

North Sea Observation and Assessment of Habitats

Fact Sheets zur Unterstützung der EU Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie 2008/56/EG















Beteiligte Institutionen und Personen

Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Institut für Küstenforschung

Prof. K.-C. Emeis, Dr. F. Bockelmann, U. Kleeberg, Dr. U. Callies, L. Baldewein, D. Sauer, Dr. J. Friedrich, Dr. J.E.E. van Beusekom, C. Naderipour, Dr. D. Pröfrock, Dr. M. Lange

Institut für Geowissenschaften, Universität Kiel

Prof. Dr. C. Winter, Dr. K. Krämer

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg

Dr. B. Brockmeyer, Dr. S. Schmolke, A. Logemann

Senckenberg am Meer, Wilhelmshaven

Prof. Dr. I. Kröncke, Dr. H. Neumann, J. Meyer

Johann Heinrich von Thünen Institut, Institut Seefischerei, Bremerhaven

Dr. G. Kraus, Dr. R. Diekmann, Dr. V. Stelzenmüller

Centrum fur Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit, Universität Hamburg

Prof. C. Möllmann, M. Nowicki, Dr. T. Lüdmann, Prof. H. Held, B. Blanz

Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Hamburg

Prof. G. Witt, Dr. N. C. Niehus

Das den Fact Sheets zugrundeliegende Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter der Angabe "Küstenforschung in Nord- und Ostsee" (KüNO) im Rahmenprogramm "Forschung für Nachhaltige Entwicklung" (FONA) gefördert. Für den Inhalt sind die Autoren verantwortlich.



Inhalt

Einl	eitung	9
Indi	ikatoren	10
D1-	-Biologische Vielfalt	13
	 Modellierte Epifaunagemeinschaften und Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer) 	14
	 Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer) 	16
D5-	-Eutrophierung	19
	 Modellierung biogeochemischer Stoffkreisläufe im Meeresboden der südlichen Nordsee – Sauerstoffzehrung und –inventar des Sediments (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	20
	 Modellierung von organischem Kohlenstoff (TOC) in Oberflächensedimenten der Nordsee (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	22
	 Nettoprimärproduktion als Indikator für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	24
	 Nährstoff- und Chlorophyllkonzentrationen in der Wassersäule als Indikator für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	26
	 Phytoplankton-Kohlenstoff und Chlorophyllkonzentration als Indikatoren für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	28
	– Isotopischer Indikator für Eutrophierung (δ^{15} N) (messbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)	30
	 Atmosphärische Deposition von Stickstoff als Ausdruck von und Indikator für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	32

D6	-integritat des Meeresbodens	35
	– Belastung des Meeresbodens durch grundberührende Fischerei (Thünen Institut)	36
	– Störungsindikator (Thünen Institut)	38
	- Verhältnis: Fischereiliche/ Natürliche Umlagerung des Meeresbodens (Thünen Institut)	40
	 Modellierte Epifaunagemeinschaften und Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer) 	42
	 Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer) 	44
	 Variabilität des Meeresbodens durch physikalische und biogene Einflussgrößen (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) 	46
	 Modellierung von organischem Kohlenstoff (TOC) in Oberflächensedimenten der Nordsee (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	50
	 Maximale Bodenschubspannung als Indikator für die hydrografischen Bedingungen am Meeresboden (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	52
	 Sedimenttypen/Korngrößenverteilungen als Grundlage zur Definition von Meeresbodenhabitaten 	54
D7	–Hydrografische Bedingungen	57
	 Variabilität des Meeresbodens durch physikalische und biogene Einflussgrößen (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) 	58
	 Maximale Bodenschubspannung als Indikator für die hydrografischen Bedingungen am Meeresboden (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	62
	 Salzgehalt am Meeresboden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	64
	– Temperatur am Meeresboden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)	66
	- Variabilität der saisonalen Temperatur am Boden als Indikator für die hydrografischen	60
	Bedingungen (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)	68

D8-	-Schadstoffe	71
	 Belastung des Meeresbodens durch organische Schadstoffe (Polyzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und chlorierte Biphenyle) (messbasiert) (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/Hochschule für Angewandte Wissenschaften) 	72
	 Neue Monitoringstrategien zur Erfassung der Belastung des Meeresbodens durch hydrophobe organische Schadstoffe (Messung der Schadstoffkonzentration in der Feinkornfraktion (< 63 μm) des Sediments) (messbasiert) (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/Hochschule für Angewandte Wissenschaften) 	74
	 Neue Monitoringstrategien zur Erfassung der Belastung des Meeresbodens durch hydrophobe organische Schadstoffe (Messung der Schadstoffkonzentration im Porenwasser des Sediments) (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/ Hochschule für Angewandte Wissenschaften) 	76
	 Vorkommen neuartiger langlebiger organischer Schadstoffe (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFASs), Fluorpolymeren, z.B. Polytetrafluorethylen (PTFE), UV Filter Octocrylen) (messbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	78
	Weiterer Indikator (kein MSRL Sachstand)	81
	 Räumliche Verteilung der Porosität und Permeabilität von Oberflächensedimenten der Nordsee berechnet anhand der Korngrößenverteilung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht) 	82

Einleitung

Wie NOAH den Umsetzungsprozess der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) unterstützen kann

Die Umsetzung der MSRL ist ein zyklischer Prozess, in dem alle 6 Jahre die unterschiedlichen Schritte zur Erreichung bzw. zum Erhalt eines guten Umweltzustands (GES) neu bewertet und angepasst werden. Zum jetzigen Zeitpunkt sind in vielen Bereichen noch Definitionen und Anpassungen notwendig. Wir zeigen daher mit diesem Dokument, welche relevanten Informationen das NOAH-Projekt bereithält. NOAH beschäftigt sich vor allem mit Forschungsfragen zum Meeresboden. Aufgrund der zeitlichen Begrenzung

des Projektes ist eine direkte Bewertung des GES nicht möglich. NOAH kann aber die Definition von Indikatoren und die Schwellenwertidentifikation unterstützen und zur Entwicklung von Bewertungsverfahren und Monitoringstrategien beitragen. Im Folgenden werden die wichtigsten Beispiele aus dem NOAH Habitatatlas aufgeführt, für die ein direkter MSRL-Bezug abgeleitet werden kann. Die Datengrundlagen der einzelnen Fact Sheets sind unter den angegebenen Links darstellbar und abrufbar.

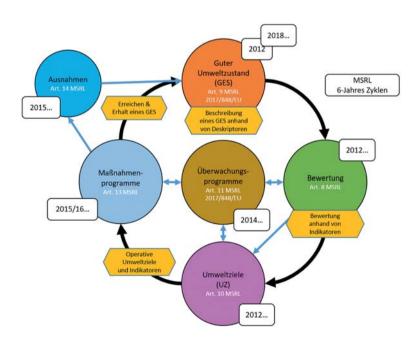


Abbildung 1: Vereinfachte Darstellung der einzelnen Schritte des ersten Bewirtschaftungszyklus gemäß Art. 8, 9 und 10 der MSRL, sowie Rückkopplungen zwischen einzelnen Ebenen. Der Zyklus begann 2012 mit der Beschreibung eines "Guten Umweltzustandes" (GES), der Anfangsbewertung und Formulierung von Umweltzielen, und wiederholt sich alle 6 Jahre (verändert nach EU (2015) Review of the GES Decision 2010/477/EU and MSFD Annex III – cross-cutting issues, version 5).

Überblick der für NOAH relevanten MSRL-Deskriptoren, -Kriterien und -Indikatoren

MSRL-Bezug Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c	Bemerkungen	
D1 – Biologische Vielfalt ¹	D1C1, C2, C4	UZ 3: ""Meere ohne Beeinträchtigung der marinen Arten und Lebensräume durch die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten" UZ 3.2: "Die Struktur und und Funktion der Nahrungsnetze sowie der marinen Lebensräume wird durch [] grundgeschleppte Fanggeräte nicht weiter nachteilig verändert. []"	D1C1: "Beifang/ Rückwurf ausgewählter Arten" D1C2: "Abundanz/Biomasse ausgewählter Arten" D1C4: "Verbreitungsgebiete und Muster ausgewählter Arten"	Keine D1 Kriterien und Indikatoren für Benthische Lebenräume national definiert → Verweis auf D6	
D2 – Nicht- einheimische Arten	D2C1, C2, C3	UZ 3: ""Meere ohne Beeinträchtigung der marinen Arten und Lebensräume durch die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten" UZ 3.5: "Die Gesamtzahl von Einschleppungen und Einbringungen neuer Arten geht gegen Null. []"	D2C1: "Eintragsraten nicht-einheimischer Arten" (→ OSPAR NIS-Indikator) Kein nationaler Indikator definiert zu "Einflüsse auf Populationen einheimischer Arten" (D2C2) Kein nationaler Indikator definiert zu "Einflüsse auf natürliche Lebensräume" (D2C3)	Schwellenwert D2C1: max.2 neue Arten im Berichtszeitraum (6J)	
D4 – Nahrungsnetze		D4C1, C2, C3	UZ 3: ""Meere ohne Beeinträchtigung der marinen Arten und Lebensräume durch die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten" UZ 3.2: "Die Struktur und Funktion der Nahrungsnetze sowie der marinen Lebensräume wird durch [] grundgeschleppte Fanggeräte nicht weiter nachteilig verändert. []"	D4C1-3: "Veränderungen der durchschnittlichen trophischen Ebene mariner Prädatoren (z.B. MTI)" → Diversitätsbezug zu D1 D4C1-C3: "Fischbiomasse und Abundanz in verschiedenen trophischen Gilden"	Kriterien sind national übergreifend definiert (C1-C3). Indikatoren sind in der Entwicklung aber weder national noch international verfügbar
		UZ 4: "Meere mit nachhaltig und schonend genutzten Ressourcen" UZ 4.3: "Die Fischerei beeinträchtigt die anderen Ökosystemkomponenten (Nichtzielarten und benthische Lebensgemeinschaften) nicht []"	D4C1–C3: "Veränderungen der durchschnittlichen faunistischen Biomasse auf den trophischen Ebenen (Biomasse-Trophie- Spektrum)"	Untersuchung auf Artengruppenebene angestrebt.	
D5 – Eutrophierung	D5C1, C2, C8	UZ 1: "Meere ohne Beeinträchtigung durch Eutrophierung" UZ 1.1: "Nährstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 1.2: "Nährstoffe über Ferneinträge aus anderen Meeresgebieten sind zu reduzieren. []" UZ 1.3: "Nährstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren."	D5C1: "Nährstoffkonzentrationen (DIN, DIP, TN, TP); Nährstoffverhältnisse" (→ OSPAR) D5C2: "Chlorophyll-Konzentration in der Wassersäule" (→ OSPAR) D5C8: "Makrozoobenthos"	D5C2: zukünftig Einbeziehung von Satellitendaten für Chla-Bestimmung D5C8: Bislang nur in Küstengewässern operationell (WRRL), kein Verfahren für die offene See vorhanden	

Umweltziele, Operative Ziele Nationale Indikatoren Bemerkungen für D1, D2, D4 (UZ3, UZ 3.2) und D6 (C1, C2, C3, C4, C5)

Umweltziele, Operative Ziele Nationale Indikatoren Bemerkungen für D4 (UZ 4, UZ 4.3, C1-3) und D6 (UZ 4, UZ 4.3)

¹Arbeiten zum MSRL Deskriptor 1 überlappt mit den Deskriptoren D2 -Nicht einheimische Arten und D4 - Nahrungsnetze.

