epibenthosarten ist sinnvoll, da durch die Fangmethode eine Erfassung der pelagischen, benthopelagischen und epibenthischen Arten sowie Arten mit sehr hoher Mobilität (auch alle Fische) oder Arten des Makroendobenthos nicht quantitativ erfolgt. Diese Arten wurden aus diesem Grund von den Autoren aus dem Datensatz entfernt.

In den in dieser Studie zugrundeliegenden Datensätzen, finden sich teilweise Arten, die dem Endobenthos zuzuordnen wären. Es sollte daher in einer verbindlichen Methodenbeschreibung (SOP) klar definiert werden, welche Arten eindeutig dem Epibenthos zuzuordnen sind, um die Vergleichbarkeit von Datensätzen von unterschiedlichen Probenbearbeitern (z. B. Behörden oder Auftragnehmern) zu gewährleisten.

Die in dieser Studie durchgeführten Vergleiche der Artenzusammensetzungen basieren auf unterschiedlichen Studien, sodass die Artbestimmung nicht harmonisiert war und daher einzelne Unstimmigkeiten in den Artbestimmungen nicht auszuschließen sind, wie z. B. *Echinocardium flavescens* in Tabelle 4, der als eher küstenferne Art von Stein et al. (1990) als Fund in 15 m Wassertiefe nördlich von Juist (St.56_1905) notiert wurde.

Es ist notwendig, dass neben der reinen BESITO-Berechnung auch eine gutachterliche Beurteilung der Einstufung der Arten stattfindet, da nach Expertenwissen für einige Arten die Sensitivität gegenüber Fischereiintensität anders ausfallen würden als es die BESITO-Werte ergeben würden, z. B. *Echinocardium cordatum* für den sich ein BESITO von 3 (sensitiv gegenüber Fischerei) ergibt, der von Experten als profitierend von Fischerei (BESITO = 1) angesehen wird. Auch Arten, die in früheren Untersuchungen methodisch nicht erfasst wurden, wie z. B. *Ascidella* spp., werden heute u. U. fälschlicherweise als zunehmend eingestuft.

Es sollte überprüft werden, ob die BESITO-Methode für das Endobenthos geeignet ist (siehe Kapitel 4.2)

4.2 Diskussion der biologischen Traits für den BESITO und ihre Eignung Effekte der Fischereiintensität auf das Epi- und Endobenthos zu indizieren

Beauchard et al. (2017) weisen in ihrem Review über BTA darauf hin, dass es zurzeit zwei große Einschränkungen für die Verwendung von BTA gibt: 1) für die Einstufung der Arten in die biologischen Traits ist eine große Erfahrung notwendig und 2) für viele Arten fehlen die Traitinformationen.

In dieser Studie wurden die Arten auf Grundlage der Traitinformationen von MarLIN (2006), Shojaei et al. (2015), Shojaei (2016) und WoRMS vorgenommen. Für mindestens 75 %, der in dieser Studie betrachteten Arten, konnten die BESITO-Werte ermittelt werden, sodass der größte Teil der Arten eingestuft und aussagekräftige BESITO-Werte ermittelt werden konnten.

Ökologische Gütebewertungen einer Region müssen unabhängig vom Bearbeiter oder Seegebiet zu reproduzierbaren und vergleichbaren Ergebnissen führen. Für Bewertungsverfahren auf Grundlage von BTA ist es daher notwendig, dass die Traitinformationen zu den einzelnen Arten übereinstimmen. Das kann erreicht werden, wenn die Arten mithilfe derselben BTA Datenbank eingestuft werden. Eine solche Datenbank ist z. B. MarLIN (2006) und auch bei WoRMS finden sich für eine viele Arten Traitinformationen. Dennoch fehlen für viele Arten, insbesondere für seltene Arten, Traitinformationen. Der Aufbau und die Aktualisierung einer BTA Datenbank, die frei zugänglich ist (wie z. B. MarLIN 2006), ist daher die Basis für ein BTA-basiertes Bewertungsverfahren. Mit einer solchen Datenbank könnte auch den beiden Einschränkungen, die Beauchard et al. (2017) beschreiben (s. o.), begegnet werden 1) würden die Einstufungen der Arten nur von erfahrenen Wissenschaftlern vorgenommen werden und 2) die Datenbank würde gepflegt werden, d. h. neue Arten würden eingebaut und Artnamen angepasst.

Die acht Traits, die in den BESITO-Index eingehen, sind 1) Größe, 2) Langlebigkeit, 3) Bewegung, 4) Anhaftung, 5) Benthische Position, 6) Flexibilität, 7) Robustheit und 8) Ernährungstyp (Tabelle 1), wobei die Traits unterschiedlich gewichtet werden (s. o.). Die Wahl der Traits geht auf die Arbeiten u. a. von de Juan et al. (2007) und de Juan & Demestre (2012) zurück, die mithilfe von BTA die Artenzusammensetzungen (Epi- und Infauna) in stark befischten Gebieten mit einem für 20 Jahre unbefischten Gebiet (Mittelmeer) verglichen haben. In den stark befischten Gebieten dominierten bewegliche, grabende Räuber und Aasfresser sowie schnellwachsende und kleinere Organismen, während in ungestörten Gebieten nahe der Sedimentoberfläche lebende Endofauna und grabende, sich langsam fortbewegende Filtrierer dominierten. Organismen, die tiefer im Sediment leben, eine harte Schale hatten oder sehr flexibel waren, wurden durch die Fischerei weniger geschädigt, als zerbrechliche Organismen, die auf der Sedimentoberfläche lebten. Daher werden von de Juan & Demestre (2012) für die Bewertung der Auswirkung von Fischerei die Traits 1) Beweglichkeit, 2) Zerbrechlichkeit, 3) Position im Substrat, 4) mittlere Größe und 5) Ernährungstyp vorgeschlagen. Diese fünf Traits wurden auch für den BESITO ausgewählt und außerdem noch drei weitere Traits 6) Langlebigkeit, 7) Attachment und 8) Flexibilität. Der Trait 6) Langlebigkeit ist sehr wichtig, da langlebige Arten in der Regel ein geringeres Wiederbesiedlungspotential haben, da sie längere Zeit brauchen, um ihre sexuelle Reife zu erreichen. Dadurch können sie durch hohe Fischereiintensitäten nachhaltig geschädigt werden. Lebensdauer kann daher als Proxy für Wiederbesiedlungszeit gesehen werden (Rijnsdorp et al. 2017). Die Traits 7) Attachment und 8) Flexibilität werden im BESITO berücksichtigt, da festsitzende Arten, die einen unflexiblen Körper, eine zerbrechliche Schale und/oder hoch über das Sediment aufragen durch Fischereiaktivitäten eher geschädigt werden als bewegliche im Sediment lebende Arten. Auch neuere Untersuchungen kommen zu dem Ergebnis, dass Störungen durch Fischereiaktivität zu einer Abnahme der langlebigen, Suspension feeding Organismen mit Exoskelett (z. B. langlebige Muscheln) im Epi- und Endobenthos führen (u. a. van Denderen et al. 2015, van Kooten et al. 2015, Neumann 2016). Neumann et al. (2016) beschreiben, dass Mobilität, Ernährungstyp, Größe, Langlebigkeit die wichtigsten Traits sind, Gemeinschaften zu unterscheiden.

In dieser Studie ergeben sich sehr hohe BESITO-Indexwerte zum einen für große und langlebige Epibenthosarten, die sich kriechend oder grabend fortbewegen und Filtrierer sind. Das trifft in der Deutschen Bucht insbesondere für die großwüchsigen Arten aus der Tiergruppe der Bivalvia zu. Ebenfalls ergeben sich hohe BESITO-Indexwerte für sessile, an der Sedimentoberfläche lebende Arten, insbesondere wenn sie sich filtrierend ernähren, wie Arten der z. B. Schwämme, Bryozoa und Hydrozoa und Cirripedia (Tabelle 14). Mittlere BESITO-Werte (2) ergeben sich z. B. für Decapoda, Mysidacea und niedrige BESITO-Werte (1) für kleinwüchsige und/oder kurzlebige räuberische Arten wie z. B. Arten aus den Gruppen der Amphipoda und Polychaeta.

Tabelle 14: Exemplarisch die BESITO-Indexwerte für einige sessile Arten; Ger. BESITO = gerundeter BESITO, graue Markierung angenommene Werte.

Auswahl sessiler Arten		Größe	Lang- lebig- keit	Beweg- lich- keit	Anhaf- tend?	Benthi- sche Posi- tion	Flexi- bilität	Ro- bust- heit	Ernäh- rungs- typ	Ger. BESITO (BESITO)
<i>Halichondria panicea</i>	Porifera	2,5	1,5	4	4	3	4	3	4	4 (3,83)
<i>Abietinaria abietina</i>	Hydrozoa	3	1	4	4	3	1	4	2	3 (2,85)
<i>Sertularia cupressina</i>	Hydrozoa	4	1	4	4	4	1	4	2	3 (3,45)
<i>Obelia longissima</i>	Hydrozoa	3	1	4	4	4	1	3	4	3 (3,45)
<i>Hydractinia echinata</i>	Anthozoa	1	1	4	4	3	1	3	1	2 (1,79)
<i>Metridium senile</i>	Anthozoa	3	3	4	4	4	1	3	4	4 (4,36)
<i>Electra pilosa</i>	Bryozoa	2	1	4	4	3	4	3	4	3 (3,45)
<i>Alcyonidium gelatinosum</i>	Bryozoa	3	2	4	4	4	1	3	4	4 (3,91)
<i>Balanus crenatus</i>	Crustacea	1	1	4	4	3	4	2	4	3 (2,85)
<i>Ascidia scabra</i>	Ascidia	2	1	4	4	3	1	3	4	3 (3,00)

Es ergeben sich für einige Benthos-Arten Schwierigkeiten auf Grundlage von González-Irusta et al. (2018) (siehe Tabelle 1, s. o.) den biologischen Traits die entsprechenden Scores zuzuordnen, da einige Beschreibungen zu den Scores nicht eindeutig formuliert sind. Außerdem kommt es zu teilweise zu Überschneidungen der Traits. Im Folgenden werden daher die Traits einzeln diskutiert und ein Vorschlag für die Trait- bzw. Scoreeinstufung gemacht (Tabelle 15).

Größe: Viele Arten, wie einige Bivalvia, kommen nach der Einteilung von González-Irusta et al. (2018) (Score 1 = < 2 cm; Score 2 = 2 – 10 cm; Score 3 = 10 bis 50 cm; Score 4 = > 50 cm) nur zu einem relativ geringen Score für die Größe, wie z. B. *Nucula nitidosa* (Score 1). Es wird daher vorgeschlagen, die Einstufung für die kleine Klassen wie bei Shojaei et al. (2015) vorzunehmen und zwischen sehr klein < 1 cm, 1 -2 cm und größer 2 cm zu unterscheiden.

Für einige Arten muss beschrieben werden, was mit Größe gemeint ist, da beispielsweise Kolonien von Hydrozoa nicht als Individualgröße sondern häufig als Größe der Kolonien angegeben werden, wie z. B. bei Shojaei et al. (2015).

Lebensdauer: Die Differenzierung zwischen Score 1 (< 5 Jahre) und Score 2 (5 - 10 Jahre) ist zu grob, da insbesondere die r-Strategen meist nur 1 bis 2 Jahre alt werden, sodass sie bei dieser Einteilung mit deutlich länger lebenden Bivalvia zusammenfallen. Daher sollte die Einteilung entweder wie bei Tillin et al. (2006) < 2 Jahre; 2 - 5 Jahre; > 5 - 10 Jahre und 10 Jahre oder bei Shojaei et al. (2015) < 1 Jahr; 1 - 2 Jahre; 3 - 10 Jahre und > 10 Jahre erfolgen.

Beweglichkeit und Anheftung: Es wird für den BESITO zwischen den Traits Beweglichkeit und Anheftung unterschieden, was die Tatsache berücksichtigen soll, dass einige Arten nur zeitweise angeheftet leben. Diese beiden Traits sollten wie bei Tillin et al. (2006) zu Adult Mobility zusammengefasst werden und eine Einstufung in Permanent attached, Temporarily attached, Burrower, Crawler und Swimmer erfolgen. Auch dann ist eine eindeutige Zuordnung nicht immer einfach, wie z. B. bei *Liocarcinus holsatus*, der sowohl schwimmt, kriecht oder sich zeitweise eingräbt. Es muss daher beschrieben werden wie in solchen Fällen verfahren werden soll.

