

iSeal –

Forschung für die Naturschutzpraxis

Teil I - Kurzbericht



Zuwendungsempfänger	Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Nationalparkverwaltung (LKN.SH)
Autoren	Dr. Ulrike Schückel (Projektleitung), Dr. Friederike Prowe, Petra Schmitt, Dr. Lenke Tödter
Förderkennzeichen	03F0913A
Vorhaben	DAM Schutz und Nutzen- iSeal: Integrierte sozial-ökologische Netzwerkanalyse für die transdisziplinäre Entwicklung von Indikatoren zur Reduktion anthropogener Stressoren; Leittrag; Vorhaben: Bewertung, Transfer und einheitliche Umsetzung von Indikatoren zur Bewertung von Nahrungsnetzen in die Naturschutzpraxis
Laufzeit des Vorhabens	01.12.2021 - 30.11.2024
Berichtszeitraum	01.01.2021 - 30.11.2024

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03F0913A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

GEFÖRDERT VOM

Meeresschutzgebiete der Nordsee dienen der Erhaltung der natürlichen biologischen Vielfalt von Arten, Prozessen und Lebensräumen. Die Nationalparke Niedersächsisches und Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer sind komplexen Stressoren wie Klimawandel, Fischerei und invasiven Arten ausgesetzt, die den guten ökologischen Umweltzustand beeinflussen. Das Vorhaben hatte zum Ziel die Auswirkungen multipler Stressoren auf Nahrungsnetze und ihren Ökosystemkomponenten zu untersuchen und diese in einem integrativen Ansatz anhand von Indikatoren zu bewerten. Die Nahrungsnetze sollten mit vorliegenden Monitoring- und Langzeitdaten sowie neu erhobenen Felddaten erstellt werden. Die Modellierung der Nahrungsnetze erfolgte mit der Ökologischen Netzwerkanalyse (ENA). Ziel war die Analyse von Struktur, Funktion und Zustand der Nahrungsnetze, sowie die Identifikation von Schlüsselarten und funktionelle Gruppen (trophische Gilden). Das Vorhaben hatte zum Ziel die Ergebnisse in internationale und nationale Arbeitsgruppen zu transferieren und mit den beteiligten Stakeholdern für eine zukünftige Anwendung und Implementierung zu diskutieren. Weitere Aufgabe dieses Vorhabens war die Koordinierung des Verbundvorhabens iSeal.

In der 1. Phase des Vorhabens lag der Fokus auf der Zusammenstellung der notwendigen Langzeit- und Monitoringdaten für die Nahrungsnetzmodelle. Zudem wurden schiffsgestützte Feldkampagnen zusammen mit den iSeal-Verbundpartnern durchgeführt und Belastungsdaten (Fischereiintensität) bei den zuständigen Behörden abgefragt. In der 2. Phase des Vorhabens wurden die Nahrungsnetzmodelle konstruiert, analysiert und bewertet. Des Weiteren wurde der in Spanien entwickelte BH1-Indikator „Sentinel of the Seabed“ zur Einschätzung des Zustands benthischer Lebensräume hinsichtlich der Belastung durch Schleppnetzfisherei für die deutschen Nordseegewässer getestet.

Während der Feldkampagnen wurden eine neue invasive Art, der Vielborstenwurm *Clymenella torquata*, für die deutsche Nordsee entdeckt und dieser Erstfund mit den Projektpartnern publiziert. Ein erster Indikatorrest für die Bewertung benthischer Lebensräume konnte erfolgreich durchgeführt werden. Der BH1-Indikator erfordert die Identifizierung von benthischen „Sentinel“-Arten (Indikatorarten), die gegenüber einer bestimmten Belastung empfindlich sind und unter Referenzbedingungen häufig vorkommen. Die Sentinel-Arten wurden anhand eines Index bestimmt, der auf biologischen Eigenschaften wie Größe, Langlebigkeit oder der Ernährungsweise (functional traits) basiert. Der Sensitivitätsindex wurde anhand eines Datensatzes aus Greifer- und Baumkurren-Stationen in einem Gebiet mit ausgeprägtem Fischereigradienten getestet. Insgesamt erbrachte der getestete Sensitivitätsindex zufriedenstellende Ergebnisse. Die Ermittlung von Sentinel-Arten der In- und Epifauna war möglich. Beide Artengruppen zeigten ähnliche Ergebnisse. Die erwartete Reaktion auf Fischereibelastung war für die Abundanz-Daten deutlicher als für die Biomasse.

Das Nahrungsnetz im Schleswig-Holsteinischen Küstenmeer setzt sich aus 235 marinen Arten und 1 Detrituspool zusammen. Die marinen Arten wurden in Anlehnung an die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSFD Art. 8 Guidance) in 11 trophische Gilden eingeteilt. Die Nahrungsnetzmodelle wurden über einen Zeitraum von 2009-2019 berechnet. Die zeitliche Variabilität der verschiedenen trophischen Gilden zeigt eine Abnahme von benthischen filtrierenden Arten und eine Zunahme von benthischen omnivoren und Detritus fressenden Arten. Dies hat zur Folge, dass die Kohlenstoffflüsse der Primärkonsumenten abnehmen und das Verhältnis von Detritivoren zu Herbivoren-Stoffflüssen nimmt zu. Der Anstieg des Verhältnisses von Detritivoren zu Herbivoren zeigt, dass sich das Nahrungsnetz zu einem stärker detritusbasierten Nahrungsnetz verschiebt. Die Beeinträchtigung des Nahrungsnetzes durch Belastungen und Nutzungen führt dazu, dass das Nahrungsnetz durch wenige Stoffflüsse dominiert wird. Gleichzeitig nehmen Stabilität und Widerstandsfähigkeit des Nahrungsnetzes über die Zeit ab. Die Ergebnisse der ENA Indizes reflektieren Veränderungen in der Funktion des Nahrungsnetzes, eine Änderung der Ausgewogenheit der verschiedenen trophischen Gilden und eine Verschiebung der Produktivität des Nahrungsnetzes, die insgesamt eine Verschlechterung des Zustandes des Nahrungsnetzes bedeutet. Aus den Bewertungsergebnissen wird ersichtlich, dass der gute Umweltzustand der verschiedenen Komponenten und trophischen Gilden des

Nahrungsnetzes für die überwiegende Zahl der Artgruppen auf Basis ihrer individuellen Bewertungen nicht erreicht ist. Belastungen wie Fischereitätigkeiten und die Entnahme von Fischen und Schalentieren, sowie nicht-heimische Arten können kaskadenartige Auswirkungen auf das marine Nahrungsnetz und dessen Struktur und Funktionen haben. Die Ergebnisse sind in (i) eine Pilotstudie im Rahmen der OSPAR QSR 2023 Nahrungsnetzbewertung, (ii) die nationale MSRL Nahrungsnetzbewertung 2024 und (iii) eine Publikation eingeflossen.

Durch die erfolgreiche Integration der Nahrungsnetzbewertung in die Meerespolitik ist die Verwertbarkeit der Ergebnisse und Anschlussfähigkeit der Ergebnisse hoch. Die Arbeiten werden in iSeal2 fortgeführt.

iSeal –

Forschung für die Naturschutzpraxis

Teil II – Eingehende Darstellung



Zuwendungsempfänger	Landesbetrieb für Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein, Nationalparkverwaltung (LKN.SH)
Autoren	Dr. Ulrike Schückel (Projektleitung), Dr. Friederike Prowe, Petra Schmitt, Dr. Lenke Tödter
Förderkennzeichen	03F0913A
Vorhaben	DAM Schutz und Nutzen- iSeal: Integrierte sozial-ökologische Netzwerkanalyse für die transdisziplinäre Entwicklung von Indikatoren zur Reduktion anthropogener Stressoren; Leittrag; Vorhaben: Bewertung, Transfer und einheitliche Umsetzung von Indikatoren zur Bewertung von Nahrungsnetzen in die Naturschutzpraxis
Laufzeit des Vorhabens	01.12.2021 - 30.11.2024
Berichtszeitraum	01.01.2021 - 30.11.2024

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03F0913A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen.