MSRL-Bezug Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele ^b	Nationale Indikatoren ^c	Bemerkungen
D6 – Integrität des Meeresboden	D6C2, C3, C5	UZ 4: "Meere mit nachhaltig und schonend genutzten Ressourcen" UZ 4.3: "Die Fischerei beeinträchtigt die anderen Ökosystemkomponenten (Nichtzielarten und benthische Lebensgemeinschaften) nicht. []"	D6C3: "Physische Schädigung vorherrschender und besonderer Biotoptypen" D6C4: "Verbreitung und Fläche vorherrschender und besonderer Biotoptypen" D6C5: "Zustand vorherrschender und besonderer Biotoptypen" (→ OSPAR BH-2, BH-3 Indikatoren)	Für D6C1 und D6C2 national keine Statusbewertung vorgesehen
D7 – Hydrografische Bedingungen	D7C1, C2		Kein nationaler Indikator definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" (D7C1) Kein nationaler Indikator definiert zu "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp" (D7C2)	Die Entwicklung von D7C1 und D7C2 ist im Rahmen von OSPAR keine Priorität.
D8 – Schadstoffe	D8C1, C2, C3, C4	UZ 2: "Meere ohne Verschmutzung durch Schadstoffe" UZ 2.1: "Schadstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 2.2: "Schadstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren." UZ 2.3: "Schadstoffeinträge durch Quellen im Meer sind zu reduzieren. []" UZ 2.4: "Einträge von Öl und Ölerzeugnissen und -gemischen ins Meer sind zu reduzieren und zu vermeiden. []" UZ 2.5: "Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen."	D8C1: "Schadstoffkonzentrationen: PAK; PCB; polychlorierte Dioxine/ Furane; CHC (Chlorkohlenwasserstoffe), DDT, HCH, HCB; PFC PFC; Organozinnverbindungen; Flammschutzmittel (PBDE, andere); Pharmazeutika und Personal Care Products; Schwermetalle; Radionuklid." (→ OSPAR/WRRL-Indikator) D8C2: "Biologische Schadstoffeffekte (TBT Imposex)" (→ OSPAR/WRRL-Indikator) D8C3: "Vorkommen, Ursache und Ausmaß erheblicher Verschmutzung" (→ OSPAR/WRRL-Indikator) D8C4: "Effekte für betroffene Biota" (→ OSPAR/WRRL-Indikator;"anzuwender bei erheblicher akuter Verschmutzung")	Schwellenwerte für Schadstoffe (D8C1) für Biota (Fisch und Schalentiere), Sediment und Wasser z.T. definiert. Biologische Effekte (D8C4) sind noch auf EU- und nationaler Ebene zu entwickeln.

^{ab} **Beschluss der Kommission 2017/848/EU** zur Festlegung der Kriterien und methodischen Standards für die Beschreibung eines guten Umweltzustands von Meeresgewässern und von Spezifikationen und standardisierten Verfahren für die Überwachung und Bewertung sowie zur Aufhebung des Beschlusses 2010/477/EU (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017D0848&from=EN)

- → D5-Kriterien mit Bezug zu Eutrophierung: S. 54–57 (Anhang)
- → D6-Kriterien (v.a. C2) mit Bezug zu Meeresgrund-Struktur und Lebensraumtypen: S. 57–58 (Anhang)
- → D7-Kriterien mit Bezug zu hydrografischen Bedingungen: S. 58–59 (Anhang)
- → D8-Kriterien mit Bezug zu Schadstoffen: S. 59–62 (Anhang)
- → D1/D6-Kriterien mit Bezug zu Biotopklassen und biologische Gemeinschaften: Tabelle 2, S. 71–72 (Anhang)

BMLP (2014) Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie – Überwachungsprogramme gemäß § 45 f Abs. 1 WHG zur Umsetzung von Art. 11 MSRL (https://www.meeresschutz.info/berichte-art-11.html > Papierberichte an EU > Monitoring-Rahmenkonzept, Stand 5.11.2014 > DE_MSFD11_Monitoringrahmenkonzept_rev1) → Indikatorenliste: S. 41–51 (Anhang III))

→ Sachstand (Stand 2014) nationaler Indikatoren: S. 76-102 (Anhang V)

BMLP (2014) BLMP-Monitoring: Messprogramme (https://www.meeresschutz.info/berichte-art-11.html > Hintergrundinformationen > Messprogramme, als Hintergrundinformation an EU übermittelt > Messprogramme Nordsee) → Messprogramme ANDE_MP_xxx

OSPAR (2017) OSPAR CEMP Guidelines Common Indicator: BH3 Extent of Physical damage to predominant and special habitats (https://www.ospar.org/documents?v=37641) → Indikator, wie verwendet für MSRL

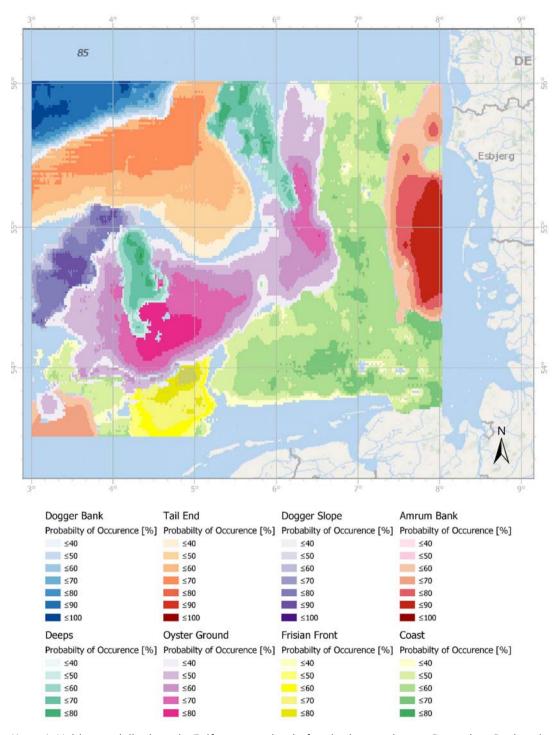
^c BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018. Aktualisierung der Anfangsbewertung nach § 45c, der Beschreibung des guten Zustands der Meeresgewässer nach § 45d und der Festlegung von Zielen nach § 45e des Wasserhaushaltsgesetzes zur Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (https://www.meeresschutz.info/berichte-art-8-10.html?file=files/meeresschutz/berichte/art8910/zyklus18/Zustandsbericht_Nordsee_2018.pdf)



D1 – Biologische Vielfalt

- Modellierte Epifaunagemeinschaften und Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer)
- Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer)

Modellierte Epifaunagemeinschaften und Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee



Karte 1: Habitatmodelle der acht Epifaunagemeinschaften in der erweiterten Deutschen Bucht mit ansteigender Wahrscheinlichkeit des Vorkommens (Neumann et al., 2017).

→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/1/

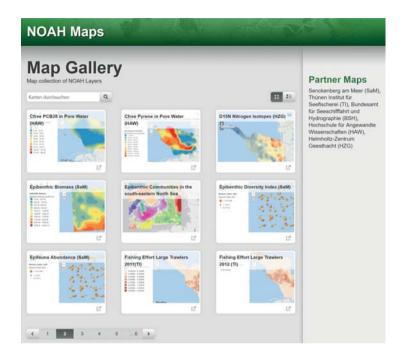


Abbildung a: Die NOAH "Map Gallery" mit Begleitinformationen für die Epifaunagemeinschaften (Biomasse, Abundanz, Verbreitung ausgewählter Arten und Diversität).

Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee

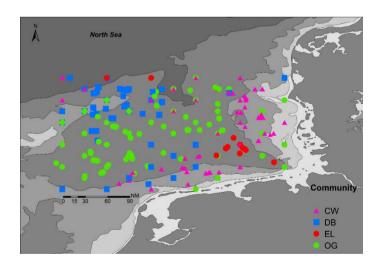


Abbildung b: Räumliche Verteilung der Endofaunagemeinschaften von 2010-2015 (aus Meyer et al., 2019). CW=Coastal Waters, DB = Dogger Bank, EL = Elbe Urstromtal, OG = Oyster Ground.

Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee

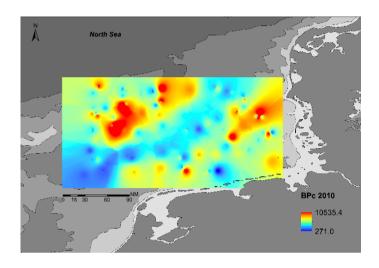


Abbildung c: Interpoliertes Bioturbationspotential (BPc) der Endofaunagemeinschaften von 2010-2015 (aus Meyer et al., 2019).

MSRL-Bezug

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D1 – Biologische Vielfalt	D1C1, C2, C4	UZ 3: "Meere ohne Beeinträchtigung der marinen Arten und Lebensräume durch die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten" UZ 3.2: "Die Struktur und Funktion der Nahrungsnetze sowie der marinen Lebensräume wird durch [] grundgeschleppte Fanggeräte nicht weiter nachteilig verändert. []"	D1C1: "Beifang/ Rückwurf ausgewählter Arten" D1C2: "Abundanz/Biomasse ausgewählter Arten" D1C4: "Verbreitungsgebiete und Muster ausgewählter Arten"
D6 – Integrität des Meeresboden	D6 C2, C3, C5	UZ 4: "Meere mit nachhaltig und schonend genutzten Ressourcen" UZ 4.3: "Die Fischerei beeinträchtigt die anderen Ökosystemkomponenten (Nichtzielarten und benthische Lebensgemeinschaften) nicht […]"	D6C2 "Physische Schädigung vorherrschender und besonderer Biotoptypen" D6C3 "Verbreitung und Fläche vorherrschender und besonderer Biotoptypen" (OSPAR BH3) D6C5 "Zustand vorherrschender und besonderer Biotoptypen" (→ OSPAR BH2)

^e KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

1. Die bisherige Bewertung (D6) basiert auf "EUNIS broad habitat types" und bezieht sich ausschließlich auf die benthische Endofauna (Makrozoobenthos).

Die Epifauna (Megazoobenthos), obwohl zumeist sensitiver gegenüber z.B. Fischereidruck, ist nicht Bestandteil der bisherigen Bewertung.

- 2. Die Datenlage für die Epifauna wird als schlecht beurteilt. Zudem fehlten bisher die notwendigen Habitatklassifizierungen für die Epifauna. Diese Missstände, aber auch die Notwendigkeit für eine Implementierung der Epifauna in die MSRL Bewertung sind bekannt. Von deutscher Seite aus soll die Epifauna Bestandteil des neu aufzusetzenden MSRL Monitorings sein (BLANO/Fach AG Benthos, www.meeresschutzinfo.de).
- Der gute Umweltzustand der benthischen Lebensräume (D6) in der Nordsee wurde nicht erreicht. Keiner der bewerteten weitverbreiteten oder besonders geschützten Lebensräume befindet sich in einem guten Zustand (BMU, 2018).

NOAH Ergebnisse

- Zum ersten Mal überhaupt wurden Epifaunagemeinschaften basierend auf ihrer charakteristischen Artzusammensetzung und Individuendichte in der erweiterten dt. Bucht (räumlich) definiert (Neumann et al., 2017).
- Es wurden acht Epifaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee gefunden. Zwei der gefundenen Gemeinschaften waren bis dato unbekannt.
- Eine der neu beschrieben Gemeinschaften zeichnet sich durch das hohe Vorkommen von langlebigen Schwammarten bei gleichzeitig sehr geringem Fischereiaufwand aus. Diese Gemeinschaft ist als besonders empfindlich gegenüber demersaler Fischerei einzuschätzen.
- Das Vorkommen von neun Rote Liste Arten der Kategorie 0-3 (ausgestorben bis gefährdet) in den Gemeinschaften wurde beschrieben.
- Der NOAH Habitatatlas liefert für MSRL Deskriptor 1 und 6 Begleitinformationen für die Epifaunagemeinschaften (Abundanz, Biomasse, Diversität und Vorkommen ausgewählter Arten) (Abbildung b).
- Es wurden vier Endofaunagemeinschaften für Abundanzdaten von 2010-2015 in der südöstlichen Nordsee gefunden.
- Die Bioturbationspotentiale der benthischen Endofaunagemeinschaften wurden auf der Basis der Daten von 2010-2015 in der südöstlichen Nordsee analysiert (Meyer et al., 2019). Die niedrigsten Bioturbationspotenitale wurden im Oyster Ground gemessen, die höchsten in den Küstengebieten und

auf der Doggerbank. Das Bioturbationspotential beeinflusst biogeochemische Stoffflüsse, Schadstoff-Gradienten und kleinräumige Sedimentdynamik und reflektiert den ökologischen Zustand des Meeresbodens (D6).

