



# NOAH - Synthese

North Sea Observation and Assessment of Habitats

Sedimentprovinzen der Deutschen Bucht – Eigenschaften, Leistungen und Risiken

## Zwischenbericht

(nach Anlage 1 zu Nr. 3.1 BNBEST-BMBF 98)

Auftraggeber:	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Zuwendungsempfänger:	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Helmholtz-Zentrum Geesthacht Institut für Küstenforschung Max-Planck-Str. 1, 21502 Geesthacht</li><li>2. Universität Bremen Zentrum für Marine Umweltwissenschaften Leobener Str. 2, 28359 Bremen</li><li>3. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Referat Chemie des Meeres Bernhard-Nochte-Straße 78, 20359 Hamburg</li><li>4. Senckenberg am Meer Abteilung Meeresforschung Südstrand 44, 26382 Wilhelmshaven</li><li>5. Thünen Institut Institut Seefischerei Palmaille 9, 22767 Hamburg</li><li>6. Universität Hamburg Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit Grindelberg 5, 20144 Hamburg</li><li>7. Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg Fachbereich Umwelttechnik Ulmenliet 20, 21033 Hamburg</li></ol>
Förderkennzeichen:	03F0742A-E 03F0743A 03F0744A
Laufzeit:	1 April 2016 – 31 März 2019
Berichtszeitraum:	1 Januar 2017 – 31 Dezember 2017
Projektleitung:	Prof. Dr. Kay-Christian Emeis <sup>1</sup>
Autoren:	Prof. Dr. Kay-Christian Emeis <sup>1</sup> , Dr. habil. Christian Winter <sup>2</sup> , Dr. Berit Brockmeyer <sup>4</sup> , Prof. Dr. Ingrid Kröncke <sup>5</sup> , Dr. Gerd Kraus <sup>6</sup> , Dr. Rabea Diekmann <sup>6</sup> , Prof. Dr. Christian Möllmann <sup>7</sup> , Dr. Thomas Lüdmann <sup>7</sup> , Prof. Dr. Hermann Held <sup>7</sup> , Prof. Dr. Gesine Witt <sup>8</sup>
Kontakt:	Marcus Lange Email: <a href="mailto:marcus.lange@hzg.de">marcus.lange@hzg.de</a> ; Tel.: +49 4152-87-2347; Fax: +49 4152-87-1548 <b><a href="http://www.noah-project.de">www.noah-project.de</a></b>



Das diesem Zwischenbericht zugrundeliegende Vorhaben wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der Agenda „Küstenforschung in Nord- und Ostsee“ (KüNO) im Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltige Entwicklung“ (FONA) gefördert. Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich.

---

Geesthacht, 20.04.2018

Prof. Dr. Kay-Christian Emeis

Helmholtz-Zentrum Geesthacht  
Max-Planck-Str. 1  
21502 Geesthacht  
Tel: 04152-87 1548  
Fax: 04152-87 1548  
E-Mail: [kay.emeis@hzg.de](mailto:kay.emeis@hzg.de)



**Inhalt**

<b>Partner in Verbundprojekt NOAH Synthese</b>	1
<b>Verbundvorhaben</b>	
<i>North Sea Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)</i>	3
<b>Teilprojekt 1</b>	
<i>Biogeochemie, Nährstoff- und Kohlenstoffzyklus im benthischen Ökosystem der Nordsee.</i>	11
<b>Teilprojekt 2</b>	
<i>Erosion und Transportprozesse am Meeresboden</i>	17
<b>Teilprojekt 3</b>	
<i>Erfassung und Bewertung von Schadstoffbudgets und –prozessen in der Deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone</i>	21
<b>Teilprojekt 4</b>	
<i>Modellierung benthischer Habitate, ihrer Lebensgemeinschaften und Schlüsselarten</i>	29
<b>Teilprojekt 5</b>	
<i>Ökosystembasierte Risikobewertung und Strategien für das Risikomanagement anthropogener Belastungen des Meeresbodens</i>	35
<b>Teilprojekt 6</b>	
<i>Charakterisierung von Meeresboden- und Mikrohabitaten, numerische Modellierung von höheren trophischen Ebenen und adaptives Risikomanagement für die Nutzung des Meeresbodens</i>	49
<b>Teilprojekt 7</b>	
<i>Risikoabschätzung von hydrophoben organischen Schadstoffen auf Basis der biologisch verfügbaren Schadstofffraktion in Sediment-Porenwassersystemen der Küstengewässer von Nord- und Ostsee</i>	59



**Partner in Verbundprojekt NOAH Synthese**

- Teilprojekt 1 **Biogeochemie, Nährstoff- und Kohlenstoffzyklus im benthischen Ökosystem der Nordsee.**  
Prof. Kay-Christian Emeis (kay.emeis@hzg.de)  
Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Institut für Küstenforschung  
Max-Planck-Str. 1, 21504 Geesthacht
- Teilprojekt 2 **Erosion und Transportprozesse am Meeresboden.**  
PD Dr. habil. Christian Winter (cwinter@marum.de)  
Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen  
Leobener Str.1, 28359 Bremen
- Teilprojekt 3 **Erfassung und Bewertung von Schadstoffbudgets und -prozessen in der Deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone.**  
Dr. Berit Brockmeyer (berit.brockmeyer@bsh.de)  
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie  
Bernhard-Nochte Str. 78, 20359 Hamburg
- Teilprojekt 4 **Modellierung benthischer Habitate, ihrer Lebensgemeinschaften und Schlüsselarten.**  
Prof. Dr. Ingrid Kröncke (ingrid.kroencke@senckenberg.de)  
Senckenberg am Meer, Abt. Meeresforschung  
Südstrand 40, 26382 Wilhelmshaven
- Teilprojekt 5 **Ökosystembasierte Risikobewertung und Strategien für das Risikomanagement anthropogener Belastungen des Meeresbodens.**  
Dr. Gerd Kraus (Gerd.kraus@ti.bund.de)  
Thünen-Institut, Institut für Seefischerei  
Palmaille 9, 2767 Hamburg
- Teilprojekt 6 **Charakterisierung von Meeresboden- und Mikrohabitaten, numerische Modellierung von höheren trophischen Ebenen und adaptives Risikomanagement für die Nutzung des Meeresbodens.**  
Prof. Dr. Christian Möllmann (christian.moellmann@uni-hamburg.de)  
Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg  
Große Elbstrasse 133, 22767 Hamburg
- Teilprojekt 7 **Risikoabschätzung von hydrophoben organischen Schadstoffen auf Basis der biologisch verfügbaren Schadstofffraktion in Sediment-Porenwassersystemen der Küstengewässer von Nord- und Ostsee.**  
Prof. Dr. habil. Gesine Witt (gesine.witt@haw-hamburg.de)  
Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg  
Ulmenliet 20, 21033 Hamburg





*Zuwendungsempfänger:*

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH  
 Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen  
 Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg, Bremerhaven  
 Forschungsinstitut Senckenberg am Meer, Wilhelmshaven  
 Thünen Institut, Institut für Seefischerei, Hamburg  
 Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg  
 Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0742A-E  
 03F0743A  
 03F0744A

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*Berichtendes Teilprojekt:***Verbundvorhaben**

North Sea Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Verantwortlicher Projektkoordinator:*

Prof. Dr. Kay-Christian Emeis

## 1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.

Die am Verbundvorhaben „NOAH-Synthese“ beteiligten Wissenschaftler bauen auf den Grundlagen des Vorgängerprojekt NOAH (April 2013 – März 2016) auf. Sie verwerten und erweitern den seinerzeit entwickelten NOAH Habitatatlas, dem georeferenzierten Inventar der Meeresbodeneigenschaften in der Deutschen Bucht der Nordsee. Im Folgenden sind die wesentlichen Entwicklungen in den vier **Arbeitspaketen** des Verbundvorhabens NOAH-Synthese sowie bzgl. des **Habitatatlases** kurz erläutert.

### *Arbeitspaket 1: Habitat-Charakteristika und Habitat-Atlas*

Im ersten Arbeitspaket werden existierende Daten zur Klassifizierung und Eingrenzung von Meeresbodentypen und zur Beschreibung physikalischer, chemischer und biologischer Eigenschaften und menschlicher Drücke ausgewertet und dargestellt. Im Berichtszeitraum konnten aufgrund von faunistischen Analysen acht epi-benthische Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee mit einer jeweils sehr charakteristischen Artzusammensetzung und Individuendichte ermittelt werden, von denen zwei in der Literatur noch nicht erwähnt wurden. Aus der Analyse konnten flächenhafte Modellierung der potentiellen Verbreitung auf Basis neun relevanter Umweltfaktoren u.a. der Fischerei modelliert werden. Daten zur Belastung durch boden-berührende Fischerei wurden aktualisiert, kartographiert, und für die Verwendung in Arbeitspaket 4 kleinräumig dargestellt.

*Arbeitspaket 2: Inter- und Extrapolation physikalischer und bio-geochemischer Prozesse und von Verschmutzungsindikatoren*

Im Arbeitspaket 2 wurden die Arbeiten zur Übertragung von schiffsgebundenen Beobachtungen auf kleinen Raum- und kurzen Zeitskalen (in 9 NOAH-Arbeitsgebieten) weitergeführt. In Bezug auf schadstoffbezogene Parameter (Partner BSH, HAW) wurden Bioturbationspotentiale der Makrofaunaarten für die südöstliche Nordsee ermittelt. Die Ergebnisse zeigen eine sehr fleckenhafte Verteilung benthischer Bioturbationspotentiale mit besonders hohen Werten südlich der Doggerbank. Die Arten unterscheiden sich vor allem bezüglich ihrer funktionellen Zusammensetzung in der Küstenzone, des Oystergrundes und der Dogger Bank. Das wichtigste Ergebnis In Bezug auf die physikalischen Eigenschaften (Partner MARUM) ist das Auffinden eines Pockmark-Feldes in NOAH Gebiet C und eine entsprechende Publikation. Des Weiteren wurden interdisziplinäre Arbeiten zur Turbulenz am Meeresboden und der Interaktion der Morphodynamik und Mikrobiologie und zur Biologie bearbeitet und in Publikationen zusammengeführt.

*Arbeitspaket 3: Integrative Modellierung*

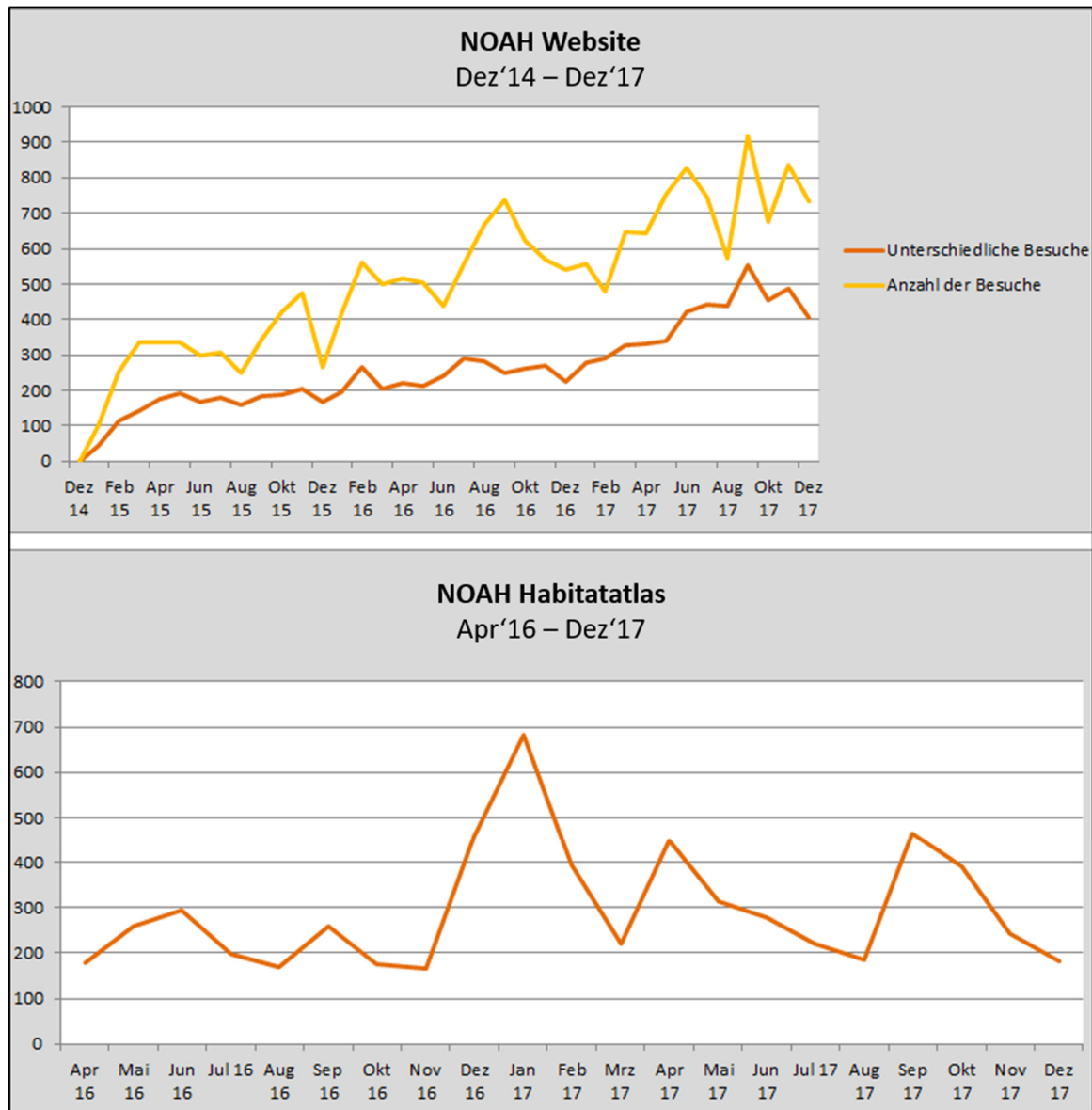
Im dritten Arbeitspaket wurden im Berichtszeitraum die Auswertung von Modellen zu mittleren Zuständen und Variabilität physikalischer Bedingungen am Meeresboden aus dem TRIM-3D-Modellsimulation (1986-2015) vorangetrieben. Die Modellanalyse ist unter der Rubrik „Tools“ auf der NOAH Webseite interaktiv zugänglich. Des Weiteren wurden erste Ensemblesimulationen mit unterschiedlichen Parametrisierungen des biogeochemischen Modells OMEXDIA innerhalb des MOSSCO Systems durchgeführt und die Ergebnisse mit Messdaten verglichen. Für die Sensitivitätsstudien wurden bislang sechs der mehr als 30 in OMEXDIA eingehenden Modellparameter in Betracht gezogen.

*Arbeitspaket 4: Risikoabschätzung und Risikomanagement*

Arbeitspaket 4 überführte die im ersten Projektjahr begonnene qualitative Risikoanalyse der anthropogenen Belastungen und ihrer Auswirkungen auf den Meeresboden in ein quantitatives, wahrscheinlichkeitsbasiertes Modell. Der Fokus lag dabei auf der Modellierung von Effekten auf Habitate durch die bodenberührende Fischerei sowie deren mögliche Veränderungen durch Gebiets-schließungen. Ziel ist es die Effektivität von Managementmaßnahmen (z.B. Einrichtung der Natura2000-Schutzgebiete) im Hinblick auf eine Verbesserung des Meeresboden-zustands zu untersuchen. Das Modell wird im dritten Projektjahr erweitert und als Entscheidungshilfeworkzeug ausgebaut.

*NOAH Habitatatlas (<http://www.noah-project.de/habitatatlas>)*

Zu den wichtigsten Entwicklungen im des NOAH Habitatatlas zählt die Bereitstellung von neuen Geoinformationen für das Gebiet der deutschen AWZ sowie eine Verbesserung des Datenzugangs. Inhaltlich wurden neue Karten im Bereich Fischereidruck aufgenommen und die Funktion *MapView* dahingehend erweitert, das nun für sämtliche Karten die jeweiligen Datenwerte interaktiv abrufbar sind. Die Fortschritte hatten zur Folge, dass die Zugriffe auf die Projekthomepage im Vergleich zum Vorjahr deutlich zunahmen (Abb. 1)



**Abbildung 1.** Zugriffsstatistiken des NOAH Internetportals und des Habitatatlas der vergangenen Jahre

Unter der Rubrik „WebGIS“ wurden zwei neue Funktionen implementiert, die den Zugang zu den im Rahmen von NOAH bereitgestellten Kartendaten erweitern sollen (Abb. 2). Die *NOAH WebGIS* Funktion ist ein direkter Zugang zum gesamten Kartenbestand und ermöglicht die Überlagerung einzelner Layer (Themenkarten) inklusive einer inhaltlichen Abfrage der Daten. Bei Überlagerung mehrerer Layer, können zwecks übersichtlicherer Darstellung, einzelne Layer transparent dargestellt werden. Über die *Kartengalerie* Funktion lassen sich Daten mittels einer Suchfunktion per Schlagwort filtern.

Unter der der Rubrik „Tools“ wurden Verknüpfungen zu projektrelevanten Informationen und Daten geschaffen (Abb. 3). Die Links *Restströme der Nordsee* und *Modellanalyse Tool* führen zu ozeanographischen Modelldaten und deren interaktive Visualisierung. So können

beispielweise Zeiträume, Parameter und geographische Gebiete gewählt und vordefinierte Statistiken auf Tages-, Wochen-, Monats- und Jahresbasis berechnet werden. Nutzern wird hierüber die Möglichkeiten gegeben, hochauflösende Modelldaten zu verarbeiten und in komprimierter Form herunterzuladen. Hinter dem Link zur *Kampagnendatenbank* verbirgt sich die *coastMap* Expeditionsdatenbank des Instituts für Küstenforschung am Helmholtz Zentrum Geesthacht; [www.coastmap.org](http://www.coastmap.org). Sie enthält Messdaten und Informationen aus zahlreichen Kampagnen und Projekte, die über diverse Filter eingegrenzt werden können. Das Suchergebnis stellt die Ergebnisse in Tabellenform oder als GIS Datei bereit. Die NOAH Projektpartner nutzen die Datenbank zur Sicherung und Bereitstellung ihrer Daten aus den NOAH Fahrten, wobei auch die Vergabe eines Digital Objekt Identifiers (DOIs) möglich ist. Generell steht die *coastMap* Infrastruktur auch externen Projekten, Universitäten sowie anderen Institutionen zur Verfügung.

The screenshot displays the NOAH project homepage. At the top left is the NOAH logo (North Sea Observation and Assessment of Habitats) with German and UK flags. A navigation menu on the left lists: Über uns, Habitatatlas, WebGIS (highlighted), Arbeitsgebiete, Tools, Methoden, Arbeitspakete, Partner, Publikationen, Kommunikation und Medien, News, and Links. The main content area is titled 'NOAH - WebGIS und Kartengalerie'. It features two sections: 'NOAH WebGIS' with a map of the North Sea and a link 'Zum NOAH WebGIS...', and 'NOAH Maps Map Gallery' with a grid of six maps and a link 'Zur NOAH Kartengalerie...'.

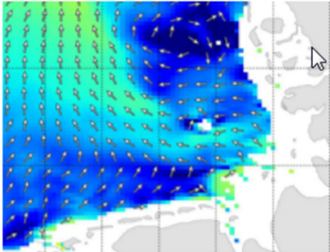
**Abbildung 2.** WebGIS und Kartengalerie als neue Funktionalitäten auf der NOAH Projekthomepage.

NOAH

- Über uns
- Habitatatlant
- WebGIS
- Arbeitsgebiete
- Tools
- Methoden
- Arbeitspakete
- Partner
- Publikationen
- Kommunikation und Medien
- News
- Links

## Tools

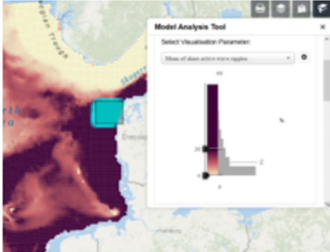
### Restströme der Nordsee



Restströme sind langsam gerichtete Bewegungen der Wasserkörper. Diese überlagern die schnellen und regelmäßigen Tidebewegungen und sind für alle Transporte über große Distanzen von großer Bedeutung. In diesem Tool finden Sie Berechnungen von Tageswerten der Restströme in der Deutschen Bucht der Jahre 1958 bis 2015.

[Interaktives Tool...](#) [Zum Download...](#)


### Modellanalyse Tool



Modelle sind für die Abschätzung mittlerer Verhältnisse von großer Bedeutung. Dieses Werkzeug dient dem vereinfachten Zugang zu verschiedenen Modellen der Nordsee. Dabei können große Mengen von Modelldaten zügig und einfach analysiert werden, wofür bislang großer Zeit- und Personalaufwand notwendig waren.

[Zum interaktiven Tool...](#)

### Zentrale Kampagnendatenbank



Zugang zur Datenbank mit Kampagnendaten. Diese können über verschiedene Suchkriterien gefiltert und als Shape- oder .csv-Datei heruntergeladen werden. Bitte nach dem NOAH-Projekt filtern.

[Zur Datenbank...](#)

**Abbildung 3.** Auswahl von Daten- und Informationsquellen unter der Rubrik „Tools“ auf der NOAH Webseite.

Derzeit werden für sämtliche Daten, die im Rahmen von NOAH erhobenen worden sind, standardisierte Metadaten erzeugt und in das *coastMap* CSW System (Catalog Service for the Web) importiert. Dieser Metadatenkatalog wird aktuell schon vom KüNO Portal integriert und soll die über das KüNO Portal förderierten Daten-/Metadaten erweitern. Mit Blick auf eine gemeinsame Strategie bei der Standardisierung von Metadatenbeschreibungen und bei der Qualitätssicherung beteiligte sich das Vorhaben an mehreren Workshops mit nationalen Meeres- und Küstenforschungseinrichtungen (u.a., IOW, GEOMAR, BAW, BSH, NPA und HZG). Ein Ergebnis dieser Treffen ist die Entwicklung eines Online Formulars auf Grundlage dessen Informationen zur Beurteilung der Qualität eines Datensatzes gesammelt und ausgewertet werden sollen.

## 2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.

Aufgrund personeller Ausfälle und zeitlichen Verzögerungen bei der schiffsgebundenen Datenerhebung kam es in Einzelfällen zu leichten Verschiebungen in der Arbeitsplanung. Die Verzögerungen sind mittlerweile größtenteils wieder aufgeholt. Der Bearbeitungsstand des Vorhabens entspricht aktuell der vorgesehenen Zeit- und Arbeitsplanung (vgl. Tab. 1).

**Tabelle 1.** Meilensteinplanung und Bearbeitungsstand des NOAH-Synthese Verbundvorhabens bis Ende 2017.

<b>Meilenstein</b> fällig im	<b>Beschreibung</b>	<b>Bearbeitungsstand</b> erläutert in
<i>Arbeitspaket 1</i>	<i>Habitat-Charakteristika und Habitat-Atlas</i>	
<b>M1.1</b> 4.Quartal 2017	Aktualisierung des NOAH Habitatatlas	<b>erfüllt</b> Verbundvorhaben
<b>M1.2</b> 4.Quartal 2016	Bestimmung ökologischer Nischen und makrofaunistischer Vergesellschaftungen	<b>erfüllt</b> Bericht 2016
<b>M1.3</b> 3.Quartal 2018	Erweiterte Habitatklassifizierung	<b>ausstehend</b>
<b>M1.4</b> 4.Quartal 2017	Räumliche Abschätzung des Bioturbationspotentials	<b>erfüllt</b> Teilprojekt 4
<i>Arbeitspaket 2</i>	<i>Inter- und Extrapolation physikalischer und bio-geochemischer Prozesse und von Verschmutzungsindikatoren</i>	
<b>M2.1</b> 2.Quartal 2018	Transfer Funktionen und Extrapolation physikalischer Eigenschaften	<b>ausstehend</b>
<b>M2.2</b> 4.Quartal 2017	Bioturbationspotentiale berechnet	<b>erfüllt</b> Teilprojekt 4
<b>M2.3</b> 2.Quartal 2017	Biogeochemische Messungen an Referenzstationen ausgewertet	<b>erfüllt</b> Teilprojekt 1
<b>M2.4</b> 2-4.Quartal 2018	Übersicht über organischer Schadstoffe im Sediment, Porenwasser und Biota	<b>ausstehend</b> Teilprojekt 7
<b>M2.5</b> 1.Quartal 2017 1,4. Quartal 2018	Schadstoffnormierung, historische Hintergrundbelastung und biologisches Screening	<b>erfüllt bzw. in Bearbeitung</b> Teilprojekt 3
<i>Arbeitspaket 3</i>	<i>Integrative Modellierung</i>	
<b>M3.1</b> 3-4.Quartal 2016	Bereitstellung physikalischer Modelldaten	<b>erfüllt</b> Verbundvorhaben
<b>M3.2</b> 3-4.Quartal 2017	Probabilistisches Diagenesemodell (Bayessches Netz)	<b>in Bearbeitung</b> Teilprojekt 1
<b>M3.3</b> 3.Quartal 2018	Räumliche Abschätzung biogeochemischer Stoffflüsse und Stoffumsätze im Sediment	<b>ausstehend</b>
<b>M3.4</b> 4.Quartal 2016	Substrat-spezifisches, benthisches Nahrungsnetz-Modell	<b>erfüllt</b> Teilprojekt 6
<i>Arbeitspaket 4</i>	<i>Risikoabschätzung und Risikomanagement</i>	
<b>M4.1</b> 2.Quartal 2017	Stakeholder Befragung „Risikobewertung“	<b>erfüllt</b> Teilprojekt 5
<b>M4.2</b> 3-4.Quartal 2018	Quantitatives Risikomanagement Werkzeug (Bayessches Netz / BowTie)	<b>ausstehend</b>
<b>M4.3</b> 4.Quartal 2016	Gekoppeltes „Ökologie-Ökonomie“ Modell	<b>erfüllt</b> Teilprojekt 6
<b>M4.4</b> 3.Quartal 2018	Bewertung benthischer Indikatoren des „Guten Umweltzustands“	<b>ausstehend</b>

**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Nein, die Zielsetzung hat nach wie vor Bestand.

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Wissenschaftliche und/oder technische Fortschritte, falls eingetreten, betreffen am ehesten einzelne Teilprojekte und würden von diesen entsprechend berücksichtigt werden. Bezüglich des Verbundvorhabens liegen uns aktuell keine Erkenntnisse vor, die für die weitere Durchführung von Relevanz sind.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Nein, momentan besteht keine Notwendigkeit die Durchführung des Vorhabens zu ändern.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

*a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen*

keine

*b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten*

Als Folge der Wirtschaftskrise ist sowohl die Bundesregierung als auch die EU-Kommission gefordert, neue Perspektiven für ein stabiles und dauerhaftes ökonomisches Wachstum zu schaffen. Dabei ist der Weg einer intensiveren Nutzung der Küstenmeere als Wirtschaftsraum äußerst attraktiv. Hier bieten sich aussichtsreiche Investitionsstrategien in den Bereichen Ernährung, Biotechnologie, Energieversorgung und Rohstoffgewinnung. Die Schaffung wissenschaftlicher Fakten als Grundlage für investitionspolitische Entscheidungen für zentrale Elemente nationaler und europäischer Wachstumsstrategien ist wichtiger Bestandteil wissenschaftlicher Aktivitäten in der Küstenmeerforschung. Die im NOAH-Synthese Projekt erfassten Geoinformationen sowie die entwickelten Bewertungsmodelle und Verfahren verhelfen dabei möglicherweise sowohl Unternehmen als auch der Politik bei der Entwicklung effizienter Lösungsstrategien.