GEFÖRDERT VOM

Inhaltsverzeichnis

1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse.....	3
WP1 – Auswirkungen von Fischerei auf Biodiversität, Funktionalität und ökologischen Zustand	3
WP2 – Erfassung und Einfluss gebietsfremder und invasiver Arten auf natürlichen und künstlichen Hartsubstraten..	7
WP3 – Mesokosmos-Experimente.....	7
WP4 – Holistische Nahrungsnetzmodellierung mittels Ökologischer Netzwerkanalyse (ENA)	7
WP5 – Integrierte sozial-ökologische Netzwerkanalyse für transdisziplinäre Entwicklung von Handlungsempfehlungen.....	13
WP6 – Projektkoordination, Transfer und transdisziplinäre Handlungsempfehlungen.....	13
2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	14
3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten.....	14
4. Voraussichtliche Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse und konkrete Planungen für die nähere Zukunft im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans.....	14
5. Während der Durchführung dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stelle.....	15
6. Veröffentlichungen.....	15

Meeresschutzgebiete der Nordsee dienen der Erhaltung der natürlichen biologischen Vielfalt von Arten, Prozessen und Lebensräumen. Die Nationalparke Niedersächsisches und Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer (iSeal Reallabore) sind komplexen Stressoren wie Klimawandel, Fischerei und invasiven Arten ausgesetzt, die den guten ökologischen Umweltzustand beeinflussen. Das Verbundvorhaben iSeal setzt sich aus 6 Arbeitspaketen zusammen, in denen das hier beschriebene Vorhaben maßgeblich in den Arbeitspaketen 1, 4 und 6 beteiligt ist.

Das Vorhaben hatte zum Ziel die Auswirkungen multipler Stressoren auf benthische Lebensräume und sublitorale Nahrungsnetze zu untersuchen und diese in einem integrativen Ansatz anhand von Indikatoren (wie z.B. Indizes der Ökologische Netzwerkanalyse (ENA)) zu bewerten. Laut Vorhabensbeschreibung umfasste das Vorhaben folgende Aufgaben: (1) Zusammenstellung und Bereitstellung von Monitoring- und Langzeitdaten sowie Durchführung von Feldkampagnen, (2) Konstruktion, Analyse und Bewertung von Nahrungsnetzen, (3) Transfer der Ergebnisse in nationale und internationale Arbeitsgruppen. Ziel ist die Grundlagen einer einheitlichen Umsetzung der relevanten Indikatoren sowie der ENA zur Bewertung von Nahrungsnetzen in der Naturschutzpraxis in den Nationalparks zu schaffen. Das Verbundvorhaben iSeal wurde zudem von der Nationalparkverwaltung koordiniert.

1. Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

WP1 – Auswirkungen von Fischerei auf Biodiversität, Funktionalität und ökologischen Zustand

Gemäß Vorhabensbeschreibung hat die Nationalparkverwaltung vorhandene Monitoring- und Langzeitdaten zu abiotischen Parametern, Fischgemeinschaften und Stressoren aus dem Wattenmeer Schleswig-Holstein für WP 1 bereitgestellt. Zusammen mit dem Verbundpartner FTZ Büsum (Uni Kiel) hat die Nationalparkverwaltung Daten zu kleinräumigen Fischereiaktivitäten und Fischereidruck über das Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) abgefragt und zur Verfügung gestellt. Die Daten wurden von WP1 (FTZ Büsum) aufgearbeitet.

Für die Bewertung benthischer Lebensräume (Deskriptor 6) wurde zusammen mit dem Planungsbüro BioConsult Bremen die Anwendbarkeit des OSPAR Indikators BH1 im Küstenmeer getestet. Dafür wurde ein Auftrag an das Planungsbüro erteilt. Der Indikator „Sentinels of the Seabed“ (Kurzform BH1) wurde von Spanien als federführendem Land als Instrument zur Einschätzung des Zustands benthischer Lebensräume hinsichtlich der Belastung durch Schleppnetzfisherei entwickelt. Für den OSPAR Quality Status Report 2023 wurde eine Bewertung der OSPAR-Region IV (Golf von Biskaya / Iberische Gewässer) auf Grundlage von Epifauna-Daten erstellt. Der Indikator erfordert die Identifizierung von benthischen „Sentinel“-Arten (Indikatorarten), die gegenüber einer bestimmten Belastung empfindlich sind und unter Referenzbedingungen häufig vorkommen. Die Sentinel-Arten wurden anhand eines Index bestimmt, der auf biologischen Eigenschaften wie Größe, Langlebigkeit oder der Ernährungsweise (functional traits) basiert. Die Verteilung der Besiedlungsdichte und / oder der Biomasse der Sentinel-Arten mit zunehmender Fischereintensität wird anhand eines Belastungsgradienten modelliert. In Verbindung mit der räumlichen Verteilung der Fischereibelastung kann so die räumliche Verbreitung der Sentinel-Arten für jeden Lebensraum abgeschätzt werden. Die Reaktion auf den Fischereidruck kann zudem verwendet werden, um die Schwelle zwischen dem guten und nicht guten Umweltzustand zu bestimmen.

Der Indikator BH1 wird auch für die deutschen Nordseegewässer als hilfreiches Instrument zur Beurteilung des Zustands benthischer Lebensräume gemäß Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) angesehen. Da der Indikator jedoch für Epifauna-Arten in atlantischen, tieferen Meeresgebieten und auf der Grundlage vorhandener Belastungsgradienten und Referenzgebiete entwickelt wurde, erfordert die Anwendung der Indikatormethode in deutschen Gewässern einige Anpassungen. Die im Rahmen des iSeal-Projekts durchgeführte Studie hatte das Ziel, eine Methode zur Identifizierung von Sentinel-Arten für die In- und Epifauna der Nordsee zu entwickeln und verschiedene Aspekte der Anwendbarkeit des Indikators insbesondere in Küstengewässern zu diskutieren, von fehlenden Belastungsgradienten und Referenzgebieten bis hin zur Zuverlässigkeit der vorliegenden Daten zum Fischereiaufwand.

Da der Sensitivitätsindex des Indikators BH1 auf die Erfassung besonders empfindlicher, großer und langlebiger Artengruppen wie Korallen, aufrecht wachsende Schwämme und Seefedern ausgelegt ist, wird die in der deutschen Nordsee vorherrschende Infauna der Weichböden, aber auch die überwiegend weniger hoch aufwachsende Epifauna mit der BH1-Methode nicht ausreichend erfasst.

In einem ersten Schritt wurden die für den BH1-Index verwendeten biologischen Eigenschaften (Größe, Langlebigkeit, Beweglichkeit, Anheftung, Position, Flexibilität, Zerbrechlichkeit, Ernährungsweise) hinsichtlich ihrer Relevanz und Anwendbarkeit überprüft. Vier biologische Eigenschaften wurden für die Sensitivitätsbewertung als hilfreich erachtet: Größe, Langlebigkeit, Zerbrechlichkeit und Ernährungsweise zeigen eine Reaktion auf Fischereibelastung, werden häufig in Sensitivitätsanalysen verwendet und die Datenlage zu diesen Eigenschaften ist gut. Größe, Zerbrechlichkeit und Ernährungsweise sind Eigenschaften, die die Widerstandsfähigkeit einer Art gegenüber Störungen beschreiben. Ein weiterer Aspekt der Sensitivität ist die Resilienz bzw. Erholungsfähigkeit nach einer Störung. Resilienz wird im BH1-Index lediglich mit der Langlebigkeit erfasst. Um die Bedeutung der Resilienz im Index zu erhöhen, wurden verschiedene Eigenschaften im Zusammenhang mit dem Regenerationspotenzial getestet. Ausgewählt wurden die Eigenschaften „Ausbreitungspotenzial adulter Tiere“ und „Alter bei Geschlechtsreife“, da Informationen zu diesen Eigenschaften für viele Arten verfügbar waren und die Differenzierung der Sensitivitätsklassen verbessert wurde.

Die Modalitäten für die sechs ausgewählten Eigenschaften wurden mit Hilfe der in der BIOTIC-Datenbank (www.marlin.ac.uk/biotic) verwendeten Kategorien an die Verhältnisse in der Nordsee angepasst (Tabelle 1). Informationen zu den biologischen Eigenschaften der betrachteten Arten wurden überwiegend aus der umfangreichen BIOTIC-Datenbank entnommen, aber auch aus verschiedenen weiteren Datenbanken (Shojaei et al. 2015, Genus Trait Handbook, CEFAS-Datenbank). Im BH1-Index wird ein Gewichtungsfaktor für die Eigenschaften verwendet, der unverändert übernommen wurde. Die Eigenschaften Alter bei Geschlechtsreife und Ausbreitungspotenzial adulter Tiere wurden als ebenso wichtig erachtet wie Größe, Zerbrechlichkeit und Ernährungsweise und daher ebenfalls doppelt gewichtet.

Tabelle 1: Biologische Eigenschaften und Modalitäten des Nordsee-Sensitivitätsindex.