Fazit

- Die Indikatorliste für D6 kann/sollte um die Epifauna erweitert werden, da die bisherige Bewertung ausschließlich auf Basis der Infauna erfolgt.
- Das Vorkommen von Epifauna-Lebensgemeinschaften kann die EUNIS Habitate speziell für kleinräumige Gebiete wie die deutsche Bucht erweitern.
- Entwicklung von Epifauna-Indikatoren möglich: z.B. durch Festlegung der Sensitivität von Gemeinschaften und der Verschneidung mit fischereilicher Belastung.
- Generell bieten die Epi- und Endofaunagemeinschaften Begleitinformation für modifzierte D6 Indikatoren: Befischte/unbefischte Fläche von vorherrschenden Lebensgemeinschaften
- Da die Daten keine zeitliche Dynamik aufweisen ist eine Bewertung des Zustandes im Sinne der MSRL-Zyklen bisher nicht möglich. Dies sollte durch entsprechendes Monitoring gewährleistet werden.
- Räumliche Unterschiede im Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften weisen auf unterschiedlich ausgeprägte geochemische und Schadstoffflüsse in der bodennahen Grenzschicht hin.

Literatur

Meyer, J., Nehmer, P., Moll, A., Kröncke, I., 2018. Shifting south-eastern North Sea macrofauna community structure since 1986: A response to de-eutrophication and regionally decreasing food supply? Estuarine, Coastal and Shelf Science 213: 115-127.

Meyer, J., Nehmer, P., Kröncke I., 2019. Shifting south-eastern North Sea macrofauna bioturbation potential over the past three decades: a response to increasing SST and regionally decreasing food supply. Marine Ecology Progress Series 609: 17-32.

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.

Ansprechpartner

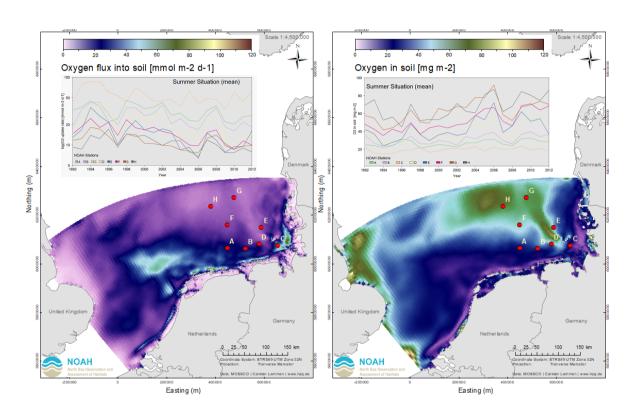
Prof. Dr. Ingrid Kröncke, Senckenberg am Meer, Abt. Meeresforschung, Südstrand 40, 26382 Wilhelmshaven, ingrid.kroencke@senckenberg.de



D5 – Eutrophierung

- Modellierung biogeochemischer Stoffkreisläufe im Meeresboden der südlichen Nordsee – Sauerstoffzehrung und –inventar des Sediments (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Modellierung von organischem Kohlenstoff (TOC) in Oberflächensedimenten der Nordsee (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Nettoprimärproduktion als Indikator für Eutrophierung (modellbasiert)
 (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Nährstoff- und Chlorophyllkonzentrationen in der Wassersäule als Indikator für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Phytoplankton-Kohlenstoff und Chlorophyllkonzentration als Indikatoren für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Isotopischer Indikator für Eutrophierung (δ^{15} N) (messbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Atmosphärische Deposition von Stickstoff als Ausdruck von und Indikator für Eutrophierung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)

Modellierung biogeochemischer Stoffkreisläufe im Meeresboden der südlichen Nordsee – Sauerstoffzehrung und -inventar des Sediments



→ Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/2/

Räumliche Variabilität der sommerlichen Sauerstoffzehrung (aus Modelldaten, MAECS/MOSSCO)

Verteilung mittlerer O₂-Flussraten in das Sediment (links) und des mittleren O₂-Inventars im Sediment (rechts) in der südlichen Nordsee für die Sommermonate (JJA) des Zeitraums 1992 – 2012. Gezeigt sind auch die jeweiligen Modellzeitreihen an den NOAH Referenzstationen A-H. Die Modellergebnisse besitzen eine zeitliche Auflösung von 36 Stunden. Sie beruhen auf Simulationen mit dem biogeochemischen Modell OMEXDIA (Soetaert et al., 1996, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60, 1019-1040). Der hier angewandte Modellcode wurde im BMBF-Projekt MOSSCO (*Modular System for Shelves and Coasts*; www.mossco.de) weiterentwickelt.

Referenzen

Alle Simulationsdaten wurden auf den MOSCCO Seiten verfügbar gemacht, s. Source-Forge, https://sourceforge.net/projects/moss-co/files/Dataset/2019_pone/

Soetaert, K., Herman, P. M. J., Middelburg, J., 1996. A model of early diagenetic processes from the shelf to abyssal depths. Geochimica et Cosmochimica Acta 60: 1019-1040, ISSN 0016-7037. https://doi.org/10.1016/0016-7037(96)00013-0.



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D5 – Eutrophierung	D5C5	Nährstoffeinträge aus Flüssen, den angrenzenden Meeresgebieten und der Atmosphäre sind zu reduzieren	Sauerstoffkonzentration im Meerwasser

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Laut BMU (2018) unterschreitet auf 48% der Fläche die O₂-Konzentration im Bodenwasser der Deutschen Bucht den festgelegten Schwellenwert von 6 mg/l. Hohe Gehalte an organischem Material infolge von Nährstoffeinträgen gelten als Hauptverursacher des Sauerstoffmangels. Eine Beurteilung des Zustands ist jedoch schwierig, besonders aufgrund der fehlenden Datengrundlage in den Küstengewässern. Einerseits entziehen sich die den Stoffkreisläufen zugrundeliegenden Prozesse i.d.R. einer direkten Beobachtung. Anderseits können nicht alle Details der oftmals kleinskaligen Schwankungen voll aufgelöst werden.

NOAH Ergebnisse

- Die Modellergebnisse zeigen einen klaren Jahresgang der Sauerstoffdynamik und identifizieren Brennpunkte der Sauerstoffzehrung im Sediment. Im Mittel der Jahre 1992-2012 sind steigende O₂-Zehrungsraten und sinkende O₂-Konzentrationen im Sediment in den Sommermonaten zu beobachten. Die räumliche Verteilung deutet auf einen erhöhten Eintrag bzw. Abbau von frischem organischem Material in den küstennahen Regionen der Deutschen Bucht hin.
- Ein Vergleich von O₂-Zehrungsraten bzw. O₂-Konzentrationen an verschiedenen Gitterpunkten zeigt, dass die Ausprägungen interannueller Schwankungen nicht nur zeitlich, sondern auch räumlich stark variieren. Ein signifikanter Trend in den Zeitreihen ist nicht erkennbar.

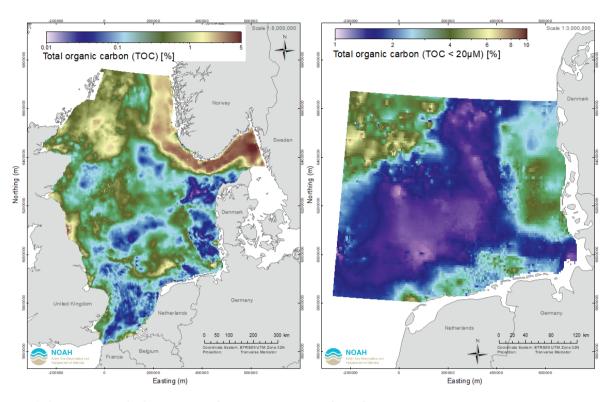
 Ein wichtiger Hinweis für die Bewertung der Ergebnisse war die Notwendigkeit das Modell bei der Nutzung alternativer Messdaten neu kalibrieren zu müssen. Dies weist nach wie vor auf eine fehlende Allgemeingültigkeit hin.

Fazit

Angesichts der geringen Anzahl von biogeochemischer Messdaten und deren räumlich begrenzter Repräsentativität kommt der Entwicklung numerische Modelle als Hilfsmitteln in der marinen Raumplanung und Umweltüberwachung besondere Bedeutung zu.

- Die Modellergebnisse weisen Gebiete aus, in denen einerseits hohe Zehrungsraten im Sediment auftreten, und andererseits niedrige Sauerstoffinventare im Sediment auftreten. Dies sind geeignete Areale für Dauermessungen oder sommerliche Überwachung der Sauerstoffgehalte im Bodenwasser.
- Für die praktische Anwendung von numerischen Modellen ist eine Eingrenzung und Beschreibung der Zuverlässigkeitsgrenzen von Simulationen unerlässlich, will man die prognostizierte Bandbreite der Effekte planerischen Handelns in Beziehung zur Unschärfe des Wissens setzen.

Modellierung von organischem Kohlenstoff (TOC) in Oberflächensedimenten der Nordsee



→ Link zur Karte (links): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/3/

→ Link zur Karte (rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/4/

→ Link zu Daten (Karte links): https://doi.org/10.1594/WDCC/coastMap_Substrate_TOC

→ Link zu Daten (Karte rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/6/

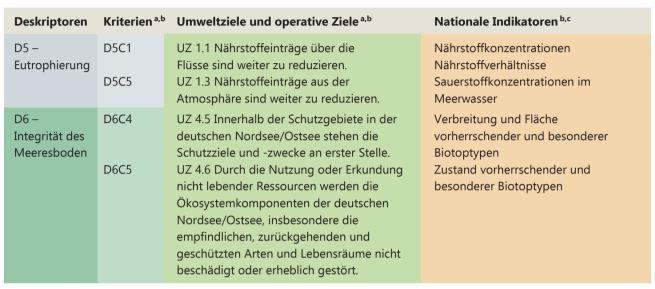
Räumliche Verteilung von Gehalten an organischem Kohlenstoff in Oberflächensedimenten der Nordsee

Mögliche Verteilung von TOC dargestellt als prozentualer Anteil am Trockengewicht des Sediments für TOC-Messungen an der Gesamtfraktion (links; ca. 3.000 Sedimentproben) und TOC-Messungen an der Feinfraktion < 20 µm (rechts; ca. 1.200 Sedimentproben;

wegen der geringeren Datenmenge nur Deutsche Bucht). Die räumliche Modellierung und Interpolation erfolgte mittels eines geostatistischen Verfahrens (*Co-Kriging*) unter Berücksichtigung des Schlickanteils.



MSRL-Bezug



^a KOM-Beschluss 2017/848/EU, ^b Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018 (BMU, 2018), ^c MSRL-Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nord- und Ostsee (BMU, 2016)

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Die Eutrophierung küstennaher Regionen der Nordsee ist nach wie vor ein großes Problem. Obwohl die Anreicherung von Nährstoffen rückläufig ist, führen diffuse Einträge, unter anderem aus der Remineralisation von TOC in Sedimenten, weiterhin zu unerwünschten Effekten. Auf Empfehlung der OSPAR Kommission wurden bislang Stickstoff und Phosphor (TN, DIN, TP, DIP) als Indikatoren für den Eutrophierungsstatus operationalisiert. Sedimentärer organischer Kohlenstoff (TOC), obgleich wichtig zur Definition von Habitaten sowie bei der Berechnung von Nährstoffbudgets, Sauerstoffbedarf und -zehrung und Schadstoffbilanzen in Depositionsräumen, spielt eine untergeordnete Rolle.

NOAH Ergebnisse

■ Der TOC-Gehalt im Meeresboden der Nordsee ist eng an die Feinkornfraktion gekoppelt und kann somit anhand des Schlickanteils des Sediments abgeschätzt werden. Die Prognose hängt jedoch von der zugrundeliegenden Methode ab. Legt man Messungen an der Gesamtfraktion zu Grunde, ist der TOC-Gehalt in sandigen Sedimenten geringer (< 0.05%) als in schlickreichen Regionen (bis 5%). Werden nur Messungen an der Fraktion < 20 µm betrachtet, kehrt sich der Zusammenhang um. Die prognostizierte Verteilung des TOC-Gehalts in Oberflächensedimenten der Nordsee spiegelt die bodennahen Transporte und laterale Verfrachtung von feinem und leichten Sedimentbestandteilen wider. Sie steht in Einklang mit der Vermutung, dass in sandigen, sauerstoffreichen Sedimenten (ca. 40%) ein rascher Abbau organischen Materials stattfindet, während in schlickreichen Gebieten biologische Prozesse (z.B. Bioturbation) die Nährstoffzyklen und Schadstoffakkumulationen maßgeblich beeinflussen.