*c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten*

Das fortlaufend konstruktive Zusammenwirken des NOAH-Konsortiums sowie der gemeinsam mit Behörden und anderen Forschungsprojekten beschrittene Weg des dialogorientierten Erfahrungsaustauschs, haben die Erfolgsaussichten des Vorhabens deutlich erhöht. Ein wissenschaftlich bedeutender Zugewinn ist insbesondere durch die Begleitung des MSRL-Umsetzungsprozesses zu erwarten, die im Verbund mit der Entwicklung innovativer Methoden zur Erfassung, Bewertung und Beobachtung des „good environmental status“ (GES) einhergeht und nicht weiterhin in wissenschaftlichen Publikationen münden wird.

Die Erfolgsaussichten des Vorhabens erhöhen sich zusätzlich durch die Kooperationen mit den anderen vier Vorhaben der BMBF-FONA Agenda „Küstenmeerforschung in Nord- und Ostsee“ (KüNO) und den neu hinzugekommenen Projekten aus den Bereichen des Küsteningenieurwesens. Hier ist zu erwarten, dass die inhaltliche und technische Abstimmung bei der Entwicklung einer gemeinsamen Daten- und Modellinfrastruktur die Küstenforschung in Deutschland langfristig beeinflussen wird.

*d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Es bestehen begründete Erwartungen, im Anschluss an das geförderte Verbundprojekt die gewonnenen Projekterfahrungen und -ergebnisse nutzen zu können, um daraus national und international geförderte Folgeprojekte (evtl. auch kommerziell verwertbare Produkte o.ä.) zu generieren. Des Weiteren erhoffen wir uns eine möglichst rasche und breite Diffusion der Ergebnisse in andere, sich unmittelbar anschließende Bereiche der wissenschaftlichen Forschung bzw. der Anwendung in der wissenschaftlichen Praxis. Diesbezüglich werden Projektergebnisse einer kritischen Öffentlichkeit präsentiert, zur Diskussion gestellt und auf diese Weise, neben der internen Zwischen- und Endbegutachtung, auch projektextern evaluiert. Zu dieser Öffentlichkeit zählen Stakeholder aus Wissenschaft und Praxis, wie z.B. Vertreter nationaler und internationaler Forschungsgremien wie ICES und BLANO als Meinungsführer und Multiplikatoren sowie Forscher aus anderen Forschungseinrichtungen als Kritiker. Um ein möglichst breites Segment dieser kritischen Öffentlichkeit anzusprechen nutzt der Verbund neben bereits etablierten Kontakten einzelner Partner insbesondere die projekteigene Website, die über Ziele, wesentlichen Resultate und verfügbare Daten informiert sowie wissenschaftliche Publikationen in Fachzeitschriften als Kanäle des Wissenstransfers.

**Akademische Qualifizierungsarbeiten im Rahmen des Verbundprojekts NOAH-Synthese:**

- Krüger, F.-S., 2017. Untersuchung der zeitlichen Belastungsentwicklung von organischen Schadstoffen in der Ostsee anhand zweier Sedimentkerne. BSc, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hamburg.
- Kunst, M., 2017. Hydroakustische Kartierung von Nordseehabitaten. MSc, Universität Hamburg.
- Nham, N., 2017. Evaluation of different sieving methods for the extraction of the fine sediment fraction and their influence on the elemental and isotopic fingerprint. MSc, Fachbereich Geowissenschaften, Universität Hamburg.
- Niehaus, N.-C., 2017. Detection of freely dissolved hydrophobic organic chemicals in sediment pore water of the German Bight, the rivers Elbe and Weser and partitioning of PAHs in different applications of passive dosing. Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, Technische Hochschule Aachen.
- Rambo, H., 2017. From fish biodiversity indicators to spatial risk assessments - Towards the integration of Blue Growth and conservation objectives in the German Bight. PhD, Fak. für Mathematik, Informatik und Nat. Wiss., Universität Hamburg.
- Ranftl, T., 2017. Die historische Entwicklung der Belastung des Sedimentes durch hydrophobe organische Schadstoffe in der Deutschen Bucht. BSc, Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hamburg.



*Zuwendungsempfänger:*

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material und Küstenforschung GmbH (HZG)

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0742A

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

### **Teilprojekt 1**

Biogeochemie, Nährstoff- und Kohlenstoffzyklus im benthischen Ökosystem der Nordsee

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

Prof. Dr. Kay-Christian Emeis

## **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

Das Vorhaben konzentriert sich auf die Modellierung biogeochemischer Stofftransporte und Stoffumsätze in Sedimenten des deutschen Festlandssockels der Nordsee. Ziel ist es, kausale Beziehungen zwischen messbaren Zustandsvariablen und Prozessen, die deren Veränderung hervorrufen können, herzustellen. Das zugrundeliegende Modell beruht auf OMEXDIA<sup>[1]</sup>, dessen Quellcode im Rahmen des Schwesterprojekts MOSSCO weiterentwickelt wurde (vgl. Bericht 2016).

Innerhalb des Berichtszeitraums (Jan – Dez 2017), waren zwei der sechs noch ausstehenden Meilensteine (M) zu erreichen (Tab 1). In Bezug auf **M2** (Mai 2017) wurden erste Ensemblesimulationen mit unterschiedlichen Modellparametrisierungen durchgeführt und die Ergebnisse mit Messdaten verglichen. In diesen Sensitivitätsstudien wurden Effekte von 6 der mehr als 30 in OMEXDIA eingehenden Modellparameter in Betracht gezogen, nämlich der Abbaurate von labilem ( $R_{fast}$ ) und refraktärem ( $R_{slow}$ ) organischen Material, des Anteils von labilem am gesamten organischen Material ( $OM_{fast}$ ), der Depositionsrate von partikulärem organischem Kohlenstoff ( $F_{POC}$ ), des Bioturbationskoeffizienten ( $Db_{coeff}$ ) und der Sedimentationsrate ( $w$ ). Die Variation der Modellparameter wurde in einer Parameter Studie mit dem Softwarepaket DAKOTA (<https://dakota-sandia.gov>) festgelegt.

Um den hohen Rechenaufwand gekoppelter 3D-Simulationen zu verringern, wurden die Ensemblesimulationen mit einer „einfacheren“ 1D-Variante von OMEXDIA durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Sensitivitätsstudie sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Neben dem Anfangswert und den minimalen bzw. maximalen Grenzwerten der Parameter deutet deren Rang an, welche Bedeutung jeder einzelne Parameter für die Übereinstimmung zwischen Modell und Daten hat.

<sup>1</sup> Soetaert, K., Herman, P.M.J., Middelburg, J.J., 1996. A model of early diagenetic processes from the shelf to abyssal depths. *Geochim Cosmochim Acta* 60(6), 1019-1040.

**Tabelle 1.** Meilensteine und Bearbeitungsstand (Dez'17) des Vorhabens vom Verbundprojekt NOAH Synthese.

<b>Meilenstein</b>	<b>Beschreibung</b>	<b>Status (Dez'17)</b>
M1 <i>Sep'16</i>	Schwankungsbreiten der Modellparameter eingegrenzt und das Modellsetup für Monte-Carlo (Ensemble)-Simulationen festgelegt	abgeschlossen
M2 <i>Mai'17</i>	a) Durchführung von Ensemblesimulationen mit variierenden Modellparametrisierungen b) Identifikation alternativer Modellstrukturen, deren Unterscheidung durch vorliegende Messdaten unmöglich ist. c) Quantifizierung der Unsicherheiten in Stoffflüssen, die sich aus dieser Unbestimmtheit ergeben.	a) erste Modellläufe abgeschlossen b) weitere Parameter- und Sensitivitätsstudien in Bearbeitung c) aufgrund von Problemen bei der Kalibrierung noch ausstehend
M3 <i>Nov'17</i>	Probabilistische Darstellung des Verhaltens des Diagenesmodells einschließlich der Beschreibung seiner strukturellen Unsicherheiten ( <i>Bayessches</i> Netzwerk; BN).	in Bearbeitung (BN Prototyp vorhanden)
M4 <i>Apr'18</i>	Identifikation der Fehlerbreiten, welche sich durch Fortpflanzung von Unwissen in den Eingabegrößen aus dem Pelagial für die Ausgabegrößen des Diagenesmodells ergeben	ausstehend
M5 <i>Jul'18</i>	Abschätzung einer räumlichen Verteilung (und deren Unschärfe) des Eintrags partikulären organischen Materials vom Pelagial auf das Sediment	ausstehend
M6 <i>Okt'18</i>	Abschätzung der räumlichen Verteilung von Umsatzraten (z.B. Denitrifizierung) im Sediment der AWZ, einschließlich einer geschätzten Bandbreite, welche eine Kombination aus Unsicherheiten und zeitlicher Variabilität beschreibt	ausstehend
M7 <i>Mrz'19</i>	Anwendung des probabilistischen Modells auf planungsrelevante Fragestellungen wie z.B die Effekte von Fischerei, Klimaschwankungen oder Biodiversität auf Stoffumsätze im Sediment.	ausstehend

Da die betrachteten Parameter in diesem Fall nicht durch Beobachtungen kontrolliert sind, muss grundsätzlich zwischen zwei Interpretationen unterschieden werden; a) Prozesse, die von Parameter höheren Ranges beschrieben werden sind weniger relevant (oder sogar irrelevant) als Prozesse niedrigen Ranges und b) auf Basis der vorhandenen Daten kann derzeit keine verlässliche Aussage über die den Ergebnissen zugrundeliegenden Prozesse getroffen werden.

Ein wichtiger Hinweis für das weitere Vorgehen war die Notwendigkeit das Modell bei der Nutzung alternativer Messdaten neu kalibrieren zu müssen. Dies weist nach wie vor auf eine fehlende Allgemeingültigkeit hin und schwächt die Relevanz seiner Vorhersagen. Die Quantifizierung von Unsicherheiten in den Ausgabegrößen des Modells (d.h., Stoffflüsse, Umsatzraten und Konzentrationen), die sich aus den Unbestimmtheiten der Kalibrierung und Parametrisierung ergeben, ließ sich unter diesen Umständen noch nicht realisieren. Es muss aber ausdrücklich betont werden, dass die bestehenden Schwierigkeiten nicht nur aufgrund eines mangelhaften Prozessverständnisses bestehen, sondern auch auf eine nur begrenzte Anzahl von Beobachtungen und deren begrenzter räumlicher Repräsentativität zurückzuführen sind.

Als nächster Schritt in der Verfahrensentwicklung sollte das Verhalten von OMEXDIA einschließlich einer Beschreibung seiner strukturellen Unsicherheiten probabilistisch in einem *Bayesschen* Netzwerk (BN) dargestellt werden; **M3** (November 2017). Dies setzt voraus, dass die wesentlichen Abhängigkeiten/Unabhängigkeiten im Modellsystem durch die Spezifikation bedingter Wahrscheinlichkeiten (die z. B. im Sinne von Sensitivitäten gelesen werden können) darstellbar sind.

Aufgrund der bereits beschriebenen Situation reichten die Erkenntnisse am Ende des Berichtszeitraums noch nicht aus, um ein funktionsfähiges BN zu realisieren. Allerdings wurden einige Teile der Modellstruktur in einem prototypischen Netzwerk umgesetzt (Abb. 1). Die Grundlage bilden gleichermaßen die vorliegenden Messergebnisse wie auch die Modellsimulationen. Im weiteren Verlauf des Vorhabens soll dieses BN dann schrittweise durch die Verknüpfung weiterer Parameter, Zustände und Prozesse erweitert werden.

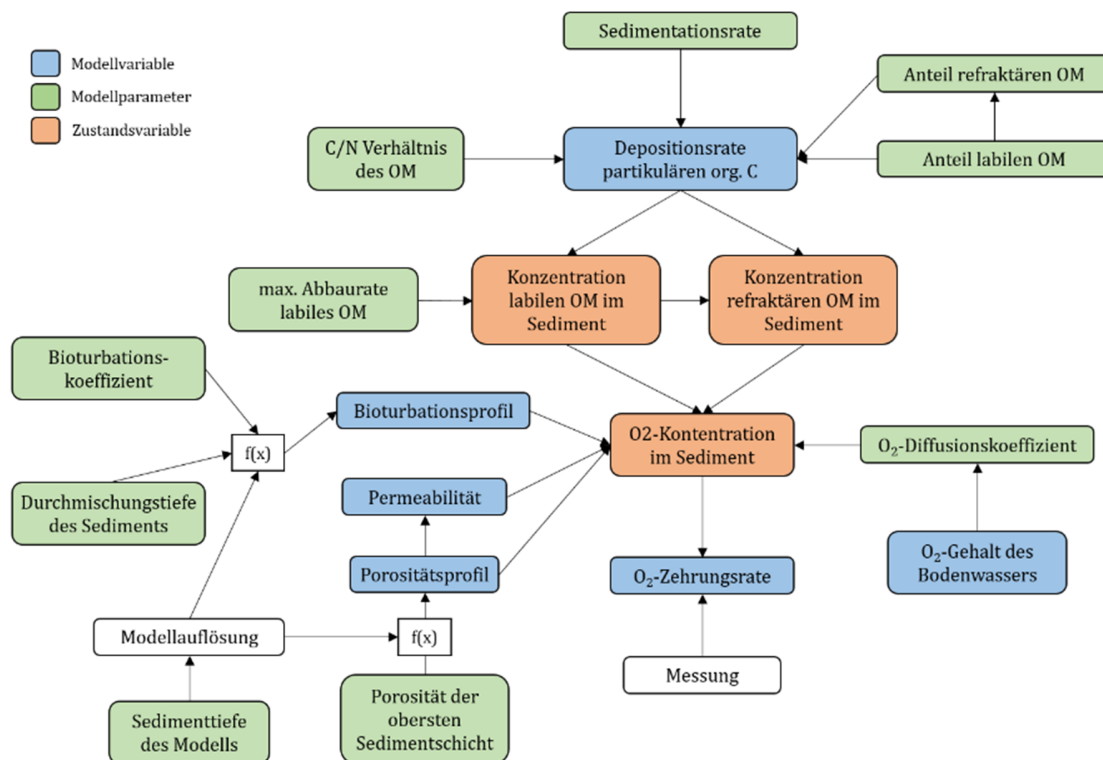
**Tabelle 2.** Ergebnis einer Sensitivitätsstudie mit OMEXDIA unter Berücksichtigung von Variationen in sechs Modellparametern. Die Rangfolge weist auf die Bedeutung der Parameter für die Übereinstimmung zwischen Modell und Daten hin. Das den Ensemblesimulationen zugrundeliegende Modellsetup wurde anhand von Messungen der Sauerstoffzehrungsraten an der NOAH Station C kalibriert.

Parameter	Einheit	Standard <sup>a</sup>	Grenzwerte <sup>b</sup>	Rang <sup>c</sup>
Mittlere Depositionsrates von organischen Kohlenstoff ( $F_{POC}$ )	$g\ C\ m^{-2}\ yr^{-1}$	20	2 / 100	1
Bioturbationskoeffizient ( $Db_{coeff}$ )	$cm^2\ day^{-1}$	0.003	0.002 / 0.15	2
Anteil an labilem organischen Material ( $OM_{fast}$ )	-	0.9	0.001 / 0.999	3
Abbaurates des labilen organischen Materials ( $R_{fast}$ )	$day^{-1}$	0.01	0.001 / 0.1	4
Sedimentationsrate ( $w$ )	$cm\ day^{-1}$	$2.74 \times 10^{-7}$	$2.74 \times 10^{-6} / 2.4 \times 10^{-8}$	5
Abbaurates des refraktären organischen Materials ( $R_{slow}$ )	$day^{-1}$	$1.0 \times 10^{-5}$	$1.0 \times 10^{-4} / 1.0 \times 10^{-6}$	6

<sup>a)</sup> Standardwerte von OMEXDIA nach

<sup>b)</sup> Unter- und Obergrenzen der Werteintervalle in der Parameter Studie

<sup>c)</sup> Rangfolge der Parameter laut Sensitivitätsstudie



**Abbildung 1.** Grundstruktur eines prototypischen *Bayesschen* Netzwerks zur integrativen Darstellung der Wirkzusammenhänge bei der Modellierung von Sauerstoffzehrungsraten mit OMEXDIA. Die Verknüpfung von Parametern, Variablen und Zustandsgrößen erfolgt durch die Spezifikation bedingter Wahrscheinlichkeiten aus den Ensemblesimulationen.

## 2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.

Die für das Jahr 2017 vorgesehene *Meilensteine 2* und *3* wurden in Teilen umgesetzt. Eine vollständige Analyse der Modellstruktur auf Basis ganzheitlicher Parameter Studien und Ensemblesimulationen ist allerdings noch erforderlich, um eine robuste Beschreibung der Zuverlässigkeitsgrenzen der Simulationen zu gewährleisten. Dies schließt auch weitere Anstrengungen bzgl. der Kalibrierung von OMEXDIA ein.

Der momentane Erkenntnisstand nach den bisherigen Sensitivitätsstudien hat natürlich auch Auswirkungen auf den derzeitigen Entwicklungstand des probabilistischen Modells (BN), das in seiner jetzigen Form zumindest als konzeptioneller Prototyp vorliegt. Sobald weitere Ergebnisse aus den fortlaufenden Sensitivitätsstudien vorliegen, können wir das BN problemlos erweitern bzw. auf verschiedene Fragestellungen anpassen. Wir halten eine derartige Vorgehensweise unter den gegebenen Umständen für sinnvoll, da die Konfiguration des Modells immer auch eine Hypothese bzgl. der Relevanz bestimmter Prozesse darstellen wird.

Die Ausgaben in 2017 und die weitere Finanzplanung des Vorhabens liegen innerhalb des Gesamtfinanzierungsplans.

### **3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Nein, die Zielsetzung ist unverändert, da die wesentlichen Bestandteile und Arbeitsabläufe für die Durchführung des Vorhabens, wie Modellcode, Software und Beobachtungsdaten vorhanden, bzw. implementiert sind. Im weiteren Verlauf erwarten wir keine gravierenden Änderungen im Arbeitsplan. Einzig der Zeitaufwand bei den Sensitivitätsstudien setzt gewisse Grenzen hinsichtlich der Berücksichtigung aller im Modell beschriebenen Prozesse und Zustände sowie von Veränderungen der äußeren Randbedingungen.

Aufgrund der Unschärfe im Sedimentmodell relativiert sich auch die Notwendigkeit einer detaillierten Modellierung lateraler Transporte im Pelagial. Wir verfolgen daher einen Ansatz, der die räumlich verteilten Einflüsse des Pelagials auf das Sediment probabilistisch durch Angabe realistischer Spannbreiten beschreibt. Dieser Ansatz erweitert das bei der lokalen Modellierung verfolgte Konzept konsistent in den Raum.

### **4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

In 2017 veröffentlichte der Integrated Climate Data Center (ICDC) an der Universität Hamburg die „Biogeochemische Nordsee-Klimatologie“ (NSBC). Die Sammlung umfasst Messdaten verschiedener biogeochemischer Parameter im Zeitraum von 1960-2014. Nutzern werden u. a. 3D-Felder von klimatologischen Mitteln und Monatsmitteln zur Verfügung gestellt, die z.B. als Referenzdaten für numerische Modellierungen verwendet werden können; <https://icdc.cen.uni-hamburg.de/daten/ocean/nsbc>.

Seit Kurzem beteiligt sich das Vorhaben als assoziierter Partner an dem im Rahmen der Helmholtz-Inkubator-Initiative geförderten Pilotprojekt „Reduced Complexity Models“ (RedMod). Das Projekt adressiert 3 Kernthemen moderner modell- und datenbasierter Wissenschaft, a) Unsicherheitsquantifizierung komplexer Modelle, b) Entwicklung von schnellen Ersatzmodellen (Emulatoren) und c) Identifizierung von Schlüsselparametern und Abhängigkeiten. Durch den Austausch von Methoden und Programmpaketen hoffen wir Erkenntnisgewinne im Bereich der simulationsbasierten Entscheidungsfindung zu erlangen. Dabei liegt der Fokus insbesondere auf der Substitution rechenintensiver und vollgekoppelter reaktiver Transportsimulationen durch statistische Ersatzmodelle.

### **5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Nein.

### **6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

#### *a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen*

Keine.

#### *b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten*

Für das Vorhaben sind keine unmittelbaren wirtschaftlichen Erfolge zu erwarten.

*c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten*

Erfolge wissenschaftlicher und/oder technischer Natur sind in erster Linie durch die Entwicklung statistischer Ersatzmodelle zu erwarten. Diese Modelle sollten sowohl die Berechnungsgeschwindigkeit als auch die numerische Stabilität komplexer Simulationen verbessern. Angesichts der steigenden Komplexität von Computermodellen und der verfügbaren Daten ist dieser Ansatz zeitgemäß und darüber hinaus übertragbar auf verschiedene Forschungsgebiete, unabhängig vom eigentlichen Anwendungsbereich. Die Dokumentation und Anwendung der Methodik sollte spätestens bei Abschluss des Vorhabens in international renommierten Fachzeitschriften publiziert worden sein.

*d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Die Aktivitäten des Vorhabens fokussieren sich vor allem auf die Entwicklung schneller Ersatzmodelle zur Beschleunigung reaktiver Transportsimulationen. Hierbei steht vor allem die Quantifizierung von Unsicherheiten und Risiken, und somit die Optimierung der Effizienz und Nachhaltigkeit modellbasierter Prognosen im Vordergrund. Trotz des Fokus auf die Sedimentbiogeochemie ist es denkbar, dass die Methodik auch über das Vorhaben hinaus Anwendung bei weiteren Nutzern aus Wissenschaft und Gesellschaft findet.

## Veröffentlichungen unter Beteiligung von Teilprojekt 1:

- Ahmerkamp, S., Winter, C., Krämer, K., Beer, D.d., Janssen, F., Friedrich, J., Kuypers, M. M. M. and M. Holtappels (2017): Regulation of benthic oxygen fluxes in permeable sediments of the coastal ocean. *Limnology and Oceanography* 62(5): 1935-1954.
- Bockelmann, F., Puls, W., Kleeberg, U., Müller, D. and K.-C. Emeis (2017): Mapping mud content and median grain-size of North Sea sediments – a geostatistical approach. *Marine Geology* 397: 60-71.
- Callies, U., Gaslikova, L., Kapitza, H. and M. Scharfe (2017): German Bight residual current variability on a daily basis: principal components of multi-decadal barotropic simulations. *Geo-Marine Letters* 37(2): 151-162.
- Callies, U., Groll, N., Horstmann, J., Kapitza, K., Klein, H., Maßmann, S. and F. Schwichtenberg (2017): Surface drifters in the German Bight: Model validation considering windage and Stokes drift. *Ocean Sci. Discuss.* 2017: 1-38.
- Krämer, K., Holler, P., Herbst, G., Bratek, A., Ahmerkamp, S., Neumann, A., Bartholomä, A., van Beusekom, J. E. E., Holtappels, M. and C. Winter (2017): Abrupt emergence of a large pockmark field in the German Bight, southeastern North Sea. *Scientific Reports* 7: 5150.
- Neumann, A., van Beusekom, J. E. E., Holtappels, M. and K.-C. Emeis (2017): Nitrate consumption in sediments of the German Bight (North Sea): *Journal of Sea Research* 127: 26-35.
- Neumann, H., Diekmann, R., Emeis, K.-C., Kleeberg, U., Moll, A. and I. Kröncke (2017): Full-coverage spatial distribution of epibenthic communities in the south-eastern North Sea in relation to habitat characteristics and fishing effort. *Marine Environmental Research* 130: 1-11.
- Pätsch, J., Burchard, H., Dieterich, C., Gräwe, U., Gröger, M., Mathis, M., Kapitza, H., Bersch, M., Moll, A., Pohlmann, T., Su, J., Ho-Hagemann, H. T. M., Schulz, A., Elizalde, A. and C. Eden (2017): An evaluation of the North Sea circulation in global and regional models relevant for ecosystem simulations. *Ocean Modelling* 116: 70-95.
- van Beusekom, J. T., Bobsien, R., Boersma, M., Buschbaum, C., Dänhardt, A., Darr, A., Friedland, R., Kloppmann, M., Kröncke, I., Rick, H.-J., Wetzels, M. (2017): Aquatische Ökosysteme: Nordsee, Wattenmeer, Elbeästuar und Ostsee. In: C. M. von Storch H, Meinke I. (Eds.): *Hamburger Klimabericht*, 89-107.

*Zuwendungsempfänger:*

Zentrum für Marine Umweltwissenschaften der Universität Bremen (MARUM)

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0742B

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

## **Teilprojekt 2**

Erosion und Transportprozesse am Meeresboden

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

PD Dr. habil. Christian Winter

### **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

Wie beantragt sind die Aufgaben der ersten vier Meilensteine bearbeitet.

#### **M2.1 (09/2016)**

*Durchführung der Schiffsforschungsreisen mit FS Heincke HE470, HE471*

Beide Reisen wurden durch NOAH2 Antragsteller durchgeführt. HE470 mit Fahrtleitung C Winter (MARUM), HE 471 mit Fahrtleitung J. v. Beusekom (HZG).

Zwei weitere Reisen mit FS Heincke im Frühjahr 2018 wurden beantragt und genehmigt. Christian Winter leitet HE510 (1.5.-14.5.2018) und Justus van Beusekom leitet HE511 (16.-30.5.2018).