Benthische Position, Flexibilität des Körpers, Zerbrechlichkeit sind mit den angegebenen Beschreibungen meist nicht eindeutig zuzuordnen. Viele Organismen leben sowohl auf als auch im Sediment, sodass die Zuordnung zur benthischen Position nicht einfach ist. Für die benthische Position sind die Organismen als grabend (1), an der Oberfläche lebend (3) oder 4) oberhalb der Oberfläche aufragend (4) zu bewerten. Da das Beamtrawl und das Ottertrawl in die obersten 3 bis

4 cm des Sediments eindringt (Sciberras et al. 2018) sollten mit 3 auch die Organismen bewertet werden, die in den obersten Sedimentschichten (0 - 5 cm) leben und grabende Organismen als solche eingestuft werden, wenn sie dauerhaft unterhalb von 5 cm Sedimenttiefe leben. Auch Tillin et al. (2006) beschrieben eine deutliche Abnahme der Benthosbiomasse (Megafauna), die in den oberen fünf Zentimetern des Sediments leben. Das betrifft insbesondere die Bivalvia, die hier leben und generell empfindlich gegenüber Fischerei sind (Tillin 2006).

Ernährungstyp: Die Einstufung festsitzender Hydroidpolypen ist schwierig, da sie sich teilweise räuberisch ernähren, sich aber die Nahrung aus suspendiertem Material selektiv fangen.

Einige wichtige Traits bleiben für den BESITO unberücksichtigt, z. B. das Fortpflanzungsalter bzw. das Wiederbesiedlungspotential. Es macht für die Bewertung einen Unterschied, ob ein Polychaet, der sich nach einem Jahr fortpflanzen kann oder eine Koralle, die sich erst im Alter von 10 Jahren reproduziert, durch Bodenfischerei entfernt wurde. Diese Informationen gehen indirekt über den Trait Langlebigkeit mit ein (s. o.).

Für einige Arten ist es schwierig, einem Trait genau einen einzelnen Score zuzuordnen. Beispiele sind u. a. *Pagurus bernhardus*, der seine Nahrung aus dem Wasser filtriert, aber auch Deposit-Feeder ist oder sich räuberisch ernährt oder *Liocarcinus holsatus*, der sich schwimmend fortbewegt, aber auch kriechend oder sich ins Sediment eingräbt. Um vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, muss daher eine Methode beschrieben werden, wie in solchen Fällen verfahren werden soll. Schwierigkeiten in der eindeutigen Zuordnung betrifft hauptsächlich die Traits Beweglichkeit, Benthische Position und Ernährungstyp. Ein pragmatischer Vorschlag wäre, die Scores zu mitteln, bzw. sie zu wichten, wenn eine der Eigenschaften eher zutrifft als die anderen. Das sogenannte ‚Fuzzy coding‘ wurde von Chevene et al. (1994) vorgeschlagen und u. a. Shojaei et al. (2015) angewendet: die einzelnen Traits werden jeweils in drei Stufen zugeordnet, mit 0 für keine Übereinstimmung und 3 für die höchste Übereinstimmung mit einem Trait.

In dieser Studie wurde der Mittelwert gebildet, wenn es für einen Trait mehrere mit etwa gleich hoher Affinität gab.

Tabelle 15: Vorgeschlagene Traits und zugeordnete Scores

Trait (Wichtung)	Score 1	Score 2	Score 3	Score 4
1) Größe (* 2)	klein < 1cm	mittel 1 - 2 cm	mittelgroß > 2 - 10 cm	groß > 10 cm
2) Lebensdauer (*3)	≤ 1 a	> 1 - 2 a	3 - 10 a	> 10 a
3) Beweglichkeit	schwimmend	kriechend	Zeitweise angeheftet oder grabend, ab und zu kriechend	sessil
4) Benthische Position	Grabend und tiefer als > 5 cm im Sediment lebend	-	Oberfläche bis < 5 cm unter der Oberfläche	oberhalb der Oberfläche > 10 cm aufragend
5) Flexibilität des Körpers	hoch > 45°, oder nicht sessil	-	gering 10 - 45°	nicht < 10°
6) Zerbrechlichkeit (*2)	Hartschalig (sehr schwer zu zertrümmern)	kräftig	kein Schutz	zerbrechliche Schale
7) Ernährungstyp (*2)	Aasfresser, Räuber, die von Fischerei profitieren können	Räuber, omnivorer Fresser	Deposit-feeder	Filter-feeder

Fazit der BESITO-Traits

Die für den BESITO ausgewählten Traits werden als geeignet angesehen Effekte der Fischereiintensität abzubilden. Für die meisten Arten dieser Studie (mindestens 75 %) konnten die BESITO-Indexwerte aus autökologischen Daten abgeleitet werden.

Allerdings muss die Beschreibung für einige Scores verbessert werden, um eine eindeutige Zuordnung zu ermöglichen. Außerdem muss ein Weg zu beschrieben werden, wie Organismen eingestuft werden können, die nicht explizit einem einzelnen Score zuzuordnen sind. Nur so ist es möglich, vergleichbare und reproduzierbare BESITO-Indexwerte zu erhalten. Mittelwertbildung wäre eine pragmatische Lösung, das ‚Fuzzy coding‘ wäre eine weitere Möglichkeit.

Die Grenzwerte für einige Scores müssen verändert werden, da beispielsweise die Einordnung der Bivalvia in die Längenvorgaben des BESITO dazu führt, dass einige Arten zu gering bewertet werden. Möglicherweise macht es Sinn für die unterschiedlichen Taxagruppen unterschiedliche Grenzwerte anzugeben.

Es ist auch zu überlegen, ob die Aussagekraft des BESITO, durch Hinzunahme des Traits ‚Regenerationsfähigkeit‘ sich verbessern würden, oder ob diese Information schon durch den Trait ‚Lebensdauer‘ abgedeckt ist.

Die vorgeschlagen Traits sollten in einem weiteren Test überprüft werden.

4.3 Eignung des BESITO-Verfahrens für das Epibenthos in der Deutschen Bucht

Bei der Einschätzung über die Eignung der BESITO-Methode ist zu berücksichtigen, dass in dieser Studie hauptsächlich nur eine qualitative Auswertung vorgenommen werden konnte, da nur die quantitativen Datensätze von H. Neumann und Rachor & Nehmer (2003) mit Biomasse- und Abundanzwerten verfügbar waren. Die von González-Irusta et al. (2018) beschriebene BESITO-Methode verrechnet die BESITO-Indexwerte der einzelnen Arten mit deren jeweiligen Anteilen (Naßgewicht) am Gesamtfang, sodass Arten mit hohen Biomassewerten stärker gewichtet werden.

Bei der Beurteilung, ob das BESITO-Verfahren auch für die Deutsche Bucht geeignet ist, müssen folgende Punkte berücksichtigt werden:

1. Ist das BESITO-Verfahren grundsätzlich auch für die Deutsche Bucht geeignet, um die Auswirkungen der Fischereiaktivitäten auf das Benthos zu indizieren?
2. Kann das BESITO-Verfahren in allen Regionen der Deutschen Bucht die Auswirkungen der Fischereiaktivitäten auf das Benthos indizieren?
3. Funktioniert das BESITO-Verfahren in der Deutschen Bucht?

1. Grundsätzliche Eignung des BESITO-Verfahrens für die Deutsche Bucht

Das BESITO-Verfahren wurde von González-Irusta et al. (2018) für die Bewertung der Auswirkungen der Fischereiintensität auf das Epibenthos an der spanischen Nordküste mit Wassertiefen > 70 m entwickelt. Es stellt sich daher die Frage, ob die Methode auch für die Deutsche Bucht geeignet ist, da sie sich von den abiotischen Bedingungen her deutlich von dem Seegebiet vor Nordspanien unterscheidet.

Die Methode bewertet die Epibenthosarten anhand von acht biologischen Traits, die als sensitiv gegenüber den Effekten der Fischerei gelten. Für die zu bewertende Epibenthosgemeinschaft werden die jeweiligen Anteile der Arten, die von Fischerei profitieren (Gruppe I), die tolerant gegenüber Fischereiaktivitäten sind (Gruppe II) und die sensitiv auf Fischereiaktivitäten reagieren (Gruppe III, beinhaltet BESITO-Indexwerte ≥ 3), bestimmt und ins Verhältnis gesetzt. In der Arbeit von González-Irusta et al. (2018) bestand die Gruppe I ausschließlich aus Decapoda, die Gruppe II bestand zum größten Teil aus Decapoda (40 %) und weiterhin aus Arten der Gastropoda, Echinodermata und Cephalopoda und die Gruppe III bestand zum größten Teil aus Arten der Anthozoa (52 %) und Echinodermata (25 %) sowie Seefedern und Porifera. Auch in der Deutschen Bucht sind Decapoda in

großer Artenzahl weit verbreitet und auch Echinodermata, und Gastropoda werden häufig gefunden, jedoch sind der Anteil und die Artenvielfalt für Anthozoa, Cephalopoda und Seefedern sehr gering. Zur Gruppe I wurden in der Deutschen Bucht hauptsächlich Arten der Polychaeta (34 %), Amphipoda (26 %) und Bivalvia und Decapoda jeweils 11 %, zur Gruppe II Arten der Bivalvia (25 %), Decapoda (24 %) Polychaeta (12 %) und Echinodermata (10 %) und zur Gruppe III Bivalvia (46 %), Echinodermata und Hydrozoa jeweils (14 %) eingestuft.

Um zu überprüfen, ob die BESITO-Methode auch mit den Taxa aus der Deutschen Bucht funktioniert, wurden Testrechnungen mit Datensätzen z. B. aus dem Monitoring und Untersuchungen aus der Literatur, die Arten, die durch Fischerei geschädigt werden, spezifizieren, durchgeführt.

Im Rahmen dieser Studie wurden Arten, die in den letzten 100 Jahren ab- bzw. zugenommen hatten (Beermann et al. 2017), bzgl. ihrer BESITO-Indexwerte untersucht. Die Arten, die zugenommen hatten, wiesen einen Indexwert von 2 (Mittelwert), die die abgenommen hatten, einen Indexwert von 3 auf. Die Unterschiede sind als signifikant ($P = 0,0019$, t-Test mit log-transformierten Daten) (Abbildung 2) zu bezeichnen. Duineveld et al. (2007) ermittelten acht Benthos-Arten (Epi- und Endofauna), die in einem unbefischten Gebiet signifikant höher waren, als in den benachbarten befischten Gebieten. Sechs dieser Arten hatten einen BESITO-Indexwert von 3, eine Art ein Indexwert von 1 und eine Art einen Indexwert von 2.

Es lässt sich also folgern, dass die BESITO-Methode grundsätzlich auch in der Nordsee funktioniert, da störungssensitive Arten höhere BESITO-Indexwerte aufwiesen, als störungsresistente Arten.

Die BESITO-Methode basiert auf einer biologischen Traitanalyse und die gewählten Traits basieren auf Untersuchungen, die die Auswirkungen der Fischerei auf das Benthos untersucht haben (s. o. Kapitel 4.2). Sehr hohe BESITO-Indexwerte ergeben sich zum einen für große und langlebige Epibenthosarten, die sich kriechend oder grabend fortbewegen und Filtrierer sind. Das trifft in der Nordsee insbesondere für die großwüchsigen Arten aus der Tiergruppe der Bivalvia zu und sessile, filtrierende an der Sedimentoberfläche lebende Arten, z. B. Schwämme, Bryozoa und Hydrozoa und Cirripedia. Mittlere BESITO-Werte (2) ergeben sich z. B. für Decapoda, Mysidacea. Niedrige BESITO-Werte (1) ergeben sich für kleinwüchsige und/oder kurzlebige räuberische Arten wie z. B. Arten aus den Gruppen der Amphipoda und Polychaeta.

Wrede & Dannheim (2015) untersuchten in vier Windparkgebieten in der Deutschen Bucht die Zusammensetzungen der Epibenthosgemeinschaften bzgl. ihrer biologischen Traits und setzten diese in Relation zu der Fischereiintensität. Die Daten der untersuchten Windparks und deren Referenzgebiete umfassten einen Zeitraum bis maximal drei Jahre nach der Fertigstellung. Diese kurze Untersuchungszeit, die außerdem noch durch die Auswirkungen der Bautätigkeiten geprägt sein könnten, führte dazu, dass keine deutlichen Unterschiede und/oder generellen Tendenzen zwischen den Windparks und den Referenzgebieten abzuleiten waren. Zudem liegen drei der Windparks in Gebieten, die auch in den Jahren vor dem Windparkbau eine relativ geringe Fischereiintensität aufwiesen (mittlere SAR $\leq 0,5$ in den Jahren 2012 bis 2016) und nur der Windpark Ost wies eine höhere Fischereiintensität (mittlere SAR = 1,29) auf. Dennoch ergaben sich ähnliche Ergebnisse (statistisch noch nicht abgesichert, A. Wrede pers. comm.), die auch in anderen Studien (u. a. de Juan et al. 2007) beschrieben wurden: bei zunehmender Fischerei nehmen 1) Suspensionsfeeder ab und Räuber zu, 2) hochbewegliche Arten nehmen zu, während Arten mit geringem Bewegungsradius abnehmen, 3) Arten zwischen 1 - 10 cm nehmen zu und Arten > 10 cm nehmen ab und 4) langlebige Arten (3 - 10 Jahre) nehmen ab, während kurzlebige Arten (1 - 2 Jahre) zunehmen. Letzteres geht auch mit dem Alter des Erreichens der Fruchtbarkeit einher, sodass Arten, die früher fruchtbar werden, zunehmen und vice versa.