Fazit

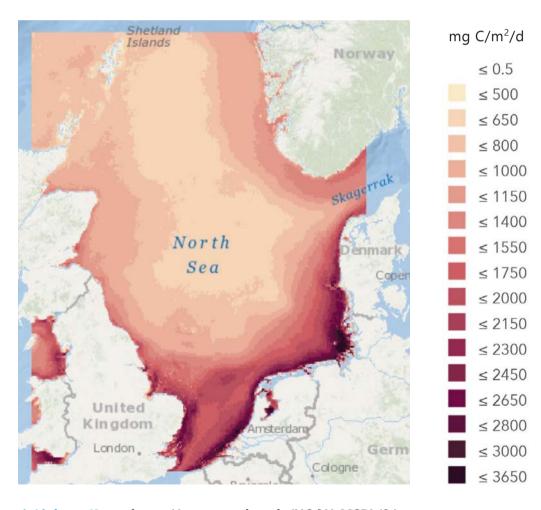
- Eine Überwachung des TOC-Gehalts sollte insbesondere für Regionen mit geringem Feinkornanteil in Betracht gezogen werden, da diese besonders sensibel auf Einträge von organischem Material oder Störungen der natürlichen Schwebstoffdynamik reagieren können.
- Zusätzliche Anstrengungen sollten unternommen werden, um die Datenlage von Messungen des TOC-Gehalts in Sedimenten der Nordsee (Gesamtund Feinkornfraktion) zu verbessern, mit dem Ziel sowohl die räumliche als auch zeitliche Auflösung zu erhöhen.

Nettoprimärproduktion als Indikator für Eutrophierung

Nettoprimärproduktion aus Satellitendaten (Moderate-resolution Imaging Spectoradiometer – *MODIS*)

Die Nettoprimärproduktion (in Einheiten von g C m-² d-¹) bezeichnet die Produktion von Biomasse durch Pflanzen, Algen und Cyano- und anderen Bakterien mit Hilfe von Licht. Sie bildet die Basis allen Lebens im pelagischen Bereich der Ozeane. Mit Hilfe von Satellitendaten lassen sich für die Nettoprimärproduktion entscheidende Parameter und deren zeitlichen Verläufe an der Oberfläche abschätzen. So verfügt MODIS über Verläufe von Algenblüten in der Deutschen Bucht. Die Karte

zeigt eine erste Abschätzung der durchschnittlichen täglichen Nettoprimärproduktion von 2003 bis 2015. Dabei wird NPP als das Verhältnis zwischen Bruttoprimärproduktion und Respiration dargestellt. Die Bruttoprimärproduktion wird in einer täglichen Zeitauflösung über 24 Stunden und im Abstand von 0,5 Stunden über alle Tiefenschichten berechnet. Die Primärproduktion wird nur für den Zeitraum zwischen Sonnenaufgang + 0.1h und Sonnenuntergang - 0.1h berechnet. Die Respiration pro Tag und Wassersäule ist als "day col_resp=1.8*col_phyto*rT" mit temperaturabhängiger Respiration modelliert.



→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/8/

MSRL-Bezug

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D5 – Eutrophierung	D5C1, C2, C8	UZ 1: "Meere ohne Beeinträchtigung durch Eutrophierung" UZ 1.1: "Nährstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 1.2: "Nährstoffe über Ferneinträge aus anderen Meeresgebieten sind zu reduzieren. []" UZ 1.3: "Nährstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren."	D5C1: "Nährstoffkonzentrationen (DIN, DIP, TN, TP); Nährstoffverhältnisse" (→ OSPAR) D5C2: "Chlorophyll-Konzentration in der Wassersäule" (→ OSPAR) D5C8: "Makrozoobenthos"

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Phytoplanktonindikatoren für Eutrophierung, D5C2 Chlorophyllkonzentration in der Wassersäule (Cholorphyll)

NOAH Ergebnisse

- D5C2 Primärproduktion Langzeitserien Juli 2003 bis Dezember 2015 aus Satellitenbeobachtungen (MODIS);
- Berechnung von NPP für Zeitraum zwischen Sonnenaufgang + 0.1h und Sonnenuntergang - 0.1h;
- Berechnung der Bruttoprimärproduktion Bruttoprimärproduktion in einer täglichen Zeitauflösung über
 24 Stunden, im Abstand von 0,5 Stunden über alle Tiefenschichten.

Fazit

Satellitendaten und satellitengestützte Modellierung als Monitoringbestandteil für Netto-Primärproduktion. Dieses unterstützt die Operationalisierung zur Bestimmung im Bereich der Küstengewässer und der offenen See.

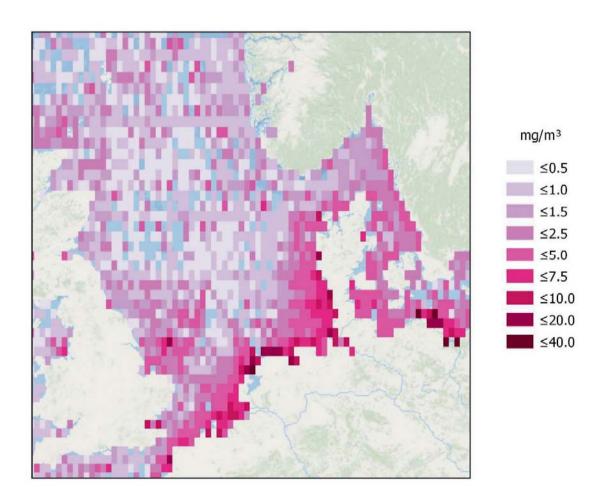


Nährstoff- und Chlorophyllkonzentrationen in der Wassersäule als Indikator für Eutrophierung

Chlorophyll in der Wassersäule (Klimatologie aus Beobachtungsdaten, North Sea Biogeochemical Climatology-NSBC)

Die Konzentrationen von Nährstoffen und von Chlorophyll a (in Einheiten von mg Chl/m³) sind in der OSPAR Common Procedure primäre Indikatoren für die Bewertung des Eutrophierungszustands. Die Biogeochemische Klimatologie der Nordsee führt

Beobachtungsdaten der Konzentrationen von Ammonium, Chlorophyll-a, Nitrat (+Nitrite), Phosphat, Sauerstoff und Silikat im Zeitraum 1960-2014 zusammen und wertet sie aus.



Tool 9: Biogeochemische Nordseeklimatologie V1.1 (Hinrichs et al., 2017).

- → Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/9/
- → Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/10/



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D5 – Eutrophierung	D5C1, C2, C8	UZ 1: "Meere ohne Beeinträchtigung durch Eutrophierung"	D5C1: "Nährstoffkonzentrationen (DIN, DIP, TN, TP); Nährstoffverhältnisse" (→ OSPAR) D5C2: "Chlorophyll-Konzentration in der Wassersäule" (→ OSPAR)

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

MSRL-Bezug

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

"Gemäß der Bewertung nach OSPAR Common Procedure wurden im Bewertungszeitraum 2006–2014 die Küstengewässer und große Teile der deutschen Ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ), insgesamt 55% der deutschen Nordseegewässer, als eutrophiert eingestuft" (UBA, 2018).

NOAH Ergebnisse

- Darstellung der Biogeochemical North Sea Climatology (Hinrichs, I., Gouretski, V., Paetsch, J., Emeis, K., Stammer, D., 2017.) North Sea Biogeochemical Climatology (Version 1.1): http://icdc.cen.uni-hamburg.de/1/projekte/ biogeochemical-north-sea-climatology.html).
- Visualisierung und Bereitstellung von klimatologischen Daten zu D5C1 (gemessene Nährstoffkonzentrationen) und D5C2 (gemessene Chlorophylla-Konzentrationen) in der Wassersäule von 1960 2014. Monatliche Beobachtungsdaten sind für den Zeitraum 1960-2014 in Form von 3D-Feldern verfügbar. Die Daten umfassen die Parameter Ammonium, Chlorophyll-a, Nitrat (+ Nitrit), Phosphat, Sauerstoff und Silikat und als zusätzliche Parameter Temperatur und Salzgehalt. Detaillierte Informationen und Level3 Daten: https://icdc.cen.uni-hamburg.de/1/daten/ocean/knsc-hydrographic0/

Fazit

Klimatologie basierend auf Beobachtungsdaten als Monitoringbestandteil für Chl a- und Nährstoffe. Diese Langzeitintegration aller verfügbaren Beobachtungsdaten unterstützt die Interpretation neuer Daten im Bereich der Küstengewässer und der offenen See. Die Klimatologie stellt zudem Randbedingungen für die biogeochemische Modellierung bereit.

Phytoplankton-Kohlenstoff und Chlorophyllkonzentration als Indikatoren für Eutrophierung

≤5.0

≤10.0

≤20.0

<35.0

≤50.0

≤75.0

<100.0

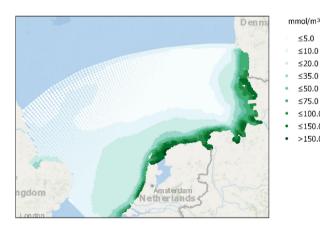
≤150.0

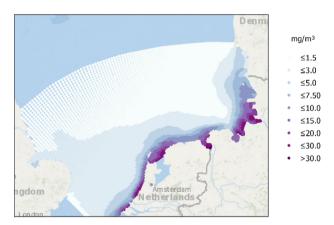
>150.0

Chlorophyll in der Wassersäule (aus Modelldaten, MAECS, MOSSCO)

Die Konzentration von Chlorophyll a (in Einheiten von mg Chl/m³) in Phytoplankton (Algen) bestimmt den Antrieb zellulärer Prozesse, insbesondere den Aufbau von Biomasse (Primärproduktion). Chlorophyll a ist ein Pigment im photoautotrophen Phytoplankton und wird verwendet, um Sonnenenergie zu "ernten". In einem photoaklimativen Modell wie dem Model for Adaptive Ecosystems in Coastal Seas (MAECS) (Kerimoglu et al., 2017) passen die Zellen ihr Verhältnis von Chlorophyll zu Kohlenstoff an die Lichtkonzentration an; Wenn viel Licht verfügbar ist (im Sommer und in der Nähe der Meeresoberfläche), benötigen die Zellen weniger Chlorophyll pro Biomasse als bei dunklen Bedingungen (im Frühjahr und in tieferen Wasserschichten).

Die Karte (links) zeigt den durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt des Phytoplanktons in der Wassersäule zwischen 2003 und 2012 als pelagische Konzentration relativ zum Meerwasservolumen. Phytoplankton-Kohlenstoff repräsentiert die Zellstruktur und Organe Es hat eine variable Stöchiometrie gegenüber der Phytoplankton-Stickstoff- und Phosphorkonzentration (C: N: P). Dabei passen sich die die Zellen an die Nährstoffkonzentrationen in der Umgebung an, d. h. an die Verfügbarkeit von gelöstem anorganischen Stickstoff (DIN), Phosphor (DIP) und Lichtverfügbarkeit. Phytoplankton-Kohlenstoff wird aus Kohlenstoff aufgebaut und durch Beweidung, Ansammlung, Ausschreidung und Verdünnung aufgezehrt. Die Karte (rechts) zeigt das durchschnittliche pelagische Chlorophyll (chl) als Massenkonzentration in Meerwasser zwischen 2003 und 2012.