#### **M2.2 (12/2016)**

*Daten der Reisen HE470, HE471 analysiert und in den NOAH Habitatatlas implementiert*

Analysen und Datensätze zur Morphologie, Sedimentologie und Hydrodynamik liegen vor und wurden mit Kollegen im Projekt ausgetauscht. Die Ergebnisse der Ausfahrten aus der ersten und zweiten Phase von NOAH sind publiziert. Die zugehörigen Daten wurden ebenfalls veröffentlicht (<https://pangaea.de/?q=HE470>; <https://pangaea.de/?q=HE471>).

Bisher drei Publikationen zeigen Daten der erwähnten Expeditionen zur kleinskaligen Morphodynamik (Krämer & Winter, 2016), zur Entdeckung eines neu entstandenen Pockmark-Feldes in der Deutschen Bucht (Krämer et al., 2017) und zu turbulenten Prozessen am Meeresboden (Amirshahi & Winter, 2017).

#### **M2.3 (07/2017)**

*Interdisziplinäre Vergleichsstudie über physikalische Meeresboden-eigenschaften der NOAH-Arbeitsgebiete eingereicht*

Drei weitere interdisziplinäre Arbeiten zur Turbulenz am Meeresboden und der Interaktion der Morphodynamik und Mikrobiologie und zur Biologie wurden bearbeitet.

In der ersten Studie wird auf Basis von unseren Messungen durch Lander gezeigt, wie die Eindringung von sauerstoffreichem Wasser in den Meeresboden durch Bodenformen beeinflusst wird. Es ergeben sich neue Ansätze für das Verständnis von Nährstoffumsätzen im Meeresboden. Dieser Aufsatz ist bereits veröffentlicht (Ahmerkamp et al., 2017).

Die zweite Studie beschäftigt sich mit der Wirkung von benthischen Lebensgemeinschaften auf die Topographie sandiger Meeresböden. Es wird durch hochgenaue Laserscans gezeigt, wie Organismen den Meeresboden in kurzer Zeit verformen, und wie sich diese topographischen Änderungen mit den durch Strömung und Wellen erzeugten Bodenformen in Beziehung setzen lassen. Dieses Manuskript wird im Frühjahr 2018 eingereicht (Krämer et al., in prep.).

Eine dritte Studie zeigt anhand von in-situ Daten die Interaktion der turbulenten Strömung und der Suspension von Schwebstoffen. Die Quantifizierung der Transportprozesse feinkörnigen Materials am Meeresboden ist wichtig für das Verständnis großskaliger Stoffumsätze. Ein Manuskript steht kurz vor der Fertigstellung (Amirshahi et al., in prep.).

#### **M2.4 (12/2017)**

##### *Aufsetzen der numerischen Modelle der NOAH-Arbeitsgebiete abgeschlossen*

Die Untersuchungen durch Fächerecholot und autonome Observatorien haben ein genaues Bild von den Umlagerungsprozessen am Meeresboden in den NOAH Arbeitsgebieten generiert. Es konnte gezeigt werden, dass großskalige Bodenformen (Dünen) im Gebiet CCP-G südöstlich von Helgoland über viele Monate stabil, und innerhalb einzelner Tidezyklen nicht beweglich waren. Eine zeitlich konstante hydraulische Wirkung dieser Bodenformen kann daher angesetzt werden. Zur Analyse der hydraulischen Wirkung von großen Bodenformen wurden bereits numerische Modelle aufgesetzt (Lefebvre & Winter, 2016).

Für die anderen Stationen mit fein bis mittelsandigen Böden konnte die Existenz und Bewegung von kleinen Rippeln gezeigt werden. Diese passen sich der Strömungsrichtung der Tideströmung an (Krämer & Winter, 2016) und wirken instantan als Rauheitselemente. Da die Wirkung einzelner Bodenformen bekannt ist und sich deren Eigenschaften in den Untersuchungsgebieten nicht signifikant unterscheiden, wurden keine Einzelmodelle der NOAH Stationen aufgebaut. Ein Modell der gesamten Deutschen Bucht wurde als sinnvoller angesehen. Das Modell ist aufgebaut und steht als Diagnosewerkzeug zur Verfügung.

## **2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.**

Durch die Elternzeit von Knut Krämer (Februar bis August 2017) haben sich geringe kostenneutrale Verschiebungen in der Arbeits- und Zeitplanung ergeben. Dafür liegt die Zustimmung des Zuwendungsgebers vor.

Die überraschende Entdeckung und Analyse eines großen Pockmark Feldes in der Deutschen Bucht hat den wissenschaftlichen Fokus der Untersuchungen beeinflusst. Dennoch sind alle Arbeitsschritte wie geplant abgearbeitet.



**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Die Aussichten für die Erreichung der Ziele haben sich gegenüber dem ursprünglichen Antrag des Vorhabens nicht geändert.

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Es sind keine Ergebnisse bekanntgeworden, die die Durchführung des Vorhabens maßgeblich beeinflussen. Die relevante Literatur in einschlägigen Zeitschriften wird laufend verfolgt.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Zum jetzigen Zeitpunkt sind keine Änderungen in der Zielsetzung notwendig.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

*a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen*

Im Rahmen dieses Teilprojekts werden keine direkten wirtschaftlichen Ziele formuliert und es werden daher auch keine direkten wirtschaftlichen Erfolge erwartet.

*b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten*

Im Rahmen dieses Teilprojekts werden keine direkten wirtschaftlichen Ziele formuliert und es werden daher auch keine direkten wirtschaftlichen Erfolge erwartet.

*c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten*

Die wissenschaftlichen und technischen Erfolgsaussichten betreffen Ergebnisse aus den Messungen, Analysen und der Dissertation, die direkt in Publikationen international begutachteter Zeitschriften einfließen (s.u.).

Diese Publikationen und Vorträge bei Symposien und Tagungen stellen die wissenschaftliche Grundlage für die Entwicklung von Managementempfehlungen für die nachhaltige Ressourcen-Nutzung dar. Die Projektergebnisse werden der Öffentlichkeit auch im Rahmen von Workshops vorgestellt:

Winter et al., (2017): Beispiele für morphodynamische Prozesse in der Deutschen Bucht: Ergebnisse jüngerer Fahrten mit Heincke. Workshop „Mittelgroße Forschungsschiffe“ 23.2.2017, Kiel.

Winter, C. (2017): Forschungsbedarf Morphodynamik aus Sicht von Modellanwendern und Modellentwicklern. KFKI Morphodynamik Workshop, 29.3.2017, Hannover.

Krämer, K. (2017): Methanaustritte am Helgoland-Riff. Maritime Woche an der Weser 19.09.2017. Bremen.

Winter, C. (2017): NOAH Synthese- Prozessstudien am Meeresboden: Überblick und Beispiele Arbeitspaket 2. 22.11.2017 KFKI Symposium Bremerhaven.

*d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Die Daten, die in diesem Teilprojekt erhoben werden sind relevant für zukünftige Berichte zum Umweltzustand der Küstengewässer. Das Projekt leistet einen Beitrag zur ökologischen Bewertung der deutschen AWZ mit Hilfe der verschiedenen Deskriptoren der FFH-LRT und EU-WRRL und EU-MSRL. Das Projekt stellt mit dem Einsatz des Landersystems eine Grundlage für die Weiterentwicklung ähnlicher Systeme und deren – auch längerfristiger – Installation am Meeresboden im Rahmen von Aufgaben im Monitoring des Zustands des Meeresbodens durch staatliche und nichtstaatliche Institutionen.

## Veröffentlichungen unter Beteiligung von Teilprojekt 2:

- Krämer, K. and Winter, C. (2016): Predicted ripple dimensions in relation to the precision of in situ measurements in the southern North Sea. *Ocean Sci* 12:1221–1235. DOI: 10.5194/os-12-1221-2016; Daten: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.868606>.
- Krämer, K., Holler, P., Herbst, G., Bratek, A., Ahmerkamp, S., Neumann, A., Bartholomä, A., van Beusekom, J.E.E., Holtappels, M., Winter, C. (2017): Abrupt emergence of a large pockmark field in the German Bight, southeastern North Sea. *Scientific Reports* 7, 2017; DOI: 10.1038/s41598-017-05536-1; Daten: <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.883200>.
- Amirshahi, M., Kwohl, E., Winter, C. (2017): Suspended Sediment Flux by Single Turbulent Events Continental Shelf Research 152: 76-86.
- Ahmerkamp, S., Winter, C., Krämer, K., de Beer, D., Janssen, F., Friedrich, J., Kuypers, M.M.M., Holtappels, M (2017): Regulation of benthic oxygen fluxes in permeable sediments of the coastal ocean. *Limnology & Oceanography* (LO-16-0231). DOI: 10.1002/lno.10544.
- Krämer, K., Schückel, U., Holtappels, M., Ahmerkamp, S., Winter, C. Biogenic and physical reworking of sandy sediments in the southeastern North Sea (to be submitted in spring 2018).
- Amirshahi, M., Kwohl, E., Winter, C., Erosional and depositional bed shear stresses in tidal environments of different sedimentology (to be submitted in spring 2018).
- Lefebvre, A., Winter, C. (2016). Predicting bed form roughness: the influence of lee side angle. *Geo Marine Letters*, 36/2, 121-133, DOI: 10.1007/s00367-016-0436-8

*Zuwendungsempfänger:*

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0743A

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

### **Teilprojekt 3**

Erfassung und Bewertung von Schadstoffbudgets und -prozessen in der Deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

Dr. Berit Brockmeyer

## **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

Das Teilprojekt 3 ist Teil des AP 2 und befasst sich mit der Bewertung von Schadstoffbudgets und -prozessen in der Deutschen Bucht. Zusätzlich sollen im Teilprojekt 3 integrierende Werkzeugen zur räumlich strukturierten, nachhaltigen Meeresnutzung geschaffen werden. Eine Übersicht über den derzeitigen Stand des Teilprojektes gibt Tabelle 1.

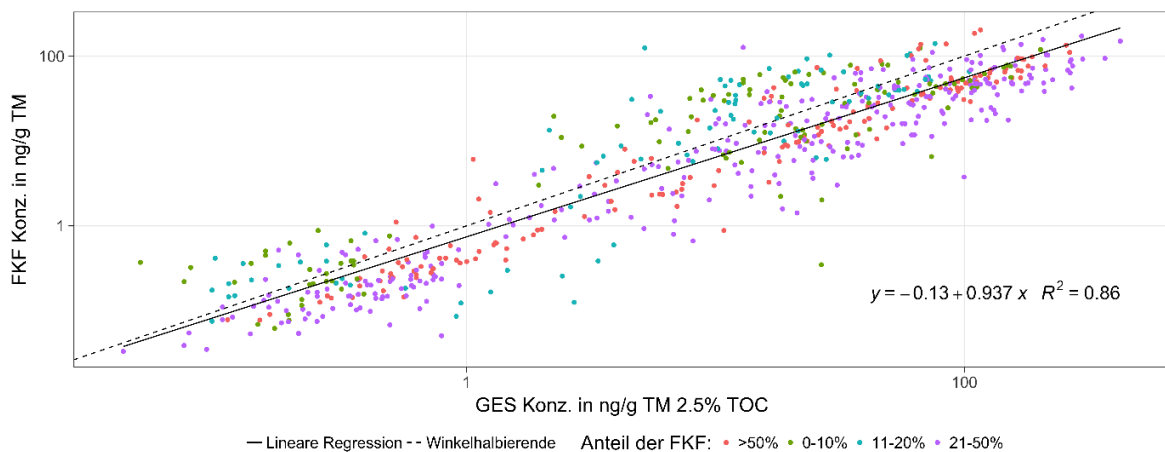
### **M 2.3.1 (03/2017) und M 2.3.2 (05/2017)**

*Zusammenfassung der Schadstoffkonzentrationen in der Feinkornfraktion des Sediments, Aus- und Bewertung derzeitiger Normierungsverfahren.*

Mit der Analyse von Schadstoffkonzentrationen in der Feinkornfraktion (< 63 µm) des Sediments soll die Aus- und Bewertung derzeitiger Normierungsverfahren erfolgen (OSPAR, 2.5% TOC). Die Analyse der zusätzlich zu denen aus der ersten Projektphase untersuchten Proben ist abgeschlossen. Die Daten erweitern das räumliche Inventar der Schadstoffkonzentrationen in der Feinkornfraktion und wurden in einer Bachelor-arbeit zusammengefasst (Röhrs, 2017).

Es wurden chlorierte und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Feinkornfraktion in Konzentrationsbereichen von 0.023 bis 209.987 ng/g Trockenmasse bestimmt und mit den im Gesamtsediment ermittelten Konzentrationen verglichen. Die Bewertung des Verfahrens ergab, dass zwar ein zeitlicher Mehraufwand durch das Abtrennen der Feinkornfraktion gegeben ist, jedoch können Aussagen über Substanzen getroffen werden, die bei Messungen im Gesamtsediment unterhalb der Nachweisgrenze liegen. Zusätzlich ist die Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen Sedimenten mit unterschiedlichen Eigenschaften, mittels Feinkornfraktion deutlich verbessert gegenüber dem Normierungsverfahren auf den organischen Kohlenstoffgehalt (Röhrs, 2017). Die Ergebnisse sollen in die Bund-Länder Arbeitsgruppe Schadstoffe und biologische Effekte sowie in internationale Gremien eingebracht werden.

Die Ergebnisse der beiden untersuchten Normierungsverfahren sind in Abbildung 1 einander gegenübergestellt. Es lässt sich feststellen, dass sich für sehr sandige Sedimente (Feinkornanteil 0 – 10 %) eine sehr gute Übereinstimmung der jeweils dort gemessenen Konzentrationen ergibt, während die Konzentrationen in der Feinkornfraktion in schlickigen Sedimenten (Feinkornanteil > 50 %) generell unterschätzt werden.



**Abbildung 1.** Vergleich der gemessenen Konzentrationen im Gesamtsediment (GES) bezogen auf die Trockenmasse (TM) und normiert auf 2.5% Gesamtorganischen Kohlenstoff (TOC) und den gemessenen Konzentrationen in der Feinkornfraktion (FKF) bezogen auf die Trockenmasse (TM).

### M 2.3.3 (12/2017)

#### *Auswertung rezenter Belastungen organischer Schadstoffe im Sediment*

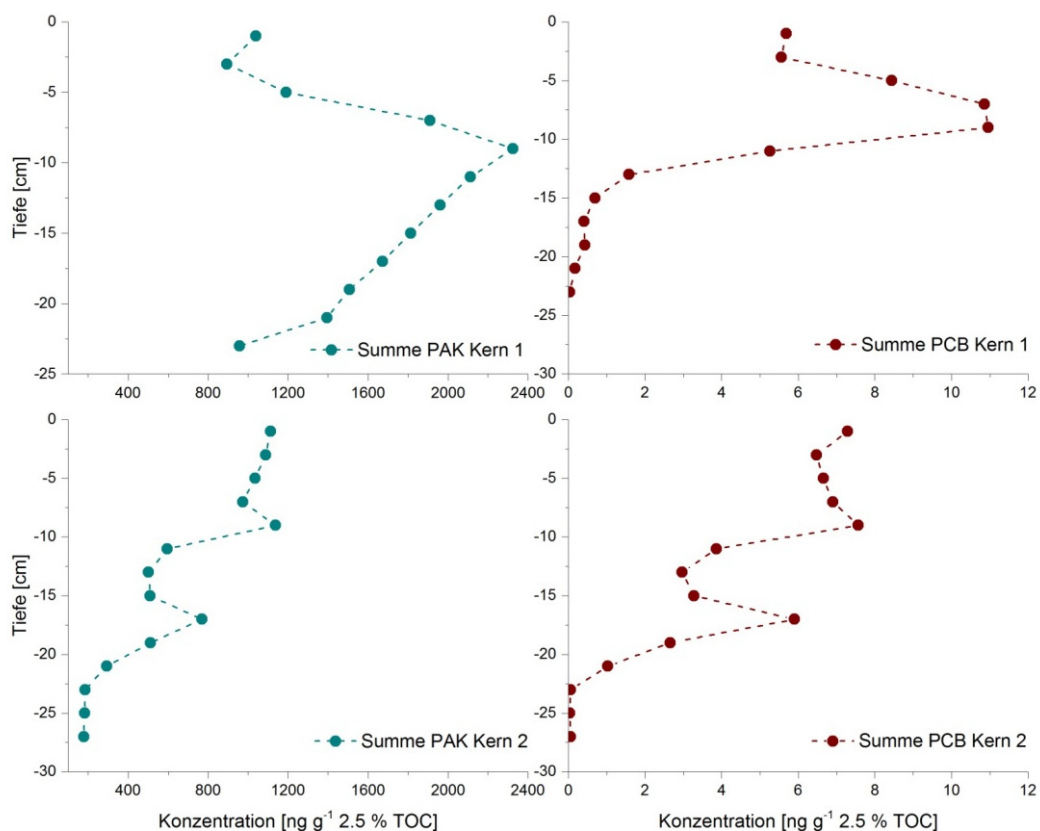
Die Analyse von Sedimentkernen dient dazu Hintergrundkonzentrationen von Schadstoffen für die Festlegung von Schwellenwerten zu ermitteln, die für die Bewertung eines guten Umweltzustands von zentraler Bedeutung sind. Zusätzlich können auch Konzentrationen neuerer Schadstoffe über einen zeitlichen Horizont sowie der Einfluss der Bioturbation auf die Schadstoffgradienten bewertet werden. Im Rahmen zweier Bachelorarbeiten wurden im Jahr 2017 jeweils zwei Sedimentkerne auf unpolare organische Schadstoffe untersucht. Darin wurden zwei Kerne aus der Nordsee (Ranftl 2017, HE468 - Uni Hamburg) und zwei aus der Ostsee (Krüger 2017, MSM50 - HAW) betrachtet. Die Schadstoffanalysen dieser Sedimentkerne gaben zusätzlichen Aufschluss über die räumliche Belastungsentwicklung. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.

Die ermittelten Konzentrationen für die 15 untersuchten polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) und 7 analysierten polychlorierte Biphenyle (PCB) lagen in den Sedimentkernen aus der Nordsee zwischen 0.18 und 450 ng/g 2.5% TOC bzw. 0.005 und 3.4 ng g<sup>-1</sup> 2.5% TOC. In Kern 1 konnte ein schlüssiges Belastungsprofil nachgewiesen werden, das mit Hilfe von zeitlichen Markern in einen historischen Kontext gebracht werden konnte. Die maximale Konzentration aller untersuchten Substanzen wurde im oberen Drittel des Kerns erreicht. Für Kern 2 war aufgrund eines gestörten Konzentrationsprofils keine zeitliche Einordnung möglich. In beiden untersuchten Kernen wurden, zusätzlich zur

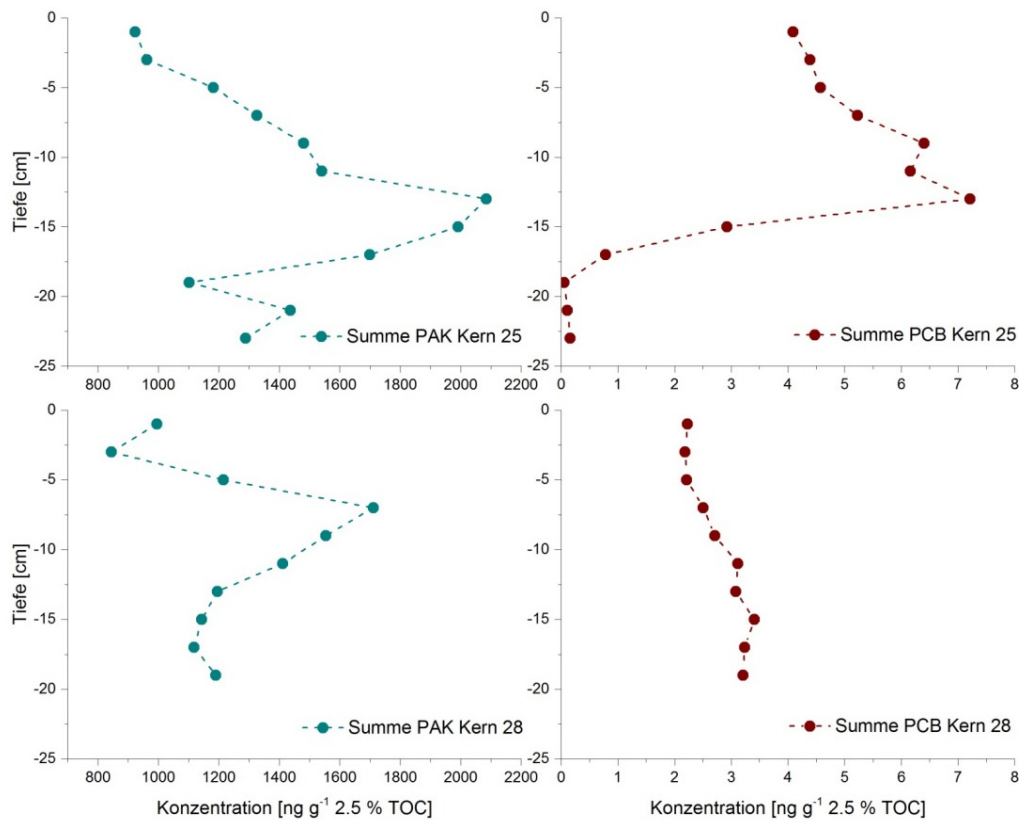
obersten Sedimentschicht, in mehreren weiteren Schichten das OSPAR Environmental Assessment Criteria für PCB118 von 0.6 ng/g 2.5% TOC und das OSPAR Effects Range Low von 85 ng/g 2.5% TOC für Benz(ghi)perylen überschritten. Aufgrund der geringen Tiefe der beiden untersuchten Kerne konnten keine Aussagen über Hintergrundkonzentrationen getroffen werden (Ranftl, 2017).

In den in der Ostsee (Kern 25: Lübecker Bucht, Kern 28: Arkona Becken) genommenen Kernen wurden Konzentrationen von 1.5 bis 500 ng/g 2.5% TOC für PAK und von 0.005 bis 2.4 ng/g 2.5% TOC für PCB nachgewiesen. Der Sedimentkern aus der Lübecker Bucht (28) konnte in einen zeitlichen Kontext eingeordnet werden, während der Kern aus dem Arkona Becken (25) ein gestörtes Konzentrationsprofil aufwies und somit nur unzureichend für Beantwortung der Fragestellung genutzt werden konnte. Lindan ( $\gamma$ -HCH) konnte in den oberen Sedimentschichten der Kerne bereits nur noch im Bereich der Hintergrundkonzentration von < 0,05 ng/g 2,5 % TOC nachgewiesen werden.

In drei der vier untersuchten Kerne wurden abnehmende Schadstoffkonzentrationen in den oberen Sedimentschichten ermittelt. Dies deutet darauf hin, dass Verbote und Regulierungen Wirkung zeigen.



**Abbildung 2.** Summe der Konzentrationen von 15 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und 7 polychlorierten Biphenylen (PCB) in zwei in der Nordsee (Helgoländer Mulde, HE468) genommenen Sedimentkernen (Ranftl, 2017).



**Abbildung 3.** Summe der Konzentrationen von 15 polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und 7 polychlorierten Biphenylen (PCB) in zwei in der Ostsee (Kern 25: Lübecker Bucht, Kern 28: Arkona Becken, MSM50) genommenen Sedimentkernen (Krüger, 2017).

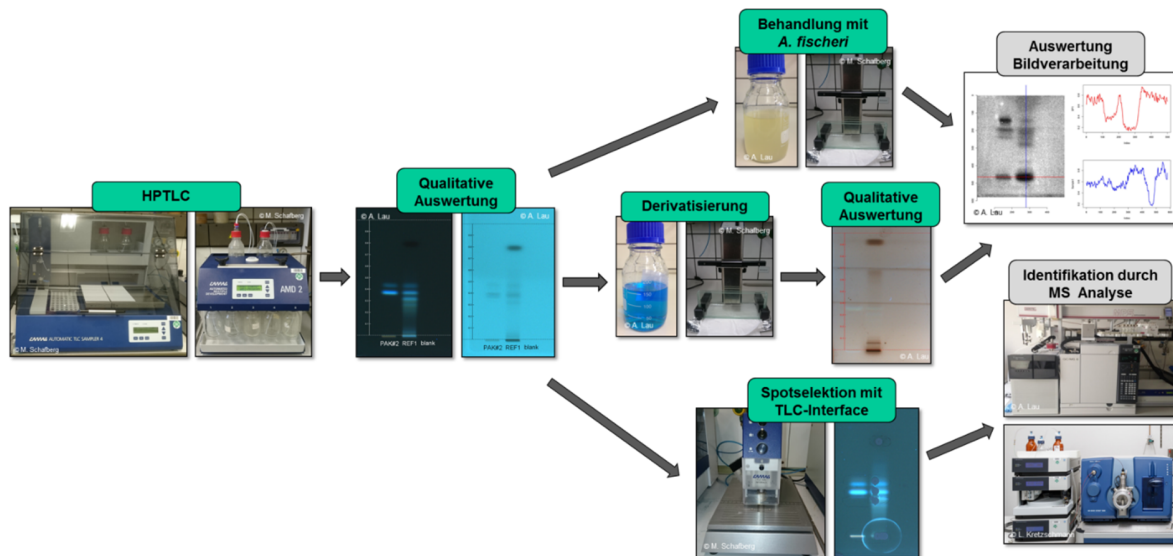
Die Ergebnisse der am BSH angefertigten Bachelorarbeiten wurden in Kombination mit den in Teilprojekt 7 ermittelten Konzentrationen von organischen Schadstoffen im Porenwasser der Sedimentkerne auf der KÜNO Jahrestagung in Form eines Posters präsentiert.

Auf der Reise CE17013A (Celtic Explorer) wurden im August 2017 Sedimentkerne im Skagerrak für weitere Analysen genommen. Die Sedimentkerne sollen in Kooperation mit den Projektpartnern HZG und HAW auf verschiedene Schadstoffklassen untersucht werden und weitere Informationen zu Hintergrundwerten liefern. Durch eine Datierung, die durch das HZG an den Kernen vorgenommen wird, können die Ergebnisse in einem zeitlichen Kontext betrachtet werden. Im Verlauf dieses Jahres sollen die Analysen der Sedimentkerne abgeschlossen werden.

#### M 2.3.4 (04/2018)

##### *Auswertung zu Stoff-spezifischen Verteilungsmustern (Chemometrie)*

Im März 2017 erfolgte eine Ausbringung von Passivsammlern im MarGate vor Helgoland in Kooperation mit dem Tauchzentrum des AWI. Die Bergung der Sammler fand im Oktober statt. Die Analyse der Proben ist bis Mitte dieses Jahres geplant. Weitere Passivsammler Ausbringungen sollen in Kooperation mit Teilprojekt 7 erfolgen.