Somit kann ausgesagt werden, dass die BESITO-Methode grundsätzlich auch in der Nordsee funktioniert, allerdings müssen die abiotischen Bedingungen mit berücksichtigt werden (siehe nächster Abschnitt, Punkt 2).

2. Kann das BESITO-Verfahren in allen Regionen der Deutschen Bucht die Auswirkungen der Fischereiaktivitäten auf das Benthos indizieren?

Alle Bewertungsverfahren und so auch die BESITO-Methode können nur dann Auswirkungen durch anthropogene Störungen indizieren, wenn sich die Gemeinschaften aufgrund der anthropogenen Störung gegenüber Referenzgemeinschaften verändern. Dieser Nachweis ist jedoch schwierig, weil es 1) keine Referenzgemeinschaften ohne jegliche anthropogene Störung mehr gibt und es 2) zwischen den anthropogenen und natürlichen Störungen (z. B. Eiswinter oder große Scherkräfte) unterschieden werden muss. Das BESITO-Verfahren wurde von González-Irusta et al. (2018) an der spanischen Nordküste mit Wassertiefen > 70 m entwickelt, so dass es natürliche Störungen wie hohe Scherkräfte, die typisch für die flachen Regionen der Nordsee sind, nicht gibt und außerdem existierten in dem Seegebiet noch gering befischte Gebiete. Die Arbeit von Stein et al. (1990) könnte herangezogen werden, Referenzgemeinschaften in den küstenfernen Gebieten der Deutschen Bucht zu konstruieren. Dabei ist aber zu beachten, dass auch schon vor 1900 eine intensive Fischerei in der Nordsee stattgefunden hat (Lenz 1992) und die Daten, die Stein et al. zusammengetragen haben, nicht den ursprünglichen Zustand ohne menschliches Handeln darstellen.

Im Rahmen dieser Studie wurden in einzelnen Bereichen der Nordsee Vergleiche zwischen den historischen (um 1900) und rezenten Artgemeinschaften (2010 bis 2014/2018) angestellt. Es zeigte sich, dass sich insbesondere in den tieferen Regionen der Nordsee (um 40 m) die Artgemeinschaften verändert hatten, indem früher deutlich mehr Bivalvia-Arten gefunden wurden und heute mehr Crustacea-Arten. In den flachen Bereichen (bis 15 m) konnten keine Unterschiede in den Artzusammensetzungen gefunden werden.

Viele Autoren haben beschrieben, dass sich insbesondere in tieferen Gebieten mit feinen Sedimenten deutliche negative Effekte durch die Fischereiaktivitäten auf das Benthos nachweisen lassen, nicht aber in flachen Gebieten mit hohem natürlichen Scherstress (u. a. Tillin et al. 2006, Hiddink et al. 2006, van Denderen et al. 2014). Van Denderen et al. (2015) untersuchten entlang von Gradienten mit unterschiedlichen hohen Fischereiaktivitäten die Auswirkungen durch das Trawling und den natürlichen Stress (Scherkräfte) mithilfe eines Trait basierten Ansatzes. Sie stellten fest, dass die Auswirkungen durch anthropogene Störungen, wie z. B. Fischerei, und natürliche Störungen, wie Scherkräfte, auf die benthischen Gemeinschaften gleich waren und sich nicht unterscheiden ließen. Sie führten zu einer Abnahme der langlebigen, Suspensionsfresser mit Exoskelett (z. B. langlebige Muscheln). Nur in den Gebieten mit geringem natürlichen Scherstress ließen sich die Auswirkungen der Fischereiaktivitäten explizit nachweisen und resultierten in Gemeinschaften, die aus kleinen, Deposit Feeding Organismen oder mobilen Räubern oder Aasfresser bestehen. Somit führen sowohl hohe natürliche Scherkräfte als auch die Effekte der Fischereiaktivitäten zu vergleichbaren Gemeinschaften. Die ökologischen Bewertungen der flachen und natürlich gestörten Gebiete sind daher schwierig.

Neumann et al. (2016) unterschieden anhand von BTA die Epibenthos-Gemeinschaften Austergrund, Doggerbank, und sie unterscheiden zwischen der nordfriesischen und ostfriesischen Küste, wobei die Wassertiefen > 18 m betrugen. Sie fanden opportunistische Gemeinschaften vor den Küsten Nordfriesland und Westfriesland bedingt durch instabile Bedingungen durch Tidenstress aber durch auch hohe Fischereintensität. Sie folgern, dass auch natürlich gestresste Lebensräume niemals zu Gemeinschaften mit K-Strategen werden und dass dieser Umstand auch bei der Definition der GES berücksichtigt werden muss. Die Gemeinschaften der flachen Küstenregionen werden bestimmt durch Organismen mit kleiner Körpergröße, kurzer Lebensspanne, hohen Vermehrungsraten, grabender Lebensweise und deposit feeding und führen somit zu hohen Umsatzraten für Kohlenstoff und haben großen Anteil am Nährstoffkreislauf. Somit sind die Küstenregion trotz der großen Störungen wichtig für das Nutzarmachen von Nährstoffen und die Sedimentchemie. Es lässt sich also zusammenfassend folgern, dass die BESITO-Methodik in den flachen und dynamischen Küstenregionen der Nordsee mit Wassertiefen < 20 m nicht funktionieren kann.

3. Funktioniert das BESITO-Verfahren in der Deutschen Bucht?

Anhand der in dieser Studie durchgeführten BESITO-Tests mit Daten von zwei Untersuchungen (H. Neumann und Rachor & Nehmer) konnte nicht gezeigt werden, dass das BESITO-Verfahren in seiner ursprünglichen Form nach (González-Irusta et al. 2018) in der Deutschen Bucht funktioniert. Gründe dafür könnten 1) fehlende oder ungenaue Fischereiintensitäts-Informationen sein, sodass die Stationen bzgl. der Höhe der Fischereiintensität fehlerhaft klassifiziert werden und/oder 2) das Benthos der Deutschen Bucht flächendeckend schon so degradiert ist, dass keine Unterschiede zwischen Stationen mit hoher und niedriger Fischereiintensität bestehen. Für einen Datensatz (H. Neumann-Stationen) konnten mittlere Biomassen berechnet werden. Es ergaben sich Hinweise, dass an geringer befischten Stationen die mittleren Biomassenwerte der BESITO-Klasse 3 deutlich höher waren, als an Stationen mit hohen Fischereiintensitäten (siehe Kapitel 3.2.3.3, Abbildung 15). Da gezeigt werden konnte (s. o.), dass das BESITO-Verfahren grundsätzlich mit den in der Deutschen Bucht vorkommenden Arten funktioniert, sollte das BESITO-Verfahren nochmal in Gebieten getestet werden, in denen es zu den Benthosstationen exakte Daten zu Fischereiintensitäten gibt. Auch ein langfristiger Vergleich zwischen dem Epibenthos in Fischereiausschluss- und Vergleichsgebieten mit normalen Fischereiaktivitäten sollte durchgeführt werden. Weiterhin sollte die überarbeitete Trait-Tabelle (Tabelle 11) und die Eignung der mittleren Biomasse als Bezugswert überprüft werden, bevor das Verfahren als unbrauchbar für die Deutsche Bucht ausgemustert wird.

FAZIT

Die BESITO-Methode ist grundsätzlich auch in der Nordsee anwendbar, allerdings müssen die abiotischen Bedingungen berücksichtigt werden und die BESITO-Klassen angepasst werden. Wie andere benthischen Bewertungsverfahren auch, ist das BESITO-Verfahren hauptsächlich in tiefen Regionen sinnvoll einsetzbar, die von den abiotischen, natürlichen Bedingungen her stabiler sind. Weitere Tests sollten mit quantitativen Epibenthosdaten, exakten Fischereidaten, der angepassten Trait-Tabelle (Tabelle 11) und mit den mittleren Biomassen als Bezugswerte durchgeführt werden.

4.4 Bewertung der Epifauna im Rahmen der MSRL und der BESITO

Bisher wird im Rahmen der MSRL die deutsche Bewertung des Benthos hauptsächlich auf Grundlage der Makroendofauna vorgenommen und die Daten der Epifauna bleiben weitgehend unberücksichtigt. Mithilfe des BESITO-Verfahrens könnten auch Epifauna-Daten für die MSRL-Bewertung herangezogen werden. Im Rahmen der MSRL-Bewertung der benthischen Lebensräume unter den Deskriptoren D1/D6 und explizit dem Kriterium D6C5 Zustand der benthischen Lebensräume könnten mithilfe der BTA-Einstufung empfindliche Arten bestimmt werden. Auch für den OSPAR-Indikator BH-1 (Typical Species Indicator) wird der Ansatz des BESITO-Verfahrens diskutiert. Als 'Typical species' werden solche Arten definiert, die typisch (häufig in pristinen Verhältnissen) für ein Habitat und sensitiv gegenüber einer Störung sind (OSPAR 2017). Als häufig in pristinen Verhältnissen werden Arten deren Häufigkeit mehr als 1 % ausmacht und 90 % der intra-habitat Similarity erklärt. Aus dieser Liste werden die Arten, die sensitiv gegenüber einer Störung sind, selektiert. Das BfN hat für die Bewertung der verschiedenen Gemeinschaften in der Deutschen Bucht Listen mit gebietstypischen Arten erarbeitet, die als Grundlage für die Definition der typischen und häufigen Arten dienen könnten.

Für die Klassifizierung der Sensitivitäten von Arten gegenüber organischer Verschmutzung und gegenüber den Auswirkungen durch Fischerei existieren Artenlisten, z. B. für das M AMBI-Verfahren, (Muxika et al. 2007) und das FIBI-Verfahren (Gittenberger & van Loon 2013). Das FIBI-Verfahren ist eine Anpassung der M AMBI-Methode, die die Auswirkungen auf das Benthos durch Fischerei anzeigen soll (siehe unten Kapitel 4.5). Die Sensitivitätsliste für den FIBI stellt eine Anpassung der M AMBI-Liste an die physikalische Störung durch Bodenfischerei dar. Die Liste wurde von Gittenberger & van Loon (2013) anhand von Expertenwissen und mit Informationen aus der Literatur erstellt.

Verglichen mit der Liste, die dem M AMBI-Verfahren zugrunde liegt, ist die Anzahl der klassifizierten Arten deutlich geringer. Die Klassifizierungen von einigen Arten auf der FIBI-Liste sind strittig (P. Schmitt, pers.comm). Mithilfe der BTA - wie sie für die BESITO-Methode vorgeschlagen wurde - könnte eine Liste von Arten, die sensitiv gegenüber physikalischer Störung sind, erstellt werden, die reproduzierbar und nachvollziehbar wäre. Arten mit einem BESITO-Wert ≥ 3 können als sensitiv gegenüber Fischereiaktivitäten angesehen werden. Dieser Ansatz wird im Sentinel Species Indicator (SENSI) vorgeschlagen (González-Irusta in prep.).

Sciberras et al. (2018) beschreiben die Schwierigkeiten allgemeingültige Aussagen zu den Auswirkungen der Fischerei zu treffen, da die Auswirkungen von den unterschiedlichen Fischereigeräten, die unterschiedlich tief in den Boden eindringen, vom Sedimenttyp und der Historie der Fischereiaktivitäten in den einzelnen Gebieten abhängen. Schädigung durch den ersten Schleppzug und die Recovery Raten variieren sehr deutlich zwischen den Taxagruppen, wobei Mollusca deutlich mehr reduziert werden als Decapoda. Sie schließen daher, dass Aussagen für kleinere räumliche Einheiten gemacht werden sollten. Auch Rijnsdorp et al. (2016) beschreiben auf Grundlage von weltweiten Metadaten-Analysen die spezifischen Auswirkungen von unterschiedlichen Fanggeräten auf unterschiedliche Habitate mit deren Gemeinschaften (inkl. deren Funktionsgruppen). Sie waren am deutlichsten bei biogenen Habitaten (sessile Epifauna), gefolgt von den Effekten von Beamtrawls in sandigen und schlickigen Habitaten. In sandigen Sedimenten wurde durch Beamtrawls die deposit-feeding Makrofauna um etwa 20 % und die filtrierende Makrofauna um 70 % geschädigt. Somit müssen für den BESITO, wie auch für andere Bewertungsverfahren, Referenzbedingungen definiert werden und die Bewertungen in Relation zu den spezifischen Bedingungen erfolgen.