- **→ Link zum Tool:** https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/11/
- → Link zur Karte (links): https://coastmap.hzq.de/NOAH MSRL/12/
- → Link zur Karte (rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH MSRL/13/



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D5 – Eutrophierung	D5C1, C2, C8	UZ 1: "Meere ohne Beeinträchtigung durch Eutrophierung" UZ 1.1: "Nährstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 1.2: "Nährstoffe über Ferneinträge aus anderen Meeresgebieten sind zu reduzieren. []" UZ 1.3: "Nährstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren."	D5C1: "Nährstoffkonzentrationen (DIN, DIP, TN, TP); Nährstoffverhältnisse" (→ OSPAR) D5C2: "Chlorophyll-Konzentration in der Wassersäule" (→ OSPAR) D5C8: "Makrozoobenthos"

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Phytoplanktonindikatoren für Eutrophierung,

D5C2 Chlorophyllkonzentration in der Wassersäule (Chlorophyll).

NOAH Ergebnisse

- Kohlenstoffgehalt des Phytoplanktons in der Wassersäule von 2003 bis 2012;
- D5C2 Chloropyhll-a-Wert in der Wassersäule von 2003 bis 2012;

Fazit

Satellitendaten und Satelliten gestützte Modellierung als Monitoringbestandteil für Chl a- und Phytoplankton Primärproduktion. Dieses unterstützt die Operationalisierung zur Bestimmung im Bereich der Küstengewässer und der offenen See.

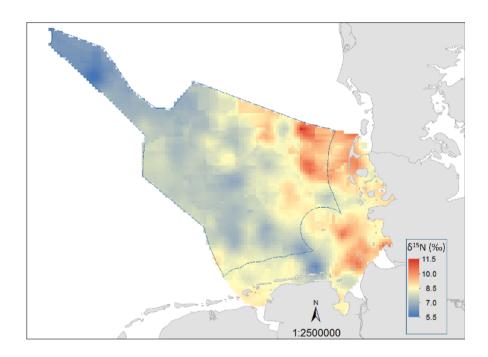


Isotopischer Indikator für Eutrophierung ($\delta^{15}N$)

δ^{15} N Verteilung (aus Messungen an Oberflächensedimenten in der Deutschen AWZ)

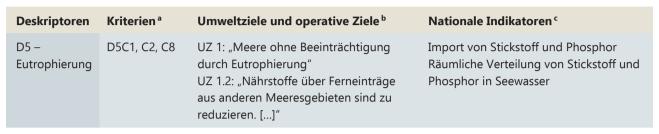
Das Verhältnis zweier stabiler Isotope (14 N, 15 N; aus gedrückt als δ^{15} N relativ zu Luft N $_2$ = 0‰) in Sedimenten spiegelt den Ursprung und die biologische Aufnahme des reaktiven Stickstoffs in der Wassersäule wieder. Sedimentärer Stickstoff verfolgt das δ^{15} N von gelöstem Nitrat und die Sedimentation von organischem Material. In der Deutschen Bucht und

der AWZ stammt das gelöste Nitrat aus zwei Hauptquellen: Nitrat aus Flüssen, die kultiviertes Land der Einzugsgebiete entwässern, hat hohe δ^{15} N-Werte (~9‰), die für Flusslasten charakteristisch sind und zur Eutrophierung von Küstengebieten führen. Nitrat in Wassermassen der Deutschen Bucht atlantischem Ursprungs haben niedrige δ^{15} N-Werte (~ 5‰). Die Karte der δ^{15} N-Werte in Oberflächensedimenten (0-1 cm) zeigt das Signal hoher δ^{15} N, der aus Flussnitrat resultiert. Werte über 7‰ markieren den Einflussbereich flussbürtiger Eutrophierung mit Nitrat.



→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/14/

MSRL-Bezug



^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Beurteilung aufgrund von Nährstoffgehalten in Wasserproben

NOAH Ergebnisse

Langzeitabbild der räumlichen Verteilung flussbürtiger Eutrophierung in $\delta^{15}\text{N-Werten}$ von Oberflächensedimenten

Fazit

Mit Hilfe eines Langzeitabbilds der flussbürtigen Nitratfrachten in δ^{15} N-Werten von Oberflächensedimenten lässt sich die Herkunft von reaktivem Stickstoff analysieren, einem wesentlichen Nährstoff, der zu Eutrophierung im Küstenmeer führt. Der δ^{15} N-Verlauf in datierten Sedimentkernen bei Helgoland zeigt naturnahe Bedingungen vor 1860 AD. Modellabschätzungen zufolge betrugen atmosphärische Einträge damals 30% heutiger Einträge. Flusseinträge beliefen sich auf 10% heutiger Einträge.



Atmosphärische Deposition von Stickstoff als Ausdruck von – und Indikator für Eutrophierung

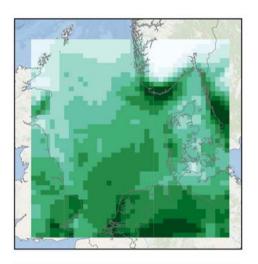
Atmosphärische Deposition von oxidiertem Stickstoff aus allen Quellen und aus der Schifffahrt auf die Meeresgewässer (aus Modelldaten, CMAQ, CNSS)

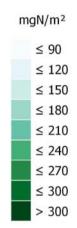
Die Karten zeigen die jährliche Deposition von oxidiertem Stickstoff in der Einheit mg/m². Als meteorologisch repräsentatives Jahr wurde das Jahr 2008 gewählt.

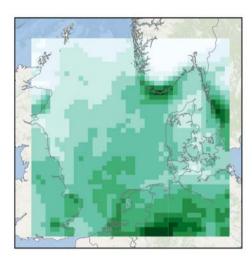
Die Karte (links oben) zeigt jährliche Deposition von oxidiertem Stickstoff im Jahr 2008 unter Berücksichtigung aller relevanten Emittenten: *Industrie, Verkehr, Heizung, Seeschiffe.*

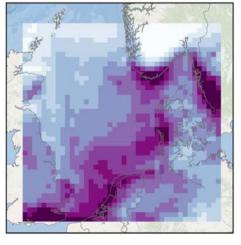
Die Karte (rechts oben) zeigt jährliche Deposition von oxidiertem Stickstoff im Jahr 2008 *ohne Seeschiffe*.

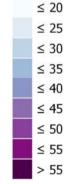
Die Karte (links unten) zeigt jährliche Deposition von oxidiertem Stickstoff im Jahr 2008 aller Seeschiffe.











mgN/m²

- **→ Link zum Tool (Karte links oben):**
- **→ Link zum Tool (Karte rechts oben):**
- **→ Link zum Tool (Karte links unten):**
- → Link zur Karte (links oben)):
- **→ Link zur Karte (rechts oben):**
- **→ Link zur Karte (links unten):**

https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/15/https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/16/https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/17/https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/18/https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/19/https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/20/

MSRL-Bezug

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D5 – Eutrophierung	D5C1, C2, C8	UZ 1: "Meere ohne Beeinträchtigung durch Eutrophierung" UZ 1.3: "Nährstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren."	D5C1: "Nährstoffkonzentrationen (DIN, DIP, TN, TP); Nährstoffverhältnisse" (→ OSPAR) D5C2: "Chlorophyll-Konzentration in der Wassersäule" (→ OSPAR) D5C8: "Makrozoobenthos"
D8 – Schadstoffe	D8C1, C2, C3, C4	UZ 2: "Meere ohne Verschmutzung durch Schadstoffe" UZ 2.2: "Schadstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren."	D8C3: "Vorkommen, Ursache und Ausmaß erheblicher Verschmutzung" (→ OSPAR/WRRL-Indikator) D8C4: "Effekte für betroffene Biota" (→ OSPAR/WRRL-Indikator;"anzuwenden bei erheblicher akuter Verschmutzung")

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Emittierte Mengen von Stickstoff;

Deposition von Nährstoffverbindungen auf die Meeresoberfläche (atmosphärische Stickstoffimmissionen, Nordsee).

NOAH Ergebnisse

- Darstellung der modellierten Deposition von oxidiertem Stickstoff auf die Meeresgewässer für das repräsentative meteorologische Jahr 2008;
- Berücksichtigung aller relevanten Emittenten: Industrie, Verkehr, Heizung, Seeschiffe.
- Sektorenspezifische Immissionen ins Meer

Literatur

Aulinger, A., Matthias, V., Zeretzke, M., Bieser, J., Quante, M., Backes, A. M., 2016. The impact of shipping emissions on air pollution in the greater North Sea region - Part 1: Current emissions and concentrations. Atmospheric Chemistry and Physics, 16: 739-758. https://doi.org/10.5194/acp-16-739-2016.

Fazit

Atmosphärische Chemietransportmodelle bieten die Möglichkeit, den Anteil atmosphärischer Einträge quellenspezifisch zu quantifizieren (Beispiel: Schiffsemissionen) und Reduktionsmaßnahmen aus Effektivität zu prüfen.

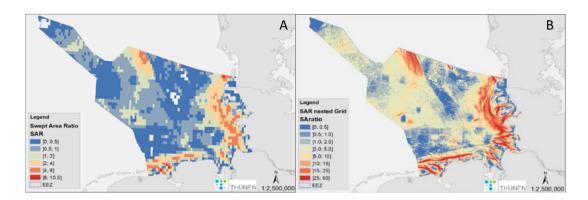
Matthias, V., Aulinger, A., Backes, A. M., Bieser, J., Geyer, B., Quante, M., Zeretzke, M., 2016. The impact of shipping emissions on air pollution in the greater North Sea region - Part 2: Scenarios for 2030. Atmospheric Chemistry and Physics, 16: 759-776. https://doi.org/10.5194/acp-16-759-2016.



D6-Integrität des Meeresbodens

- Belastung des Meeresbodens durch grundberührende Fischerei (Thünen Institut)
- Störungsindikator (Thünen Institut)
- Verhältnis: Fischereiliche/ Natürliche Umlagerung des Meeresbodens (Thünen Institut)
- Modellierte Epifaunagemeinschaften und Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer)
- Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee (Senckenberg am Meer)
- Variabilität des Meeresbodens durch physikalische und biogene Einflussgrößen (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)
- Modellierung von organischem Kohlenstoff (TOC) in
 Oberflächensedimenten der Nordsee (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Maximale Bodenschubspannung als Indikator für die hydrografischen
 Bedingungen am Meeresboden (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Sedimenttypen/Korngrößenverteilungen als Grundlage zur Definition von Meeresbodenhabitaten

Belastung des Meeresbodens durch grundberührende Fischerei



Karte 21 (links) und Karte 22 (rechts): "Fußabdruck" grundberührender Fischerei im Zeitraum 2012-2016.

Anteil überstrichener Fläche der entsprechenden Gitterzelle = Swept Area Ratio (SAR): A als mittlere jährliche Belastung bei einer räumlichen Auflösung von 0.05°x0.05°; B als über fünf Jahre (2012-2016) kumulier-

te Belastung bei variabler Gitterzellgröße, d.h. bei hoher Fischereiintensität wird die Gitterzelle angepasst ("nested grid approach").

- → Link zur Karte (links): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/21/
- → Link zur Karte (rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/22/





^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Anteil befischte Fläche/ nicht befischte Fläche: Abschätzung der *Swept Area Ratio* (SAR) basiert auf Berechnungen des ICES für OSPAR; räumliche Auflösung: 0.05° x 0.05°

OSPAR BH3-Indikator: Kategorisierung des Einflusses von Fischerei anhand von kategorisierten SAR- und Sensitivitätswerten (pressure/sensitivity matrix)

NOAH Ergebnisse

- Deutliche kleinskalige Heterogenität in der Verteilung der Fischerei, die bei einer räumlichen Auflösung von 0.05°x0.05° nicht adäquat dargestellt werden kann;
- Überschätzung des Anteils der befischten Fläche/ Unterschätzung des Anteils der nicht-befischten Fläche bei gleichzeitiger Unterschätzung kleinräumiger Befischungsintensitäten;

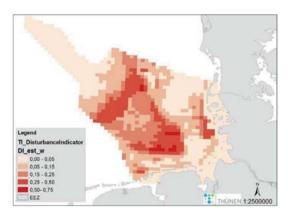
Verbesserung der Flächenabschätzungen 1. durch kleinskalige Untersuchung der Belastung durch Fischerei (B) und/oder 2. durch statistische Ansätze möglich. Bei Letzteren wird z.B. als konservativer Ansatz eine zufällige Anordnung der Schleppstriche in der Gitterzelle angenommen, was zu einer mittleren Reduktion in der Abschätzung der befischten Fläche von 58.7% auf 47.2% in den Jahren 2012-2016 führt.