**Abbildung 4.** Methodische Vorgehensweise für den chemisch-toxikologischen Screeningtest. Grün unterlegt sind die bereits optimierten und entwickelten Schritte des Verfahrens.

### M 2.3.5 (09/2018)

#### *Abschluss und Bewertung der Verfahrensentwicklung eines chemisch-toxikologischen Screeningtests*

Die Verfahrensentwicklung für den chemisch-toxikologischen Screeningtests, für den das Bakterium *Aliivibrio fischeri* (1889, M. W. Beijerinck) zum Einsatz kommt, ist annähernd abgeschlossen. Die methodische Vorgehensweise ist in Abbildung 4 erläutert und zeigt welche Komponenten des Verfahrens bereits optimiert bzw. entwickelt worden sind. Bis zum Projektende sind eine Verfahrensvalidierung sowie die Bestimmung der Mischtoxizität von verschiedenen Sedimenttypen aus der deutschen AWZ geplant.

### M 2.3.6 (09/2018)

#### *Integrierte Aus- und Bewertung mit den anderen Projektpartnern im AP; Karte MSRL-Indikatoren*

Die integrierte Aus- und Bewertung der gewonnenen Ergebnisse erfolgt kontinuierlich. Das BSH steht für die Durchführung der Arbeiten mit den anderen Projektpartnern, wie dem HZG und der HAW, in ständigem Austausch.

## **2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.**

Die Arbeiten im Vorhaben liegen weitestgehend innerhalb des vorgesehenen Projektplanes (Tab. 1). **D1** konnte abgeschlossen werden. Es steht lediglich eine wissenschaftliche Publikation der Ergebnisse aus. Für **D2** sind aufgrund eines hohen Probenaufkommens durch die während der Reise CE17013A genommenen Sedimentkernen leichte Verzögerungen zu erwarten, die jedoch voraussichtlich keine Auswirkungen auf das Abschließen von **D2** zum Projektende haben. Die Datenlieferung im Rahmen von **D3** wird wie geplant an die

Projektpartner erfolgen. Für **D4** konnten bereits jetzt große Fortschritte erzielt werden, so dass sogar neben der Entwicklung eines optimierten Verfahrens mit weiteren Ergebnissen zu rechnen ist. Somit ist auch die Fertigstellung von **D5** zum Projektende zu erwarten.

**Tabelle 1:** Meilensteine (M) und Deliverables (D) von Teilprojekt 3 gekennzeichnet als abgeschlossen (grün), in Bearbeitung (gelb) und Aktivität ruht (rot), Monat des ursprünglichen Planungsziels in Klammern.

	Beschreibung	Projektmonat
M 2.3.1	Zusammenfassung der Schadstoffkonzentrationen in der Feinkornfraktion des Sediments	Monat 15 (12)
M 2.3.2	Aus- und Bewertung derzeitiger Normierungsverfahren (TOC, Feinkornfraktion)	Monat 16 (14)
<b>D1</b>	<b>Räumlich strukturiertes Basisinventar von Schadstoffen und Begleitparametern der Sedimentfeinkornfraktion; Beitrag zu MSRL-Normierungsverfahren für Sedimente (Einbeziehung der Feldversuche 2016 sowie der Daten aus NOAH-1); Zwischenbericht</b>	Monat 15 (14)
M 2.3.3	Auswertung rezenter Belastungen organischer Schadstoffe im Sediment	Monat 27 (21)
<b>D2</b>	<b>Bereitstellung von Hintergrundwerten klassischer Schadstoffe im Sediment für MSRL Indikatorset; Vortrag auf wissenschaftlicher Tagung</b>	Monat 30 (24)
M 2.3.4	Auswertung zu Stoff-spezifischen Verteilungsmustern (Chemometrie)	Monat 30 (24)
<b>D3</b>	<b>Bereitstellung aktueller Schadstoffkonzentrationen von Wasser- und Sedimentproben der Jahre 2016 und 2017 an AP 1.1 und AP 3.2; Publikationen (zusammen mit AP 2.4 Partnern)</b>	Monat 16, 30 und nach Bedarf (15, 24)
M 2.3.5	Abschluss und Bewertung der Verfahrensentwicklung des chemisch-toxikologischen Screeningtests	Monat 30
<b>D4</b>	<b>Optimiertes Verfahren mit SOP des chemisch-toxikologischen Screeningtests</b>	Monat 36 (30)
M 2.3.6	Integrierte Aus- und Bewertung mit den anderen Projektpartnern im AP; Karte MSRL-Indikatoren	Monat 36 (30)
<b>D5</b>	<b>Karte zur Schadstoffbelastung: Erweiterung der NOAH-1 Habitatkarten um schadstoffbezogene Indikatoren zur Bewertung des ökologischen Zustands; Beitrag zu Indikatorset V2 (mit AP 4.1)</b>	Monat 36 (30)



**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Es ist nicht abzusehen, dass Ziele nicht erreicht werden können.

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Es sind keine relevanten Ergebnisse von dritter Seite bekannt geworden.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Es sind keine Änderungen in der Zielsetzung absehbar.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

Es ergaben sich keine nennenswerten Änderungen und Ergänzungen zum Fortschreiten des Verwertungsplanes im Vergleich zum vorangegangenen Zwischenbericht.

**Veröffentlichungen unter Beteiligung von Teilprojekt 3:**

Krüger, F. S. 2017. Untersuchung der zeitlichen Belastungsentwicklung von organischen Schadstoffen in der Ostsee anhand zweier Sedimentkerne. BSc Arbeit. Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hamburg.

Ranftl, T. 2017. Die historische Entwicklung der Belastung des Sedimentes durch hydrophobe organische Schadstoffe in der Deutschen Bucht. BSc Arbeit. Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hamburg.

Röhrs, S. 2017. Feinkornfraktion als Normierungs-Tool für chlorierte Kohlenwasserstoffe und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in Sedimenten der Deutschen Bucht. BSc Arbeit. Hochschule für angewandte Wissenschaften, Hamburg.



*Zuwendungsempfänger:*

Senckenberg am Meer

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0742C

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

#### **Teilprojekt 4**

Modellierung benthischer Habitats, ihrer Lebensgemeinschaften und Schlüsselarten

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

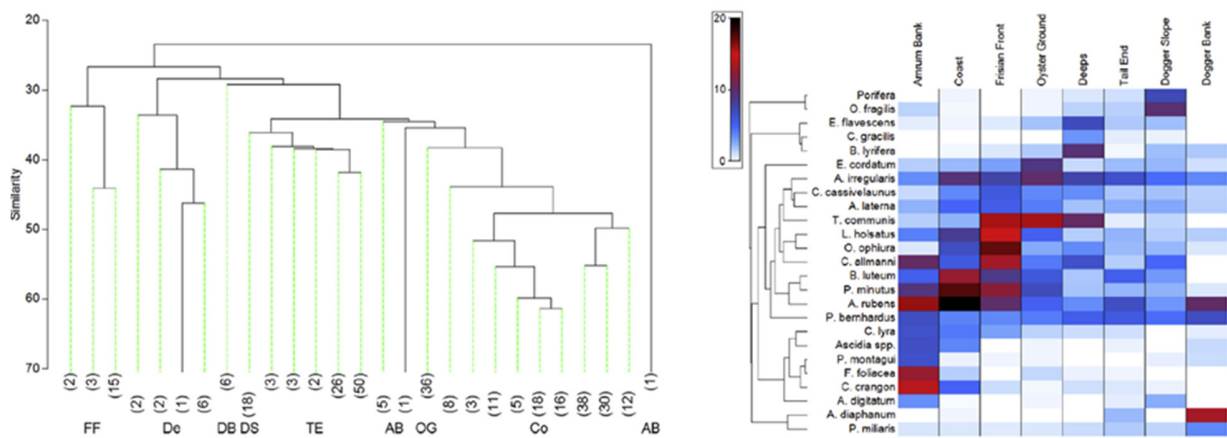
Prof. Dr. Ingrid Kröncke

### **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

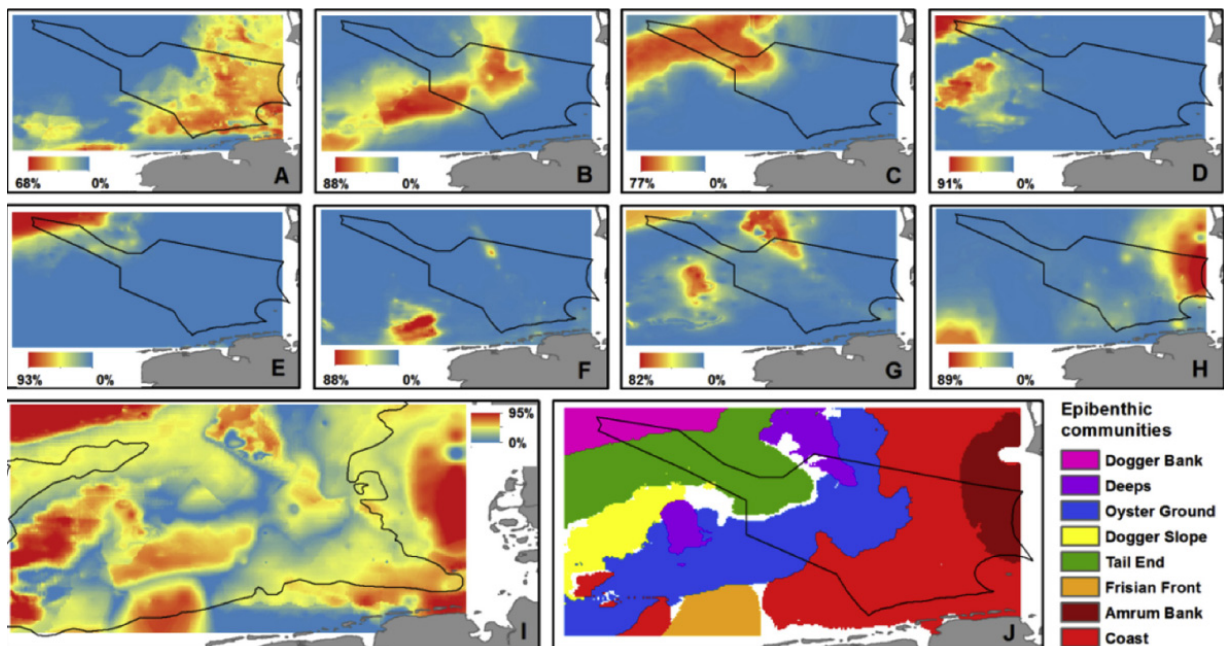
Eine zentrale Aufgabe von Teilprojekt 4 ist die Nutzung der im NOAH Habitatatlas zusammengeführten Daten für eine umfassende, statistisch basierte und räumlich aufgelöste Charakterisierung benthischer Lebensgemeinschaften und Habitats im südöstlichen Teil der Nordsee. Gemäß der Meilensteinplanung des NOAH Verbundprojekts (**Meilenstein 3**) wurden die im NOAH Habitatatlas implementierten großräumigen Geoinformationen für die Analyse und Modellierung epi-benthischer Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee herangezogen. Eine wissenschaftliche Publikation zu diesem Thema wurde 2017 veröffentlicht (s.u.).

Die multivariate Gemeinschaftsanalyse der Daten ergab acht epi-benthische Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee mit einer jeweils sehr charakteristischen Artzusammensetzung und Individuendichte (Abb. 1). Erwähnenswert ist darüber hinaus, dass zwei der gefundenen epi-benthischen Gemeinschaften bisher noch nicht in der Literatur beschrieben wurden („Dogger Slope“ und „Deeps“). Dies ist auf die hohe räumliche Auflösung der benutzten Daten zurückzuführen. Außerdem wurde das Vorkommen von neun Rote Liste Arten der Kategorie 0-3 (ausgestorben bis gefährdet) beschrieben.

Aus diesen Ergebnissen resultierend wurde die potentielle und räumlich explizite Verbreitung der acht Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee auf Basis von neun relevanten Umweltfaktoren (inkl. Fischerei) modelliert (vgl. Abb. 2). Die Güte der acht Modelle kann, gemessen an den AUC-Werten, als „gut“ bis „exzellent“ bezeichnet werden (AUC Werte jeweils >0,79). Die flächenmäßig größte Verbreitung wurde für die Gemeinschaften „Coast“, „Oystergrund“ und „Tail End“ modelliert. Die übrigen fünf Gemeinschaften zeigen demgegenüber ein eher räumlich begrenztes Vorkommen (vgl. Abb. 2 und Tab. 1).



**Abbildung 1.** Multivariate Gemeinschaftsanalyse (Dendrogramm der Clusteranalyse basierend auf Quadratwurzel transformierten Abundanzen) für die epi-benthischen Gemeinschaften in der erweiterten Deutschen Bucht (links) und Abundanz der 25 wichtigsten Arten in den definierten Gemeinschaften (rechts). FF = Frisian Front; De = Deeps; DB = Dogger Bank; DS = Dogger Slope; TE = Tail End; AB = Amrum Bank; OG = Oyster Ground; Co = Coast (Neumann et al. 2017).

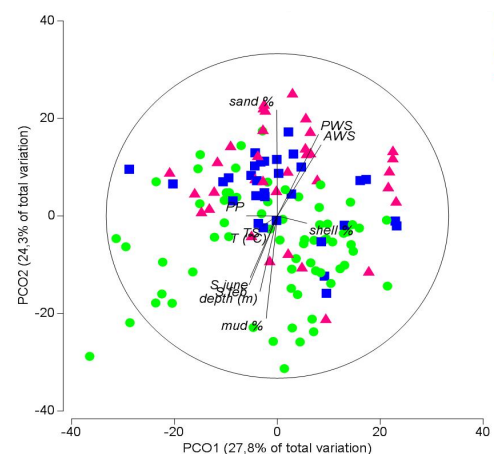
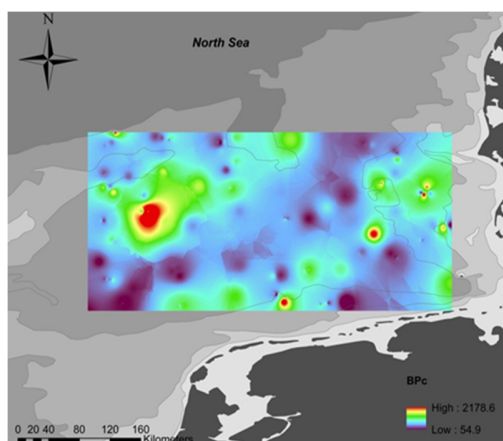


**Abbildung 2.** Habitatmodelle der acht epi-benthischen Gemeinschaften in der erweiterten Deutschen Bucht (von blau nach rot: ansteigende Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Gemeinschaft). (A) Coast (B) Oyster Ground (C) Tail End (D) Dogger Slope (E) Dogger Bank (F) Frisian Front (G) Deeps (H) Amrum Bank. (I) Kombinierte Wahrscheinlichkeiten des Vorkommens aller Gemeinschaften. (J) Verteilung der Gemeinschaften bei Anwendung des "10 percentile training presence logistic" Grenzwertes. Die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der Gemeinschaft innerhalb der jeweiligen Farbgebung ist immer > 50% (Neumann et al. 2017).

Tabelle 1 zeigt den Einfluss der drei wichtigsten abiotischen Faktoren auf die jeweiligen Modelle, d.h. auf die potentielle Verbreitung der Gemeinschaften. Die Küstennahe Gemeinschaft („Coast“) wird beispielsweise wesentlich durch die geringe Stratifizierung der Wassersäule, die niedrige Salinität und durch eine hohe saisonale Temperaturdifferenz beeinflusst. Als wesentlicher anthropogener Faktor wurde der Fischereiaufwand für die Modellierung benutzt. Eine hohe Fischereintensität war nur für die räumliche Verbreitung der epi-benthischen Gemeinschaft im Bereich der Friesischen Front („Frisian Front“) ein bedeutender Faktor (Tab. 1). Erwähnenswert ist aber, dass es keine Fischerei im Gebiet der neu definierten Gemeinschaft „Dogger Slope“ gibt (Tab. 1; Fischereiaufwand = 0). Dies drückt sich auch in dem hohen Vorkommen von langlebigen Schwammarten in diesem Gebiet aus. Schwämme haben langsame Wachstums- und Regenerationsraten, weshalb die „Dogger Slope“ Gemeinschaft als besonders empfindlich gegenüber grundberührender Fischerei einzuschätzen ist. Diese Informationen sind zur Bewertung des Umweltzustandes im Rahmen der EU Meeresstrategie-Rahmen-Richtlinie nutzbar. Daher wurden die Ergebnisse bereits bei einem epi-benthischen Kartierungsworkshop des Bundesamtes für Naturschutz vorgestellt. Die publizierten Karten für die genannten Gemeinschaften befinden sich derzeit in der Aufarbeitung für den Habitatatlas (**Meilenstein 1**).

**Tabelle 1:** Größe und Habitateigenschaften der modellierten Gemeinschaften. Die Werte der drei wichtigsten Variablen für das jeweilige Modell ist angegeben (aus Neumann et al. 2017).

	Area (km <sup>2</sup> )	Stratification (% yr <sup>-1</sup> )	Salinity (PSU)	Shear Stress (N m <sup>-2</sup> )	TempMean (°C)	TempDiff (°C)	PrimProd (gC m <sup>-2</sup> yr <sup>-1</sup> )	Mud (%)	Depth (m)	Fishing (SAR)
Coast	24,684	0.7	31.9			14.7				
Oyster Ground	22,257		34.1	1.1		11.9				
Tail End	11,643	16.6	34.6				172			
Amrum Bank	5466			4.5		17.2	260			
Deepes	4346			0.8				27	54	
Dogger Bank	4114		34.7		7		168			
Dogger Slope	7118		34.7	0.9		8.1				0
Frisian Front	3785				11			27		2.7



**Abbildung 3.** Interpoliertes Bioturbationspotential der Makrofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (links). Hauptkomponenten Analyse basierend auf den funktionellen Eigenschaften der Makrofaunagemeinschaften und 11 Umweltvariablen (rechts). (Shell, mud, and sand content (%), depth (m), peak- and average wave stress (PWS & AWS), tidal stress (TS), salinity June & February (S), primary production (PP) and mean annual sea surface temperature (SST) (aus Meyer et al. subm.).

**2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.**

Bisher gibt es keine Abweichungen vom ursprünglichen Zeitplan.

**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Keine.

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Keine.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Änderungen in der Zielsetzung des Projektes sind nicht notwendig.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.***a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen*

Keine.

*b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten*

Direkte wirtschaftliche Ziele wurden im Rahmen des Projektes nicht formuliert. Der Habitatatlas als zentrales und öffentlich zugängliches Produkt erlaubt allerdings eine wirtschaftliche Verwendung als Bewertungs- und Planungsgrundlage.

*c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten*

Die Erfolgsaussichten für die Umsetzung des zentralen Produktes „Habitatatlans“ werden als sehr gut erachtet. Die Karten der Habitatmodelle (Abb. 2) befinden sich in der Aufarbeitung und werden 2018 gemäß Meilensteinplanung für die Implementierung in den Habitatatlas an das HZG übergeben. Die Daten des Arbeitspaketes 2 sind Bestandteil der Dissertation von Julia Meyer. Publikationen mit den Schwerpunktthemen „Bioturbationspotentiale und funktionelle Zusammensetzung benthischer Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee“ wurden 2018 eingereicht und befinden sich derzeit im Begutachtungsprozess.

Weiterhin dienen der Habitatatlas und die in Teilprojekt 4 generierten Ergebnisse der Umsetzung umweltpolitischer Maßgaben und behördlicher Pflichten im Rahmen der MSRL. Hierfür wurden die Ergebnisse aus TP4 bereits auf einem Kartierungsworkshop des Bundesamtes für Naturschutz vorgestellt (Dr. Hermann Neumann). Vom 24-27 September 2018 werden die Ergebnisse aus TP4 im Rahmen der Jahrestagung des International Council for the Exploration of the Sea (ICES) in Hamburg präsentiert.

*d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Die epi-benthischen Habitatmodelle (AP 1) sollen in ein Bayessches Netzwerk (BN) und die BowTie Modelle implementiert werden, die in Teilprojekt 5.3 aufgesetzt und parametrisiert werden. Die Ergebnisse hierzu werden ebenfalls auf der ICES Annual Science Conference vom 24-27 September 2018 in Hamburg vorgestellt (Rabea Diekmann, Teilprojekt 5) und werden voraussichtlich im Jahr 2018 veröffentlicht. Weiterhin werden die durch NOAH generierten und im Habitatatlas veröffentlichten Datensätze Grundlage für die Entwicklung von weiteren Forschungsanträgen und Anschlussprojekten sein.

## Veröffentlichungen unter Beteiligung von Teilprojekt 4:

Publikationen

Neumann H, Diekmann, R, Emeis, K-C, Kleeberg, U, Moll, A, Kröncke, I. (2017) Full-coverage spatial distribution of epibenthic communities in the south-eastern North Sea in relation to habitat characteristics and fishing effort. *Marine Environmental Research* 130, 1-11.

Meyer, J, Nehmer, P, Kröncke I, (submitted) Decline in southern North Sea macrofauna bioturbation potential since 1986. *Marine Ecology Progress Series*.

Vorträge

Neumann, H., Kröncke, I., Habitatmodellierung epibenthischer Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee, 22 November 2017, BfN Arbeitstreffen „Kartierung epi-benthisch dominierter Biotoptypen“, Insel Vilm.

Poster

Neumann, H., Kröncke, I., Emeis, K.C., Kleeberg, U., Diekmann R & NOAH Projektpartner (2017): Habitatmodellierung epibenthischer Gemeinschaften in der südöstlichen Nordsee. KÜNO Jahrestagung, 11. - 12. Oktober 2017, Rostock, Germany.

Meyer, J., Neumann, H., Kröncke, I. (2017): Macrofauna trait diversity and bioturbation potential of the south-eastern North Sea. KÜNO Jahrestagung, 11. - 12. Oktober 2017, Rostock, Germany.





*Zuwendungsempfänger:*

Thünen-Institut, Institut für Seefischerei

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0744A

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

### **Teilprojekt 5**

Ökosystembasierte Risikobewertung und Strategien für das Risikomanagement anthropogener Belastungen des Meeresbodens

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

Dr. Gerd Kraus

## **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

Teilprojekt 5 (TP5) ist in drei Arbeitsbereiche gegliedert, deren bisherige Entwicklung untenstehend beschrieben ist.

### *Arbeitsfeld 1 - Datengrundlage und Bezug zum Habitatatlas*

Arbeitsfeld 1 stellt eine direkte Fortführung der ersten Projektphase dar. Es liefert die Daten für die nachstehenden Analysen und bereitet diese für den Habitatatlas auf.

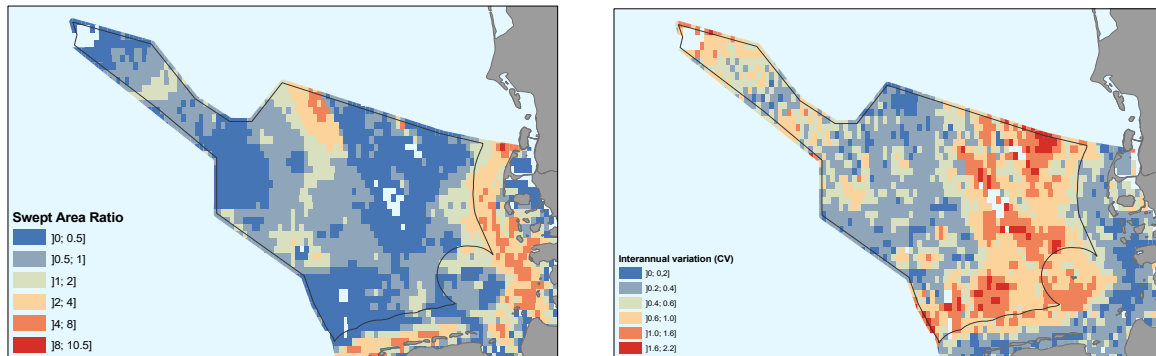
Zur Erstellung aktueller Managementszenarien ist es nötig, die Daten der anthropogenen Nutzungsdrücke zu aktualisieren und anzupassen. Dazu wurden entsprechend dem Vorgehen in den Vorjahren räumlich und zeitlich hochaufgelöste Informationen zur Intensität der Schleppnetzfisherei erfasst und bearbeitet. Als Grundlage dienen die Daten des „Vessel Monitoring by Satellite“ (VMS) Systems, Logbucheinträge sowie der europäische Flottenregister; <http://ec.europa.eu/fisheries/fleet/index.cfm>. Die Analysen wurden im Vergleich zu den Vorjahren weiterentwickelt, um möglichst genaue Abschätzungen über die Belastung des Meeresbodens zu liefern. Als relevanter Parameter wurde die Summe aller überstrichenen Flächen je Flächeneinheit berechnet und zu dieser in Beziehung gesetzt („swept area ratio“, SAR)<sup>[2,3]</sup>. SAR-Werte wurden für verschiedene Auflösungen ermittelt (z.B. für variable und reguläre Gitterzellen).

Die jährliche Belastung des Meeresbodens durch bodenberührende Fischerei konnte inzwischen für die Jahre 2008-2016 räumlich aufgelöst berechnet werden. Aufgrund einer

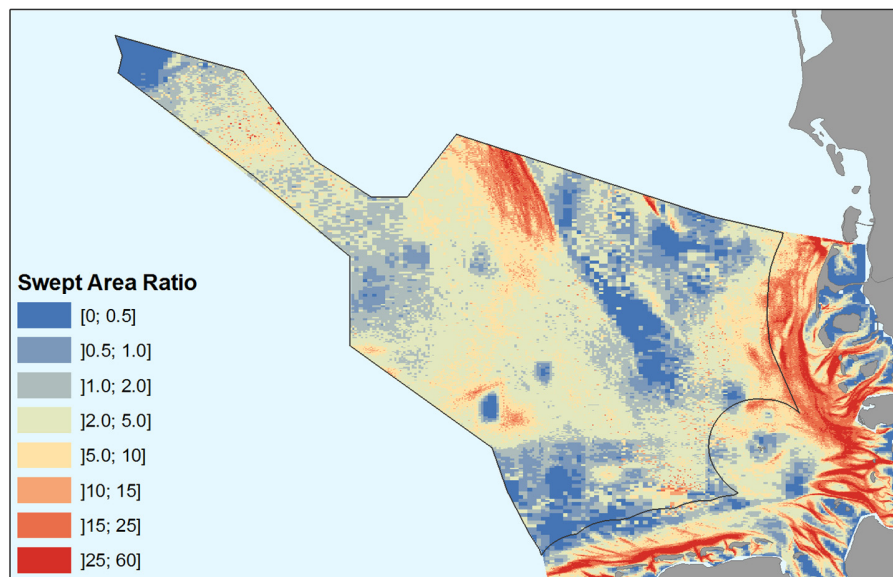
<sup>2</sup> Eigaard, O. R., Bastardie, F., Breen, M., Dinesen, G. E., Hintzen, N. T., Laffargue, P., Mortensen, L. O., et al. 2016. Estimating seabed pressure from demersal trawls, seines, and dredges based on gear design and dimensions. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, 73: i27-i43.