Um das Epibenthos in die Bewertung gemäß MSRL einzubeziehen zu können, ist es notwendig, dass eine Harmonisierung der Methodik der Probennahme, Artbestimmung und Quantifizierung der Fänge (Abundanz und Biomasse) erfolgt. Bisher werden die Epibenthos-Bestandaufnahmen durch die Behörden und Forschungseinrichtungen teilweise mit unterschiedlichen Geräten durchgeführt und bis zu einem unterschiedlichen Level ausgewertet und Abundanzen und Biomassen meist nicht bestimmt. Außerdem ist es notwendig eine klare Definition für das Epibenthos zu erarbeiten, da zum jetzigen Zeitpunkt die Begriffe Makrobenthos, Epibenthos und Endobenthos in der Literatur häufig nicht eindeutig benannt werden. Teilweise ist auch eine klare Abgrenzung nicht möglich, da die Arten aufgrund ihrer Lebensweise zu mehreren Gruppen gehören können. Das macht deutlich, dass für die Vergleichbarkeit von unterschiedlichen Datensätzen ein harmonisiertes Vorgehen notwendig ist.

In der Methodenbeschreibung von González-Irusta et al. (2018) werden für die BESITO-Berechnung nur Arten berücksichtigt, die mehr als 5-mal im 4-jährigen Beprobungszeitraum (2007 - 2010) gefunden wurden, sodass die sogenannten seltenen Arten von der Analyse ausgeschlossen wurden. Dieses Vorgehen ist sicherlich der Tatsache geschuldet, dass für seltene Arten die Ermittlung der Trait-Daten aufgrund fehlender Informationen schwierig ist. Der Ausschluss von seltenen Arten führt jedoch zu einem Informationsverlust und es sollte versucht werden, auch diese Arten für die BESITO-Berechnung mit einzubeziehen. Die Antworten zu der Frage warum gewisse Arten selten sind, könnten wichtige Informationen liefern, die bei einem rein numerischen Ausschluss verloren gingen.

4.5 BESITO im Vergleich zum M AMBI- und FIBI-Bewertungsverfahren

Ähnlich wie beim BESITO-Verfahren werden bei dem M AMBI- (Muxika et al. 2007, Azti (2019)) und FIBI-Verfahren (Gittenberger & van Loon 2013) die Empfindlichkeiten der vorkommenden Arten gegenüber einer Störung eingestuft und die Artenzusammensetzung untersucht. Das M AMBI-Verfahren stuft die Arten anhand ihres Verhaltens gegenüber organischer Anreicherung ein, aber es wurde von u. a. von Borja et al. (2000 und 2003) gezeigt, dass auch andere anthropogene Störungen indiziert werden. Das FIBI-Verfahren stellt eine Anpassung des M AMBI-Verfahrens an eine Störung durch Fischereiaktivitäten dar (s. o.). Anders als im BESITO-Verfahren stellen beim M AMBI und FIBI die Organismen der Gruppe I die sensitiven und der Gruppen $\geq$ III opportunistischen Arten dar.

Für den M AMBI ließen sich fast alle Arten, für die sich ein BESITO-Indexwert ableiten ließ, ebenfalls einstufen, während für den FIBI nur etwas mehr als die Hälfte der Arten auf den Listen von Gittenberger & van Loon (2013) zu finden waren (s. o.).

Die Einstufungen mit dem FIBI müssten mit denen des BESITO übereinstimmen, da beide Methoden Fischereiaktivitäten indizieren sollen. Aber von den 21 Arten, die der BESITO als sensitiv gegenüber Fischerei bewertet, werden nur 8 auch vom FIBI als sensitiv und 3 sogar als opportunistisch gegenüber Fischerei eingestuft (Tabelle 16 und Abbildung 18). Etwas besser ist der Vergleich bei den vom BESITO als opportunistisch eingestuften 27 Arten, von denen der FIBI 9 Arten ebenfalls als opportunistisch und keine Art als sensitiv einstuft. Für einen detaillierteren Vergleich sollten auch die für den FIBI von Gittenberger & van Loon (2013) angegebenen Sensitivitätswerte der Arten überprüft werden.

Der Vergleich mit den M AMBI führt zu ähnlichen Einstufungen wie beim BESTIO, aber sie stimmen nicht vollständig überein. Das kann als ein Indiz angesehen werden, dass die Methoden unterschiedliche Störungen indizieren. Sie sollten sich daher nicht ersetzen, sondern parallel eingesetzt werden. Weitere Tests mit größeren Datensätzen sollten überprüfen, ob der M AMBI und der BESITO tatsächlich unterschiedliche Störungen indizieren.

Tabelle 16: Vergleich der Einstufung der Arten mit dem BESITO-Verfahren und dem M AMBI und FIBI; N I und N III sind die Anzahlen der Arten die durch den AMBI bzw. den FIBI eingestuft werden konnten.

	BESITO Gruppe I (opportunistisch) 38 Arten		BESITO Gruppe $\geq$ III (sensitive) 36 Arten	
	N I		N III	
AMBI Gruppe I (sensitiv)	37	9 (24 %)	36	22 (61 %)
AMBI Gruppe II		18 (49 %)		10 (28 %)
AMBI Gruppe $\geq$ III (opportunistisch)		10 (27 %)		4 (11 %)
FIBI Gruppe I (sensitive)	21	0	21	8 (38 %)
FIBI Gruppe II		12 (57 %)		10 (48 %)
FIBI Gruppe III (opportunistisch)		9 (43 %)		3 (14 %)

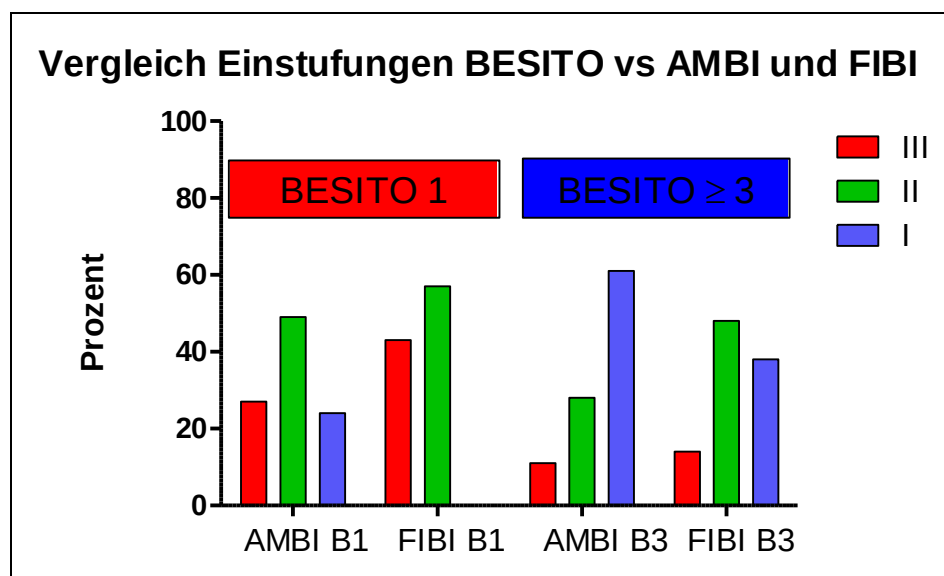


Abbildung 18: Vergleich der Einstufung der Arten mit dem BESITO-Verfahren und dem M AMBI/AMBI und FIBI; Daten aus Tabelle 16.

4.6 Eignung des BESITO-Verfahrens für das Endobenthos in der Deutschen Bucht

De Juan et al. (2007) untersuchten die Auswirkungen der Fischerei auch auf die Makrozoobenthos-zusammensetzung (Infauna > 1mm) und fanden dass, wie bei dem Epibenthos (s. o.), sich die Infaunagemeinschaften in befischten und unbefischten Gebiete deutlich unterschieden. Die befischten Gebiete waren durch wurmförmige grabende Räuber und Deposit Feeder und das unbefischte Gebiet durch sesshafte (sedentäre) tiefgrabende deposit Feeder oder sedentäre oder langsam bewegliche an der Sedimentoberfläche sitzende Organismen in Röhren charakterisiert. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen van Denderen et al. (2015), die das Endobenthos in Abhängigkeit von Scherstress und unterschiedlich hohen Fischereiintensitäten untersuchten. Um abschätzen zu können, welchen Anteil die Effekte der Fischereiaktivitäten an der Zusammensetzung der gefundenen Benthosgemeinschaft hat, ist es hilfreich die natürliche Artenzusammensetzung in Gebieten ohne anthropogene Störung zu kennen. Eine solche Untersuchung ist die von Bolam et al. (2017), die die Zusammensetzung von Endobenthosgemeinschaften in anthropogen weitgehend unbelasteten Sedimenten untersucht haben. Sie untersuchten das Endobenthos (Greiferproben) in unterschiedlichen Seegebieten (Irische See, westlicher Teil der Nordsee, Kattegat, nordwestlicher norwegischer Schelf und im Schwarzen Meer) und stellten fest, dass in tieferen, schlickigen Gebieten der Anteil der Arten, die Substanzen nach unten transportieren sowie der Suspension Feeder höher ist, als in flacheren Gebieten mit gröberen Sedimenten, die einen höheren Anteil an grabenden, diffuse mixing, räuberisch oder aasfressenden Arten aufweisen. In kiesigen Gebieten ist der Anteil der Organismen größer, die keine Bioturbation betreiben und sich asexuell vermehren.

Somit führen auch im Endobenthos Scherstress und hohe Fischereiintensitäten zu ähnlichen Gemeinschaften, die aus kleinen, deposit feeding Organismen oder mobilen Räubern und Aasfresser zusammengesetzt sind. Wie beim Epibenthos sind negative Effekte durch Fischereiintensität insbesondere in tiefen Gebieten mit feinen Sedimenten nachweisbar, während keine Effekte in flachen Gebieten mit gröberen Sedimenten gefunden werden konnten (van Denderen et al. 2014).

Es ist also sehr wahrscheinlich, dass BESITO-Berechnungen für das Makroendobenthos zu denselben Ergebnissen führen, wie für das Epibenthos.

5 Zusammenfassung und Empfehlung

In diesem Praxistest wurde die BESITO-Bewertungsmethode, die für die Bewertung der Auswirkungen der Fischereiaktivitäten auf das Benthos an der spanischen Nordküste (Atlantik Küste) entwickelt wurde, mit Daten aus der Deutschen Bucht getestet. Der Index basiert auf einer biologischen Traitanalyse. Die Traits von denen bekannt ist, dass sie durch Fischereiaktivitäten beeinflusst werden, wurden für die Bewertung herangezogen.

1) Das Prinzip der BESITO-Methodik

Die BESITO-Methodik ist nachvollziehbar begründet und einfach anzuwenden. Der theoretische Hintergrund der Methode ist geeignet die Auswirkungen von Fischerei auf das Benthos zu indizieren. Den Arten der Deutschen Bucht ließen sich weitgehend BESITO-Indexwerte zuordnen, da Traitinformationen durch Traitdatenbanken (u. a. MarLin 2006) vorhanden sind. Schwierig bleibt die Bewertung von seltenen Arten, da meist Informationen fehlen. Die Methodenbeschreibung für das fuzzy coding (Zuordnung zu den Scores innerhalb der Traits) in González-Irusta et al. (2018) ist in einigen Fällen nicht eindeutig und für einige Traits sollten die Grenzwerte verändert werden. Vorschläge dazu wurden gemacht. Sollte das BESITO-Verfahren Anwendung finden, sollte eine Methodenbeschreibung erstellt werden, um reproduzierbare und vergleichbare Ergebnisse zu erreichen.

2) BESITO-Index in der Deutschen Bucht

Qualitative Vergleiche mit historischen Daten haben ergeben, dass in den letzten Jahrhunderten die Funde der Bivalvia-Arten ab- und die der Decapoda in der Deutschen Bucht zugenommen haben. Dieser Befund lässt sich auch in den BESITO-Indexwerten

wiederfinden, indem die Arten, die abgenommen hatten höhere BESITO-Indexwerte aufwiesen, als die, die zugenommen hatten. Auch im Datensatz von H. Neumann war an Stationen mit hoher Fischereiintensität der Anteil der Decapoda höher, als an Stationen mit niedriger Fischereiintensität.