Wertpunkte Eigenschaft	1	2	3	4	Faktor
Größe	≤2 cm	3-10 cm	11-20 cm	>20 cm	x 2
Zerbrechlichkeit	robust	-	intermediär	zerbrechlich	x 2
Ernährungsweise	Aasfresser	Räuber	Detritusfresser, Detritus-/ Suspensionsfresser	Suspensionsfresser	x 2
Langlebigkeit	<2 Jahre	3-5 Jahre	6-10 Jahre	>10 Jahre	x 3
Alter bei Geschlechtsreife	<1 Jahr	1-2 Jahre	3-4 Jahre	>4 Jahre	x 2
Ausbreitungspotenzial adulter Tiere	hoch (1-10 km)	mittel (100-1.000 m)	gering (<100 m)	nicht vorhanden	x 2

Der BH1-Index verwendet eine Formel, um die Wertpunkte für die Eigenschaften auf einen Indexwert zwischen 1 und 5 zu extrapolieren. Aufgrund der veränderten Anzahl von Eigenschaften musste diese Formel angepasst werden. Die Änderung der Formel führte jedoch nicht zu einer akzeptablen Verteilung der Sensitivitätsklassen über die getesteten Arten. Die 42 für den Test verwendeten Arten umfassten sowohl kleine, kurzlebige Arten mit schneller Reproduktion (z. B. den Flohkrebs *Bathyporeia* sp.) als auch langlebige, große Arten mit sehr geringem Regenerationspotenzial (z. B. die Islandmuschel *Arctica islandica*) und repräsentierten häufig vorkommende Arten unterschiedlicher Lebensräume (küstennahe Sande und Grobsedimente, tiefe küstennahe Rinnen, küstenferne Schlickgebiete). Die besten Ergebnisse wurden erzielt, indem die gewichteten Wertpunkte addiert und den Sensitivitätsklassen entsprechend festgelegter Klassengrenzen zugeordnet wurden (Tabelle 2). Die getesteten Arten zeigten eine zufriedenstellende Verteilung über die fünf Klassen. Die meisten Arten wurden weiterhin den Klassen 2 bis 4 zugeordnet, es wurden aber auch opportunistische Arten und Arten mit einer sehr hohen Sensitivität gegenüber Schleppnetzfisherei ermittelt.

Tabelle 2: Wertpunkte für die Sensitivitätsklassen gemäß Nordsee-Sensitivitätsindex mit Beispielarten für jede Sensitivitätsklasse.

Sensitivitätsklasse	1	2	3	4	5
Gesamtwertpunkte	≤ 24	25-30	31-35	36-40	≥ 41
Reaktion der Art	opportunistisch	tolerant	sensitiv		
Beispielarten	<i>Bathyporeia elegans</i> <i>Bodotria scorpioides</i>	<i>Abra alba</i> <i>Pagurus bernhardus</i> <i>Nephtys hombergii</i>	<i>Carcinus maenas</i> <i>Ophiura ophiura</i> <i>Scoloplos armiger</i>	<i>Amphiura filiformis</i> <i>Ensis leei</i> <i>Obelia bidentata</i>	<i>Chaetopterus variopedatus</i> <i>Arctica islandica</i>

Der Sensitivitätsindex wurde anhand eines Datensatzes aus jeweils 50 Greifer- und Baumkurren-Stationen in einem küstenfernen Schlickgebiet mit ausgeprägtem Fischereigradienten getestet. Ziel war, Sentinel-Arten zu identifizieren und das Verhalten des Sensitivitätsindex in einem Gebiet mit unterschiedlicher Fischereibelastung zu überprüfen.

Die Stationen wurden mit multivariaten Analysen in zwei (Epifauna) bzw. drei Cluster (Infauna) mit unterschiedlicher Fischereibelastung gruppiert. Es wurden 21 Arten aus den Greiferproben und 14 Arten aus den Baumkurrenfängen anhand der Stetigkeit ($\geq 60\%$ Vorkommen in Cluster mit geringerer Fischereiintensität) sowie der Abundanz bzw. Biomasse ausgewählt und anhand des Nordsee-Sensitivitätsindex eingestuft. Generell wird die Sensitivität der Epifauna höher bewertet (überwiegend Klasse 3) als für Infauna-Arten (überwiegend Klasse 2). Die meisten getesteten Arten wiesen im Hinblick auf Abundanz und Biomasse signifikante Unterschiede zwischen dem Cluster mit geringerer und höherer Fischereiintensität auf. Keine Unterschiede zeigten sich für Arten der Sensitivitätsklasse 1. Für einige Arten der höheren Klassen konnte keine Reaktion auf zunehmende Fischereibelastung festgestellt werden. Dabei handelte es sich um tiefgrabende Arten und mit diesen assoziierten Arten. Die Verteilung der relativen Abundanz innerhalb jedes Clusters zeigt mit zunehmender Fischereiintensität eine deutliche Abnahme für Arten der Klasse 4 sowie gleichzeitig eine Zunahme der Arten der Klasse 2 (Abbildung 1 links). Die Reaktion in den Klassen 1, 3 und 5 ist weniger ausgeprägt, weist aber einen ähnlichen Trend auf. Bei Betrachtung des gesamten Untersuchungsgebiets nimmt die relative Abundanz in allen Klassen mit zunehmender Belastung ab, der Rückgang ist jedoch für Klasse 4 am deutlichsten (Abbildung 1 rechts).

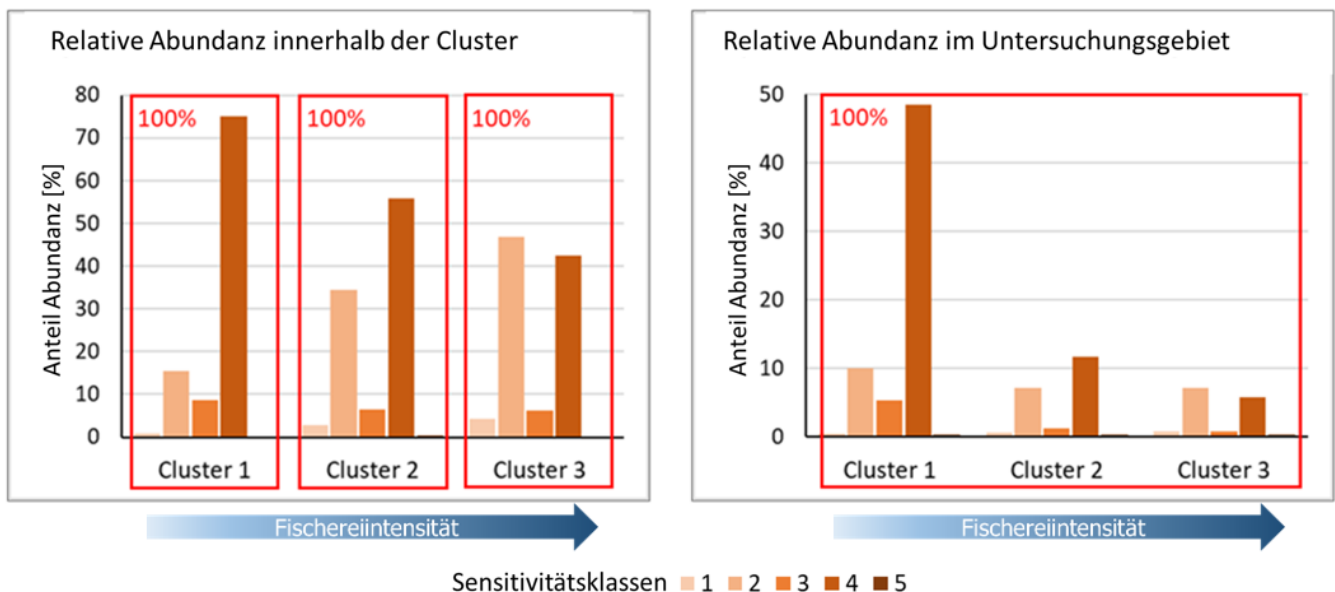


Abbildung 1: Verteilung der relativen Abundanz der Infauna über die fünf Sensitivitätsklassen innerhalb jedes Clusters (links) und innerhalb des Untersuchungsgebiets für den Test-Datensatz eines küstenfernen Schlickgebiets.

Insgesamt erbrachte der getestete Sensitivitätsindex zufriedenstellende Ergebnisse. Die Ermittlung von Sentinel-Arten der In- und Epifauna war möglich. Beide Artengruppen zeigten ähnliche Ergebnisse. Die erwartete Reaktion auf Fischereibelastung war für die Abundanz-Daten deutlicher als für die Biomasse. Dennoch sollten beide Parameter in weiteren Tests verwendet werden. Für die Auswahl der Sentinel-Arten konnten mehrere Kriterien festgelegt werden: hohe Abundanz / Biomasse sowie Stetigkeit in nicht oder gering befischtem Gebiet, signifikant höheres Vorkommen in

nicht / wenig gestörtem Gebiet, Sensitivitätseinstufung möglich, Einstufung in Sensitivitätsklasse 2 bis 5. Es wird empfohlen, mindestens zehn Indikatorarten zu bestimmen, diese sollten bevorzugt in die Klassen 3-5 eingestuft sein.