<sup>3</sup> ICES 2017. Interim Report of the Working Group on Spatial Fisheries Data (WGSFD), 29 May – 2 June 2017, Hamburg, Germany. ICES CM 2017/SSGEPI:16. 42 pp

geänderten EG-Verordnungen bzgl. VMS-Pflicht, sind die Werte annueller Belastungen durch Fischerei erst seit 2012 direkt miteinander vergleichbar. Dementsprechend wurden im Habitatatlas mittlere Belastungen der Jahre 2012-2016 sowie deren interannuelle räumliche Variabilität hinzugefügt (Abb. 1 und 2).



**Abbildung 1:** Mittlerer jährlicher “Fußabdruck” durch Schleppnetzfischerei im deutschen Teil der Nordsee und dessen zwischenjährliche Variabilität. Links: Mittlere jährliche Häufigkeit der Jahre 2012-2016, mit der die Fläche durch geschleppte Geräte (d.h. Grundschleppnetze, Baumkurren, Dredgen, demersale Wadennetze) überstrichen wurde (*swept area ratio; SAR*). Rechts: Zwischenjährliche Variabilität des SAR.



**Abbildung 2.** Feinskalige Darstellung des jährlichen “Fußabdrucks” durch Schleppnetzfischerei im deutschen Teil der Nordsee. Die Farbskala gibt die mittlere jährliche Häufigkeit der Jahre 2012-2016, mit der die Fläche durch geschleppte Geräte (d.h. Grundschleppnetze, Baumkurren, Dredgen, demersale Wadennetze) überstrichen wurde, an (*swept area ratio*). Die räumliche Auflösung hängt von der Menge der in der entsprechenden räumlichen Einheit liegenden Information ab<sup>4</sup>. Die maximale Auflösung einer Gitterzelle beträgt ca. 0.05km<sup>2</sup>.

<sup>4</sup> Gerritsen, H.D., Minto, C., and Lordan, C., 2013. How much of the seabed is impacted by mobile fishing gear? Absolute estimates from Vessel Monitoring System (VMS) point data. ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil, 70: 523-531.

Als Grundlage für die in den Arbeitsfeldern 2 und 3 geplanten Analysen wurden darüber hinaus eine Reihe von Datensätzen zusammengetragen bzw. Szenarien berechnet. Diese Daten wurden anschließend auf ein reguläres räumliches Gitternetz von  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  projiziert, um das Bayes'sche Netzwerkmodell in Arbeitsfeld 3 zu parametrisieren. Folgende Datensätze wurden vorbereitet:

1. Gebietsschließungen im Rahmen von Natura 2000 (Gerätespezifisch)
2. Nutzungsfreie Zonen um Offshore-Windkraftanlagen
3. Szenarien für die Umverteilung des gerätespezifischen Fischereiaufwandes für unterschiedliche Entwicklungsschritte der Gebietsschließungen
4. Mittlere Bodenschubspannung und Häufigkeit von Geschiebetransportereignissen der Jahre 2009-2014 (Abb. 3c)
5. Mittlere Korngröße und Kiesanteil des Sedimentes
6. Benthische Gemeinschaften entsprechend EUNIS Level 3<sup>[5]</sup> (Abb. 3a)
7. Benthische Gemeinschaften<sup>[6]</sup>
8. Verschiedene Indikatoren des benthischen Zustands:
  - a) Verhältnis zwischen fischereilicher und natürlicher Störung<sup>[7]</sup> (Abb. 3d)
  - b) OSPAR-Indikator BH3 resultierend aus oberflächlicher Abschürfung<sup>[8]</sup> (Abb. 3e)
  - c) Anteil langlebiger Organismen<sup>[9]</sup> (Abb. 3f)

Unter Federführung von Teilprojekt 4 (Senckenberg am Meer) wurde im letzten Jahr ein Manuskript publiziert, in welchem die Epibenthosgemeinschaften der deutschen Bucht auf Basis von Umweltparametern und fischereilicher Belastung räumlich modelliert und neu definiert werden<sup>[6]</sup>.

Die Projektmitarbeiterin Frau Diekmann wurde im Rahmen ihrer Tätigkeiten für das NOAH Projekt vom Internationalen Rat für Meeresforschung ICES eingeladen, an der Entwicklung und Realisierung des Workshops WKBENTH (*Workshop to evaluate regional benthic pressure and impact indicator(s) from bottom fishing*; 28.02.-03.03.2017) mitzuwirken. Sie gehörte zur Kernarbeitsgruppe, die das Treffen vorbereitete, Untergruppen leitete, sowie die Berichte verfasste<sup>[8]</sup>. Derzeit werden im Vorhaben die im Workshop verwendeten Methoden für das deutsche Gebiet der südlichen Nordsee adaptiert, um sie in die quantitativen Modelle zu integrieren. Des Weiteren flossen die Ergebnisse direkt in die Politikberatung ein; der Workshop gehörte zu einer Serie von drei Workshops im Jahr 2017, die im Rahmen einer

---

<sup>5</sup> Populus J., Vasquez M., Albrecht J., Manca E., Agnesi S., Al Hamdani Z., Andersen J., Annunziatellis A., Bekkby T., Bruschi A., Doncheva V., Drakopoulou V., Duncan G., Inghilesi R., Kyriakidou C., Lalli F., Lillis H., Mo G., Muresan M., Salomidi M., Sakellariou D., Simboura M., Teaca A., Tezcan D., Todorova V. and Tunesi L., 2017. EUSeaMap, a European broad-scale seabed habitat map. 174p. <http://doi.org/10.13155/49975>

<sup>6</sup> Neumann, H., Diekmann, R., Emeis, K.-C., Kleeberg, U., Moll, A., and Kröncke, I. 2017. Full-coverage spatial distribution of epibenthic communities in the south-eastern North Sea in relation to habitat characteristics and fishing effort. *Marine Environmental Research*, 130: 1-11.

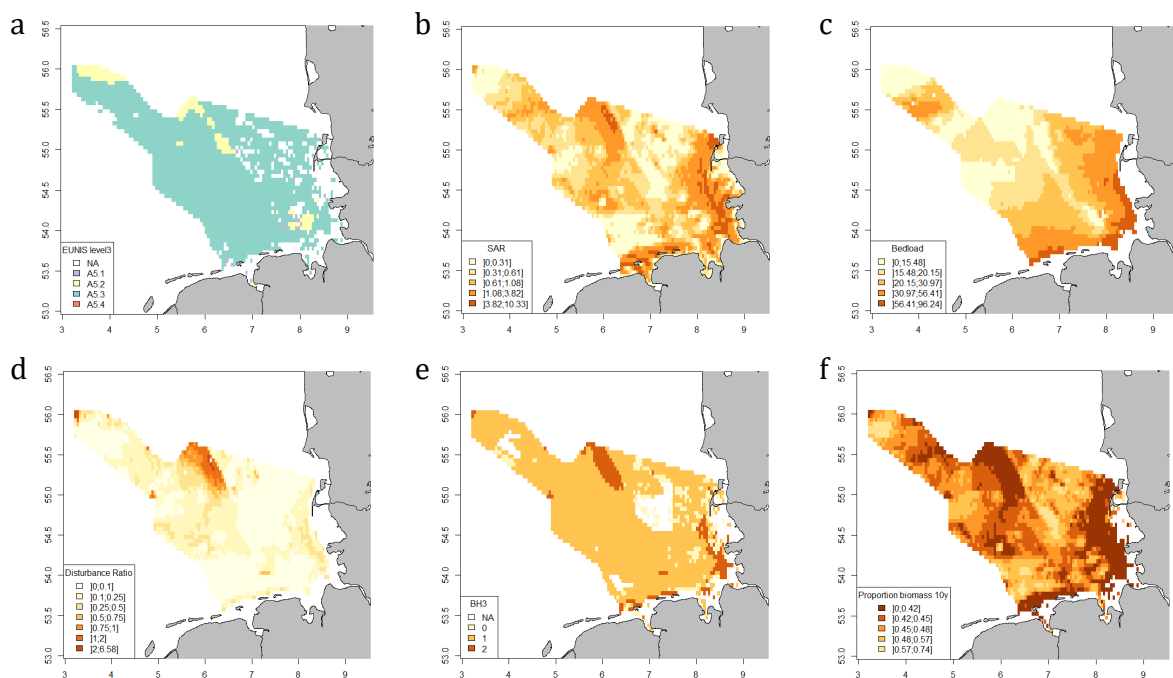
<sup>7</sup> Diesing, M., Stephens, D., and Aldridge, J. 2013. A proposed method for assessing the extent of the seabed significantly affected by demersal fishing in the Greater North Sea. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 70: 1085-1096.

<sup>8</sup> ICES 2017. Report of the Workshop to evaluate regional benthic pressure and impact indicator(s) from bottom fishing (WKBENTH), 28 February–3 March 2017, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017/ACOM:40. 233pp.

<sup>9</sup> Rijnsdorp, A. D., Bastardie, F., Bolam, S. G., Buhl-Mortensen, L., Eigaard, O. R., Hamon, K. G., Hid-dink, J. G., et al. 2016. Towards a framework for the quantitative assessment of trawling impact on the seabed and benthic ecosystem. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 73: i127-i138.

Beratungsanfrage der EU-Kommission initiiert worden waren. Der entsprechende ICES Advice wurde am 26.06.2017 an die EU übermittelt<sup>[10]</sup>.

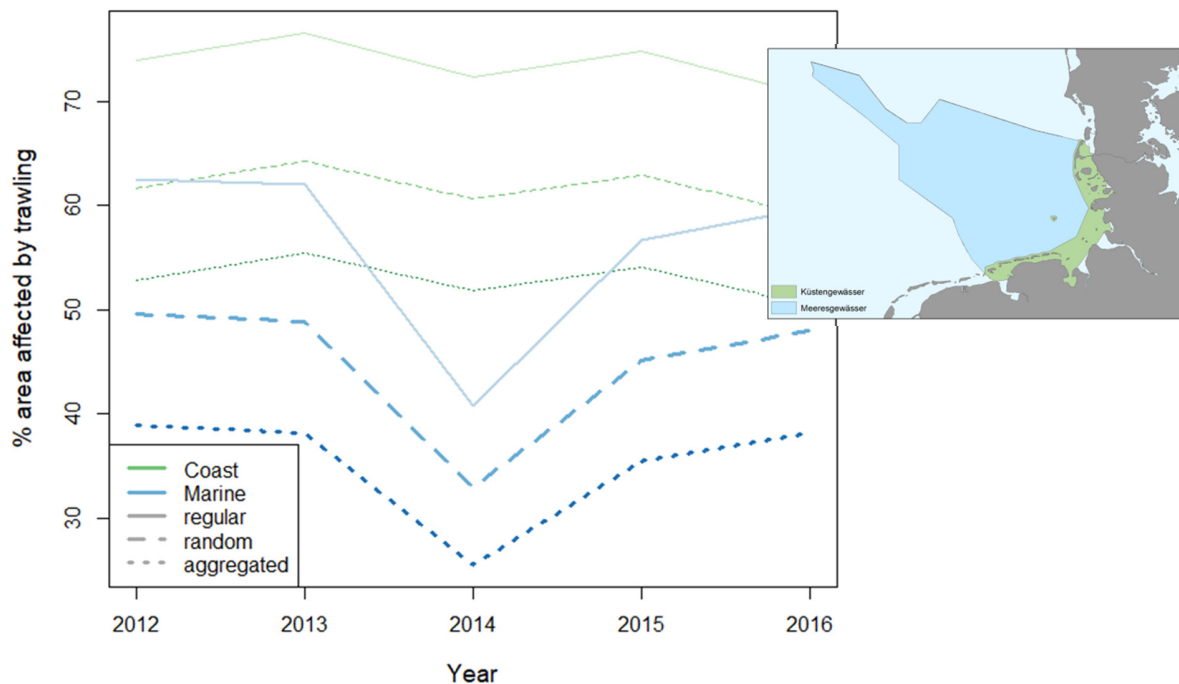
Im EU Fischereidatenerhebungsprogramm sind Methoden verankert, die für eine Bewertung des Meeresbodenzustandes im Rahmen der MSRL relevant sind. Dazu zählen 3 Indikatoren, die die prozentual befischte Fläche (DCF 5), die befischte Fläche (DCF 6), und die nicht befischte Fläche (DCF 7) quantifizieren. Diese Indikatoren wurden für die in 2017 neu definierten „Marine Reporting Units“ des deutschen Teils der Nordsee berechnet. Bisher wurden dazu die befischten Flächen innerhalb einer räumlichen Untereinheit aufsummiert und damit implizit eine regelmäßige Verteilung der Schleppstriche angenommen. Die Fischerei zeigt aber häufig Aggregationen, so dass diese Methode zu einer Überschätzung der Flächenanteile führt. Die Indikatoren wurden daher neu berechnet<sup>[11]</sup>, wobei a) eine zufällige Verteilung und b) eine teilweise Aggregation der Schleppstriche angenommen wurde (Abb. 4). Unter dieser Annahme, ist der Anteil der befischten Fläche (2012-2016) in Küstengewässern durchschnittlich 62% und in den Meeressgewässern ~45%.



**Abbildung 3.** Kartographische Darstellung einzelner Variablen, die zur Parametrisierung des Modells dienen; a) EUNIS Level 3 Habitat<sup>[5]</sup>, b) Mittlerer jährlicher „Fußabdruck“ durch Schleppnetzfisherei (SAR), c) Mittlere jährliche Häufigkeit natürlicher Störung (2009-2014), d) Verhältnis von fischereiinduzierter (SAR) zu natürlicher Störung, e) OSPAR-Indikator BH3 für oberflächliche Abschürfung (resultiert aus a und b), f) Biomassenanteil langlebiger benthischer Organismen (>10y) im Verhältnis zur Biomasse ohne Fischerei<sup>[9]</sup>.

<sup>10</sup> ICES 2017c. EU request on indicators of the pressure and impact of bottom-contacting fishing gear on the seabed, and of trade-offs in the catch and the value of landings. ICES Special Request Advice. sr.2017.13. 6 July 2017. [http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2017/Special\\_requests/eu.2017.13.pdf](http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2017/Special_requests/eu.2017.13.pdf)

<sup>11</sup> Ellis, N., Pantus, F., and Pitcher, C. R. 2014. Scaling up experimental trawl impact results to fishery management scales — a modelling approach for a “hot time”. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 71: 733-746.

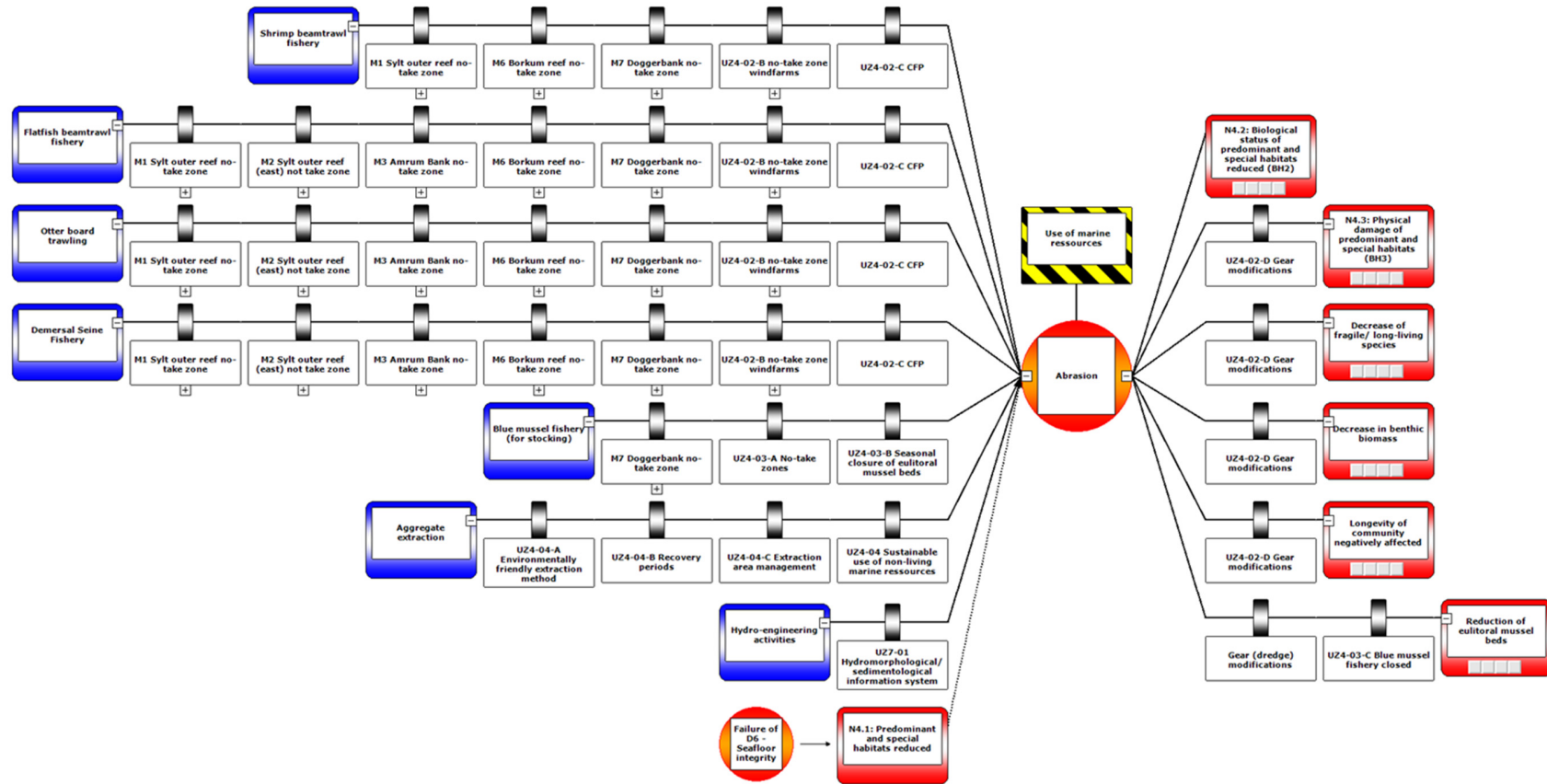


**Abbildung 4.** Anteil der mit grundberührenden Geräten befischten Fläche (DCF Indikator 5) der deutschen Küsten- (grün) und Meeresgewässer (blau) in den Jahren 2012 bis 2016. Die Gebietsdefinitionen entsprechen den Marine Reporting Units der MSRL (oben rechts). Der Indikator wurde unter der Annahme einer regelmäßigen, einer zufälligen und einer aggregierten Verteilung der Schleppstriche innerhalb von  $0.05^\circ \times 0.05^\circ$ -Gitterzellen berechnet.

Mobile grundber. Fanggeräte (MBC)			
Jahr	BRG % befischte Fläche	DOG % befischte Fläche	SAR - ÖDB % befischte Fläche
2012	25	57	45
2013	19	60	35
2014	8	30	23
2015	7	45	37
2016	8	48	35

**Tabelle 1.** Anteil der mit grundberührenden Geräten befischten Fläche (Grundsleppnetze, Dredgen, Baumkurren, Demersale Ringwaden) in den drei Naturschutzgebieten Borkum Riffgrund (BRG), Dogger Bank (DOG) und Sylter-Außenriff - Östliche Deutsche Bucht (SAR-ÖDB) in den Jahren 2012-2016.

Entsprechend der obenstehenden Berechnungen des DCF-Indikators 5 wurden auch die durch grundberührende Fischerei betroffenen Flächen in den zukünftigen Natura2000-Schutzgebieten in der deutschen AWZ der Nordsee ermittelt. Die Angaben in Tabelle 1 beruhen dabei auf der Annahme der zufälligen Verteilung von Schleppstrichen in den räumlichen Untereinheiten ( $0.05^\circ \times 0.05^\circ$  Gitterzellen).



**Abbildung 5.** Operatives BowTie Modell für die für den Meeresboden zentrale Belastung „Abschürfung“ (*Abrasion*). Dargestellt sind relevante und steuerbare anthropogene Aktivitäten (*threats*), in der MSRL festgelegte Maßnahmen (*preventive and mitigation measures*) sowie ausgewählte quantifizierbare Indikatoren in Anlehnung an NOAH1 und [8].

### *Arbeitsfeld 2 - Risikoidentifikation und konzeptionelle Modellierung*

Arbeitsfeld 2 dient dazu, relevante anthropogene Belastungen mit den entsprechenden Umweltauswirkungen mit Fokus auf benthische Lebensgemeinschaften in Beziehung zu setzen, Maßnahmen zur Risikovermeidung oder -minimierung zu identifizieren und darauf basierend eine qualitative Risikobewertung zu erstellen. Im ersten Projektjahr wurde dafür eine Serie von miteinander verknüpften BowTie Modellen (IEC/ISO 31010) basierend auf dem derzeit definierten Ordnungsrahmen für Maßnahmen im Bereich der MSRL erstellt. Die Modelle wurden im zweiten Projektjahr um die in ICES (2017b) definierten Indikatoren erweitert (Abb. 5). Es wurde eine *Layer of Protection Analysis* (LOPA) angewendet, um eine erste Abschätzung über die Effizienz von Managementmaßnahmen zur Verminderung der Risiken für benthische Gemeinschaften (D6 im Sinne der MSRL) zu bekommen.

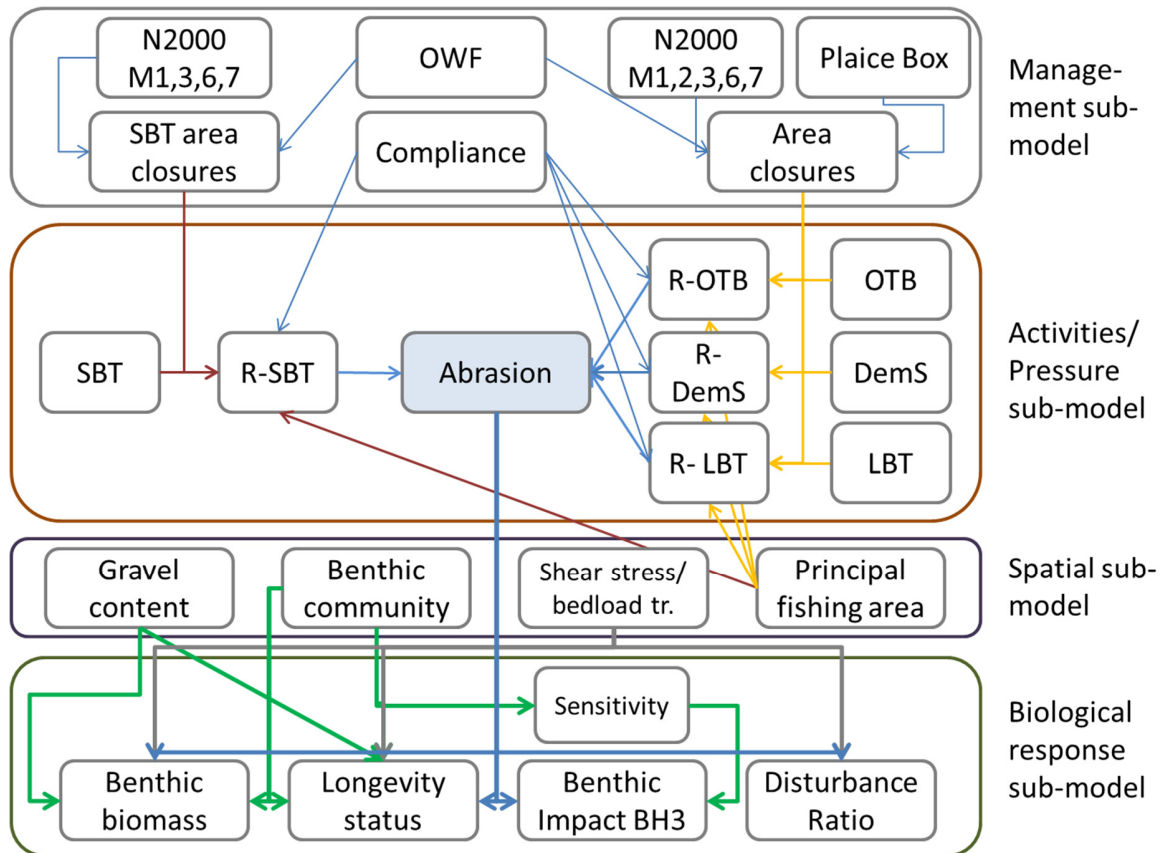
Die BowTie Analysen dienten als Grundlage für die Entwicklung des Bayesschen Netzwerkes (BN) in Arbeitsfeld 3. Die Fokussierung auf einen zentralen Belastungsparameter (hier: Abschürfung) und die sich darauf beziehenden Aktivitäten, Managementmaßnahmen (vorbeugend oder lindernd) und Konsequenzen wurden konzeptionell vom BowTie in das BN übertragen und dann mit Hilfe räumlicher Daten parametrisiert. Dazu zählen auch Faktoren, die die Wirksamkeit von Maßnahmen beeinflussen (z.B. Nicht-Beachtung von Gebietsschließungen). Diese wurden zwar in die BowTie Analyse aufgenommen, blieben in der semiquantitativen Risikoanalyse mit LOPA aber unberücksichtigt.

Die BowTie Analysen wurden bisher noch nicht abgeschlossen. Sie sollen vielmehr im dritten Projektjahr zusammen mit den quantitativen Risikomodellen revidiert, ihre Funktionalität als Entscheidungshilfswerkzeug überprüft und die beiden Risikobewertungsansätze gemeinsam publiziert werden. Des Weiteren soll untersucht werden inwieweit Informationen über Schadstoffbelastungen in ein BowTie Modell integriert werden können, sofern Informationen hinsichtlich der biologischen Effekte vorliegen.

### *Arbeitsfeld 3 - Quantitative Risikoanalyse und Bewertung von Managementstrategien*

In Arbeitsfeld 3 sollen die qualitativen Analysen aus Arbeitsfeld 2 in eine quantitative Risikoanalyse überführt werden. Im zweiten Projektjahr wurde die Struktur eines Bayesschen Netzwerkes (BN) für die Analyse der Auswirkungen räumlicher Managementmaßnahmen auf den Meeresbodenzustand weiterentwickelt, die „Modellknoten“ parametrisiert und erste Simulationen durchgeführt.