Für quantitative Vergleiche war die Datenlage nicht optimal, da der BESITO-Index in Relation zur Biomasse an den Stationen gesetzt wird und Biomassen auf Artbasis in deutschen Monitoringprogrammen meist nicht erhoben werden. Nur zwei Datensätze (H. Neumann aus 2018 und Rachor & Nehmer (2003)) enthielten Biomasse- und Abundanzdaten. Zwischen den BESITO-Indexwerten und der Intensität der Fischerei, konnten weder im Datensatz von H. Neumann noch von Rachor & Nehmer Abhängigkeiten abgeleitet werden. Da jedoch die Datenlage sehr gering war, sollten weitere Tests stattfinden.

- 3) BESITO-Werte können, unabhängig von der BESITO-Indexbewertung, auch als Sensitivitätswerte genutzt werden

Die BTA, die dem BESITO-Verfahren zugrunde liegt, wird von OSPAR (2017) auch für den BH-1 Indikator (Typical Species Indicator) vorgeschlagen, da ihr zu entnehmen ist, welche Arten als sensitiv gegenüber Fischereiaktivitäten (BESITO-Wert ≥ 3) zu bewerten sind.

Zusammenfassend kann ausgesagt werden, dass das BESITO-Verfahren von seiner theoretischen Idee her auch in der Deutschen Bucht funktionieren könnte. Allerdings wird das Verfahren nur in Gebieten mit geringem natürlichen, physikalischen Stress, also in den tieferen Bereichen mit geringem Scherstress, funktionieren. Da sich die Regionen in der Deutschen Bucht natürlicherweise deutlich von den abiotischen Faktoren her unterscheiden (Wassertiefen, Scherkräfte, Sedimente), müssen die BESITO-Indexwerte, wie auch die Indexwerte von anderen Bewertungsverfahren, in Relation zu Referenzwerten gesetzt werden. Die Bestimmung von Referenzwerten aus ungestörten Gebieten in der Nordsee ist schwierig, da in den meisten Regionen seit langer Zeit intensive Fischerei stattfindet. Allerdings gibt es noch immer Regionen mit geringer Fischerei, die als Referenzgebiete genutzt werden könnten, obwohl es natürlich besser wäre, vollständig ungenutzte Flächen als Referenzgebiete zur Verfügung zu haben.

Weitere Tests sollten mit Epibenthosdaten, die über Angaben zu Biomassen und Abundanz verfügen, durchgeführt werden und auf der vorgeschlagenen Trait-Tabelle (Tabelle 15) basieren.

Ein großes Problem ist der Bezug zur Fischereiintensität, da sich die verfügbaren Daten auf eine große Fläche von ca. 15 km² beziehen und gezeigt werden konnte, dass kleinräumig große Unterschiede in den Fischereiaktivitäten bestehen können und damit die kausalen Zusammenhänge zur benthischen Besiedlung verwässert werden.

Empfehlungen:

- Weitere Tests mit der in dieser Studie vorgeschlagenen Trait-Tabelle (Tabelle 15) und Überprüfung der Plausibilität durch einen Abgleich mit den vorhandenen Einstufungen wie FIBI, BISI oder BH3 und Neuberechnung und Vergleich mit der Fischereiintensität (Surface, SAR) mit Epibenthos-Datensätzen, die Abundanz- und Biomassewerte enthalten, wie z. B. die H. Neumann-Stationen. Weitere mögliche Datensätze könnten z. B. die Daten des vom ICES koordinierten internationalen 'Bottom Trawl Survey' sein, die seit 1998 erhoben werden und im von Thünen-Institut verfügbar sind.
- Im von Thünen-Institut werden Benthosuntersuchungen entlang eines Fischereiintensitäts-Gradienten gemacht (H. Neumann, pers. comm.). Mit diesen Benthosdaten sollten BESITO-Berechnungen durchgeführt werden, da ein direkter Bezug zu der Fischereiintensität hergestellt werden kann.
- Erarbeitung von gebietsspezifischen Referenzwerten für das BESITO-Verfahren für das Epibenthos. Das kann dazu führen, dass sich die BESITO-Indexwerte einzelner Arten verändern.

- Fokussierung auf reine Epibenthos-Arten und Ausschluss von Arten, die dem Makroendobenthos zuzuordnen sind.
- Interessant wäre auch ein Vergleich zwischen der Reaktion der Epi- und Endofauna an einer Station auf den BESITO.
- Der gesamte Datensatz für Nordsee von Stein et al. (1990) sollte genutzt werden, alle Arten zu identifizieren, die heute nicht mehr oder heute häufiger vorkommen. In der vorliegenden Arbeit, wurden die Vergleiche nur für einzelne Stationen durchgeführt.
- Erarbeitung von einer Definition für das Epibenthos 1) Begriffsabgrenzung zur Endofauna und 2) Standardisierung der Probenahme und Aufarbeitung der Epibenthosproben.
- Sollte das Epibenthos Bestandteil der MSRL-Bewertung werden, sollte eine harmonisierte Probennahme entwickelt werden, sodass die Daten von unterschiedlichen Erhebungen vergleichbar werden und außerdem sollten auch die Daten für Abundanz und Biomassen erhoben werden.
- Sehr wichtig sind größere ungenutzte Flächen in den unterschiedlichen Habitaten der einzelnen BHTs in der Nordsee, die als Referenzgebiete genutzt werden könnten. Ohne einen Bezug zum guten Zustand lässt sich eine fundierte Bewertung des ökologischen Zustands nicht zufriedenstellend durchführen.

6 Danksagungen

Ich danke Dr. Jan Witt (NLWKN) und Dr. Rolf Karez (LLUR) für die Beauftragung zu diesem interessanten Projekt und die Diskussionsbereitschaft während des Projektes. Frau Dipl. Biol. Petra Schmitt, Dr. Alexander Schröder und Dr. Jan Witt danke ich für die guten Diskussionsbeiträge zu diesem Bericht.

Herrn Dr. Jan Beermann und Frau Dr. Jennifer Dannheim (beide AWI) danke ich für die Unterstützung zu den Traitinformationen und für das Einverständnis zur Nutzung des AWI-Datensatzes von Rachor & Nehmer. Herrn Dr. Michael Zettler (IOW) danke ich für die Bereitstellung der Epifaunadaten aus dem BSH/IOW-Monitoringprogramm. Herrn Dr. Hermann Neumann (von Thünen Institut) danke ich für die Bereitstellung von Daten. Frau Dipl. Biol. Petra Schmitt (BioConsult) für die Diskussionsbereitschaft und große Hilfe bei der Beschaffung der OSPAR-Unterlagen. Herrn Dr. Ole Eigaard (National Institute of Aquatic Resources, Technical University of Denmark) danke ich für die Bereitstellung der Daten 2010 zu kleinräumigen Fischereiintensitäten.

7 Literaturverzeichnis

- Azti.es AZTI-Tecnalia (2019): AMBI, AZTI Marine Biotic Index. Version 5.0. Online verfügbar unter www.azti.es.
- Beauchard, O.; Veríssimo, H.; Queirós, A. M.; Herman, P.M.J. (2017): The use of multiple biological traits in marine community ecology and its potential in ecological indicator development. In: *Ecological Indicators* 76, S. 81–96. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.01.011.
- Beermann, J.; Holstein, J.; Dannheim, J.; Heyer, K. (2017): Zoobenthische Datenanalyse zu Status und Belastungen der Benthosgemeinschaften in der Deutschen Bucht, im Auftrag des LLUR und NLWKN. Endbericht, 146 Seiten.
- Bolam, S. G.; Garcia, C.; Eggleton, J.; Kenny, A. J.; Buhl-Mortensen, L.; Gonzalez-Mirelis, G. et al. (2017): Differences in biological traits composition of benthic assemblages between unimpacted habitats. In: *Marine environmental research* 126, S. 1–13. DOI: 10.1016/j.marenvres.2017.01.004.
- Borja, A.; Franco, J.; Pérez, V. (2000): A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft- Bottom Benthos Within European Estuarine and Coastal Environments. In: *Marine Pollution Bulletin* 40 (12), S. 1100–1114.
- Borja, A.; Muxika, I.; Franco, J. (2003): The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. In: *Marine Pollution Bulletin* 46, S. 835–845.
- Chevene, F.; Dolédec, S.; Chessel, D. (1994): A fuzzy coding approach for the analysis of long-term ecological data. In: *Freshwater Biology* 31, S. 295–309.
- De Juan, S.; Demestre, M. (2012): A Trawl Disturbance Indicator to quantify large scale fishing impact on benthic ecosystems. In: *Ecological Indicators* 18, S. 183–190. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.11.020.
- De Juan, D.; Thrush, S. F.; Demestre, M. (2007): Functional changes as indicators of trawling disturbance on a benthic community located in a fishing ground (NW Mediterranean Sea). In: *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 334, S. 117–129. DOI: 10.3354/meps334117.

- Duineveld, G. C. A.; Bergman, M. J. N.; Lavaleye, M. S.S. (2007): Effects of an area closed to fisheries on the composition of the benthic fauna in the southern North Sea. In: *ICES Journal of Marine Science*, S. 899–908.
- Eigaard, O. R.; Bastardie, F.; Hintzen, N. T.; Buhl-Mortensen, L.; Buhl-Mortensen, P.; Catarino, R. et al. (2017): The footprint of bottom trawling in European waters: distribution, intensity, and seabed integrity. In: *ICES Journal of Marine Science* 74 (3), S. 847–865. DOI: 10.1093/icesjms/fsw194.
- Figge K. (1981) Sedimentverteilung in der Deutschen Bucht (Blatt: 2900, Maßstab: 1:250.000). Deutsches Hydrographisches Institut, Hamburg. Online: <http://www.gpdn.de/gpdn/wilma.aspx?pgId=337&WilmaLogonActionBehavior=Default>
- Gittenberger, A.; van Loon, W. (2013): Sensitivities of marine macrozoobenthos to environmental pressures in the Netherlands. In: *Nederlandse Faunistische Mededelingen* 41, S. 79–112.
- González-Irusta, J. M.; La Torriente, .de; Punzón, A.; Blanco, M.; Serrano, A.(2018): Determining and mapping species sensitivity to trawling impacts. The Benthos Sensitivity Index to Trawling Operations (BESITO). In: *ICES Journal of Marine Science* 412, S. 207. DOI: 10.1093/icesjms/fsy030.
- Heyer, K. (2019): MSRL Monitoringkonzept für das Makrozoobenthos an der niedersächsischen Küste und in der Deutschen Bucht; Bericht erstellt im Auftrag des Niedersächsischen Landesbetriebs für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), pp. 60.
- Hiddink, J. G.; Jennings, S.; Kaiser, M. J.; Queirós, A. M.; Duplisea, D. E.; Piet, G. J. (2006): Cumulative impacts of seabed trawl disturbance on benthic biomass, production, and species richness in different habitats. In: *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 63 (4), S. 721–736. DOI: 10.1139/f05-266.
- ICES (2015): Fishing abrasion pressure maps for mobile bottom-contacting gears. Available as ESRI Raster data at: http://ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Data%20Outputs/OSPAR_mapping_bottom_fishing_intensity_data_outputs_2015.zip
- ICES (2018): Spatial data layers of fishing intensity/ pressure per gear type for surface and subsurface abrasion, for the years 2009 to 2017 in the OSPAR regions II and III (ver. 2, 22 January, 2019): ICES data product release, <https://doi.org/10.17895/ices.data.4686>
- Lenz, W. (1992): Die Überfischung der Nordsee – ein historischer Überblick des Konflikts zwischen Politik und Wissenschaft. *Historisch-meereskundliches Jahrbuch* 1, S. 87–108.
- MarLIN, 2006. *BIOTIC - Biological Traits Information Catalogue*. Marine Life Information Network. Plymouth: Marine Biological Association of the United Kingdom. geprüft 1.10. 2019]: Available from <www.marlin.ac.uk/biotic>.
- Muxika, I.; Borja, A.; Bald, J. (2007): Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. In: *Marine Pollution Bulletin* 55 (1-6), S. 16–29.
- Neumann, H.; Diekmann, R.; Kröncke, I. (2016): Functional composition of epifauna in the south-eastern North Sea in relation to habitat characteristics and fishing effort. In: *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 169, S. 182–194. DOI: 10.1016/j.ecss.2015.12.011.
- OSPAR (2017): OSPAR- Biodiversity Indicators, Candidate Indicator Typical Species Composition (BH1),DRAFT Generic guidelines for Coordinated Environmental Monitoring Programme (CEMP).
- Rachor, E.; Nehmer P. (2003): Erfassung und Bewertung ökologisch wertvoller Lebensräume in der Nordsee. Online verfügbar unter www.vliz.be/imisdocs/publications/67266.pdf, zuletzt geprüft am 15.08.2015. Daten: <https://doi.pangaea.de/10.1594/PANGAEA.756768>
- Rachor, E.; Bönsch, R.; Boos, K.; Gosselck, F.; Grotjahn, M.; Günther, C.-P. et al. (2013): Rote Liste und Artenlisten der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere. 4. Fassung, Stand Dezember 2007, einzelne Aktualisierungen bis 2012; In: Becker, N.; Haupt, H.; Hofbauer, N.; Ludwig, G. & Nehring, S. (Red.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands, Band 2: Meeresorganismen. - Münster (Landwirtschaftsverlag). - Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (2): S. 81-176.
- Reibisch, J. (1905): Faunistisch-biologische Untersuchungen über Amphipoden der Nordsee, I. Teil, Bd. VIII. In: *Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Neue Folge, Abteilung Kiel (Kiel und Leipzig bei Lipsius & Tischer)*, S. 146–188, zuletzt geprüft am 17.11.2017.
- Rijnsdorp, A. D.; Bastardie, F.; Bolam, S. G.; Buhl-Mortensen, L.; Eigaard, O. R.; Hamon, K. G. et al. (2016): Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. In: *ICES J. Mar. Sci.* 73 (suppl 1), i127-i138. DOI: 10.1093/icesjms/fsv207.
- Rijnsdorp, A.; Eigaard, O. R.; Kenny, A.; Hiddink, J. G.; Hamon, K.; Piet, G. et al. (2017): Benthic Ecosystem Fisheries Impact Study - Final Report, zuletzt geprüft am 09.01.2020.
- Sciberras, M.; Hiddink, J. G.; Jennings, S.; Szostek, C. L.; Hughes, K. M.; Kneafsey, B. et al. (2018): Response of benthic fauna to experimental bottom fishing: A global meta-analysis. Online verfügbar unter <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/faf.12283>, zuletzt geprüft am 01.10.2019.
- Shojaei, M. G.; Gutow, L.; Dannheim, J.; Pehlke, H.; Brey, T. (2015): Functional diversity and traits assembly patterns of benthic macrofaunal communities in the southern North Sea; In: *Towards an Interdisciplinary Approach in Earth System Science* (pp. 183-195). Springer International Publishing, Switzerland.