Verteilung der Fischereiintensität in den Küstengewässern der Nordsee

Für die Bewertung der OSPAR-Indikatoren werden im Allgemeinen von ICES verarbeitete Daten zum Fischereiaufwand mit einer Auflösung von $0,05^\circ \times 0,05^\circ$ verwendet. Im iSeal-Projekt konnten von der BLE (Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung) bereitgestellte und im Projekt verarbeitete Daten mit einer Auflösung von $0,01^\circ \times 0,01^\circ$ analysiert werden. Die Verarbeitung der Daten erfolgte in WP1 (Projektpartner FTZ Büsum). Ein Vergleich der Fischereidaten zeigt, dass nicht befischte Flächen mit den ICES-Daten nicht adäquat identifiziert werden konnten und gleichzeitig die Fischereibelastung der sehr intensiv befischten Flächen unterschätzt wird. Die höher aufgelösten Daten bilden dagegen morphologische Strukturen ab (Abbildung 2 links). Küstennah sind insbesondere die tieferen Rinnen einer sehr hohen Belastung ausgesetzt, während die flacheren Bereiche weniger befischt werden. Im Zeitraum 2016-2022 zeigte sich in den Küstengewässern kein zu- oder abnehmender Trend hinsichtlich des Fischereidrucks. Eine konstante, geringe Fischereibelastung ist lediglich südlich von Helgoland und in den äußeren Gewässern Niedersachsens feststellbar. Benthische Lebensräume nach MSRL mit einer besonders hohen Belastung sind Infralitorale und Circalitorale Sandböden, während küstenfernere Lebensräume und Schlickböden deutlich weniger befischt werden. Für einige benthische Lebensräume konnten in Schleswig-Holstein Bereiche mit einer im Betrachtungszeitraum geringen Fischereiintensität identifiziert werden (Abbildung 2 rechts).

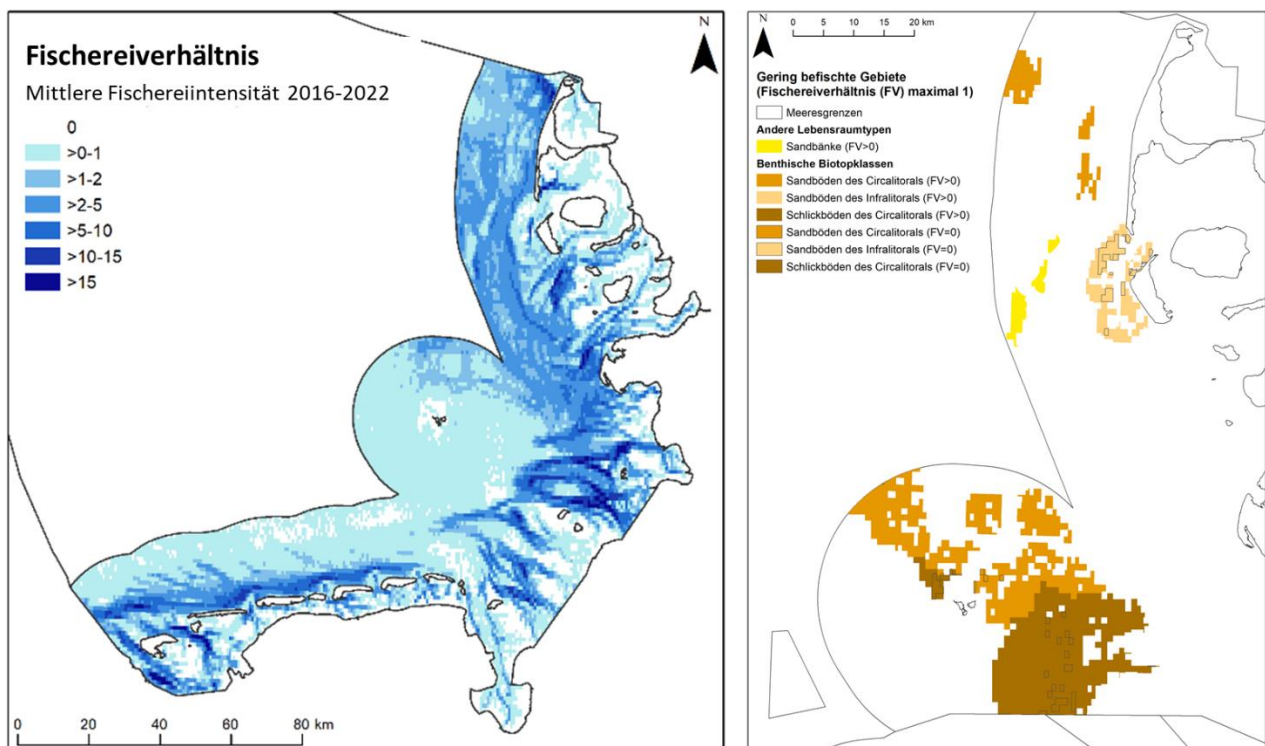


Abbildung 2: Verteilung der mittleren Fischereiintensität als Verhältnis des Fischereiaufwands in den Küstengewässern im Zeitraum 2016-2022 (links) und gering befischte Gebiete ausgewählter Lebensräume nach MSRL in Schleswig-Holstein (rechts).

Identifizierung von Sentinel-Arten für Lebensräume in den schleswig-holsteinischen Gewässern

Für die Analyse stand ein umfangreicher Benthos-Datensatz aus Schleswig-Holstein zur Verfügung, allerdings mit nur wenigen Stationsdaten aus nicht oder gering befischten Flächen. Für Circalitorale Sandböden in den tiefen Rinnen sowie für die geschützten Lebensräume Sandbänke und Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe wurde der Versuch

unternommen, anhand der Infauna Sentinel-Arten zu identifizieren. Aufgrund der kleinräumigen Variabilität der Fischereiintensität konnte allerdings kein verlässlicher Belastungsgradient hergestellt werden. Auch die teilweise sehr hohe Heterogenität der benthischen Besiedlung erschwerte die Ermittlung von stetigen Arten. Auf Basis der vorliegenden Daten konnten daher noch keine Sentinel-Arten für die ausgewählten Lebensräume identifiziert werden.

WP2 – Erfassung und Einfluss gebietsfremder und invasiver Arten auf natürlichen und künstlichen Hartsubstraten

Gemäß Arbeitsplan (Aufgabe 1.1) der Vorhabensbeschreibung wurden alle Langzeit- und Monitoringdaten aus dem Miesmuschelmonitoring 1999-2021 der Nationalparkverwaltung aufgearbeitet dem Projektpartner Senckenberg (WP2 Abschlussbericht) für die Nahrungsnetzmodellierung zur Verfügung gestellt. Zusammen mit WP2 wurden die Nahrungsnetzmodelle für die eulitoralen Muschelbänke erstellt und analysiert. Eine detaillierte Beschreibung zu den Ergebnissen befindet sich im Abschlussbericht (WP2).

WP3 – Mesokosmos-Experimente

Die gemäß Meilensteinplanung des Verbundvorhabens geplanten Mesokosmen-Experimente und damit verbundenen Feldkampagnen konnten laut Antrag erfolgreich durchgeführt werden. Die Nationalparkverwaltung war hier wesentlich an der Organisation und Bereitstellung relevanter Genehmigungen beteiligt. Die Probenahmen fanden zudem mit dem LKN-SH Schiff OLAND statt.

WP4 – Holistische Nahrungsnetzmodellierung mittels Ökologischer Netzwerkanalyse (ENA)

Gemäß Aufgabe 1.2 und dem Reiseplan des Vorhabens hat die Nationalparkverwaltung zusammen mit den Verbundpartnern die Feldkampagnen in den Jahren 2022, 2023 und 2024 durchgeführt. Während der Feldkampagnen wurden eine neue invasive Art, der Vielborstenwurm *Clymenella torquata*, für die deutsche Nordsee entdeckt und zusammen mit WP2 publiziert (Schückel et al., 2024).

Um die Anforderungen der Nahrungsnetzmodellierung zu erfüllen, wurden Proben für die Messung stabiler Isotope relevanter Organismengruppen (Plankton, Benthos, Fische) auf den Feldkampagnen gesammelt. Dies ermöglicht die Nahrungsspektren der verschiedenen heterotrophen Organismengruppen in Abhängigkeit der Verfügbarkeit lokaler Nahrungsquellen zu identifizieren. Die Analyse der stabilen Isotope erfolgte durch das Institut für Zoo- und Wildtierforschung Berlin über einen externen Auftrag. Die Ergebnisse der Isotopen-Analyse wurden in die Verbesserung der diet matrix für die Nahrungsnetzmodellierung benutzt.