Die Fischerei gilt in der Nordsee als die durch den Menschen verursachte Hauptbelastung für den Meeresboden. Dabei sind die Auswirkungen der verschiedenen Fanggeräte ganz unterschiedlich. Zur Modellierung haben wir diese in ein einheitliches Maß, die sogenannte „*swept area ratio*“ gebracht, die die jährliche durchschnittliche Häufigkeit der Abschürfung durch grundberührende Fischerei ausgedrückt (2012-2016, siehe Abb. 1 und 2). Die Fischerei steht in Konflikt mit Naturschutzziele und anderen menschlichen Nutzungen, so dass in naher Zukunft eine räumliche Umverteilung des Fischereiaufwandes zu erwarten ist (Natura2000, Schollenbox (EC 1998), Offshore Windparkentwicklung). Neben positiven Auswirkungen durch Gebietsschließungen sind auch negative Effekte durch eine Konzentration der Fischerei in verbleibenden Gebieten möglich.



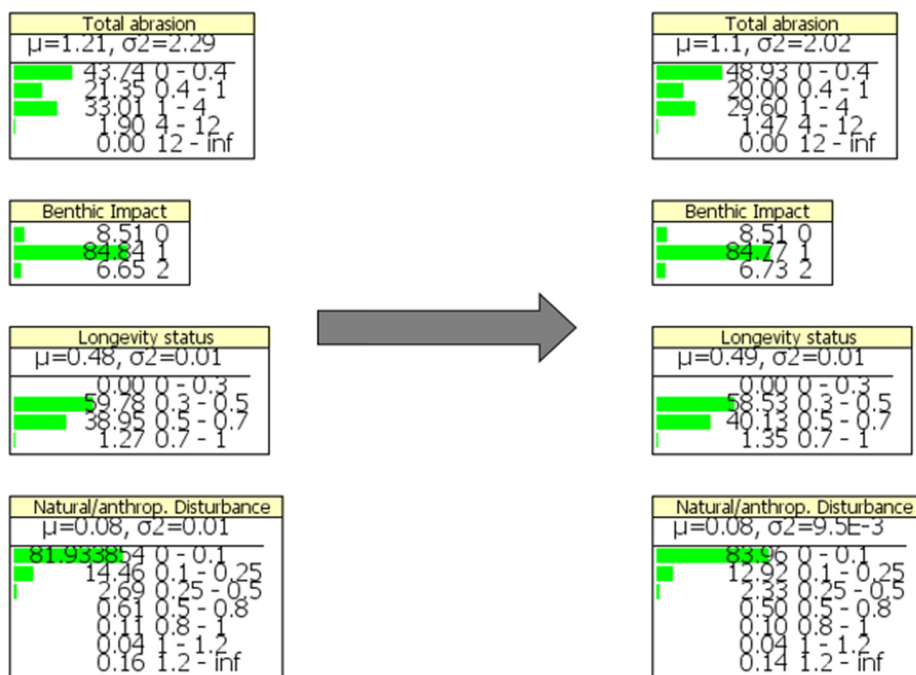
**Abbildung 6.** Konzeptionelle Struktur des BN in Anlehnung an die Ursache-Wirkungsbeziehungen (Abb.5); die Fischerei mit verschiedenen Geräten (*Activities/ pressure sub-model*) führt zu einer oberflächlichen Abschürfung des Meeresbodens (*Abrasion*), die durch räumliche Gebietsschließungen verändert werden kann (*Management sub-model*). Im Zusammenspiel mit den räumlichen Gegebenheiten (*Spatial sub-model*) wirkt sich diese auf D6 relevante Indikatoren aus (*Biological response sub-model*).

Um die Effizienz und die Risiken dieser räumlich wirksamen Maßnahmen abschätzen zu können wurde ein BN mit GIS-Informationen gekoppelt (siehe auch Beispiele aus Abb. 3), dessen vorläufige Struktur in Abbildung 6 dargestellt ist. Das Modell besteht aus vier verschiedenen Modulen, welche 1) métiersspezifische räumliche Managementoptionen, 2) die Belastung durch Fischerei, 3) gegebene abiotische und biotische Bedingungen und 4) Indikatoren für D6 (Zustand des Meeresbodens) beschreiben. Es können unterschiedliche Gebietsschließungen realisiert werden, die die vier wesentlichen Fischereisegmente und damit die oberflächliche Abschürfung des Meeresbodens beeinflussen. Die kumulative Abschürfung und Umweltbedingungen wirken sich dann auf den Status der Indikatoren aus.

Abbildung 7 vergleicht exemplarisch die Ergebnisse zweier Szenarien, die mit diesem Modell gerechnet wurden, und greift die Wahrscheinlichkeitsverteilung von vier Indikatoren heraus. Das erste Szenario (Abb. 7, links) betrachtet die derzeit implementierten Gebietsschließungen, das zweite Szenario (Abb. 7, rechts) die prognostizierte Entwicklung nach Einrichtung der Natura2000 Schutzgebiete. Die Fischerei wird entsprechend der Maßnahmen umverteilt, was zu Veränderungen in der kumulierten Abschürfung im Raum



führt (total abrasion). Die daraus resultierenden Veränderungen in den Indikatorzuständen sind allerdings gering. Für BH3 (benthic impact) sind sie vernachlässigbar, bei der Reduktion langlebiger Organismen (longevity status) kommt es durch Einrichtung der Schutzgebiete zu einer geringfügigen Verschlechterung. Derzeit beruht die Parametrisierung dieser beiden Indikatoren auf den EUNIS Level 3 Habitatdefinitionen, die in den deutschen Meeres- und Küstengewässern nur eine geringe Variabilität aufweisen. In den folgenden Projektmonaten wird das Modell daher auf die besonderen Bedingungen dieses Gebietes angepasst, wobei die Epibenthosgemeinschaften nach [6] als Grundlage für die Parametrisierung einzelner Indikatoren dienen. Durch deren Berücksichtigung erwarten wir eine höhere Sensitivität des Modells, so dass Risiken durch grundberührende Fischerei besser evaluiert werden können. Derzeit kann das Modell bereits das Verhalten der Fischer in einfacher Form berücksichtigen (*Compliance*). Zukünftig soll neben dem Szenario der Umverteilung von Fischereidruck auch eine dessen Reduktion möglich sein. Ferner wird geprüft, inwiefern andere Belastungen (z.B. Schadstoffe) in das Modell integriert werden können.



**Abbildung 7.** Aus dem BN (Abb. 6) generierte Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten verschiedener Zustände: 1) vor Einrichtung der Natura2000 Schutzgebiete (links) und 2) nach Implementierung der geplanten Schutzgebietsverordnungen und der Errichtung der aktuell geplanten Windparks (rechts). Der Übersichtlichkeit halber sind nur die Wahrscheinlichkeiten für die kumulierte oberflächliche Abschürfung (Total abrasion), den OSPAR BH3 Indikator für oberflächliche Abschürfung (benthic impact), die relative Reduktion langlebiger Organismen (longevity status) nach [9] und für das Verhältnis zwischen natürlicher und anthropogener Störung (natural/anthrop. disturbance) dargestellt.

## 2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.

Die Arbeiten in TP5 liegen innerhalb des vorgegebenen Projektplanes (Tab. 2). Die Daten zur Parametrisierung der Modelle wurden im Laufe des Projektjahres aktualisiert und komplettiert. Eine statistische Analyse zur Parametrisierung der Beziehungen zwischen Abschürfung und den neu definierten benthischen Gemeinschaften<sup>[6]</sup> steht noch aus.

Eine endgültige Validierung des BowTie Modells sowie der Risikoanalyse mit LOPA ist parallel zu den BN-Analysen geplant. Dabei soll auch die Funktionalität des Modells als Entscheidungshilfemerkzeug überprüft werden. Diese Verzögerung im Arbeitsplan (D5.2) hat aber keine Auswirkungen auf das Gelingen des Projektes.

Im letzten Projektjahr wurden zwei Manuskripte publiziert, eine weitere steht kurz vor der Einreichung (s.u.).

Ausgaben und die weitere Finanzplanung liegen innerhalb des Gesamtfinanzierungsplans.

**Tabelle 2.** Meilensteine (M) und Deliverables (D) in der Verantwortung von Teilprojekt 5 (TP-spezifische Nummerierung). Aufgeführt sind Arbeiten, die entweder bereits erfüllt (grün) oder begonnen wurden (gelb).

Meilenstein / Deliverable	Bezeichnung	fällig in Monat	Status
M5.1	Datenaktualisierung und -erweiterung	18	abgeschlossen
D5.1	Aktualisierung und Ergänzung Habitatatlas	25	abgeschlossen
M5.2	1. Phase BowTie Entwicklung	9	abgeschlossen
M5.3	2. Phase BowTie Entwicklung	15	abgeschlossen – LOPA-Revision ausstehend
D5.2	Finales BowTie Managementmodell	18	Validierung und Revision erfolgt gemeinsam mit BN (D5.3)
M5.4	Überführung des Bow-Tie Ansatzes in Bayessche Netzwerkmodelle (BNs)	24	abgeschlossen
D5.3	Operationelles BN - Risikobewertung der Meeresbodenbelastung; Entwicklung von Managementstrategien	36	BN-Modell aufgesetzt, Ergänzung von Indikatoren und Szenarienmodellierung ausstehend
	Zwischenbericht	12/24	fertiggestellt

**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Die Aussichten zur Erreichung der Ziele des Vorhabens haben sich nicht geändert. Milestones und Deliverables (Tab. 2) werden nicht revidiert.

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Das EU Projekt BENTHIS (Oktober 2012 – Oktober 2017) untersuchte den Einfluss von Fischerei auf benthische Ökosysteme. Im Rahmen des Projektes sind eine Reihe von Publikationen erschienen, die bereits Eingang in unsere Analysen gefunden haben bzw. für die BN-Modellierung berücksichtigt werden.

Andere relevante Ergebnisse von dritter Seite sind nicht bekannt geworden.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Die Arbeiten in TP5 liegen innerhalb des vorgegebenen Projektplanes. Es ist zu erwarten, dass die Ziele innerhalb des im Antrag vorgegebenen Zeitrahmens erreicht werden. Die Zielsetzung des Projektes wird daher nicht revidiert.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

Es ergaben sich keine nennenswerten Änderungen und Ergänzungen zum Fortschreiten des Verwertungsplanes im Vergleich zum vorangegangenen Zwischenbericht.

*a) Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen*

Nicht zutreffend.

*b) Wirtschaftliche Erfolgsaussichten*

Das Vorhaben verfolgt keine wirtschaftlichen Interessen, sondern die wissenschaftliche Begleitung des gesellschaftlichen und politischen Interesses an der nachhaltigen Nutzung der Meeresumwelt.

*c) Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten*

Die wissenschaftlichen Erfolgsaussichten des Projektes werden als hoch eingeschätzt und betreffen die kartographische Darstellung der Analyseergebnisse, die Risikomodelle und deren Operationalisierung sowie die Publikation der Ergebnisse.

Die im Projekt erhobenen Daten und Modellergebnisse werden über die Projektlaufzeit durch den Habitatatlas erhalten bleiben und können somit eine wichtige Grundlage für Monitoring- oder Maßnahmenprogramme bilden. Der Transfer von Datenprodukten zum Habitatatlas wird innerhalb der Projektlaufzeit abgeschlossen.

Die Projektmitarbeiterin, Frau Dr. Diekmann, wurde aufgrund der in NOAH erarbeiteten Expertise auch in 2017 als Expertein zu einem Workshop des Internationalen Rates für Meeresforschung, ICES eingeladen (Workshop to evaluate regional benthic pressure and impact indicator(s) from bottom fishing (WKBENTH), 28 February-3 March 2017). Darin wurden unter anderem Beratungsanfragen aus der EU-Kommission zum Thema Fischereieinfluss auf den Meeresboden und seiner Ökosysteme bearbeitet. Somit wurden die in NOAH gewonnen Erkenntnisse direkt in politische Prozesse auf europäischer Ebene eingespeist.

Im Laufe des letzten Projektjahres wurden mehrere Manuskripte und eine Abschlussarbeit fertiggestellt und sind teilweise bereits publiziert (s.u.). Im Folgejahr soll das Bayessche Netzwerk (BN) als Risikobewertungstool operationalisiert und die Ergebnisse publiziert werden. Die Auswirkungen von Gebietsschließungen auf ausgewählte Indikatoren des Meeresbodenzustands können bereits jetzt mit dem Modell untersucht werden.

Das Vorhaben leistet Beiträge zu Vorträgen bzw. wird einen Impulsvortrag im 2. Symposium Küstenmeerforschung („Küste im Wandel“) vom 28.02. - 02.03.2018 im Umweltforum in Berlin gestalten (u.a. Kröncke et al.: Biodiversitätsänderungen im Küstenraum und Auswirkungen auf Ressourcen und Stoffflüsse; Kraus et al.: Änderungen in den Nahrungsnetzen der Küstenmeere; Schrum et al.: Analyse multipler Stressoren auf Küstenökosysteme).

Die Ergebnisse der (BN-Modellierung werden im September 2018 auf der Annual Science Conference des International Council for the Exploration of the Sea (ICES) in Hamburg präsentiert (Effects of fisheries closures on seafloor integrity: A modelling example from the German part of the North Sea; Diekmann, R., Neumann, H., Rambo, H., Kröncke, I., Stelzenmüller, V.).

#### *d) Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit*

Die Ergebnisse der Risikoanalysen (BNs) sollen durch die zahlreichen Teilnahmen von Wissenschaftlern des Thünen-Instituts in nationalen und internationalen Gremien und Arbeitsgruppen (z.B. Arbeitsgruppen des Bund-Länderausschuss Nord-Ostsee, ICES) in den MSRL Zyklus (2018-2020) eingespeist werden. Die Studien bilden eine methodische und inhaltliche Grundlage für die Beurteilung zukünftiger Maßnahmen in der MSRL mit der Besonderheit, dass sektorübergreifende Maßnahmen oder Systemvoraussetzungen, die nicht unmittelbar MSRL-relevant sind, mitberücksichtigt werden können.

Aus NOAH TP5 heraus wurden bereits neue Forschungsfragen entwickelt. Im Projekt SeaUseTip (BMBF 01LC1720A, erste Projektphase 2017-2018) sollen in einem BN-Ansatz nicht nur die ökologischen, sondern auch die sozioökonomischen Risiken von Managementmaßnahmen untersucht werden. Des Weiteren sollen die in NOAH entwickelten Konzepte zur Bewertung des Meeresbodenzustands auch auf die küstennahen Bereiche übertragen werden. Ein Projektantrag zur empirischen Analyse der Auswirkungen der Krabbenfischerei auf den Meeresboden wurde bereits zur Förderung beim Land Schleswig-Holstein eingereicht (Cranimpact).

**Veröffentlichungen unter Beteiligung von Teilprojekt 5:**

- ICES 2017b. Report of the Workshop to evaluate regional benthic pressure and impact indicator(s) from bottom fishing (WKBENTH), 28 February–3 March 2017, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017/ACOM:40. 233pp.
- ICES 2017c. EU request on indicators of the pressure and impact of bottom-contacting fishing gear on the seabed, and of trade-offs in the catch and the value of landings. ICES Special Request Advice.2017.13. 6 July 2017, [www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2017/Special\\_requests/eu.2017.13.pdf](http://www.ices.dk/sites/pub/Publication%20Reports/Advice/2017/Special_requests/eu.2017.13.pdf)
- Kraus, G., Diekmann, R. (2018). Impact of fishing activities on marine life. In: Handbook on Marine Environment Protection: Science, Impacts and Sustainable Management. Salomon, M & Markus, T (eds.). Springer International Publishing, 1024pp.
- Neumann, H., Diekmann, R., Emeis, K.-C., Kleeberg, U., Moll, A., and Kröncke, I. 2017. Full-coverage spatial distribution of epibenthic communities in the south-eastern North Sea in relation to habitat characteristics and fishing effort. *Marine Environmental Research*, 130: 1-11.
- Rambo H., Stelzenmüller V., Diekmann R., Möllmann C., Cormier R. (in prep.). Exploring the effects of spatial planning and climate change on marine fish biodiversity with the help of spatially explicit Bayesian Belief Networks. To be submitted to *Journal of Environmental Management*.
- Rambo, H. (2017): From fish biodiversity indicators to spatial risk assessments - Towards the integration of Blue Growth and conservation objectives in the German Bight. PhD (Universität Hamburg, Fak. für Mathematik, Informatik und Nat. Wiss.)



*Zuwendungsempfänger:*

Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg (CEN)

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0742D

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

### **Teilprojekt 6**

Charakterisierung von Meeresboden- und Mikrohabitaten, numerische Modellierung von höheren trophischen Ebenen und adaptives Risikomanagement für die Nutzung des Meeresbodens

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

Prof. Dr. Christian Möllmann

## **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

### **Arbeitsfeld 1: Hydroakustische Habitatkartierung des Meeresbodens**

*(Dr. Thomas Lüdmann)*

In 2017 wurden die in 2016 begonnenen Arbeiten fortgesetzt. Datengrundlage der hydroakustischen Habitatkartierung der NOAH Phase II sind die FS Heincke Fahrten He468, He470 und He471. Schwerpunktmäßig wurden die NOAH Referenzareale aufgesucht, welche im Rahmen von NOAH-I nicht aufgesucht werden konnten bzw. wo ergänzende Erkundungen nötig waren. Die Aufnahme der Sedimentecholotdaten erfolgte standardmäßig wie schon im Vorgängerprojekt mit dem Schiffseigenen Sedimentecholot SES2000 (Innomar) und dem Multibeam EM710 (Kongsberg) der FS Heincke. Die Singlebeamdaten wurden tidenkorrigiert, mit ProMax (Landmark-Halliburton) prozessiert und in das mit Petrel (Schlumberger) erstellte Interpretationsprojekt eingepflegt. Die Bearbeitung der Multibeam Daten erfolgte mit dem im Rahmen des NOAH-Synthese Projekts beschafften Software-Paket Qimera der Firma Quality Positioning Services (QPS). Das Prozessieren der Daten umfasst im Wesentlichen eine Laufzeitkorrektur der akustischen Signale anhand von manuell angepassten Geschwindigkeitsprofilen, die Bereinigung der Daten von Fehlnotungen mittels des Cube-Algorithmus und deren zusätzlicher manueller Editierung, sowie eine Tidenkorrektur. Hierzu werden Tidenprofile genutzt, welche mit der frei verfügbaren Software OTPS unter Berücksichtigung des Tidenmodells ES2008 berechnet werden.

Die Bearbeitung bzw. Bereinigung der Multibeam-Rohdaten wurde in 2017 abgeschlossen. Die prozessierten Daten wurden darauf Mithilfe der FMGT Software (QPS) analysiert. Hierbei wurden verschiedene thematische Karten der Referenzareale produziert, die Teil des NOAH Habitatatlas sind. Hierzu zählen die Bathymetrie und die Rückstrahlintensitäten

(Mosaik) des Meeresbodens. Basierend auf der Angular-Range-Analysis (ARA) wurden der jeweilige Sedimenttyp, die Korngrößenverteilung der Oberflächensedimente, die Rauheit sowie die Impedanz des Meeresbodens und die Volumenrückstreuung des Untergrundes berechnet.

Generell zeigen die Ergebnisse, dass die gewählten Referenzareale insgesamt homogene Sedimentverteilungen aufweisen, mit sehr geringen Variationen in der Korngröße. Typisch für die meisten Gebiete sind Meeresbodenrauigkeiten von durchschnittlich 3 cm, die auf Strömungsrippel zurückzuführen sind, welche sich auch in der Bathymetrie abzeichnen. Diese haben keine bevorzugte Vergenz (Richtung) und deuten auf diametrale jahreszeitlich wechselnde Windinduzierte Bodenströmungen aus östl. bzw. westl. Richtung hin.

Die Rückstrahlintensitäten zeigen, dass neben dem NOAH Gebiet I auf der Dogger Bank auch die Gebiete G, H und F weiter südöstlich, einem starken anthropogenen Stress durch Schleppfischerei ausgesetzt sind. Bei den Schleppnetzspuren handelt es sich um 2 quasi parallele ca. 9 m breite und ca. 10 cm tiefe Furchen, die in einem Abstand von ca. 20-30 m verlaufen. Die Furchen entsprechen den ca. 9-10 m Kurrbäumen der Schleppnetze, welche über Grund gezogen werden. Dabei kommen 2 Schleppnetze, die steuerbord und backbord ausgebracht werden, zum Einsatz. Die Ergebnisse zeigen, dass die Spuren bis zu 3 Monate überdauern können, bevor sie durch Umlagerungsprozesse, verwischt werden.

Als hervorzuhebende Besonderheit wurden im Gebiet NOAH E ca. 30-50 cm tiefe und 10-30 m lange Vertiefungen beobachtet, die dort nicht auf allen Fahrten in dieser Ausprägung vorhanden waren. Sie sind bevorzugt in NNO-SSW Richtung elongiert und reihen sich teilweise Perlschnurartig aneinander. Zumeist auf ihrer Ostseite befindet sich ein ca. 20-30 m hoher Sedimentwall. Geht man davon aus, dass es sich um Pockmark-ähnliche Strukturen handelt und der Wall vom ausgeblasenen Material stammt, haben sich die Strukturen überwiegend bei Westströmung gebildet.

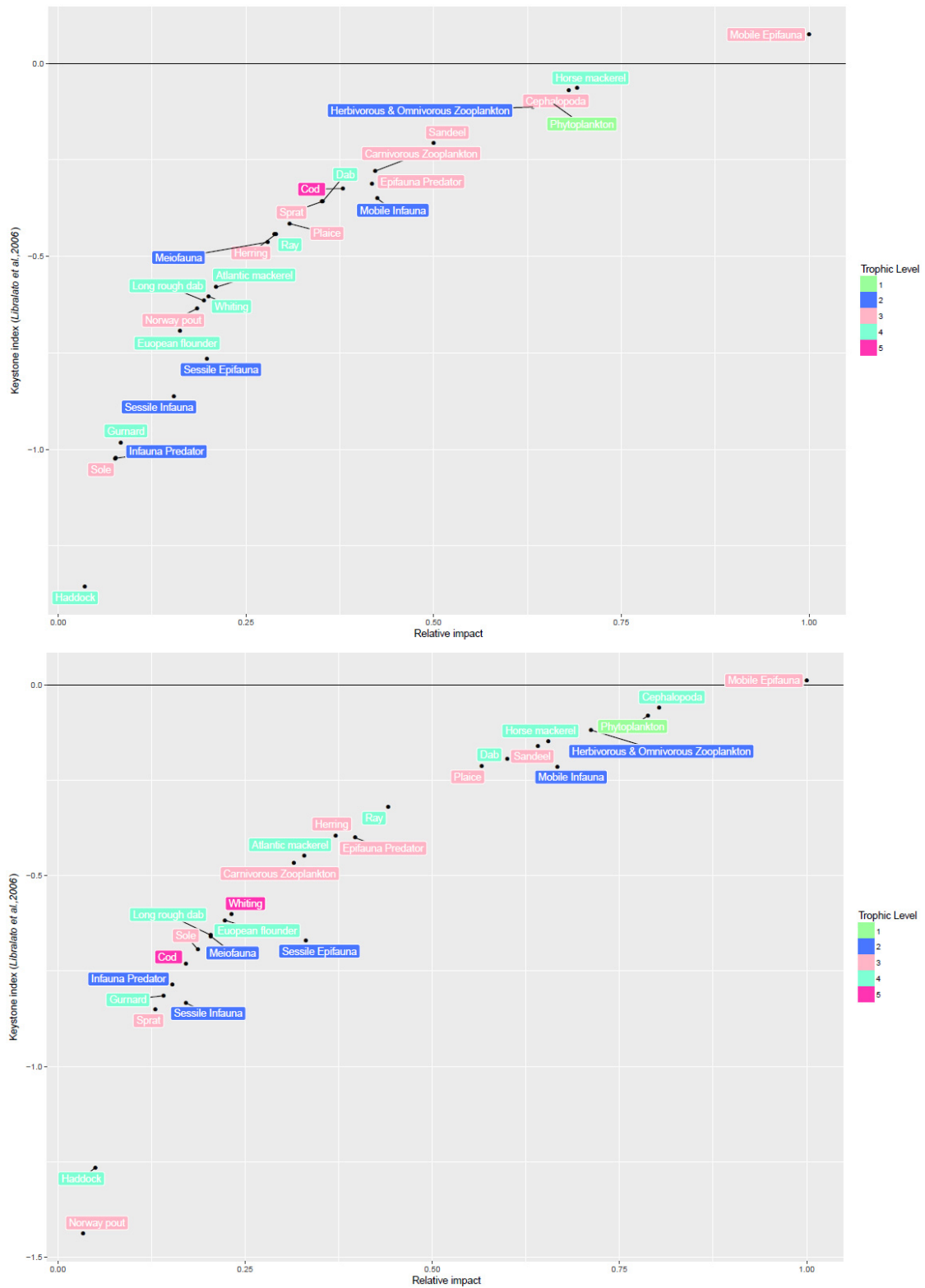
Die neusten Ergebnisse der hydroakustischen Habitatkartierung sind u.a. auf der NOAH Webseite unter der Rubrik „Arbeitsgebiete“ aufbereitet und dargestellt.

### **Arbeitsfeld 2: Nahrungsnetzmodellierung**

*(Prof. Dr. Christian Möllmann, Magarethe Nowicki)*

Zum Abschluss der Arbeiten zur Modellierung des Nahrungsnetzes der südlichen Nordsee wurde die räumlich-zeitliche Dynamik der Hauptkomponenten des Ökosystems analysiert. Dazu wurden zwei Analyse-Tools der Ecopath with Ecosim (EwE) software angewandt. Eines dieser Tools ist die sogenannte „Keystoneness“, welches den Keystone Index nach Libralato et al (2006) berechnet. Dieser Index erlaubt Aussagen über die Stellung einer funktionellen Gruppe innerhalb des Nahrungsnetzes. Gruppen die eine verhältnismäßig kleine Biomasse aufweisen, jedoch eine bedeutende Stellung im Nahrungsnetz einnehmen, zum Beispiel als wichtige Beute, weisen einen hohen Keystone Index auf. Betrachtet man die Indices im zeitlichen Verlauf, können sogenannte „Regime shifts“, das heißt eine Veränderung der trophischen Ebenen der einzelnen funktionellen Gruppen im Ökosystem, detektiert werden.