- Shojaei, M. G. (2016): Developments in the German Bight benthic ecology driven by climate change and anthropogenic utilization. Dissertation, Universität Bremen. Fachbereich 2 Biologie/Chemie, zuletzt geprüft am 10.02.2020.
- Stein U., Hukriede, W., Rumohr H. (1990) Historische Benthosdaten aus Nord- und Ostsee in den Jahren 1902– 1912. Mitteilungen Zoologisches Museum, Universität Kiel, Suppl. 3: 189 pp.
- Tillin, H. M.; Hiddink, J. G.; Jennings, S.; Kaiser, M. J. (2006): Chronic bottom trawling alters the functional composition of benthic invertebrate communities on a sea-basin scale. In: *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 318, S. 31–45. DOI: 10.3354/meps318031.
- van Kooten, T.; van Denderen, P. D.; Glorius, S.; van der Tjalling, J.; Witbaard, R.; Ruurdij, P. et al. (2015): An exploratory analysis of environmental conditions and trawling on species richness and benthic ecosystem structure in the Frisan Front and Central Oyster Grounds; IMARES Report C037/15, 47 pp.
- van Denderen, P. Daniël; Hintzen, Niels T.; Rijnsdorp, Adriaan D.; Ruurdij, Piet; van Kooten, Tobias (2014): Habitat-Specific Effects of Fishing Disturbance on Benthic Species Richness in Marine Soft Sediments. In: *Ecosystems* 17 (7), S. 1216–1226. DOI: 10.1007/s10021-014-9789-x.
- van Denderen, P. D.; Bolam, S. G.; Hiddink, J. G.; Jennings, S.; Kenny, A.; Rijnsdorp, A. D.; van Kooten, T. (2015): Similar effects of bottom trawling and natural disturbance on composition and function of benthic communities across habitats. In: *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 541, S. 31–43. DOI: 10.3354/meps11550.
- Wasmund, N.; Postel, L.; Zettler, M. L. (2012): Biologische Bedingungen in der deutschen ausschließlichen Wirtschaftszone der Nordsee im Jahre 2011. In: *Meereswiss. Ber., Warnemünde*, 90. ISSN 2195-657X.
- Wrede, A.; Dannheim, J. (2015): Entwicklung des Epibenthos nach Einstellung der Fischerei in Windparkgebieten der Deutschen Bucht. Projektbericht im Auftrag des NLWKN und LLUR, pp.71.
- WoRMS Editorial Board: World Register of Marine Species. Available from <http://www.marinespecies.org> at VLIZ. 11.12.2019.

8 Annex

Annex A: Erläuterungen von González-Irusta (pers. comm.) zu einigen Traits:

Größe: Die Größe, die im BESITO verwendet wird, entspricht der totalen Größe, d. h. inklusive Arme, Dornen, etc. González-Irusta et al. beziehen sich bei den Größen auf die Größe der Arten in der Cantabrischen See. Für Arten, die noch nicht eingestuft wurden, sollten die Größen für das Gebiet, das bewertet werden soll, bestimmt werden.

Flexibilität: Der Flexibilitätswinkel bezieht sich nur auf die sessilen Organismen, während alle beweglichen Organismen mit 1 eingestuft werden, unabhängig von ihrer größeren oder kleineren Flexibilität ihrer Körper.

Benthische Position: ‚grabend, bzw. vergraben‘ bezieht sich auf alle Arten, die hauptsächlich unterhalb der Sedimentoberfläche leben, unabhängig ob sie zeitweise in der Lage sind zu kriechen oder zu schwimmen (z. B. *Nephrops norvegicus*, *Spatangus purpureus*). Ein spezieller Fall sind Arten der Pennatulacea, die meist mehr als > 20 cm über das Sediment aufragen, aber im Fall von physikalischen Stress sich vergraben können oder sich auf dem Sediment langlegen. Für den Fall, dass sie vergraben sind, soll der Score gleich 1, für den Fall, dass sie auf dem Sediment liegen, soll der Score gleich 3 gewählt werden. Das wird auch für andere Arten vorgeschlagen, wenn sie sich so wie die Pennatulacea verhalten.

Zerbrechlichkeit: Score 1 für Arten mit besonders harter Schale (z. B. ein Hammer wird benötigt, die Schale zu zerbrechen), Score 2 für Arten mit irgendeiner Art von Schutz z. B. aus Kalk, Score 3 für Arten ohne speziellen Schutz und Score 4 für Arten, deren Schale sie noch anfälliger gegenüber einer Störung sein lässt, z. B. *Echinus melo*.

Indexberechnung: Obwohl es nicht häufig vorkommt, sollen Arten, deren BESITO-Indexwert gleich 0 wäre (Werte > 0,5) auf 1 eingestuft werden und Arten, deren BESITO-Indexwert gleich 6 wäre (Werte > 5,5) auf 5 eingestuft werden.

Annex B: Tabellen und Abbildungen:

Annex-tabelle 1: Eingestufte Arten für den BESITO; gelbe Felder von der Autorin bestimmte Werte; ?? = keine oder nur unvollständige Informationen vorhanden.

Art	Grö- ße	Lang- lebig- keit	Be- we- gung	Anhaf- tung	Ben- thische Position	Flexibi- lität	Ro- bust- heit	Ernäh- rung- typ	BESITO	ger. BESITO
<i>Tryphosa nana</i>	1	1	1	1	3	1	1	1	0.27	0
<i>Abludomelita obtusata</i>	1	1	2	1	3	1	2.5	3	1.48	1
<i>Abra nitida</i>	1	1	3	1	1	1	2	4	1.48	1
<i>Anapagurus laevis</i>	1	1	2	1	3	1	2.5	1.5	1.03	1
<i>Aora gracilis</i>	1	1	2	3	3	1	1	3	1.33	1
<i>Apolochus neapolitanus</i>	1	1	3	1	1	1	1	3	0.88	1
<i>Astarte montagui</i>	1	1	3	1	1	1	1	3.5	1.03	1
<i>Astropecten irregularis</i>	2	1	2	1	3	1	3	2	1.33	1
<i>Bathyporeia elegans</i>	1	1	2	1	2	1	2.5	3	1.33	1
<i>Bodotria scorpioides</i>	1	1	2	1	3	1	1.5	3	1.18	1
<i>Corbula gibba</i>	1	1	3	1	1	1	1.5	4	1.33	1
<i>Crangon crangon</i>	2	1	2	1	3	1	3	2	1.41	1
<i>Cylichna cylindracea</i>	1	1.5	3	1	1	1	2	1	0.80	1
<i>Ebalia cranchi</i>	1	1	2	1	1	1	3.5	2	1.18	1
<i>Eumida sanguinea</i>	2	1	2.5	1	1	1	2.5	1	0.95	1
<i>Eurydice pulchra</i>	1	1	2	1	1	1	3	1.5	0.88	1
<i>Euspira nitida</i>	2	1	3	1	1	1	1	2	0.88	1
<i>Gattyana cirrhosa</i>	2	1.5	3	1	1	1	1	1.5	0.95	1
<i>Goniada maculata</i>	1	1	3	1	1	1	2.5	1	0.73	1
<i>Harmothoe glabra</i>	1.5	1.5	1.5	1	1	1	2.5	1	0.88	1
<i>Hippomedon denticulatus</i>	1	1	3	1	3	1	2	3	1.48	1
<i>Kurtiella bidentata</i>	1	1	2.5	1	1	1	2.5	3.5	1.41	1
<i>Malmgrenia ljunmani</i>	2	1.5	1.5	1	1	1	2.5	1	1.03	1
<i>Mesopodopsis slabberi</i>	1	1	1	1	3	1	2.5	2	1.03	1
<i>Myrianida prolifera</i>	1	1	1.5	1	1	1	2.5	1	0.50	1
<i>Nephtys hombergi</i>	2	1	2	1	1	1	2.5	1.5	1.03	1
<i>Nototropis swammerdamei</i>	1	1	1.5	1	3	1	2	3	1.26	1
<i>Pagurus prideaux</i>	1	1	2	1	3	1	3	2	1.18	1
<i>Peringia ulva</i>	1	1	2	1	3	1	1	3	1.03	1
<i>Pholoe baltica</i> , bzw. <i>P.spp in</i> <i>BIOTICA</i>	1	2	2	1	2	1	2.5	2	1.48	1
<i>Pholoe spec.</i>	1	1	2	1	1	1	2.5	1	0.58	1
<i>Photis longicaudata</i>	1	1	2	1	3	1	1.5	4	1.48	1
<i>Phyllodoce maculata</i>	1.5	1.5	3	1	1	1	1	1.5	0.80	1
<i>Phyllodoce mucosa</i>	1.5	1.5	3	1	1	1	1	1.5	0.80	1
<i>Podarkeopsis helgolandicus</i>	1	1	2.5	1	1	1	2.5	2	0.95	1
<i>Pseudocuma (Pseudocuma)</i> <i>longicorne</i>	1	1	2	1	1	1	2.5	2	0.88	1
<i>Scoloplos (Scoloplos) armiger</i>	3	1	3	1	1	1	1	3	1.48	1
<i>Scopelocheirus hopei</i>	1	1	1	1	3	1	2.5	2	1.03	1
<i>Stenothoe marina</i>	1	1	2	1	2.5	1	2	1	0.65	1
<i>Abra alba</i>	1	1	3	1	1	1	3.5	3.5	1.79	2
<i>Abra prismatica</i>	1	2	3	1	1	1	2.5	3.5	1.94	2
<i>Acanthocardia echinata</i>	2	3	3	1	1	1	1	4	2.39	2
<i>Amphictene auricoma</i>	2	1	3	1	1	1	2.5	3	1.64	2
<i>Aphrodita aculeata</i>	3	2	3	1	1	1	3	2	1.86	2
<i>Aporrhais pespelecani</i>	2	2	3	1	1	1	1.5	4	2.09	2
<i>Aporrhais spp. A.seresianus*</i>	2	2	3	1	3	1	2	3	1.94	2
<i>Asbjornsenia pygmaea</i>	1	1.5	3	1	1	1	2.5	3	1.56	2
<i>Asterias rubens</i>	3	2	2	1	3	1	3	2	2.09	2
<i>Brissopsis lyrifera</i>	2	1	3	1	1	1	4	3	2.09	2