Abbildung 3 zeigt die Einordnung der benthischen Arten nach ihrem Fressverhalten. Dabei zeigt der δ -N-Wert die trophische Position, während der δ -C-Wert die Ernährungsgewohnheiten und die Nahrungsquellen aufzeigt. Die Distanz zwischen den Gruppen reflektiert die trophischen Unterschiede – ja kleiner die Distanz, desto geringer der Unterschied und umgekehrt. Die dargestellten benthischen Arten sind in 6 unterschiedliche Gruppen (traits) unterteilt worden: Die Gruppe der „Benthic Deposit Feeder“ ernährt sich hauptsächlich von organischen Partikeln und Sediment und somit überwiegend von Detritus, Bakterien und der Mikrofauna allgemein, während die Gruppe der „Benthic Grazer“ sich herbivor, also pflanzenfressend, und daher überwiegend von Algen und Phytoplankton ernähren. „Benthic Interface Feeder“ filtern Nahrung aus dem Sediment oder Wasser und bauen organische Stoffe ab, während „Benthic Invertebrate Carnivores“ sich von anderen im Boden lebenden Tieren ernähren. „Benthic Invertebrate Omnivores“ fressen sowohl andere wirbellose Tiere am Meeresboden als auch Algen, Phytoplankton und Detritus. Die Gruppe der „Benthic Suspension Feeder“ filtert Nahrungspartikel und Plankton aus der Wassersäule.

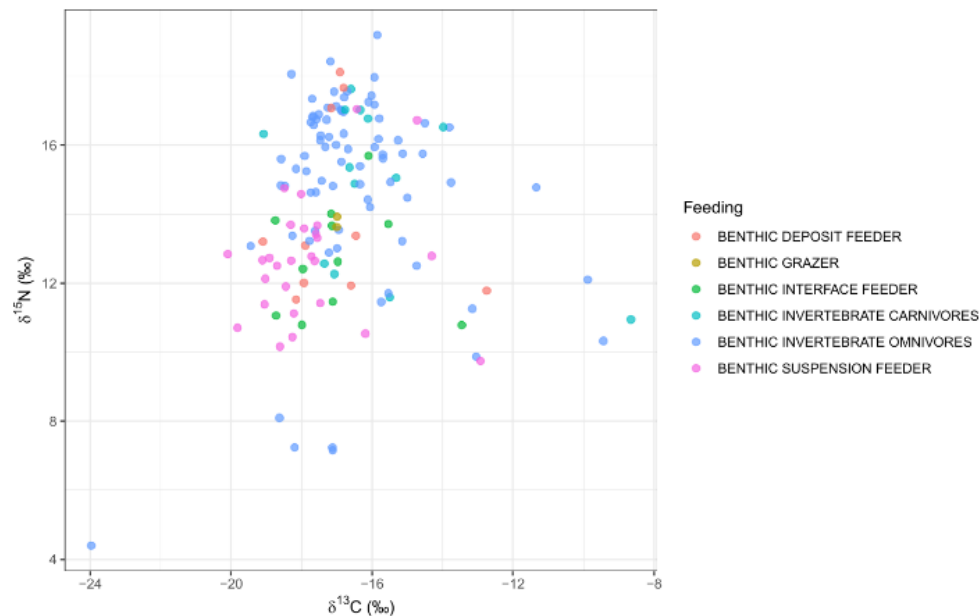


Abbildung 3 Isotopenplot Benthos. Die verschiedenen Benthosarten sind in Anlehnung an ihr Fressverhalten in unterschiedliche Kategorien (traits) gruppiert.

Die Ergebnisse sind den Erwartungen entsprechend: So weisen die „Benthic Invertebrate Omnivores“ und die „Benthic Invertebrate Carnivores“ eine höhere trophische Position und die höchste Variabilität der Nahrungsquellen auf. Deutlich kürzere Nahrungsketten und eine geringere Variabilität der Nahrungsquellen weisen die „Benthic Suspension Feeder“ auf, während die „Benthic Deposit Feeder“ ähnliche trophische Positionen einnehmen. „Benthic Grazer“ weisen eine geringfügig höhere trophische Position auf als die beiden letztgenannten Gruppen, wohingegen die „Benthic Interface Feeder“ sowohl höhere trophische Positionen als auch vergleichbare trophische Positionen wie die „Grazer“, „Deposit Feeder“ und „Suspension Feeder“ einnehmen. Aufgrund der im Vergleich höheren Variabilität der Nahrungsquellen ist dies ebenfalls so zu erwarten.

Die Ergebnisse der Isotopen-Analyse wurden in die Verbesserung der diet matrix für die Nahrungsnetzmodellierung benutzt. Für die Nahrungsnetzmodellierung des Nahrungsnetzes des Schleswig-Holsteinische Wattenmeer wurden die benötigten Daten und Inputtabellen zusammengestellt (Aufgabe 4.1). Die Nahrungsnetzmodelle wurden konstruiert, berechnet und bewertet (Aufgabe 4.1, 4.3, 4.4).

Das Nahrungsnetz setzt sich aus 235 marinen Arten und 1 Detrituspool zusammen. Die marinen Arten wurden in Anlehnung an die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSFD Art. 8 Guidance) in 11 trophische Gilden eingeteilt. Die Nahrungsnetzmodelle wurden über einen Zeitraum von 2009-2019 berechnet. Abbildung 4 zeigt einen snap-shot aus 2017. Die zeitliche Variabilität der verschiedenen trophischen Gilden zeigt eine Abnahme von benthischen filtrierenden Arten und eine Zunahme von benthischen omnivoren und Detritus fressenden Arten. Dies hat zur Folge, dass die Kohlenstoffflüsse der Primärkonsumenten abnehmen (ENA Index Herbivory) und das Verhältnis von Detritivoren zu Herbivoren-Stoffflüssen nimmt zu (signifikante Zunahme des ENA Index Detritivory-Herbivory Ratio, Abbildung 5). Der Anstieg des Verhältnisses von Detritivoren zu Herbivoren zeigt, dass sich das Nahrungsnetz zu einem stärker detritusbasierten Nahrungsnetz verschiebt.

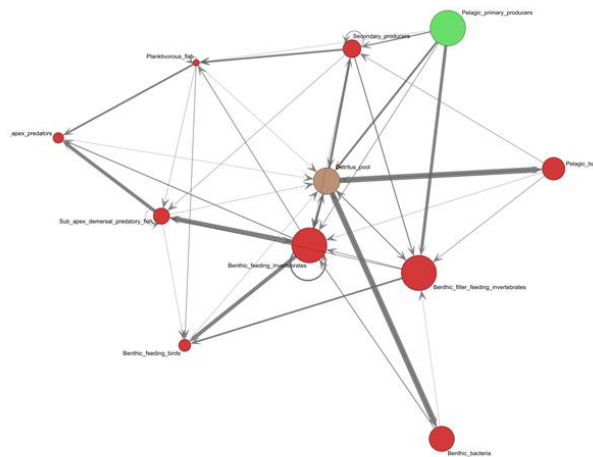


Abbildung 4 Diagramm der Kohlenstoffflüsse im Nahrungsnetz des Küstenmeeres der Nordsee im Jahr 2017. Die Größe der Kreise entspricht der Biomasse in Kohlenstoff, grün = Primärproduzenten, rot = Heterotrophe trophische Gilden, braun = Detritus -Pool. Pfeile: Interaktionen (Kohlenstoffflüsse) zwischen den trophischen Gilden.

Die zunehmende Bedeutung des benthischen Nahrungsnetzes wird durch einen steigenden Anteil von recyceltem Kohlenstoff im Nahrungsnetz ebenfalls deutlich (signifikante Zunahme des Finn Cycling Index). Die Beeinträchtigung des Nahrungsnetzes durch Belastungen und Nutzungen führt dazu, dass das Nahrungsnetz durch wenige Stoffflüsse dominiert wird. Gleichzeitig nehmen Stabilität und Widerstandsfähigkeit des Nahrungsnetzes über die Zeit ab (signifikanter Abwärtstrend des ENA-Index Robustness und Rückgang des ENA-Index Relative Redundancy). Die Ergebnisse sind in (i) eine Pilotstudie im Rahmen der OSPAR Nahrungsnetzbewertung, (ii) die nationale MSRL Nahrungsnetzbewertung 2024 und (iii) zwei Publikationen eingeflossen (vgl. WP6, Schückel et al., 2022, Baird & Schückel 2024).

Die Ergebnisse der ENA Indizes reflektieren Veränderungen in der Funktion des Nahrungsnetzes, eine Änderung der Ausgewogenheit der verschiedenen trophischen Gilden und eine Verschiebung der Produktivität des Nahrungsnetzes, die insgesamt eine Verschlechterung des Zustandes des Nahrungsnetzes bedeutet.

Aus den Bewertungsergebnissen wird ersichtlich, dass der gute Umweltzustand der verschiedenen Komponenten und trophischen Gilden des Nahrungsnetzes für die überwiegende Zahl der Artgruppen auf Basis ihrer individuellen Bewertungen nicht erreicht ist. Belastungen wie Fischereitätigkeiten und die Entnahme von Fischen und Schalentieren, sowie nicht-heimische Arten können kaskadenartige Auswirkungen auf das marine Nahrungsnetz und dessen Struktur und Funktionen haben.