**Abbildung 1.** Keystoneness und trophische Niveaus (trophic levels) der einzelnen Nahrungsnetzkomponenten in 1991 (oben) und 2003 (unten).

Um mögliche Veränderung im Modellzeitraum zu identifizieren, wurde der Keystone Index für jedes Jahr des Modellierungszeitraumes berechnet. Im ersten Jahr des 1991 nimmt die funktionelle Gruppe der mobilen Epifauna im Verhältnis zur ihrer relativ geringen Biomasse eine bedeutende Rolle im Nahrungsnetz ein (Keystone Index >0). Diese ist auf ihre Bedeutung als Beute für die Top-Predatoren im System zurückzuführen (Abb. 1). Im Verlauf der Jahre bleibt die funktionelle Gruppe der mobilen Epifauna eine wichtige Komponente im Nahrungsnetz und steht weiterhin an höchster Stelle in der Keystone Betrachtung.

Das Modell demonstriert außerdem den Wandel in der Bedeutung von Kabeljau und Wittling in der Nordsee. Nach dem Einbruch der Kabeljau-Biomasse, übernimmt ca. 2003 der Wittling die Stellung des wichtigsten Top-Predatoren im (siehe Abb. 1). Beide Räuber finden ihre Nahrung überwiegend in den höheren trophischen Ebenen, der Wegfall eines Räubers ermöglicht so einen Anstieg der Biomasse und damit der Bedeutung des anderen Räubers.

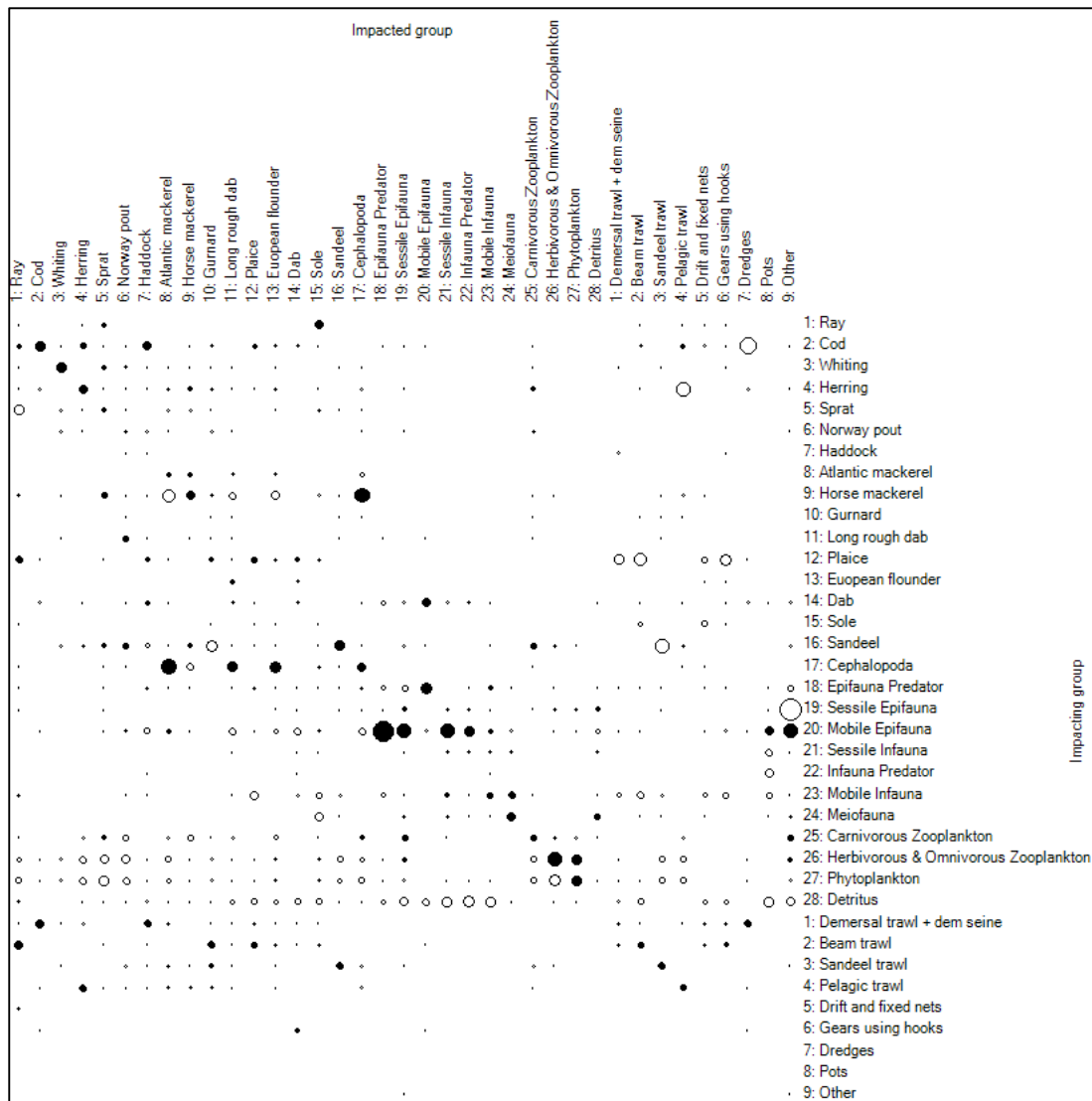


Abbildung 2a. Mixed Trophic Impact Analyse für Jahr 1991.

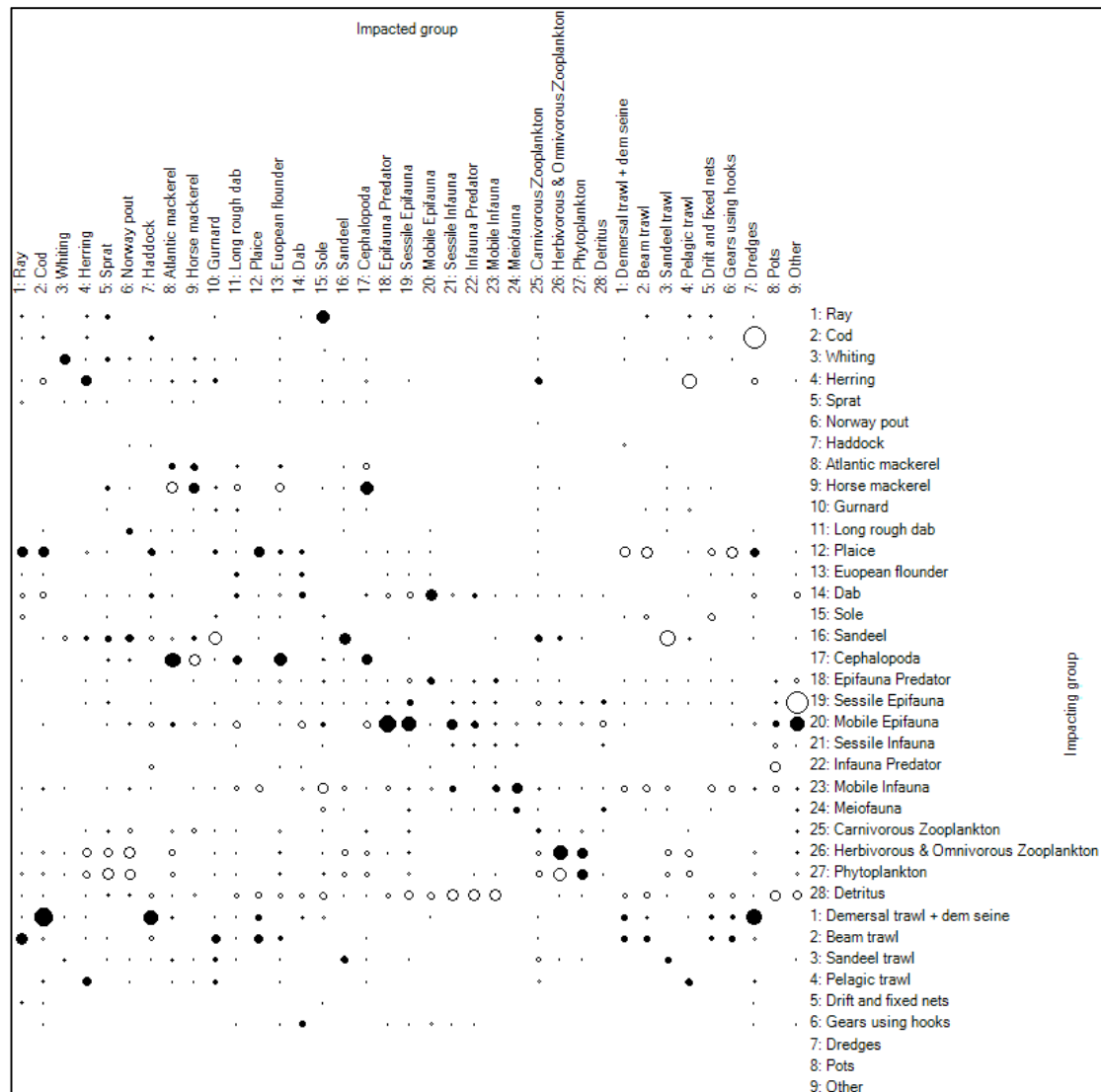


Abbildung 2b. Mixed Trophic Impact Analyse für Jahr 1991.

Eine weitere Bewertung des Nahrungsnetzes repräsentiert die sogenannte „Mixed Trophic Impact“ Analyse. Hierbei können die verschiedenen Kontrollmechanismen innerhalb der Nahrungsnetzstruktur gezeigt werden. Die Abbildung 2 zeigt eine solche Analyse, in welcher die schwarzen Kreise für negative und die weißen Kreise für positive Zusammenhänge stehen. Diese Zusammenhänge können als top-down bzw. bottom-up Prozesse interpretiert werden, um den Einfluss bestimmten funktioneller Gruppen auf andere Gruppen im Nahrungsnetz erkennen zu können. In der Betrachtung und Bewertung von Ökosystemen spielen die Erkenntnisse über die Kontrollmechanismen eine fundamentale Rolle, so kann es entscheidend sein, ob ein Nahrungsnetz eher von der Nahrungsquelle (bottom-up) oder von den Räubern (top-down) getrieben wird.

In 1991 (Abb. 2a) zeigte sich ein stark top-down, also Räuber-getriebenes Nahrungsnetz, wohingegen sich der Einfluss der einzelnen Gruppe im Jahr 2003 (Abb. 2b) verändert hat.

Hier wird vor allem der Einfluss der Fischerei auf den Kabeljau deutlich. Das Jahr 2003 ist das wärmste Jahr im Modellzeitraum: Dies zeigt sich in einem Anstieg des Einflusses des Phytoplanktons, welches einen stärkeren bottom-up Effekt auf die planktivoren Fische im System zeigt. Daraus kann geschlossen werden, dass sowohl die Fischerei als auch das Klima, in diesem Fall eine Erhöhung der durchschnittlichen Temperatur, starke Auswirkungen auf die Struktur und damit auf das Zusammenspiel der funktionellen Gruppen hat. So hat sich das Nahrungsnetz der Nordsee in relativ kurzer Zeit durch den Einfluss von Fischerei und Klimawandel von einem Räuber- zu einem Beute-getriebenen Nahrungsnetz verändert.

**Tabelle 1:** Ausgewählte biomassenbasierte Indikatoren aus der ECOIND Analyse.

<b>Biomassenbasierte Indikator</b>	<b>1991</b>	<b>2003</b>	<b>2012</b>
Totale Biomasse	818.83	605.72	773.20
Biomasse der Fische	19.37	18.25	25.66
Biomasse der Invertebraten	327.40	308.86	378.59
Kempton's Q	5.41	8.46	5.90

Basierend auf den Modellläufen mit dem Nahrungsnetzmodell der zentralen und südlichen Nordsee wurden außerdem Indikatoren berechnet, die der Evaluierung des Umweltzustandes des Ökosystems, z.B. im Rahmen der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) der EU dienen können. Dazu wurde das neue Plug-In ECOIND der „Ecopath with Ecosim (EwE)“ Software benutzt (Coll & Steenbeek 2017).

Die Berechnung der ökologischen Indikatoren mittels ECOIND beinhaltet vier Großgruppen von Indikatoren, d.h. biomassen- und fischerei-basierte Indikatoren, Indikatoren basierend auf den trophischen Ebenen und größenbasierte Indikatoren. Für letztere wurden zusätzlich bestimmten Eigenschaften (sogenannte „functional traits“) für ausgewählte funktionellen Gruppen ins Modell eingefügt. Diese Informationen, soweit vorhanden, wurden sowohl aus Fishbase (<http://www.fishbase.org/search.php>) als auch für alle benthischen Arten aus SeaLifeBase (<http://bs.sealifebase.ca>) entnommen.

Betrachtet man die biomassenbasierten Indikatoren, hier exemplarisch die totale Biomasse, die Biomasse aller Fische und die Biomasse benthischen Gruppen im Nahrungsnetz zu Beginn, im Jahr 1991, zum Zeitpunkt des „regime shifts“ im Jahre 2003 und zum Ende des Modellzeitraums, im Jahre 2012 wird ein klarer Abfall der totalen Biomasse deutlich (Tab. 1). Der Abfall der Biomasse der funktionellen Gruppen der Fische ist sichtbar, jedoch weniger deutlich, da der Zusammenbruch der Kabeljau-Biomasse durch den Anstieg anderer Fische aufgefangen wird.

Zusätzlich wurde ein Diversitätsindex berechnet, der Kempton's Q Index (Ainsworth & Pitcher, 2006), welcher die Artendiversität im Modellzeitraum widerspiegelt. Dieser spezielle Index bezieht sich auf die funktionellen Gruppen die im Modell verwendet werden.

Die Berechnungen deuten an, dass die Diversität 2003 einen Anstieg zeigt, welcher eventuell ebenfalls auf den Rückgang der Kabeljau Biomasse zurückzuführen ist. Durch den Wegfall dieses Predatoren kann die Biomasse, und damit die Diversität der Beuteorganismen ansteigen. Der Wittling übernimmt zwar die Nische des Kabeljaus im Nahrungsnetz bezogen auf das erhöhte trophische Level, bezieht seine Beute allerdings aus anderen funktionellen Gruppen. Steigt nun die Biomasse einer artenreichen an, so hat das Auswirkungen auf die Diversität im Nahrungsnetz.

Eine weitere Möglichkeit innerhalb des ECOIND Moduls ist die Validierung der errechneten Indikatoren. Hierfür wurden 300 Monte-Carlo-Simulationen modelliert, welche zur Untersuchung der Variabilität der verschiedensten Indikatoren benutzt wurden. Die Ergebnisse implizieren, dass Modellparameter für das Nahrungsnetz gut gewählt sind, da die Baseline meist in der Mitte der Normalverteilung liegt. Damit kann davon ausgegangen werden, dass die resultierenden Werte der einzelnen Indikatoren im Mittel immer getroffen werden. Eine Anwendung unserer Ergebnisse zur Bewertung der MSRL Deskriptoren kann somit vorgenommen werden. Hierbei ist zu beachten, dass wir kein Vorhersage Modell haben, sondern nur Aussagen über den Modellzeitraum treffen können.

### **Arbeitsfeld 3:** Kosteneffektives Risikomanagement

*(Prof. Dr. Hermann Held, Benjamin Blanz)*

Im Berichtszeitraum standen der FNU (Forschungsstelle Nachhaltige Umweltentwicklung) aus Mitteln des NOAH-Projekts drei Personen-Monate zur Verfügung (01-03/2017). Diese wurden genutzt, um die Veröffentlichung der bereits erzielten Ergebnisse voranzutreiben. Zudem wurde der im Projekt generierte Modellpark so aufbereitet, dass er jetzt für nachfolgende Forschungsaktivitäten nutzbar ist. Die Aktivitäten in den geförderten drei Monaten stellen sich im Einzelnen wie folgt dar.

Die im Jahresbericht für das Jahr 2016 beschriebenen Entdeckungen über die Zusammenwirkung von Ökosystemdynamik, Aufwandsentscheidungen von Fischern und Konsumententscheidungen von Haushalten wurden zur Veröffentlichung in einem Fachaufsatz zusammengefasst. Dieser soll im wissenschaftlichen Journal *Hydrobiologica* als Teil des Konferenzbands der North Sea Open Science Conference veröffentlicht werden. Die vom Journal gewünschten Revisionen dauern außerhalb des Berichtszeitraums an. Die zweite Revision soll Mitte April 2018 eingereicht werden. Der Aufsatz wurde ferner während des Berichtszeitraums für die Jahrestagung der European Association for Environmental and Resource Economics (EAERE) eingereicht und akzeptiert. Die Ergebnisse wurden als 30-minütiger Vortrag während der Jahrestagung im Juni 2017 präsentiert, die eine der wichtigsten akademischen Foren für Umwelt- und Ressourcenökonomie in Europa darstellt.

Neben den Arbeiten zur Veröffentlichung der Forschungsergebnisse des Projekts wurde die technische Implementierung des Modells weiter vorangetrieben. Dies geschah mit dem Vorsatz, das entwickelte Modell auch für zukünftige Forschung zu nutzen und ggf. anderen Forschern zur Verfügung zu stellen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden im Berichtszeitraum die Dokumentation des Modells erweitert, die Lesbarkeit des Modellcodes verbessert und integrierte Analysewerkzeuge erweitert. So ist es nun möglich, für

berechnete stabile Zustände des Modells Stabilitätseigenschaften direkt berechnen zu lassen. Dies geschieht auf Basis der Eigenwerte von genäherten Differentialgleichungen am bestimmten stabilen Zustand. Anhand dieser Eigenschaften lassen sich Rückschlüsse über die Stabilität des gesamten ökologisch-ökonomischen Systems ziehen. Ferner wurden einige bisher nur numerisch bestimmte Rechengrößen innerhalb des Modells durch analytisch bestimmte Ausdrücke ersetzt. Hierdurch wurden sowohl die Präzision der Modellergebnisse verbessert als auch die für die Berechnung der Modellergebnisse erforderliche Zeit verringert. Mit diesen Verbesserungen ist das Modell gut gewappnet, auch in zukünftigen Forschungsvorhaben verwendet zu werden, insbesondere bei rechenintensiver intertemporaler Optimierung.

## **2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.**

Die Arbeiten zu allen für den Berichtszeitraum geplanten Meilensteine (1.1, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2) wurden wie geplant abgeschlossen.

## **3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Insgesamt nicht. Arbeitsfeld 3 – Gegenüber der im letzten Zwischenbericht ausgewiesenen leichten Reduzierung der erreichbaren Ziele hat es nunmehr eine Übererfüllung gegeben. Drei Personenmonate reichten in 2017 hingegen nicht aus, um die wenigen, zum letzten Zwischenbericht nicht erreichten Ziele aufzuholen. (Die im letzten Zwischenbericht gegebene Begründung der Reduzierung der Zahl der Ziele zugunsten einer vertieften Behandlung der dadurch erfolgreich angestrebten übrigen Ziele sei hier noch einmal zusammengefasst: Sowohl die Integration der in der ersten NOAH-Phase entwickelten Frühwarnmethode in das Modell als auch die Anwendung von Kosten-Risiko-Analyse konnten nicht durchgeführt werden. Dies war auf eine Verzögerung in der analytischen Bestimmung des optimalen Managements und der verwendeten Werkzeuge sowie der Kalibrierung des Modells zurückzuführen. Während die Analyse des Modells viel Zeit in Anspruch genommen hat, war die Bestimmung der Bedingungen für den Einfluss von Beifang auf die Modellvariablen in Abhängigkeit von den diskutierten Parametern mit einer numerischen Modellierung in dieser Form nicht möglich. Des Weiteren stellt sie einen wichtigen Faktor dar, um mit den gemachten Arbeiten innerhalb der ökonomischen Forschung Anklang zu finden. Ferner ist nur so ein Vergleich mit bereits existierenden Modellen in der Literatur möglich. Beispielsweise ist es durch einen Vergleich mit Vorgängermodellen, welche Beifang ignorieren, möglich abzuschätzen, ob es für das Management nötig ist, Beifang in der Fischerei zu berücksichtigen.)

## **4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Nein.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Nein, Änderungen sind nicht notwendig.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

Es ergaben sich keine nennenswerten Änderungen und Ergänzungen zum Fortschreiten des Verwertungsplanes im Vergleich zur Formulierung im Teilprojektantrag formuliert.

Bereits erfolgte Verwertung im Berichtszeitraum:

Die Arbeiten zum Nahrungsnetzmodell werden momentan für Veröffentlichungen vorbereitet. Es wird darauf hingearbeitet, auch alle anderen Ergebnisse des Projekts innerhalb des Jahres 2018 zur Veröffentlichung in wissenschaftlichen Journalen einzureichen. Das während NOAH entwickelte bioökonomische Modell wird im laufenden Projekt SeaUseTip weiterentwickelt und verwendet. Weitere Ergebnisse des Modells zu Konsequenzen von Interaktionen zwischen verschiedenen Spezies innerhalb des Ökosystems, bedingt durch Fangtechnologie und durch Präferenzen von Konsumenten für die Modellierung von Fischereiaufwand und Fischereimanagement wurden für den Weltkongress der EAERE und ihrer Schwesterorganisationen 2018 eingereicht und werden für die Veröffentlichung vorbereitet. Die Ergebnisse der hydroakustischen Habitatkartierung werden zurzeit für eine Veröffentlichung in einem internationalen Journal vorbereitet. Die produzierten thematischen Karten sind zu einem Großteil bereits dem NOAH Habitatatlas zugeführt und können dort von der Öffentlichkeit eingesehen werden. Dies wird im Frühjahr 2018 entsprechend des geplanten Zeitplans seinen Abschluss finden.





*Zuwendungsempfänger:*

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW)

*Vorhabenbezeichnung:*

North Sea - Observation and Assessment of Habitats (NOAH-Synthese)

*Förderkennzeichen:*

03F0742E

*Laufzeit:*

01.04.2016 – 31.03.2019

*Berichtszeitraum:*

01.01.2017 – 31.12.2017

*berichtendes Teilprojekt:*

### **Teilprojekt 7**

Risikoabschätzung von hydrophoben organischen Schadstoffen auf Basis der biologisch verfügbaren Schadstofffraktion in Sediment-Porenwassersystemen der Küstengewässer von Nord- und Ostsee

*Verantwortlicher Teilprojektleiter:*

Prof. Dr. Gesine Witt

## **1. Aufzählung der wichtigsten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse und anderer wesentlicher Ereignisse.**

Der Deskriptor 8 der MSRL fordert, dass sich „aus den Konzentrationen an Schadstoffen“ in der Meeresumwelt keine Verschmutzungswirkung ergibt. Hieraus geht die Relevanz für die Bestimmung von Schwellenwerten für Schadstoffe hervor, mit denen der gute Zustand der Meeresumwelt beschrieben werden kann. Dafür werden in den Teilprojekten 3 und 7 des NOAH-Synthese Projektes rezente Belastungen organischer Schadstoffe in Sedimentkernen durch die schichtweise Analyse des Porenwassers (C<sub>free</sub>) und des Gesamtsediments (C<sub>total</sub>) bestimmt.

Zu den untersuchten Substanzen zählen 12 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) sowie sieben Polychlorierte Biphenyl Kongenere (PCBs). Die Sedimentbeprobung erfolgte gemeinsam mit dem Institut für Ostseeforschung (SECOS). Neben den drei Sedimentkernen (Probenanzahl: 45) wurden Oberflächensedimente (n=27) sowie die fluffy layer Schicht (n=3) aus den NOAH Gebieten, dem Skagerrak und dem Kattegat sowie der SECOS Untersuchungsgebiete in der Ostsee beprobt.

Die Messung der Schadstoffkonzentrationen im Sediment-Porenwasser sind abgeschlossen. Die Messdaten liegen als Triplikate vor, sodass die Ergebnisse als Mittelwert und mit Standardabweichung beschrieben werden können. Sedimentkonzentrationen und die Begleitparameter Korngröße und TOC wurden ebenfalls die bestimmt. Diese Daten wurden in Kooperation mit dem BSH erstellt und für die Datenauswertung gemeinsam verwendet; Kooperation mit Teilprojekt 3.

Abbildung 1 zeigt die Mittelwerte der Porenwasserkonzentrationen in den 3 rezenten Sedimentkernen.