Fortsetzung Annex tab. 1/ Art	Grö- ße	Lang- lebig- keit	Be- we- gung	Anhaf- tung	Ben- thische Position	Flexibi- lität	Ro- bust- heit	Ernäh- rung- typ	BESITO	ger. BESITO
<i>Buccinum undatum</i>	2	3	2	1	3	1	1	2	1.79	2
<i>Callianassa subterranea</i>	2	1	3	1	4	1	3	3	2.24	2
<i>Cancer pagurus</i>	3	3	2	1	3	1	1.5	2	2.39	2
<i>Carcinus maenas</i>	2	2	2	1	3	1	4	2	2.39	2
<i>Cerastoderma edule</i>	2	2	2.5	1	1	1	1	4	1.86	2
<i>Chamelea gallina</i>	2	2	3	1	1	1	2	4	2.24	2
<i>Clytia hemisphaerica</i>	1	2	4	3	3	1	3	2	2.39	2
<i>Corystes cassivelaunus</i>	2	1	3	1	3	1	3	2	1.64	2
<i>Crangon allmanni</i>	2	2	2	1	3	1	3	2	1.94	2
<i>Diastylis rathkei</i>	2	1	2	1	3	1	2	3	1.64	2
<i>Donax vittatus</i>	1	1.5	2.5	1	2	1	2	4	1.79	2
<i>Echinocyamus pusillus</i>	1	1	3	1	1	1	4	3	1.79	2
<i>Ennucula tenuis</i>	1	2	3	1	1	1	3	3	1.71	2
<i>Fabulina fabula</i>	2	2	3	1	1	1	2.5	3	2.09	2
<i>Galathea intermedia</i>	1	1.5	2	1	3	1	2.5	3	1.71	2
<i>Gammaropsis nitida</i>	1	1	2	1	3	1	2	4	1.64	2
<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1.5	1	2	1	3	1	2.5	3.5	1.79	2
<i>Gavi fervensis</i>	2	2	3	1	1	1	2	4	2.24	2
<i>Henricia sanguinolenta</i>	3	1	2	1	3	1	3	3	2.09	2
<i>Hyala vitrea</i>	1	1	2.5	1	3	1	3.5	3	1.86	2
<i>Hydractinia echinata</i>	1	1	4	4	3	1	3	1	1.79	2
<i>Hydrozoa</i>	1	1	4	4	3	1	3	3	2.39	2
<i>Idotea linearis</i>	2	1	2	1	3	1	2.5	3	1.79	2
<i>Inachus dorsettensis</i>	2	1.5	2	1	3	1	3	1.5	1.71	2
<i>Lagis koreni</i>	2	1	3	1	1	1	2.5	3	1.64	2
<i>Laonome kroyeri</i>	2	1	3	3	1	1	2.5	3.5	2.09	2
<i>Leptasterias muelleri</i>	3	1	2	1	3	1	2	2	1.64	2
<i>Liocarcinus depurator</i>	2	2	2	1	3	1	3	2	1.94	2
<i>Liocarcinus holsatus</i>	2	2	2	1	2	1	3	2	1.71	2
<i>Lucinoma borealis</i>	2	1.5	3	1	1	1	1	4	1.71	2
<i>Luidia sarsii</i>	3	1	3	1	2	1	3	1.5	1.79	2
<i>Macoma balthica</i>	1.5	2	2.5	1	1	1	2.5	3.5	2.02	2
<i>Macropodia</i>	1	1	2	1	3	1	4	2	1.64	2
<i>Macropodia deflexa</i>									1.64	2
<i>Macropodia linaresi</i>									1.64	2
<i>Macropodia rostrata</i>									1.64	2
<i>Magelona johnstoni</i>	3	1	3	1	1	1	3	3	2.09	2
<i>Mysia undata</i>	2	1.5	3	1	1	1	2	3.5	1.86	2
<i>Neomysis integer</i>	1	1	2	1	3	1	2.5	4	1.79	2
<i>Nephrops norvegicus</i>	3	2	2	1	1	1	2.5	1.5	1.79	2
<i>Nephtys caeca</i>	3	2	2	1	1	1	3	2	2.09	2
<i>Nucula nitidosa</i>	1	2	3	1	1	1	3	3	1.79	2
<i>Ophiocten affinis</i>	2	1.5	2.5	1	3	1	4	2.5	2.39	2
<i>Ophiura albida</i>	2	1	3	1	3	1	3	3	2.02	2
<i>Ophiura ophiura</i>	2	2	2	1	3	1	3	2	1.94	2
<i>Owenia fusiformis</i>	2	1	3	1	1	1	3.5	3.5	2.09	2
<i>Pagurus bernhardus</i>	2	2	2	1	3	1	2	2	1.79	2
<i>Phialella quadrata</i>	1	1	4	3	3	1	3	2.5	2.09	2
<i>Phoronis</i>	2	1	3	1	2	1	2.5	4	2.09	2
<i>Phyllodoce groenlandica</i>	3	1.5	2.5	1	1	1	3	1.5	1.79	2
<i>Pisidia longicornis</i>	1	1	2	1	3	1	4	4	2.02	2
<i>Processa nouveli nouveli</i>	2	1	2.5	1	2	1	3	3	1.86	2
<i>Psammechinus miliaris</i>	2	2	2	1	3	1	3	2	1.94	2
<i>Schistomysis kervillei</i>	1	1	2.5	1	3	1	2.5	3	1.56	2
<i>Schistomysis ornata</i>	1	1	2.5	1	3	1	2.5	3	1.56	2
<i>Schistomysis spiritus</i>	1	1	2.5	1	3	1	2.5	4	1.86	2

Fortsetzung Annex tab. 1/ Art	Grö- ße	Lang- lebig- keit	Be- we- gung	Anhaf- tung	Ben- thische Position	Flexibi- lität	Ro- bust- heit	Ernäh- rung- typ	BESITO	ger. BESITO
<i>Spisula solida</i>	2	2	3	1	1	1	3	4	2.39	2
<i>Tellimya ferruginosa</i>	1	1.5	1.5	1.5	1	1	2.5	4	1.71	2
<i>Thracia phaseolina</i>	2	1.5	3	1	1	1	2.5	3	1.86	2
<i>Turritella communis</i>	2	2	3	1	1	1	1	3.5	1.79	2
<i>Abietinaria abietina</i>	2	1	4	4	3	1	3.5	2	2.55	3
<i>Aequipecten opercularis</i>	2	2	1	3	3	4	3	4	3.15	3
<i>Alcyonium digitatum</i>	3	3	4	4	4	3	3.5	2.5	4.36	4
<i>Amphiura filiformis</i>	3	3	3	1	2	1	3	4	3.30	3
<i>Anomia ephippium</i>	2	1	4	4	3	4	4	4	3.76	4
<i>Anthozoa</i>	2.5	2.5	4	4	3	1	2.5	4	3.68	4
<i>Arctica islandica</i>	3	4	3	1	1	1	1	4	3.00	3
<i>Ascidia scabra</i>	2	1	4	4	3	1	3	4	3.00	3
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	2	2	3	1	1	1	3	4	2.55	3
<i>Ciona intestinalis</i>	3	1	4	4	3	1	3.5	3.5	3.30	3
<i>Crepidula fornicata</i>	2	2	3	3	3	4	1	4	3.00	3
<i>Dosinia lupinus</i>	2	3	3	1	1	1	3	4	2.85	3
<i>Echinocardium cordatum</i>	2	3	3	1	1	1	3	3	2.70	3
<i>Echinocardium flavescens</i>	2	3	3	1	1	1	3.5	3	2.85	3
<i>Electra pilosa</i>	2	1	4	4	3	4	3	4	3.45	3
<i>Ensis directus</i>	3	2	3	1	1	1	4	4	3.15	3
<i>Ensis ensis</i>	3	3	3	1	1	1	4	4	3.61	4
<i>Ensis siliqua</i>	3	3	3	1	1	1	4	4	3.61	4
<i>Hiatella arctica</i>	2	3	4	4	3	4	1.5	4	3.91	4
<i>Hiatella rugosa</i>	2	4	3	1	1	1	1	4	2.85	3
<i>Hydrallmania falcata</i>	3	1	4	4	4	1	3	4	3.45	3
<i>Lanice conchilega</i>	3	1	3	1	1	1	4	3.5	2.55	3
<i>Leptopentacta elongata</i>	3	2	3	1	3	1	2	3	2.55	3
<i>Modiolus modiolus</i>	3	4	4	4	3	4	3	4	4.82	5
<i>Musculus marmoratus</i>	1	2	4	4	3	4	2.5	4	3.45	3
<i>Mytilus edulis</i>	2	3	4	3.5	3	4	2	4	3.98	4
<i>Neptunea antiqua</i>	3	4	2	1	3	1	1	1.5	2.55	3
<i>Obelia dichotoma</i>	2	1	4	4	3	4	2.5	3	3.00	3
<i>Obelia longissima</i>	2	1	4	4	3	1	3	4	3.00	3
<i>Ohiothrix fragilis</i>	3	2	2	1	3	1	3	4	3.00	3
<i>Ostrea edulis</i>	2	2	4	4	3	4	1	4	3.30	3
<i>Pariambus typicus</i>	1	1	2.5	3	3	3	3	4	2.62	3
<i>Phaxas pellucidus</i>	2	2	3	1	1	1	4	4	2.85	3
<i>Sertularia cupressina</i>	4	1.5	4	4	3	1	4	2	3.53	4
<i>Spatangus purpureus</i>	3	3	3	1	1	1	4	3	3.15	3
<i>Spisula subtruncata</i>	2	2	3	1	3	1	2.5	4	2.70	3
<i>Stylea coriacea</i>	3	1	4	4	3	1	3	4	3.30	3
<i>Suberites ficus</i>	3	1	4	4	4	4	3	4	3.91	4
<i>Thracia convexa</i>	2	2	3	1	1	1	4	4	2.62	3
<i>Tubularia</i>	2	1	4	4	3	1	3.5	2	2.55	3
<i>Upogebia deltaura</i>	3	3	3	1	1	1	3	3	3.00	3
<i>Upogebia spp. Biotic</i>	3	3	3	1	1	1	3	4	3.15	3
<i>Abietinaria</i>									??	
<i>Aeolidia papillosa</i>									??	
<i>Alcyonidium polyomm</i>									??	
<i>Alcyonium glomeratum</i>									??	
<i>Bougainvillia</i>									??	
<i>Bylgides sarsi</i>									??	
<i>Crisia eburnea</i>									??	
<i>Cryptonatica affinis</i>									??	
<i>Dendronotus frondosus</i>									??	
<i>Diastylis bradyi</i>	1	??	2	3	??	??	??	3	??	

Fortsetzung Annex tab. 1/ Art	Grö- ße	Lang- lebig- keit	Be- we- gung	Anhaf- tung	Ben- thische Position	Flexibi- lität	Ro- bust- heit	Ernäh- rung- typ	BESITO	ger. BESITO
<i>Diastylis laevis</i>	1	??	2	3	??	??	??	3	??	
<i>Dicoryne</i>									??	
<i>Diogenes pugilator</i>									??	
<i>Diogenes pugilator</i>									??	
<i>Diplocirrus glaucus</i>	1	?	?	1	1	1	?	3	??	
<i>Doris spec.</i>									??	
<i>Ebalia tuberosa</i>	1	1	2	1	??	1	3	??	??	
<i>Einhornia crustulenta</i>									??	
<i>Epitonium clathrus</i>	2	??	??	??	1	??	??	1	??	
<i>Erichthonius punctatus</i>									??	
<i>Eualus pusiulus</i>									??	
<i>Eulima spec.</i>	1	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Euspira montagui</i>									??	
<i>Euspira pallida</i>									??	
<i>Galathea nexa</i>									??	
<i>Galathea squamifera</i>	2	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Gammaropsis maculata</i>	1	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Gammarus</i>									??	
<i>Gammarus oceanicus</i>									??	
<i>Glycera alba</i>	2	??	1.5	1	2	1	3	1.5	??	
<i>Glycinde nordmanni</i>	??	??	3	1	1	1	2.5	1.5	??	
<i>Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris</i>									??	
<i>Goneplax rhomboides</i>	??	??	3	1	3	1		2	??	
<i>Goodallia triangularis</i>	1	??	3	1	1	1	??	??	??	
<i>Goodallia triangularis</i>	1	??	3	1	??	1	??	4	??	
<i>Hyas araneus</i>									??	
<i>Hyas coarctatus</i>	2	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Idotea balthica</i>									??	
<i>Idotea emarginata</i>									??	
<i>Janira maculosa</i>	1	?	?	?	?	?	?	?	??	
<i>Laona quadrata</i>									??	
<i>Lepton squamosum</i>	1	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Melita hergensis</i>									??	
<i>Metopa rubrovittata</i>									??	
<i>Microprotopus maculatus</i>	1	??	2	1	2	1	??	2	??	
<i>Mimachlamys varia</i>	2.5	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Monocorophium sextonae</i>									??	
<i>Montacuta spec.</i>									??	
<i>Musculus niger</i>									??	
<i>Mysida</i>									??	
<i>Natatolana borealis</i>									??	
<i>Nemertea</i>									??	
<i>Nereis pelagia</i>									??	
<i>Nicolea zostericola</i>									??	
<i>Nymphon brevirostre</i>									??	
<i>Obelia geniculata</i>									??	
<i>Pagurus pubescens</i>									??	
<i>Palaemon varians</i>									??	
<i>Pandalus montagui</i>									??	
<i>Panomys norvegica</i>									??	
<i>Parakanthophoreus longiremis</i>	??	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Pectinaria belgica</i>									??	
<i>Pelonaia corrugata</i>	3	??	??	??	??	??	??	??	??	
<i>Phascolion (Phascolion) strombus strombus</i>									??	