Fazit

- Die Indikatoren zur Abschätzungen der befischten/ unbefischten Flächen sollten, sofern räumlich genauere Angaben fehlen, durch statistische Ansätze verbessert werden.
- Sofern detaillierte Fischereidaten zur Verfügung stehen, sollten diese für räumlich präzise Abschätzungen der fischereilichen Belastung/ der Fischereiauswirkungen verwendet werden.



Störungsindikator



Karte 23: DI, Disturbance Indicator, Stelzenmüller et al., 2015

Der Störungsindikator DI ("Disturbance Indicator") stellt die lokale Störung der benthischen Gemeinschaften durch grundberührende Fischerei in der deutschen AWZ dar (Stelzenmüller et al., 2015). Er berechnet sich aus dem Verhältnis zwischen der Mortalität der benthischen Infauna (nach Rachor und Nehmer, 2003) durch grundberührende geschleppte

Fanggeräte und dem Regenerationspotenzial der entsprechenden Gemeinschaften (). Die Mortalitäts rate basiert auf der fanggerätsspezifischen mittleren Fischereiintensität der Jahre 2005–2008. Im vorliegenden Beispiel wurde eine höhere Benthosmortalität durch die Baumkurrenfischerei auf Plattfisch als durch andere Fanggeräte angenommen ("weighted DI").

→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/23/





^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

OSPAR BH3-Indikator: Kategorisierung des Einflusses von Fischerei anhand von kategorisierten SAR- und Sensitivitätswerten (pressure/sensitivity matrix)

NOAH Ergebnisse

- Die Ausprägung des DI ist in hohem Maße von der Annahme abhängig, wie hoch die relative Mortalität durch die einzelnen Fanggeräte abgeschätzt wird: Wird zum Beispiel die Benthos-Mortalität durch die Fischerei mit Baumkurren auf Plattfische höher eingeschätzt als die durch andere grundberührende geschleppte Geräte, verändert sich das räumliche Muster des DI.
- Werden die Auswirkungen aller grundberührenden Geräte gleich gewichtet, weisen ca. 5% der Flächen der deutschen Nordseegewässer einen DI>1 auf. Wird für die Baumkurrenfischerei auf Plattfische die höchste Belastung angenommen, liegt der maximale Wert bei DI=0.74.
- Durch den DI können z.B. die Auswirkungen von Nullnutzungszonen und die damit einhergehende Umverteilung des Fischereiaufwandes auf das Benthos bewertet werden.

Fazit

- Der DI ist ein potentieller Indikator für die relative Störung der benthischen Infauna durch Fischerei.
- Im Gegensatz zum BH3 werden die Belastung durch Fischerei und die Sensitivität der vorherrschenden benthischen Fauna nicht klassifiziert sondern funktionelle Annahmen über Mortalität und Regenerationspotential getroffen. Der DI ist daher intervallskaliert.
- Die Validität des DI muss noch empirisch geprüft werden.

Verhältnis: Fischereiliche/ Natürliche Umlagerung des Meeresbodens

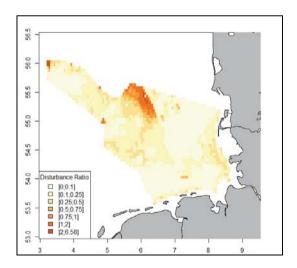
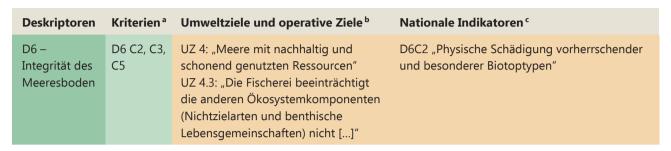


Abbildung d: Verhältnis zwischen fischereilicher und natürlicher Störung des Meeresbodens: Der Indikator setzt den jährlichen Anteil der durch grundberührende Fischerei überstrichenen Fläche (*Swept Area Ratio*, SAR) mit der mittleren jährlichen Häufigkeit von Geschiebetransportereignissen (*bedload transport frequency*) in Beziehung. Bei einem Störungsverhältnis über 1 würden dementsprechend durch die Fischerei potentiell mehr Umlagerungsprozesse induziert als durch die vorherrschende durch Wellen und Gezeiten hervorgerufene Bodenschubspannung.







^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

- Anteil befischte Fläche/ nicht befischte Fläche: Abschätzung der Swept Area Ratio (SAR) basiert auf Berechnungen des ICES für OSPAR; räumliche Auflösung: 0.05° x 0.05°
- 2. OSPAR BH3-Indikator: Kategorisierung des Einflusses von Fischerei anhand von kategorisierten SARund Sensitivitätswerten (pressure/sensitivity matrix)

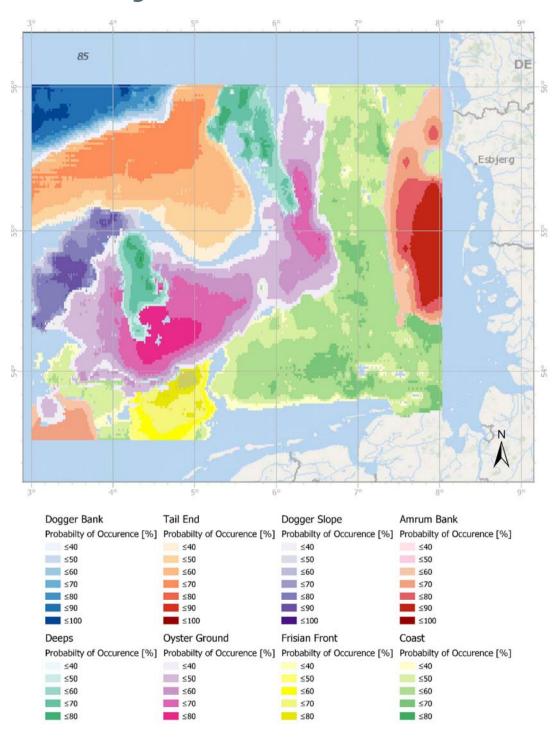
NOAH Ergebnisse

- In küstennahen Gebieten ist nicht zuletzt durch gezeiteninduzierte Strömungen die Bodenschubspannung und damit die Häufigkeit von Geschiebetransportereignissen so hoch, dass diese die Häufigkeit von Störungen durch Fischerei deutlich überschreitet.
- Die Störung durch Fischerei ist potentiell am höchsten in den nördlichen Gebieten der AWZ, wo die Bodenschubspannung aufgrund der Wassertiefe vergleichsweise gering ist.

Fazit

- Das Verhältnis zwischen fischereilicher und natürlicher Störung ist ein potentieller Indikator für das Ausmaß der Belastung durch grundberührende Fischerei.
- Dieser rein physikalische Ansatz hat ökologische Relevanz und kann somit ergänzend zur singulären Abschätzung der überstrichenen Fläche durch grundberührende Fischerei (Swept Area Ratio) verwendet werden.

Modellierte Epifaunagemeinschaften und Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee



Karte 24: Habitatmodelle der acht Epifaunagemeinschaften in der erweiterten Deutschen Bucht mit ansteigender Wahrscheinlichkeit des Vorkommens (Neumann et al., 2017).

→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/24/

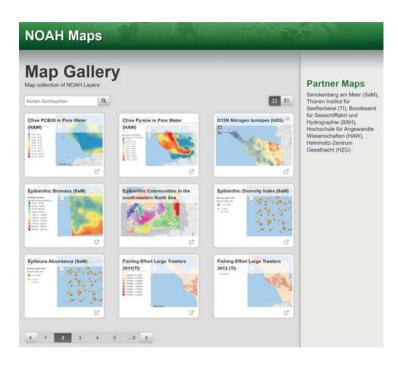


Abbildung e: Die NOAH "Map Gallery" mit Begleitinformationen für die Epifaunagemeinschaften (Biomasse, Abundanz, Verbreitung ausgewählter Arten und Diversität).

Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee

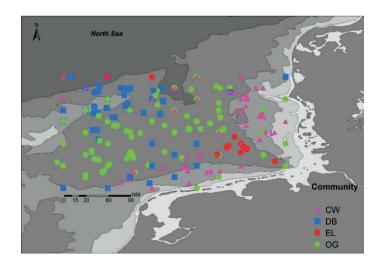


Abbildung f: Räumliche Verteilung der Endofaunagemeinschaften von 2010-2015 (aus Meyer et al., 2019). CW=Coastal Waters, DB = Dogger Bank, EL = Elbe Urstromtal, OG = Oyster Ground.



Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee

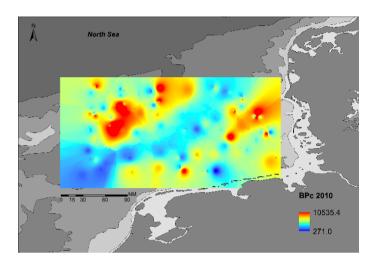


Abbildung g: Interpoliertes Bioturbationspotential (BPc) der Endofaunagemeinschaften von 2010-2015 (aus Meyer et al., 2019).

MSRL-Bezug

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D1 – Biologische Vielfalt	D1C1, C2, C4	UZ 3: "Meere ohne Beeinträchtigung der marinen Arten und Lebensräume durch die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten" UZ 3.2: "Die Struktur und Funktion der Nahrungsnetze sowie der marinen Lebensräume wird durch [] grundgeschleppte Fanggeräte nicht weiter nachteilig verändert. []"	D1C1: "Beifang/ Rückwurf ausgewählter Arten" D1C2: "Abundanz/Biomasse ausgewählter Arten" D1C4: "Verbreitungsgebiete und Muster ausgewählter Arten"
D6 – Integrität des Meeresboden	D6 C2, C3, C5	UZ 4: "Meere mit nachhaltig und schonend genutzten Ressourcen" UZ 4.3: "Die Fischerei beeinträchtigt die anderen Ökosystemkomponenten (Nichtzielarten und benthische Lebensgemeinschaften) nicht […]"	D6C2 "Physische Schädigung vorherrschender und besonderer Biotoptypen" D6C3 "Verbreitung und Fläche vorherrschender und besonderer Biotoptypen" (OSPAR BH3) D6C5 "Zustand vorherrschender und besonderer Biotoptypen" (→ OSPAR BH2)

^e KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

1. Die bisherige Bewertung (D6) basiert auf "EUNIS broad habitat types" und bezieht sich ausschließlich auf die benthische Endofauna (Makrozoobenthos).

Die Epifauna (Megazoobenthos), obwohl zumeist sensitiver gegenüber z.B. Fischereidruck, ist nicht Bestandteil der bisherigen Bewertung.

- 2. Die Datenlage für die Epifauna wird als schlecht beurteilt. Zudem fehlten bisher die notwendigen Habitatklassifizierungen für die Epifauna. Diese Missstände, aber auch die Notwendigkeit für eine Implementierung der Epifauna in die MSRL Bewertung sind bekannt. Von deutscher Seite aus soll die Epifauna Bestandteil des neu aufzusetzenden MSRL Monitorings sein (BLANO/Fach AG Benthos, www. meeresschutzinfo.de).
- Der gute Umweltzustand der benthischen Lebensräume (D6) in der Nordsee wurde nicht erreicht. Keiner der bewerteten weitverbreiteten oder besonders geschützten Lebensräume befindet sich in einem guten Zustand (BMU, 2018).