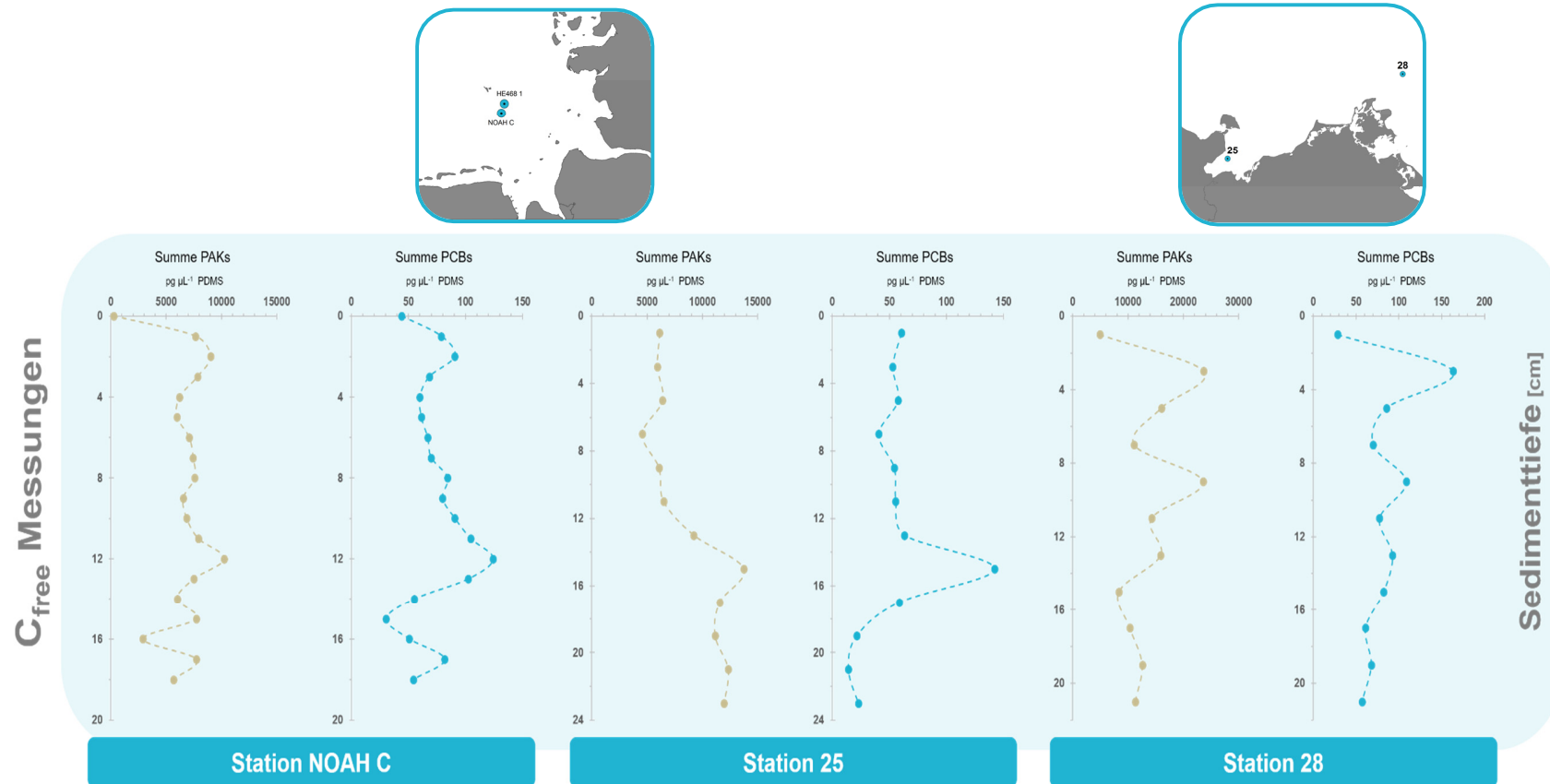


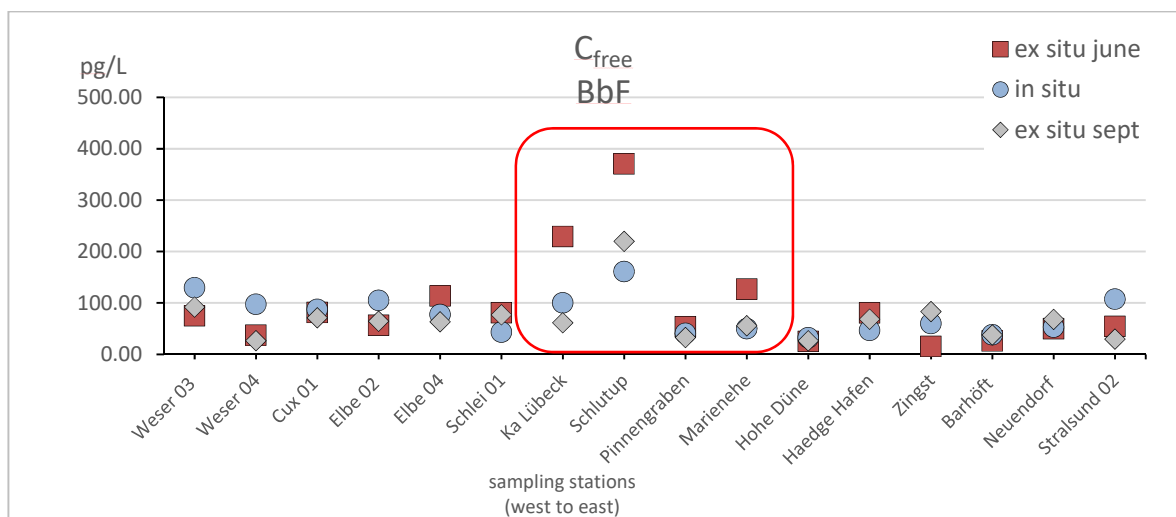
Abbildung 1. PAK und PCB Konzentrationen als Summenkonzentration (7 PCB Kongenere; 12 PAKs).

Die Ergebnisse der am BSH angefertigten Bachelorarbeiten wurden in Kombination mit den in Teilprojekt 7 ermittelten Konzentrationen von organischen Schadstoffen im Porenwasser der Sedimentkerne auf der KÜNO Jahrestagung in Form eines Posters präsentiert. Die gemeinsamen Daten sollen weiter aus- und bewertet werden, um Diffusionsgradienten und den Stoffaustausch innerhalb der Sedimentkerne und zwischen Sediment und Porenwasser zu bestimmen.

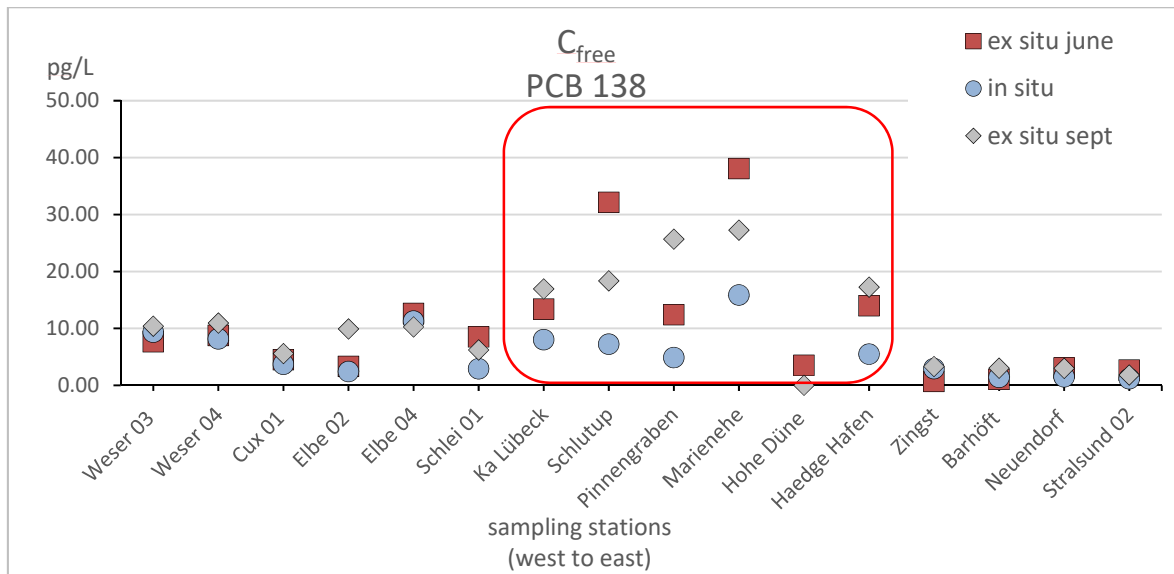
Außerdem ist es vorgesehen, die Sorptionsstärke der verschiedenen Sedimenttypen für die Ad- und Absorption der HOCs an die Sedimentpartikel mittels der Berechnung von Sediment-Porenwasserverteilungskoeffizienten zu berechnen. Nach Beendigung aller Messungen werden voraussichtlich bis Dezember 2018 die Verteilungskoeffizienten zwischen Sediment und Porenwasser vorliegen.

Des Weiteren wurden die Ergebnisse des für die marinen Gebiete adaptierte in-situ Sammler vervollständigt und der Datensatz ausgewertet. In Abbildung 3 und 4 sind exemplarisch die Werte des frei verfügbaren Anteils des PAKs Benzo(b)fluoranthen und von PCB 138 der Probenahmestationen entlang der Ostseeküste (von West nach Ost) dargestellt. Es wurden die Ergebnisse der *ex situ* Sediment-Laboruntersuchung der Probenahme vom Juni 2016 (orangenes Quadrat), der *in situ* Feldversuche des Zeitraumes der Ausbringung des Sammlers von Juni bis September 2016 (blauer Punkt) und die der *ex situ* Sediment-Laboruntersuchungen von der Probenahme im September 2016 dargestellt (graues Karo).

Der rote Rahmen markiert deutlichere Unterschiede zwischen den Untersuchungsverfahren und Zeitpunkten in Bereichen mit hoher anthropogener Aktivität (z.B. Häfen). Ursache für die erhöhten Konzentrationen im Bereich der Häfen könnten Kontaminationen durch den Schiffverkehr sein. Beispielsweise stellen Erdöl- und Erdölprodukte eine Quelle für die PAK Belastung in der marinen Umwelt dar.



**Abbildung 2.** *Ex situ* und *in situ* Experiment für die Verteilung von Benzo(b)fluoranthen (BbF) im Sediment Porenwasser (Konzentration in pg/L).



**Abbildung 3.** Ex situ und in situ Experiment für die Verteilung von PCB138 im Sediment Porenwasser (Konzentration in pg/L).

Um Aussagen über das Risiko treffen zu können, welches von der jeweiligen Sedimentbelastung ausgeht, wurde die chemische Aktivität aus der frei gelösten Porenwasserkonzentration berechnet. In Abbildung 4 ist die chemische Aktivität aus der Summe der PCB und PAK (insgesamt 19 Komponenten) dargestellt worden.

Die chemische Aktivität quantifiziert den Energiezustand einer Chemikalie, welcher das Potential der Chemikalie für spontane physikochemische Prozesse wie Diffusion und Verteilung zwischen den Umweltkompartimenten bestimmt<sup>[12]</sup>. Dabei erfolgen diese Prozesse immer von hoher zu niedriger chemischer Aktivität. Ist das thermodynamische Gleichgewicht erreicht, stimmen die chemischen Aktivitäten einer Chemikalie in den zwei Kompartimenten überein. Die chemische Aktivität einer Chemikalie ist exakt definiert (Gleichung 1). Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen der chemischen Aktivität ( $a$ ) und der frei gelösten Konzentration ( $C_{free}$ ) einer Substanz. Über letztere sowie über die Löslichkeit der Chemikalie kann man die chemische Aktivität berechnen:

$$a = \frac{C_{free}}{S_L} = C_{PDMS} * \gamma_{PDMS} \quad (1) \quad , \text{ wobei}$$

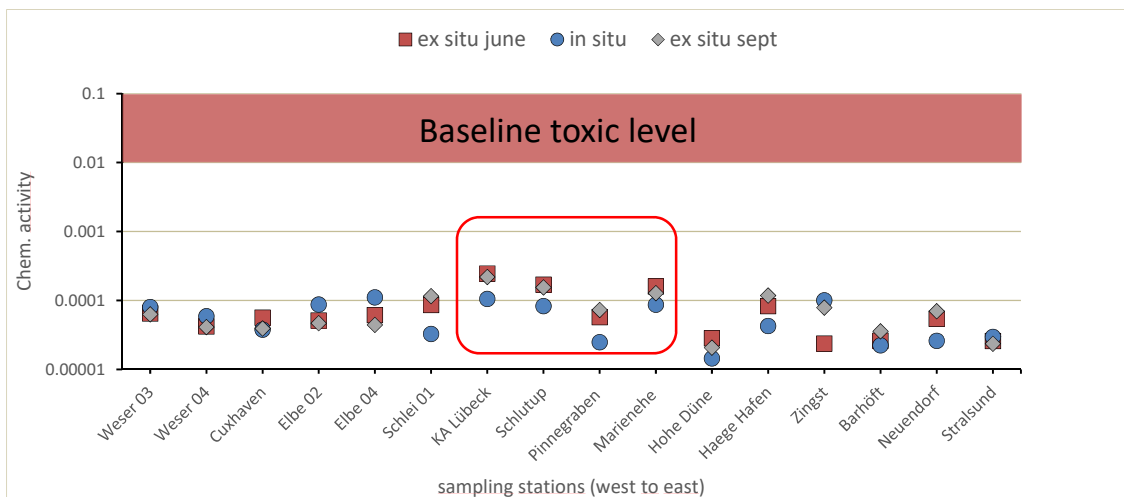
- $a$  = chemische Aktivität
- $C_{free}$  = frei gelöste Porenwasserkonzentration
- $S_L$  = Löslichkeit der reinen Flüssigkeit in Wasser
- $C_{PDMS}$  = Konzentration im PDMS
- $\gamma_{PDMS}$  = Aktivitätskoeffizient

<sup>12</sup> Schwarzenbach, R.P., Gschwend, P.M. and D.M. Imboden, 1993. Environmental Organic Chemistry. John Wiley, New York, NY, USA.

Die chemische Aktivität ist eine einheitslose Größe und bewegt sich zwischen 0 und 1. Null oder keine Aktivität zeigt das absolute Minimum des chemischen Potentials, wohingegen eine Aktivität von 1 auf eine Sättigung der reinen Flüssigkeit hinweist. Sie kontrolliert die Gleichgewichtsverteilung von Schadstoffen zwischen verschiedenen Kompartimenten, den Diffusionsgradienten zwischen den Kompartimenten sowie deren Basistoxizität.

Die Summe der chemischen Aktivität der Schadstoffmischung wurde in dieser Studie als Indikator für die Basistoxizität genutzt<sup>[13]</sup>. Die Basistoxizität, auch als Narkose bezeichnet, ist die Minimaltoxizität eines Stoffes. Sie entsteht durch Anreicherung von lipophilen Stoffen in biologischen Membranen, wodurch unspezifisch deren Struktur und Funktionalität gestört wird. Sie beschreibt eine physikalische Wechselwirkung mit Membrankomponenten, wie z.B. Lipiden oder Proteinen. Nach gängigen Vorstellungen lagern sich die Moleküle in den Membranen an und verändern dadurch deren physikalisch-chemische Eigenschaften. Eine Herabsetzung der Fluidität der Zellmembran verringert die Bewegungsfähigkeit der eingebetteten Proteine und hemmt dadurch deren Funktion. Auch eine Veränderung der Durchlässigkeit der Membran kann negative Effekte hervorrufen. Zum Beispiel kann die Versorgung der Zelle mit lebensnotwendigen Substanzen beeinträchtigt werden. Denkbar ist auch eine Erhöhung der Durchlässigkeit der Membran für fremde Moleküle, die weitere Effekte durch Wechselwirkung mit anderen Zellbestandteilen hervorrufen können.

Die chemische Aktivität der Summe der untersuchten HOCs liegt um den Faktor 10 bis 500 unterhalb der Basistoxizität. Es ist dennoch nicht davon auszugehen, dass dadurch keine Gefahr von den HOC belasteten Sedimenten ausgeht, da es sich nur um 19 untersuchte Substanzen aus einer Mischung von hunderten von Schadstoffen im Sediment handelt. Ganz im Gegenteil, ein Faktor zwischen 10 bis 100 ist bereits als bedenklich anzusehen.



**Abbildung 4.** Chemische Aktivität (a) und Basistoxizität für die Summe der PCB und PAK im Sediment Porenwasser (ex situ und in situ Experimente).

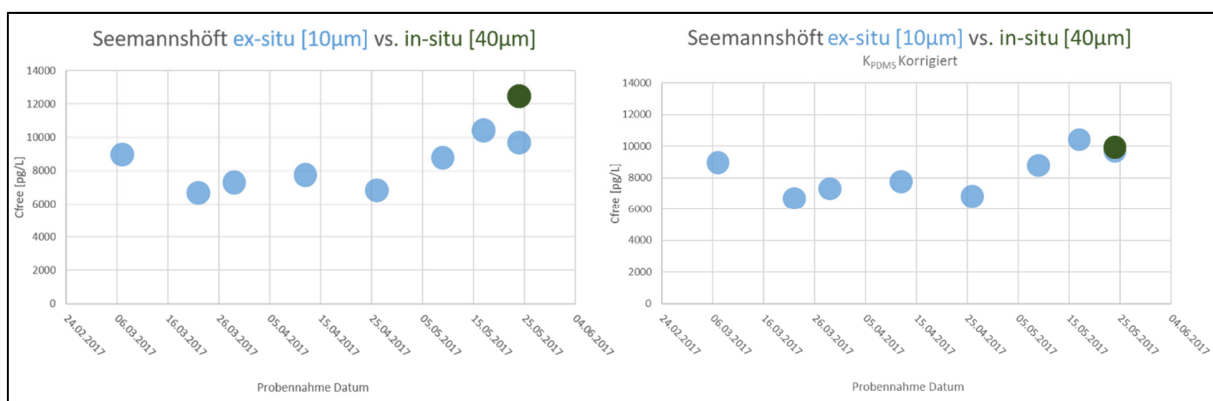
<sup>13</sup> Landrum, P.F., Lotufo, G.R., Gossiaux, D.C., Gedeon, M.L. and J.H. Lee, 2003. Bioaccumulation and critical body residue of PAHs in the amphipod, *Diporeia* spp.: Additional evidence to support toxicity additivity for PAH mixtures. *Chemosphere* 51, 481-489.

Neben den Untersuchungen der marinen Sedimente wurde an drei ausgewählten Messorten der Elbe innerhalb der Grenzen Hamburgs der Schwebstoff gesammelt, um die HOC Verteilung zwischen Schwebstoff und Wasserphase zu untersuchen. Die *in situ* Schadstoffsammler wurden hierfür drei Monate in drei Sedimentationskammern des Hamburger Gewässergütemessnetzes eingesetzt. Alle Stationen befinden sich auf einem Ponton im Wasser in der Hamburger-Elbe und werden von dem Wassergütemessnetz (WGMN) des Instituts für Hygiene und Umwelt betreut. Station A befindet sich auf dem Fähranleger in Blankenese. Station B bei dem Lotsenhaus in Seemannshöft und Station C bei dem Wohnmobilstellplatz in Bunthaus; <http://www.hamburg.de/wasserguetemessnetz>.

Ein Sedimentationsbecken der Station Seemannshöft (Elbe bei Hamburg) wurde über einen Zeitraum von ca. 3 Monaten wöchentlich beprobt. Zudem wurde zu Beginn der Beprobung ein *in-situ* Passivsammler in das Sedimentationsbecken eingebracht und ebenfalls nach 3 Monaten zur Auswertung herangezogen. Links der direkte Vergleich der *ex-situ* Messung mit  $10\mu\text{m}$  PDMS Glasfasern und der  $40\mu\text{m}$  PDMS Hohlfasern (*in-situ*) anhand der tatsächlichen Konzentration im PDMS [ $\text{pg}/\mu\text{l}$  PDMS]. Rechts wurde ein Korrekturfaktor ( $K_{\text{PDMS}}$  HF40/GF10) miteinbezogen, um die unterschiedlichen Verteilungskoeffizienten der beiden Polymere zu berücksichtigen.

Der Vergleich beider Materialien zeigt, dass nach Einberechnung der ermittelten Polymer-Polymer Verteilungskoeffizienten eine sehr gute Übereinstimmung der Messwerte zu erkennen ist. Insgesamt sind nun drei Silikonmaterialien für die *in situ* Untersuchungen einsatzfähig, für diese wurden für die alle untersuchten PAK Polymer-Polymer Verteilungskoeffizienten ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass die Messmethode nicht nur für Sediment, sondern auch für Schwebstoffproben einsetzbar ist. Mit Hilfe dieser zusätzlichen Untersuchungen soll die Schadstofffracht aus der Elbe in die Deutsche Bucht abgeschätzt werden.



**Abbildung 5.** Wöchentliche Variation der frei gelösten Wasserkonzentration von Schwebstoffproben im Sedimentationsbecken Seemannshöft.

## 2. Vergleich des Stands des Vorhabens mit der ursprünglichen (bzw. mit Zustimmung des ZG geänderten) Arbeits-, Zeit- und Kostenplanung.

Es wurde keine Veränderung am ursprünglichen Arbeitsplan vorgenommen. Die meisten der bis dato fälligen Deliverables wurden unter Einhaltung des Zeitplans erfüllt (Tab. 1).

**Tabelle 1.** Bearbeitungsstand gemäß Deliverables (D) von Teilprojekt 7.

<b>Deliverable</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>D0</b>	Messkampagne mit FS MERIAN im Januar 2016 zur Probenahme von Sediment und fluffy layer Material in den Untersuchungsgebieten von Nord- und Ostsee (mit SECOS)
<b>D1</b> (05/2016)	Basisinventar von Schadstoffen und deren Begleitparametern (z.B. Korngröße, TOC) auf Grundlage der vorhandenen Daten aus NOAH 1 (mit TP3 und TP4)
<b>D2</b> (08/2016)	Optimierte und validierte Biotestsysteme
<b>D3</b> (12/2016)	Entwicklung einer <i>in situ</i> Messmethode zur Untersuchung der internen HOC Belastung ausgewählter Benthosorganismen (mit TP4)
<b>D4</b> (05/2017)	<i>In situ</i> Schadstoffverteilung und Variabilität im Sediment und an Grenzflächen Sediment-Porenwasser, bzw. Sediment-Bodenwasser <sup>§</sup> unter Einbeziehung der Probenahmen und Forschungsexpeditionen; Bereitstellung der Daten für andere APs, Zwischenbericht, Vortrag auf internationaler Tagung (erfolgte auf SETAC Europe; am 11.05.2017 durch Projektmitarbeiter Herrn Reininghaus)
<b>D5<sup>‡</sup></b> (09/2017)	Schadstoffverteilung in Benthosorganismen der Untersuchungsgebiete (mit TP4)
<b>D6<sup>§</sup></b> (09/2018)	Basis- und spezifische Toxizität zur Risikobewertung für benthische Organismen; Bereitstellung der Daten für die Teilprojekte 3 und 4
<b>D7</b> (06/2018)	Karten zur räumlichen und zeitlichen Verteilung und Variabilität der Schadstoffverteilung im Sediment-Porenwasser/Sediment-Bodenwasser und der dazugehörigen Biotestergebnisse unter Einbeziehung der Forschungsfahrten zusammen mit AP2 Partnern, Zwischenbericht, Beitrag zu internationaler Tagung (erfolgt auf SETAC Europe; am 13.05.2018 durch Projektmitarbeiter Herrn Reininghaus)
<b>D8<sup>§</sup></b> (09/2018)	Beitrag zum MSRL Indikatorset, schadstoffbezogene Indikatoren ( $C_{free}$ , $C_{intern}$ , chemische Aktivität $a$ /Basistoxizität, Biotestset)

<sup>‡</sup> es hat sich eine Änderung im Arbeitsprogramm ergeben, da TP3 nicht an der Benthos Expedition im Mai 2017 von TP4 (Senckenberg am Meer) teilnehmen konnte. Die gemeinsame Expedition erfolgt im Mai 2018. Hier werden an 5 verschiedenen Probenahmestationen im Watt und der Deutschen Bucht Sedimentkerne genommen und sowohl das Benthos als auch die HOC Konzentrationen im Sediment und Porenwasser bestimmt.

<sup>§</sup> noch nicht erfolgt

**3. Haben sich die Aussichten für die Erreichung der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag geändert (Begründung)?**

Die Aussichten für das Erreichen der Ziele des Vorhabens innerhalb des angegebenen Berichtszeitraums gegenüber dem ursprünglichen Antrag haben sich bis auf Deliverable 5 nicht geändert.

Es ergaben sich, wie bereits oben erklärt, geringfügige Verschiebung bei der gemeinsamen Forschungsfahrt mit Teilprojekt 3 (BSH).

**4. Sind inzwischen von dritter Seite FE-Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind?**

Von dritter Seite sind keine Ergebnisse bekannt geworden, die für die Durchführung des Vorhabens relevant sind.

**5. Sind oder werden Änderungen in der Zielsetzung notwendig?**

Nein.

**6. Jährliche Fortschreibung des Verwertungsplans.**

Durch die Entwicklung, Erprobung und den Einsatz des in-situ Sammlers im Küstenbereich der Deutschen Nord- und Ostseeküste wurde ein innovatives Tool für das risikobasierte Monitoring entwickelt, das einen geeigneten Indikator zur Erfassung des Umweltzustandes darstellt. Aufgrund der verschiedenen politischen Direktiven wie MSRL und WRRL wird der Bedarf für derartige Passivsammlersysteme steigen. Dadurch, dass das Meer nicht an Länder- oder EU Grenzen gebunden ist, ergibt sich aber auch ein weltweiter Bedarf.

Durch seine Vorzüge (kostengünstig, energiefreier Betrieb ohne Aktivelemente, leichte Handhabbarkeit) ist das Passivsammlersystem den Aktivsystemen weit überlegen. Wesentlich für den Einsatz in der Risikoanalyse ist zudem, dass sich PDMS in den Biotestsystemen neutral verhält, selbst keine Wirkung zeigt.

So ist PDMS mit den Biotests kompatibel, was für die anderen kommerziell bereits erhältlichen Materialien nicht der Fall ist. Der Sammler wird inzwischen bei ExxonMobil eingesetzt zur in situ Untersuchung von super fund sites in den USA eingesetzt (ExxonMobil Biomedical Sciences Inc). Darüber hinaus wird er inzwischen von zwei Arbeitsgruppen der Universität Stockholm eingesetzt (Prof. Jonas Gunnarsson und Dr. Anna Sobek).

Darüber hinaus wird durch den Beitrag von Teilprojekt 7 für das Gesamtprojekt eine verbesserte Grundlage zum Management vorhandener und zukünftiger Meeresnutzungen (marine Raumordnungen) geschaffen wie Zustandsbeschreibung, Bewertung des ökologischen Zustands, Erfassung und Einfluss möglicher Stressoren (u.a. Schiffsemissionen), Bewertung von Baumaßnahmen, prognostische Modellierung.



**Veröffentlichungen unter Beteiligung von Teilprojekt 7:**Publikationen

- Niehus, N. C., Floeter, C., Hollert, H., Witt, G. (2018): Miniaturised Marine Algae Test with Polycyclic Aromatic Hydrocarbons – Comparing Equilibrium Passive Dosing and Nominal Spiking. *Aquatic Toxicology*, Volume 198, Pages 190–197.
- Niehus, N.-C., Schäfer, S., Möhlenkamp, C., Witt, G. (submitted): Equilibrium sampling of HOCs in sediments and suspended particulate matter of the Elbe River. *Environmental Science Europe* unter ESEU-D-18-00016.
- Niehus, N.-C., Brockmeyer, B., Witt, G. (submitted): Bioavailability and distribution of PAHs and PCBs in the sediment pore water of the German Bight and Wadden Sea. *Marine Pollution Bulletin*.

Vorträge

- Witt, G., Hercht, H., Niehus, N.C., Reininghaus, M., In situ equilibrium passive sampling of hydrophobic organic compounds in coastal marine sediments, November 2016 7th SETAC World Congress, Orlando, USA.
- Witt, G., Niehus, N. C., Reininghaus, M., Schweikert, F., Equilibrium passive sampling of hydrophobic organic compounds in coastal marine sediments, November 2016, Florida Department of Environmental Protection, Tallahassee, FL, USA.
- Reininghaus, M., Witt, G., In situ equilibrium passive sampling of hydrophobic organic hydrocarbons in coastal marine sediments Comparing in situ versus ex situ sampling, 2.-7. May 2017, SETAC Europe Congress, Brussels, Belgium.
- Reininghaus, M., Niehus, N. C., Witt, G., In situ Gleichgewichtssammler zur Messung von hydrophoben organischen Substanzen in küstennahen marinen Sedimenten, November 2017, Neustadt Weinstraße, Germany.