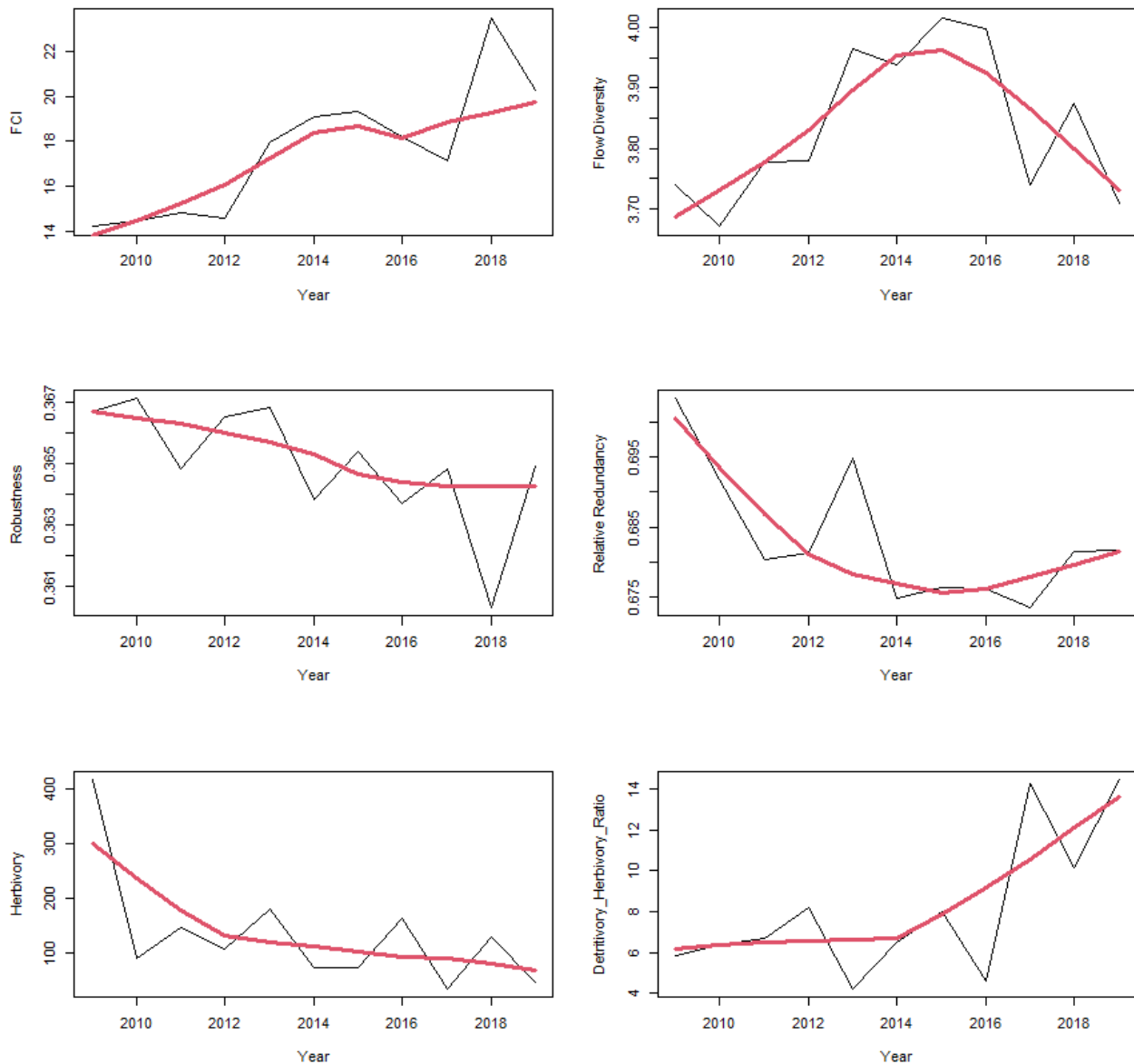


Abbildung 5 Zeitliche Variabilität verschiedener Indizes aus der Ökologischen Netzwerkanalyse: Finn Cycling Index (FCI), Flow Diversity (Shannon Diversität über die Stoffflüsse), Robustness, Relative Redundancy, Herbivory, Detritivory-Herbivory Ratio

Für die Konstruktion der Nahrungsnetzmodelle mittels Ökologischer Netzwerkanalyse für das Niedersächsische Wattenmeer wurden verfügbare Langzeit- und Monitoringdaten zusammengeführt. Dazu wurden die dezentral bei verschiedenen Behörden und Institutionen vorliegenden Daten zusammengeführt und harmonisiert. Hierfür wurden durch die Kündigung von Dr. Johanna Osterberg Personalmittel umgewidmet und externe Hilfe in Form eines Auftrages an Dritte herangezogen.

Tabelle zeigt eine Übersicht der verfügbaren Daten für das niedersächsische Küstenmeer. Über alle Ökosystemkomponenten hinweg kann ein Zeitraum von 2005-2022, teils aus verschiedenen Quellen, abgedeckt werden. Nur für Bakterien liegen keine Daten vor. Heterotrophe pelagische Bakterien können jedoch anhand von Beziehungen aus der Literatur über die Chlorophyll-a-Konzentrationen abgeschätzt werden. Für die Biomasse benthischer Bakterien müssen Literaturwerte herangezogen werden.

Tabelle 3: Übersicht der vorhandenen Monitoringdaten für das niedersächsische Küstenmeer. Datenzeiträume sind nach Verfügbarkeit gekennzeichnet (grün)

Parameter	..	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Anorganics																					
Bakterien																					
Phytoplankton																					
Zooplankton																					
Makrozoobenthos																					
Makrozoobenthos																					
Fische demersal																					
Fische pelagisch																					
Vögel Eiderenten																					
Vögel																					
Seehunde																					
Kegelrobben																					
Schweinswale																					

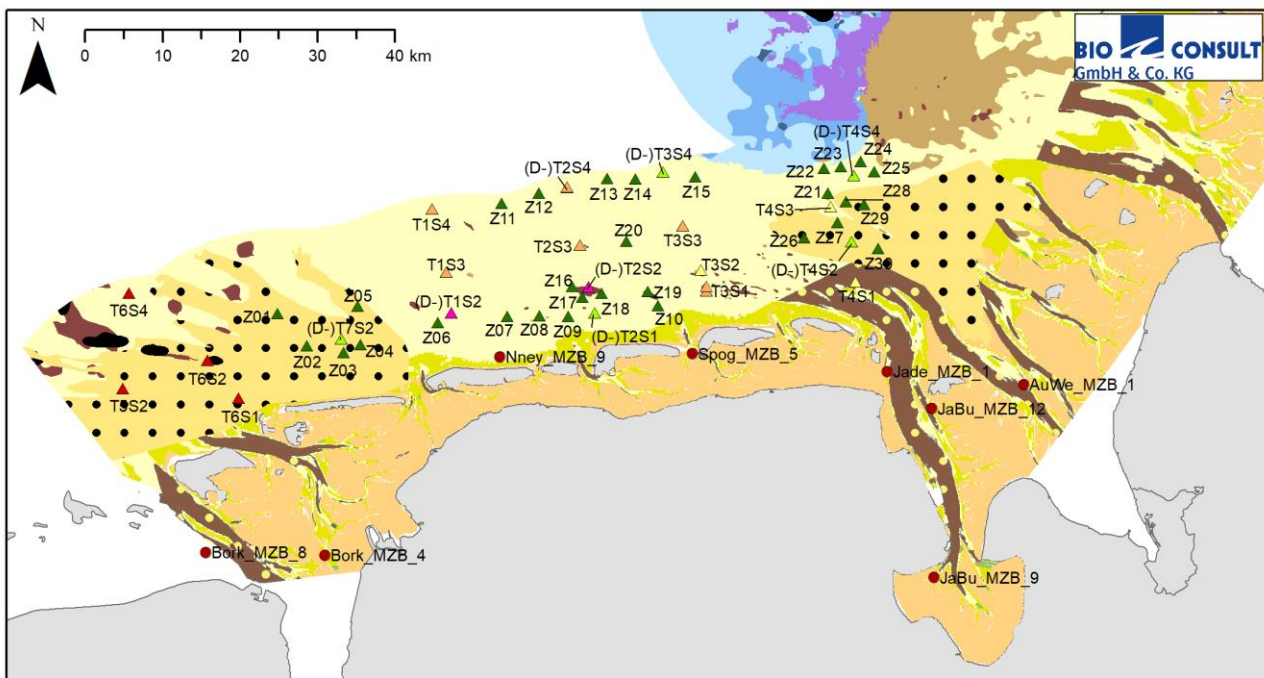
Die vorhandenen Daten liegen für die verschiedenen Ökosystemkomponenten in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung (von mehrmals pro Jahr bis jährlich) vor. Für alle Daten wurden jährliche Werte, teils in Rücksprache und mit Beteiligung der erhebenden Experten, aggregiert.