NOAH Ergebnisse:

- Zum ersten Mal überhaupt wurden Epifaunagemeinschaften basierend auf ihrer charakteristischen Artzusammensetzung und Individuendichte in der erweiterten dt. Bucht (räumlich) definiert (Neumann et al., 2017).
- Es wurden acht Epifaunagemeinschaften in der südöstlichen Nordsee gefunden. Zwei der gefundenen Gemeinschaften waren bis dato unbekannt.
- Eine der neu beschrieben Gemeinschaften zeichnet sich durch das hohe Vorkommen von langlebigen Schwammarten bei gleichzeitig sehr geringem Fischereiaufwand aus. Diese Gemeinschaft ist als besonders empfindlich gegenüber demersaler Fischerei einzuschätzen.
- Das Vorkommen von neun Rote Liste Arten der Kategorie 0-3 (ausgestorben bis gefährdet) in den Gemeinschaften wurde beschrieben.
- Der NOAH Habitatatlas liefert für MSRL Deskriptor 1 und 6 Begleitinformationen für die Epifaunagemeinschaften (Abundanz, Biomasse, Diversität und Vorkommen ausgewählter Arten) (Abbildung f).
- Es wurden vier Endofaunagemeinschaften für Abundanzdaten von 2010-2015 in der südöstlichen Nordsee gefunden.
- Die Bioturbationspotentiale der benthischen Endofaunagemeinschaften wurden auf der Basis der Daten von 2010-2015 in der südöstlichen Nordsee analysiert (Meyer et al., 2019). Die niedrigsten Bioturbationspotenitale wurden im Oyster Ground gemessen, die höchsten in den Küstengebieten und

auf der Doggerbank. Das Bioturbationspotential beeinflusst biogeochemische Stoffflüsse, Schadstoff-Gradienten und kleinräumige Sedimentdynamik und reflektiert den ökologischen Zustand des Meeresbodens (D6).

Fazit

- Die Indikatorliste für D6 kann/sollte um die Epifauna erweitert werden, da die bisherige Bewertung ausschließlich auf Basis der Infauna erfolgt.
- Das Vorkommen von Epifauna-Lebensgemeinschaften kann die EUNIS Habitate speziell für kleinräumige Gebiete wie die deutsche Bucht erweitern.
- Entwicklung von Epifauna-Indikatoren möglich: z.B. durch Festlegung der Sensitivität von Gemeinschaften und der Verschneidung mit fischereilicher Belastung.
- Generell bieten die Epi- und Endofaunagemeinschaften Begleitinformation für modifzierte D6 Indikatoren: Befischte/unbefischte Fläche von vorherrschenden Lebensgemeinschaften
- Da die Daten keine zeitliche Dynamik aufweisen ist eine Bewertung des Zustandes im Sinne der MSRL-Zyklen bisher nicht möglich. Dies sollte durch entsprechendes Monitoring gewährleistet werden.
- Räumliche Unterschiede im Bioturbationspotential der Endofaunagemeinschaften weisen auf unterschiedlich ausgeprägte geochemische und Schadstoffflüsse in der bodennahen Grenzschicht hin.

Literatur

Meyer, J., Nehmer, P., Moll, A., Kröncke, I., 2018. Shifting south-eastern North Sea macrofauna community structure since 1986: A response to de-eutrophication and regionally decreasing food supply? Estuarine, Coastal and Shelf Science 213: 115-127.

Meyer, J., Nehmer, P., Kröncke I., 2019. Shifting south-eastern North Sea macrofauna bioturbation potential over the past three decades: a response to increasing SST and regionally decreasing food supply. Marine Ecology Progress Series 609: 17-32.

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.

Ansprechpartner

Prof. Dr. Ingrid Kröncke, Senckenberg am Meer, Abt. Meeresforschung, Südstrand 40, 26382 Wilhelmshaven, ingrid.kroencke@senckenberg.de

Variabilität des Meeresbodens durch physikalische und biogene Einflussgrößen

Pockmarks

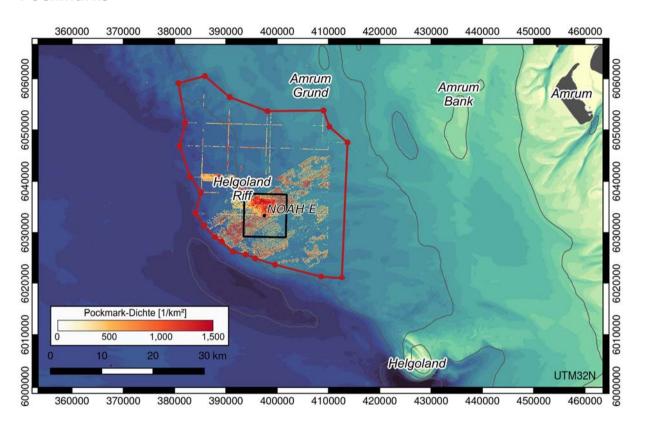


Abbildung h: Ausdehnung und Dichte des Auftretens von Pockmarks im Untersuchungsgebiet um Station NOAH-E (Krämer et al., 2017).

Unsicherheit bei der Prognose von Bodenformen

(als Ergänzung zum Habitatatlas "Sand ripple formation by wave/current")

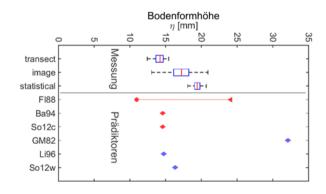


Abbildung i: Unsicherheiten bei der Prognose der Höhe von Bodenformen in der Deutschen Bucht (Krämer & Winter, 2016)

Vergleich zwischen Vorhersagemodell und Beobachtung

(als Ergänzung zum Habitatatlas "Shear stress by wave / Shear stress by current")

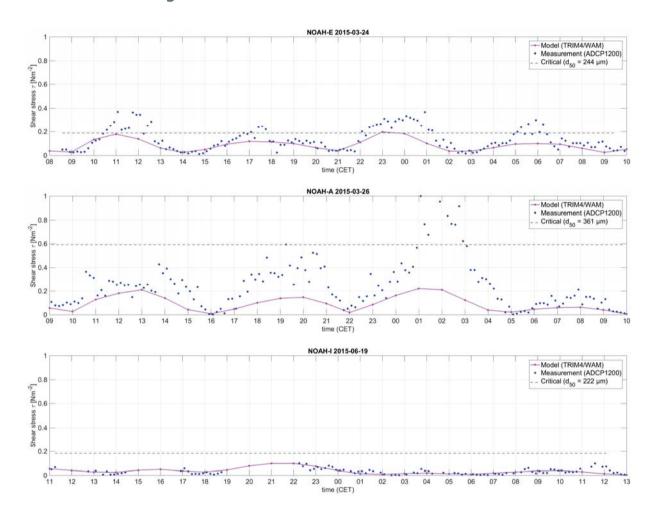


Abbildung j: Vergleich der kombinierten Bodenschubspannung aus Strömungen und Wellen aus Messung (ADCP1200 SedObs Lander) und Modell (TRIM/WAM) im Bezug zur kritischen Schubspannung für den Beginn der Sedimentbewegung.



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D6 – Integrität des Meeresboden	D6 C1, C2	UZ 7: "Meere mit natürlicher hydromorphologischer Charakteristik"	D7C1 "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen":
D7- Hydrografische Bedingungen	D6 C1, C2	UZ 7.1, /.2: "Die Summe der Beeinflussung von hydrologischen Prozessen hat keine nachteiligen Auswirkungen auf die Meeresökosysteme."	D7C2 "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp": Räumliche Ausdehnung jedes infolge dauerhafter Veränderungen der hydrografischen Bedingungen

^e KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Physikalische Störung des Meeresbodens (einschließlich der Gezeitenzone): D6C2 Primäres Kriterium: Räumliche Ausdehnung der Belastung durch physikalische Störungen des natürlichen Meeresbodens"

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

- Die Bathymetrie wird im Rahmen der Synopse in örtlich variablen zeitlichen Abständen (1 25 Jahre) und Auflösungen (100 250 m) erfasst (BSH Sollaufgabe: SeeAufG).
- Die natürliche Variabilität wird nicht erfasst.



NOAH Ergebnisse

- Natürliche Variabilität wesentlicher Eigenschaften des Meeresbodens und der hydrodynamischen Einwirkung durch Strömungen und Wellen im Gezeitenrhythmus, saisonal, durch Extremereignisse
- Neu aufgetretenes Pockmark-Gebiet am Helgoland-Riff (Abb h) als potentiell schützenswertes Habitat (Special Area of Conservation, NATURA 2000 Habitat Type 1180 "Submarine structures made by leaking gases"). Die entstandenen morphodynamischen Veränderungen sind allerdings im mobilen Sand unter starker hydrodynamischer Einwirkung vergänglich.
- Überprüfung der Prädiktoren für die Dimensionen von kleinskaligen Boden (Rippeln): Die kleinräumige Variabilität von Bodenformen kann durch die Prädiktoren nicht wiedergegeben werden (Abb. i).
- Überprüfung der Vorhersagemodelle durch Messung von Zustandsgrößen am Meeresboden: Bodenschubspannung wird im Modell teils drastisch unterschätzt und liegt oft unter der kritischen Schubspannung zur Mobilisierung des Sediments (Abb. j).

Fazit

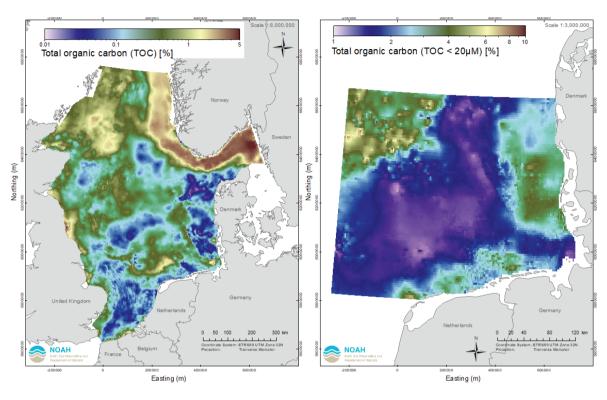
- Zur Abbildung der kleinräumigen natürlichen Variabilität sollten hochfrequente und hochauflösende bathymetrische Vermessungen in Fokusgebieten durchgeführt werden.
- Zur Verbesserung der Verlässlichkeit von Vorhersagemodellen sollten gezielte Messungen der Zustandsgrößen für morphodynamische Prozesse am Meeresboden durchgeführt werden.

Literatur

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: 5150-5150.

Krämer, K., 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.

Modellierung von organischem Kohlenstoff (TOC) in Oberflächensedimenten der Nordsee



→ Link zur Karte (links): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/25/

→ Link zur Karte (rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/26/

→ Link zu Daten (Karte links): https://doi.org/10.1594/WDCC/coastMap_Substrate_TOC

→ Link zu Daten (Karte rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/28/

Räumliche Verteilung von Gehalten an organischem Kohlenstoff in Oberflächensedimenten der Nordsee

Mögliche Verteilung von TOC dargestellt als prozentualer Anteil am Trockengewicht des Sediments für TOC-Messungen an der Gesamtfraktion (links; ca. 3.000 Sedimentproben) und TOC-Messungen an der Feinfraktion < 20 μ m (rechts; ca. 1.200 Sedimentproben;

wegen der geringeren Datenmenge nur Deutsche Bucht). Die räumliche Modellierung und Interpolation erfolgte mittels eines geostatistischen Verfahrens (*Co-Kriging*) unter Berücksichtigung des Schlickanteils.







^a KOM-Beschluss 2017/848/EU, ^b Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018 (BMU, 2018), ^c MSRL-Maßnahmenprogramm zum Meeresschutz der deutschen Nord- und Ostsee (BMU, 2016)

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Die Eutrophierung küstennaher Regionen der Nordsee ist nach wie vor ein großes Problem. Obwohl die Anreicherung von Nährstoffen rückläufig ist, führen diffuse Einträge, unter anderem aus der Remineralisation von TOC in Sedimenten, weiterhin zu unerwünschten Effekten. Auf Empfehlung der OSPAR Kommission wurden bislang Stickstoff und Phosphor (TN, DIN, TP, DIP) als Indikatoren für den Eutrophierungsstatus operationalisiert. Sedimentärer organischer Kohlenstoff (TOC), obgleich wichtig zur Definition von Habitaten sowie bei der Berechnung von Nährstoffbudgets, Sauerstoffbedarf und -zehrung und Schadstoffbilanzen in Depositionsräumen, spielt eine untergeordnete Rolle.