Fortsetzung Annex tab. 1/ Art	Grö- ße	Lang- lebig- keit	Be- we- gung	Anhaf- tung	Ben- thische Position	Flexibi- lität	Ro- bust- heit	Ernäh- rung- typ	BESITO	ger. BESITO
<i>Philocheras bispinosus</i>	2	??	1	1	3	1	??	??	??	
<i>Philocheras trispinosus</i>									??	
<i>Praunus flexuosus</i>									??	
<i>Solen spec.</i>									??	
<i>Spirobranchus triqueter</i>									??	
<i>Spirontocaris spinus</i>									??	
<i>Thia scutellata</i>									??	
<i>Tritia incrassata</i>									??	
<i>Tritonia hombergii</i>									??	
<i>Turbellaria</i>									??	

Annex tabelle 2: Vergleich der Arten der BSH/IOW-Monitoringstationen NSGR2, NEBF und SWWBA, deren BESITO-Indexwerte, ?? = Art lässt sich wegen fehlender Informationen nicht einstufen, nb = Art noch nicht eingestuft; Zahl in der Spalte der drei Stationen gibt die Häufigkeit an in der eine Art in den maximal 4 Beprobungen angetroffen wurde.

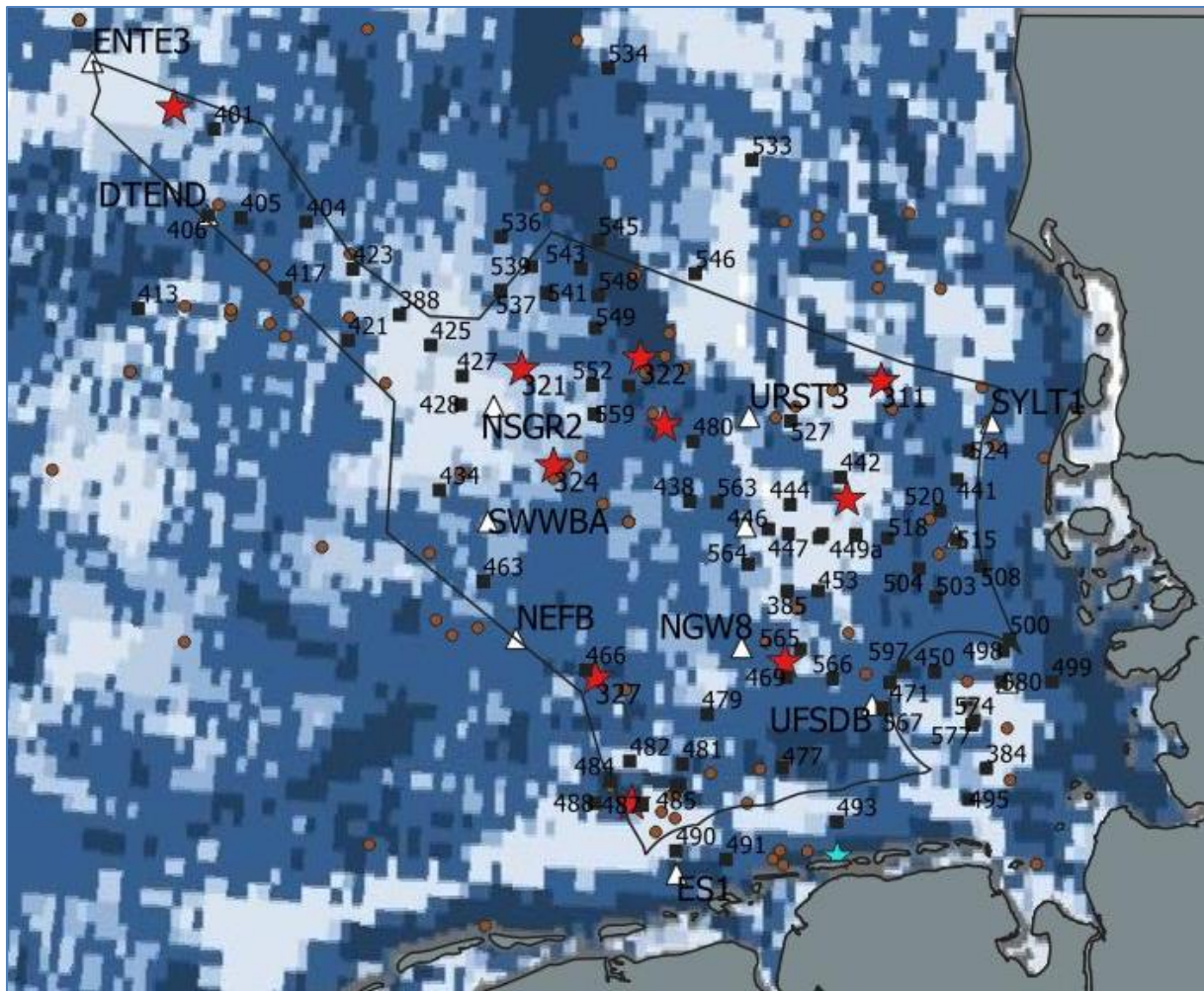
Art	Gruppe	BESITO	NSGR2	NEBF	SWWBA
<i>Tryphosa nana</i>	Amphipoda	0,3		2	1
<i>Stenothoe marina</i>	Amphipoda	0,7			1
<i>Apolochus neapolitanus</i>	Amphipoda	0,9			1
<i>Scopelocheirus hopei</i>	Amphipoda	1,0	1	3	
<i>Aora gracilis</i>	Amphipoda	1,3		1	1
<i>Abludomelita obtusata</i>	Amphipoda	1,5	3	1	4
<i>Hippomedon denticulatus</i>	Amphipoda	1,5			1
<i>Pariambus typicus</i>	Amphipoda	2,6	4		1
Anthozoa	Anthozoa	3,7		1	2
<i>Astropecten irregularis</i>	Asteroidea	1,3	2	1	2
<i>Asterias rubens</i>	Asteroidea	2,1	2	2	4
<i>Abra nitida</i>	Bivalvia	1,5		1	1
<i>Lucinoma borealis</i>	Bivalvia	1,7	1	1	
<i>Thracia phaseolina</i>	Bivalvia	1,9		1	
<i>Mysia undata</i>	Bivalvia	1,9	1		
<i>Spisula subtruncata</i>	Bivalvia	2,7		3	1
<i>Phaxas pellucidus</i>	Bivalvia	2,8	1	1	1
<i>Electra pilosa</i>	Bryozoa	3,5			2
<i>Branchiostoma lanceolatum</i>	Chordata	2,5	1		
<i>Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne</i>	Cumacea	0,9	1		
<i>Crangon crangon</i>	Decapoda	1,4	1	4	3
<i>Corystes cassivelaunus</i>	Decapoda	1,6			1
<i>Macropodia linarezi</i>	Decapoda	1,6		1	
<i>Liocarcinus holsatus</i>	Decapoda	1,7	2	3	1
<i>Pagurus bernhardus</i>	Decapoda	1,8		3	2
<i>Processa nouveli nouveli</i>	Decapoda	1,9	1	2	1
<i>Crangon allmanni</i>	Decapoda	1,9		3	3
<i>Liocarcinus depurator</i>	Decapoda	1,9			1

Fortsetzung nächste Seite

Annexstab. 2/ Art	Gruppe	BESITO	NSGR2	NEBF	SWWBA
Pisidia longicornis	Decapoda	2,0		1	1
Cancer pagurus	Decapoda	2,4			1
Upogebia stellata	Decapoda	2,7		1	
Echinocardium cordatum	Echinoidea	2,7	1		
Cylichna cylindracea	Gastropoda	0,8			1
Euspira nitida	Gastropoda	0,9	1	1	
Turritella communis	Gastropoda	1,8		1	1
Hyala vitrea	Gastropoda	1,9			1
Hydractinia echinata	Hydrozoa	1,8	2	2	2
Phialella quadrata	Hydrozoa	2,1	2	2	3
Clytia hemisphaerica	Hydrozoa	2,4	1	2	1
Tubularia	Hydrozoa	2,5	1		
Obelia dichotoma	Hydrozoa	3,0			1
Obelia longissima	Hydrozoa	3,0		1	
Schistomysis ornata	Mysida	1,6	2	3	4
Gastrosaccus spinifer	Mysida	1,8		1	
Ophiura ophiura	Ophiuroidea	1,9	1		2
Ophiura albida	Ophiuroidea	2,0			1
Phoronis	Phoronida	2,1			1
Goniada maculata	Polychaeta	0,7			1
Eumida sanguinea	Polychaeta	1,0		1	1
Podarkeopsis helgolandicus	Polychaeta	1,0	1		
Amphictene auricoma	Polychaeta	1,6		1	
Phyllodoce groenlandica	Polychaeta	1,8	1		
Aphrodita aculeata	Polychaeta	1,9	1	1	
Nephtys caeca	Polychaeta	2,1	1		
Laonome kroyeri	Polychaeta	2,1	1		
Magelona johnstoni	Polychaeta	2,1			1
Erichthonius punctatus	Amphipoda	??			1
Gammaropsis maculata	Amphipoda	??			1
Metopa rubrovittata	Amphipoda	??			1
Crisia eburnea	Bryozoa	??			1
Diastylis bradyi	Cumacea	??		2	1
Diastylis laevis	Cumacea	??			1
Galathea squamifera	Decapoda	??			1
Philocheras bispinosus bispinosus	Decapoda	??	2	2	2
Philocheras trispinosus	Decapoda	??		1	1
Epitonium clathrus	Gastropoda	??			1
Bougainvillia	Hydrozoa	??	1	1	1
Dicoryne	Hydrozoa	??	2		1
Obelia geniculata	Hydrozoa	??	2		1
Natatolana borealis	Isopoda	??			2

Fortsetzung nächste Seite

Fortsetzung Annex tab. 2/ Art	Gruppe	BESITO	NSGR2	NEBF	SWWBA
Spirobranchus triqueter	Polychaeta	??		1	1
Turbellaria	Turbellaria	??		2	1
Lepton squamosum	Bivalvia	nb		1	
Ione thoracica	Isopoda	nb		1	
Nephtys incisa	Polychaeta	nb			
Pholoe baltica	Polychaeta	nb	1	1	
Phyllodoce laminosa	Polychaeta	nb		1	
Sthenelais limicola	Polychaeta	nb		2	
Magelona filiformis	Polychaeta	nb		1	
Tubulanus polymorphus	Nemertea	nb	1		
Ampelisca brevicornis	Amphipoda	nb		1	
Ampelisca tenuicornis	Amphipoda	nb		1	
Escharella immersa	Bryozoa	nb		1	
Bowerbankia gracilis	Bryozoa	nb		1	
Ebalia tuberosa	Decapoda	nb		1	
Goneplax rhomboides	Decapoda	nb		2	
Eudendrium	Hydrozoa	nb	1		
Bispira crassicornis	Polychaeta	nb		1	
Aonides paucibranchiata	Polychaeta	nb		1	
Golfingia (Golfingia) vulgaris vulgaris	Sipunculidea	nb		1	
Barentsia	Entoprocta/Kamptozoa	nb	1		



Annexabbildung 1: Mittlere Surfaceabrasion durch Fischerei (swept area ratio pro Jahr) für die Jahre 2010 - 2015 (ICES 2015, Shapedateien) und die in dieser Studie verwendeten Datensätze; rote Sterne = H. Neumann-Stationen, türkiser Stern = NLWKN Station Nney_MZB_9, weiße Dreiecke = BSH/IOW-Stationen, schwarze Quadrate = Rachor & Nehmer (AWI) Stationen.