Daten liegen für die verschiedenen Ökosystemkomponenten entweder als Abundanz oder als Biomasse vor. Da die Modelle in der Einheit Kohlenstoff gerechnet werden, wurden vorhandene Abundanzdaten in Biomassewerte umgerechnet. Für Vögel wurden für eine Auswahl von Arten, die im Sublitoral fressen, Abundanzen anhand von artspezifischen Individuengrößen aus der Literatur in Biomasse umgerechnet. Ebenso wurde für die drei regelmäßig vorkommenden Meeressäugerarten verfahren.

Für demersale Fische wurden artspezifische Längen-Gewichts-Beziehungen aus der Literatur zur Umrechnung des in DATRAS erhältlichen CPUE (catch per unit effort)-Datenprodukts genutzt. Für die Makrozoobenthos-Datensätze wurde ein Abgleich der Taxonomie mit dem World Register of Marine Species (WoRMS) durchgeführt, Fehlbestimmungen identifiziert und Einträge für irrelevante Arten oder Gruppen entfernt.

Die verfügbaren Benthosdaten liegen zudem auf verschiedenen benthischen Lebensräumen (Abbildung 6), die durch die MSRL in weitverbreitete Biotoptypen (broad habitat types, BHT) und weitere Biotoptypen (other habitat types, OHT) unterteilt werden. Zu den OHT zählen u.a. die FFH-Lebensraumtypen Sandbänke (EU-code 1110) und Riffe (EU-code 1170) und die nach § 30 BNatSchG geschützten Biotope (Artenreiche Kies-, Grobsand- und Schillgründe). Dies ermöglicht

nicht nur eine Nahrungsnetzmodellierung über die Zeit sondern auch einen räumlichen Vergleich von Struktur und Funktion verschiedener Lebensräume.



Monitoring Stationen

Benthos

MSRL

- ▲ 2019
- ▲ 2019 & 2020
- ▲ 2020
- ▲ 2019 & 2021
- ▲ 2020 & 2021
- ▲ 2021

WRRL

- 2007-2021
- Landfläche

Biotope gemäß MSRL-Zustandsbericht 2018

BHT

- Keine Sedimentinformation
- Grobsediment des Cirralitorals
- Grobsediment des Infralitorals
- Grobsediment des küstenfernen Cirralitorals
- Litorale Sedimente
- Mischsediment des Cirralitorals
- Sandböden des Cirralitorals

Sandböden des Infralitorals

Sandböden des küstenfernen Cirralitorals

Schlickböden des Cirralitorals

Schlickböden des Infralitorals

Schlickböden des küstenfernen Cirralitorals

Schlickgründe mit grabender Megafauna

OHT

Riffe

Sandbänke mit nur schwacher ständiger Überspülung durch Meerwasser

Datenquellen: BMUV, BioConsult, NLWKN
Koordinatensystem: ETRS 1989 LAEA

Abbildung 6: Probenahmestationen des Makrozoobenthos für die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) und Überlappung mit den benthischen Lebensräumen der MSRL. BHT: weit verbreitete Biotopklassen (broad habitat types), OHT: andere benthische Lebensräume (other habitat types).

Die Arbeiten zur Konstruktion und Analyse der Nahrungsnetzmodelle ist bereits in verschiedene nationale und regionale Prozesse zur Bewertung des Deskriptors D4 Nahrungsnetze der MSRL eingeflossen. Die ENA-Analyse wurde im Rahmen einer Pilotstudie für den OSPAR Quality Status Report 2023 und die nationale Bewertung zu Art. 8.-10 MSRL genutzt und sind dort Grundlage des Indikators FW9 Ecological Network Analysis (vgl. WP6).

Für die nächste MSRL-Bewertung 2030 soll eine Meta-Analyse von ENA-Modellergebnissen verschiedener Modelle im OSPAR- und HELCOM-Raum durchgeführt werden. Dazu wurde eine Arbeitsgruppe aus Forschenden von iSeal und Behördenvertretenden gegründet, zu deren Treffen das WP4 regelmäßig beiträgt. Weiterhin fließen die Entwicklungen in die Arbeit der nationalen Gremien der Bund-Länder-Gemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) zur MSRL-Bewertung, insb. der Facharbeitsgruppe Biodiversität und Nahrungsnetze sowie der Querschnittsarbeitsgruppe Erfassen und

Bewerten (ErBe) ein. Ergebnisse wurden und werden in verschiedenen Rahmen präsentiert. Schlussendlich werden die Arbeiten auf regionaler Ebene bei OSPAR und HELCOM durch Beteiligung in den Expertengruppen (EG FOODWEB) eingebracht, um zur Entwicklung einer kohärenten Bewertung der Nahrungsnetze in der Ostsee sowie im Nordost-Atlantik beizutragen. Diese Arbeiten werden in iSeal2 fortgeführt.

WP5 – Integrierte sozial-ökologische Netzwerkanalyse für transdisziplinäre Entwicklung von Handlungsempfehlungen

Federführung für WP5 hat die Universität Osnabrück. Die Nationalparkverwaltung hat sich an der Durchführung zweier Stakeholder Workshops zusammen mit WP5 beteiligt.

Im ersten Stakeholder-Workshops im Oktober 2022 wurden mit den anwesenden Stakeholdern und iSeal Projektbeteiligten die TOP3 für die Integration von SNA und ENA (SENA) herausgearbeitet. Der 2. Workshop im Juni 2023 fand unter dem Schwerpunkt „invasive Arten“ und Anwendungsbeispiele mittels Ökologischer Netzwerkanalyse (ENA) statt.

WP6 – Projektkoordination, Transfer und transdisziplinäre Handlungsempfehlungen

Projektkoordination

Die Koordinierung des Verbundes iSeal erfolgte durch Nationalparkverwaltung. Die NPV sorgte als koordinierende Stelle für eine gute Vernetzung der einzelnen Arbeitspakete im Projekt selbst, aber auch innerhalb der Forschungsmission sustainMare. Die NPV hat regelmäßig an den Treffen des Mission Management Boards (MMB) und der Manager (MuM) teilgenommen, um hier für einen reibungslosen Informationsaustausch zu sorgen.

Darüber hinaus hat sich die NPV bei der Planung und inhaltlichen Ausgestaltung des Midterm Meetings vom 29.08.-01.09.2023 in Kiel sowie des sustainMare meetings am 24.09.-25.09.2024 in Hamburg beteiligt (siehe Missionsbericht). Insgesamt wurden wie geplant drei Statusseminare von iSeal mit Beteiligung von Kai Hoppe und dem PTJ durchgeführt. Die Nationalparkverwaltung hat zusammen mit dem Verbundpartner Senckenberg am Meer seit Februar 2024 die Organisation und Koordinierung der sustainMare Working Group „Monitoring and Assessment“ übernommen, die in der 2. Phase fortgeführt wird.

Transfer und Implementierung der Ergebnisse in die Naturschutzpraxis

Die NPV koordiniert den Transfer der Ergebnisse in Nutzer- und Anwendergruppen auf nationaler und internationaler Ebene (Aufgaben 6.1 und 6.2). Die direkte Beteiligung der Stakeholder im Vorhaben sorgte dafür, dass die Ergebnisse des Vorhabens direkt angewendet werden und bereits während der Projektlaufzeit auf ihre Praktikabilität geprüft werden können.

Laut Vorhabensbeschreibung wurden verschiedene Produkte auf nationaler und internationaler Ebene erzeugt. Auf internationaler Ebene hat die NPV im Rahmen von iSeal an dem JPI Oceans Knowledge Hub on Cumulative Effects teilgenommen. Die Ökologische Netzwerkanalyse (ENA) konnte als Analysetool für die Bewertung von kumulativen Effekten in einem „Common handbook for how to implement a Cumulative Effects Assessment“ platziert werden. Das Handbuch wurde im Sommer 2024 in Brüssel vorgestellt und anschließend veröffentlicht (Abschnitt 6).

Die Pilotbewertung des OSPAR Nahrungsnetzindicators FW9: Ecological Network Analyses (ENA) im Quality Status Report 2023 wurde veröffentlicht (Schückel et al., 2022). Das in iSeal erstellte Nahrungsnetzmodell im Küstenmeer Schleswig-Holsteins konnte darin platziert werden.

Die Ergebnisse des Nahrungsnetzmodells aus dem Küstenmeer Schleswig-Holsteins wurden ebenfalls in die nationale MSRL Zustandsbewertung von Nahrungsnetzen (D4) integriert. Der MSRL Zustandsbericht wurde 2025 publiziert und kann hier heruntergeladen werden ([Entwurf Zustandsbericht-2024 Nordsee 2023-10-15.pdf](#)). Die Integration der

Ökologischen Netzwerkanalyse in die aktuellen Zustandsbewertungen der Nordsee und des Nordostatlantiks (OSPAR) sind wichtige Meilensteine für die Implementierung dieses Indikators in die zukünftige Zustandsbewertung und Naturschutzpraxis. Die Ergebnisse zeigen, dass die Nordsee weiterhin ein stark belastetes Gebiet ist und die Nahrungsnetze den guten Umweltzustand nicht erreichen.

Weitere Transferaktivitäten war die Beteiligung an der SustainMare-Vorlesungsreihe und die Teilnahme an den Parlamentarischen Abenden in Kiel und Hannover sowie dem Parlamentarischen Frühstück in Berlin der DAM.

Die NPV und Senckenberg am Meer leiten die neue sustainMare Arbeitsgruppe „Monitoring and Assessment. Ein erstes Kick-Off Treffen fand am 27.2 und 28.2.2024 unter Leitung von iSeal in Wilhelmshaven statt. Das 2. Treffen der Arbeitsgruppe fand im September 2024 während des sustainMare meetings in Hamburg statt.

2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Tabelle 4 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises gemäß Finanzierungsplans

Position	Entstandene Ausgaben insgesamt bis einschließlich 30.11.2024	Gesamtfinanzierungsplan
812 (Beschäftigte E12-E15)	187.408,04 €	190.298,25 €
835 (Vergabe von Aufträgen)	114.757,63 €	108.891,75 €
846 (Dienstreisen)	6.139,56 €	12.055,00

3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die durchgeführten Arbeiten sowie die dafür aufgewandten Ressourcen waren notwendig und angemessen, da sie (i) der in der Vorhabensbeschreibung dargelegten Planung entsprachen und (ii) die im Arbeitsplan formulierten Aufgaben erfolgreich bearbeitet wurden. Die hier im Vorhaben geplanten Untersuchungen konnten nicht mit Hausmitteln durchgeführt werden. Außerdem standen keine EU-Mittel für die Finanzierung zur Verfügung.

4. Voraussichtliche Nutzen, insbesondere Verwertbarkeit der Ergebnisse und konkrete Planungen für die nähere Zukunft im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die Anwendbarkeit der Indizes aus der Ökologischen Netzwerkanalyse (ENA) für die Bewertung von Nahrungsnetzen hat sich bestätigt. Erste Ergebnisse konnten in einer Pilotstudie der regionalen OSPAR Quality Status Report 2023 (OSPAR Nahrungsnetzindikator FW9) Bewertung und in die nationale MSRL Bewertung 2024 integriert werden. Die Ökologische Netzwerkanalyse (ENA) konnte zudem als Analysetool für die Bewertung von kumulativen Effekten in einem „Common handbook for how to implement a Cumulative Effects Assessment“ platziert werden. Das Handbuch wurde im Sommer 2024 in Brüssel vorgestellt und anschließend veröffentlicht. Der in Spanien entwickelte „Sentinel of

the Seabed (BH1)“ Indikator für die Bewertung von benthischen Lebensräumen konnte in dem Vorhaben erfolgreich für die deutsche Nordsee modifiziert und mit einem ersten Datensatz getestet werden.

Damit wurden im Vorhaben wichtige Grundlagen für verschiedene OSPAR-Indikatoren und Deskriptoren der EU-Meeressstrategie-Rahmenrichtlinie erarbeitet sowie eine grundlegende Datenbasis für die FFH-Richtlinie, WRRL-relevante Fragestellungen und Managementfragestellungen von Schutzgebieten.

Auf Basis der erfolgreichen Pilotstudie und Anwendbarkeit der Ökologischen Netzwerkanalyse für eine zukünftige Nahrungsnetzbewertung soll für das nächste OSPAR Intermediate Assessment 2029 und für die nächste MSRL-Bewertung 2030 eine Meta-Analyse von ENA-Modellergebnissen verschiedener Modelle im OSPAR- und HELCOM-Raum durchgeführt werden. Dazu wurde eine Arbeitsgruppe aus Forschenden von iSeal und Behördenvertretenden gegründet. Weiterhin fließen die Entwicklungen in die Arbeit der nationalen Gremien der Bund-Länder-Gemeinschaft Nord- und Ostsee (BLANO) zur MSRL-Bewertung, insb. der Facharbeitsgruppe Biodiversität und Nahrungsnetze sowie der Querschnittsarbeitsgruppe Erfassen und Bewerten (ErBe) ein.

Im Folgeprojekt werden die Ergebnisse weiter verwertet und der Verwertungsplan weiter fortgeschrieben. Zudem konnten zwei Vorhaben zur Weiterentwicklung des „BH1 Indikators“ und zur „Unterstützung und der Weiterentwicklung einer zukünftigen Bewertung von Nahrungsnetzen“ über BLANO Mittel für das Jahr 2025 erfolgreich beantragt werden.

5. Während der Durchführung dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stelle

Das Vorhaben stand während der gesamten Projektlaufzeit in regelmäßigem Austausch mit den anderen Projekten der Forschungsmission sustainMare sowie weiteren Projekten anderer Initiativen (z.B. KüNO Projekte) durch besuchte Tagungen, Workshops oder die jährlich durchgeführten sustainMare Konferenzen. Die Antragstellerin ist Mitglied der BLANO Benthos AG, Co-Vorsitzende der BLANO AG Biodiversität und Nahrungsnetze, und hat den Vorsitz der OSPAR-Expertengruppe für Nahrungsnetze im Rahmen von ICG-COBAM (Intersessional Correspondence Group on Coordination of Biodiversity Assessment and Monitoring). Hier leitet sie den Entwicklungs- und Umsetzungsprozess der ENA (OSPAR candidate indicator FW9) für die Bewertung und Integrität von Nahrungsnetzen in der Nordsee, eines der relevanten Bewertungstools in diesem Vorhaben.

Durch die intensiven Mitgliedschaften der NPV-SH und dem gesamten iSeal-Konsortium in relevanten nationalen oder internationalen Arbeitsgruppen, bestand während der Projektlaufzeit ein intensiver Austausch, Transfer und aktive Zusammenarbeit mit Behördenvertretern. Insbesondere die erfolgreiche Pilotstudie der Nahrungsnetzbewertung im Küstenmeer Schleswig-Holstein, die sowohl in die OSPAR QSR Bewertung 2023 als auch die nationale Zustandsbewertung Nordsee 2024 integriert und publiziert werden konnte, ist als bedeutsam einzustufen. Das Vorhaben hat eine einzigartige Voraussetzung für eine kohärente Zustandsbewertung von Nahrungsnetzen und neu geschaffene Vernetzungen geschaffen. Erste Schritte einer erfolgreichen Umsetzung wird die geplante Meta-Analyse auf OSPAR, ICES und HELCOM-Ebene für das OSPAR Intermediate Assessment 2029 und für die nächste nationale Zustandsbewertung 2030 sein.

6. Veröffentlichungen

Schückel, U., Noguez, Q., Brito, J., Niqil, N., Blomqvist, M., Sköld, M., Hansen, J., Jakobsen, H. and Morato, T. 2022. *Pilot Assessment of Ecological Network Analysis Indices*. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the North-East Atlantic. OSPAR Commission, London. <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/pilot-assessment-ecological-network-analysis-indices/>

Baird, D., Schückel, U. (2024). Temporal models of energy and material dynamics in flow networks of estuarine and coastal ecosystems. In: Baird D, Elliott, M (eds): Treatise on Coastal Science, 2nd Edition, Academic Press, pp 310-374, DOI: 10.1016/B978-0-323-90798-9.00045-7

Schückel, U., Henning, D., Martinez Arbizu, P., Möller, A., Nehmer, P., Uhlenkott, K., Schückel, S., Wehrmann, A., Jaklin, S. (2024) First records of the non-native bamboo worm *Clymenella torquata* (Leidy, 1855) at the German North Sea coast, *BioInvasion Records*. *BioInvasion Records* 13: 739-753

Canu, DM., Leiknes, Ø., Unnuk, A., Rumes, B., Zeppilli, D., Sarrazin, J., Canesi, L., Schückel, U., Fianchini, M., Korme, I. (2024) A common handbook: Cumulative effects assessment in the marine environment. JPI Oceans Knowledge Hub on Cumulative effects of human activities in the marine environment. <https://dx.doi.org/10.48470/77>

Die Veranstaltungen, die während des Berichtszeitraumes von Projektbeteiligten besucht wurden, sind ausführlich im gemeinsamen Schlussbericht dargestellt auf den an dieser Stelle verwiesen wird.