NOAH Ergebnisse

■ Der TOC-Gehalt im Meeresboden der Nordsee ist eng an die Feinkornfraktion gekoppelt und kann somit anhand des Schlickanteils des Sediments abgeschätzt werden. Die Prognose hängt jedoch von der zugrundeliegenden Methode ab. Legt man Messungen an der Gesamtfraktion zu Grunde, ist der TOC-Gehalt in sandigen Sedimenten geringer (< 0.05%) als in schlickreichen Regionen (bis 5%). Werden nur Messungen an der Fraktion < 20 µm betrachtet, kehrt sich der Zusammenhang um. Die prognostizierte Verteilung des TOC-Gehalts in Oberflächensedimenten der Nordsee spiegelt die bodennahen Transporte und laterale Verfrachtung von feinem und leichten Sedimentbestandteilen wider. Sie steht in Einklang mit der Vermutung, dass in sandigen, sauerstoffreichen Sedimenten (ca. 40%) ein rascher Abbau organischen Materials stattfindet, während in schlickreichen Gebieten biologische Prozesse (z.B. Bioturbation) die Nährstoffzyklen und Schadstoffakkumulationen maßgeblich beeinflussen.

Fazit

- Eine Überwachung des TOC-Gehalts sollte insbesondere für Regionen mit geringem Feinkornanteil in Betracht gezogen werden, da diese besonders sensibel auf Einträge von organischem Material oder Störungen der natürlichen Schwebstoffdynamik reagieren können.
- Zusätzliche Anstrengungen sollten unternommen werden, um die Datenlage von Messungen des TOC-Gehalts in Sedimenten der Nordsee (Gesamtund Feinkornfraktion) zu verbessern, mit dem Ziel sowohl die räumliche als auch zeitliche Auflösung zu erhöhen.

Maximale Bodenschubspannung als Indikator für die hydrografischen Bedingungen am Meeresboden

Bodenschubspannung am Meeresboden (aus Modelldaten, TRIM und WAM)

Die maximale Bodenschubspannung repräsentiert die räumliche Verteilung der zeitlich gemittelten maximalen Scherkräfte am Meeresboden durch Reibung des darüber fließenden Wassers, die durch die kombinierte Wirkung von Wellen und Strömungen ausgeübt wird. Der Parameter ist eine wichtige Größe für den Transport von Sedimenten, die somit auch einen auch einen relevanten Einfluss auf die benthische Fauna hat (Soulsby 1997). Die Karte zeigt die räumliche Verteilung der zeitlich gemittelten maximalen Bodenschubspannung in der Einheit Newton/m² für den TRIM-Modelllauf 1984 – 2014. Es sind der Mittelwert und die Standardabweichung der Bodenschubspannungen aus Strömung und Wellen dargestellt. In TRIM (→ Modellanalyse-Tool) wird die Strömung in drei unterschiedlichen Modellgittern von 6,4 km für die Nordsee, von 3,2 km für die südliche Nordsee, und von 1,6 km für die Deutsche Bucht und Teile der südöstlichen Nordsee berechnet. Die Wellendaten wurden mit dem WAM-Modell (aus 3. Generation) berechnet (Staneva et al. 2014). Die zeitliche Mittelung erfolgt über die Jahre 2010 bis 2014.

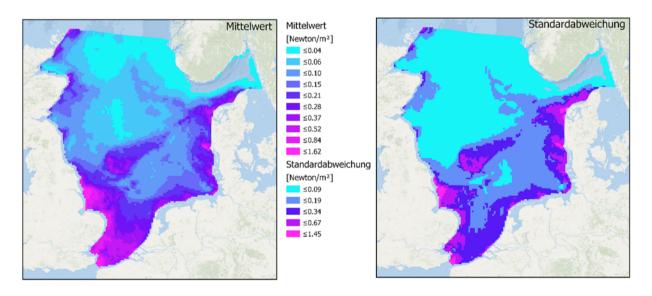
Eine detaillierte Beschreibung zum Modell und der Methodik findet sich in den NOAH Data Pages (s. NOAH Habitatatlas).

Referenzen

Soulsby, R., Whitehouse, R., Marten, K., 2012. Prediction of time-evolving sand ripples in shelf seas. Continental Shelf Research. 38: 47-62, ISSN 0278-4343. https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.02.016.

Staneva, J., Behrens, A., Groll, N., 2014. Recent Advances in Wave-Modelling for the North Sea and German Bright. Die Küste: Models of Coastal Waters in Germany – Performance and Application Examples 81: 233-254, ISSN 0452-7739.

WAMDI-Group, 1988. The WAM model – a third generation ocean wave prediction model. Journal of Physical Oceanography 18: 1775–1810. https://doi.org/10.1175/1520-0485(1988)018 <1775:TWMTGO>2.0.CO:2.



→ Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/29/
 → Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/30/





^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Die Schubspannung der Wasserbewegung am Meeresboden (verursacht durch Strömung und Wellen) wird derzeit nicht als Indikator oder als Grundlage zur Bewertung MSRL-relevanter Sachverhalte verwendet.

NOAH Ergebnisse

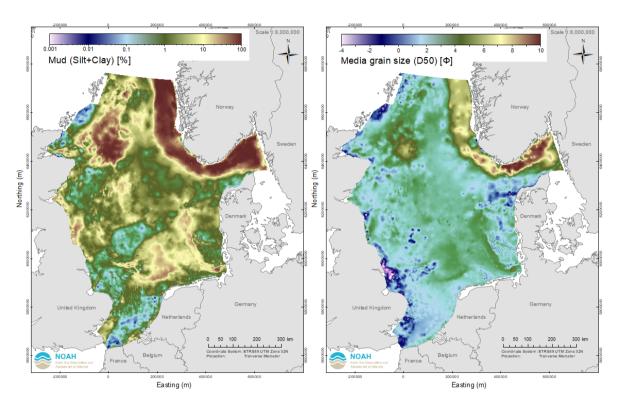
- räumliche Verteilung der zeitlich gemittelten maximalen Bodenschubspannung in Newton/m², Modelllauf 1984 – 2014; Darstellung als Mittelwert und Standardabweichung.
- Die Schubspannung korreliert mit Sedimenttypen und definiert daher teilweise die benthischen Habitate.
- Die zeitliche Variation der Schubspannung bedingt die Häufigkeit und Intensität der Sedimentmobilisierung, wenn die kritische Schubspannung der Sedimente überschritten wird.

Fazit

In küstennahen Gebieten ist nicht zuletzt durch gezeiteninduzierte Strömungen die Bodenschubspannung und damit die Häufigkeit von Sedimenttransportereignissen so hoch, dass diese die Häufigkeit von Störungen durch Fischerei deutlich überschreitet.



Sedimenttypen/Korngrößenverteilungen als Grundlage zur Definition von Meeresbodenhabitaten



Karte 31 (links) und Karte 32 (rechts): Räumliche Darstellung von Oberflächensedimenten der Nordsee als prozentualer Anteil der Korngrößenfraktion < 63µm (Silt + Ton) (links) und als Median (D50) der kumulativen Korngrößenverteilung (rechts).

Feinkornanteil < 63 Mikrometer und mittlere Korngröße von Oberflächensedimenten

Die nationale Umsetzung der MSRL macht eine Identifizierung relevanter Lebensraumtypen und benthischer Gemeinschaften erforderlich. Die Sedimentbeschaffenheit ist dafür ein prägendes Merkmal und definiert verschiedene Substrattypen und Habitate.

Weiter spielt der Feinkornanteil eine entscheidende Rolle für die Akkumulation von Schadstoffen. Für die Berechnung der Parameter wurden Korngrößenspektren und Messwerte von mehr als 40.000 Sedimentproben ausgewertet. Die räumliche Modellierung und Interpolation der Punktdaten erfolgte auf Basis eines geostatistischen Verfahrens (*Co-Kriging*) unter Berücksichtigung der vorherrschenden Wassertiefe (Bockelmann et al., 2017).

→ Link zur Karte (links): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/31/

→ Link zur Karte (rechts): https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/32/

→ Link zu Daten (Karte links): https://doi.org/10.1594/WDCC/coastMap_Substrate_Mud

→ Link zu Daten (Karte rechts): https://doi.org/10.1594/WDCC/coastMap_Substrate_MGS



^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Weniger als 1% der deutschen Nordseegewässer sind durch dauerhafte Veränderungen des Meeresbodens durch menschliche Aktivitäten betroffen. Zur Unterstützung der Zielerreichung sieht das MSRL-Maßnahmenprogramm 2016–2021 als ergänzende Maßnahme den Aufbau eines hydromorphologischen und sedimentologischen Informations- und Analysesystems für die deutsche Nord- und Ostsee vor.

NOAH Ergebnisse

- Die geostatistische Modellierung (Co-Kriging) der betrachteten Korngrößenparameter erweist sich als robustes Interpolationsverfahren für eine quantitative Darstellung räumlicher Strukturen in den Oberflächensedimenten der Nordsee. Durch die Berücksichtigung der Wassertiefe konnte das Modell optimiert werden.
- Ein Vergleich von Messungen der Korngrößenverteilung offenbart häufig deutliche Diskrepanzen zwischen verschiedenen Datensätzen, die offensichtlich durch Unterschiede in den methodischen Standards hervorgerufen werden. Berechnungen der Korngrößenparameter zeigten daher oftmals inkonsistente Übergänge in den Karten, die durch eine Harmonisierung der Datensätze beseitigt werden mussten.

Fazit

- Die hohe Verfügbarkeit von gemessenen Korngrößenspektren erlaubt eine detaillierte und kontinuierliche Darstellung von Oberflächensedimenten (einschließlich primärer und sekundärer Korngrößenparameter). Die Daten können der jeweiligen Problemstellung entsprechend für die Klassifizierung von Lebensraumtypen, in der Ökosystemmodellierung oder zur Entwicklung von Indikatoren herangezogen werden.
- Nationale Lösungen bei der Messung und Analytik von Korngrößenspektren sollten vereinheitlicht werden, um neben den o.g. Verfahren zur Kartierung relevanter Lebensraumtypen und benthischer Gesellschaften auch eine Standardisierung der Datengrundlage zu erreichen.
- Die Beschreibung von Datensätzen mit entsprechenden Metadaten und deren Langzeitspeicherung muss zukünftig gesichert sein, um den ansonsten drohenden Informationsverlust zu vermeiden.



D7 – Hydrografische Bedingungen

- Variabilität des Meeresbodens durch physikalische und biogene Einflussgrößen (Christian-Albrechts-Universität zu Kiel)
- Maximale Bodenschubspannung als Indikator für die hydrografischen
 Bedingungen am Meeresboden (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Salzgehalt am Meeresboden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Temperatur am Meeresboden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)
- Variabilität der saisonalen Temperatur am Boden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)

Variabilität des Meeresbodens durch physikalische und biogene Einflussgrößen

Pockmarks

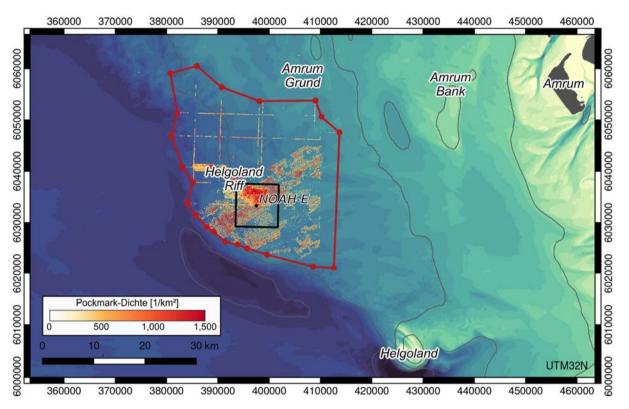


Abbildung k: Ausdehnung und Dichte des Auftretens von Pockmarks im Untersuchungsgebiet um Station NOAH-E (Krämer et al., 2017).

Unsicherheit bei der Prognose von Bodenformen

(als Ergänzung zum Habitatatlas "Sand ripple formation by wave/current")

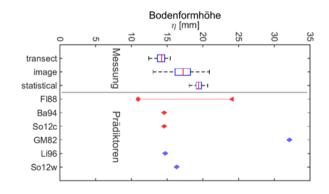


Abbildung I: Unsicherheiten bei der Prognose der Höhe von Bodenformen in der Deutschen Bucht (Krämer & Winter, 2016)

Vergleich zwischen Vorhersagemodell und Beobachtung

(als Ergänzung zum Habitatatlas "Shear stress by wave / Shear stress by current")

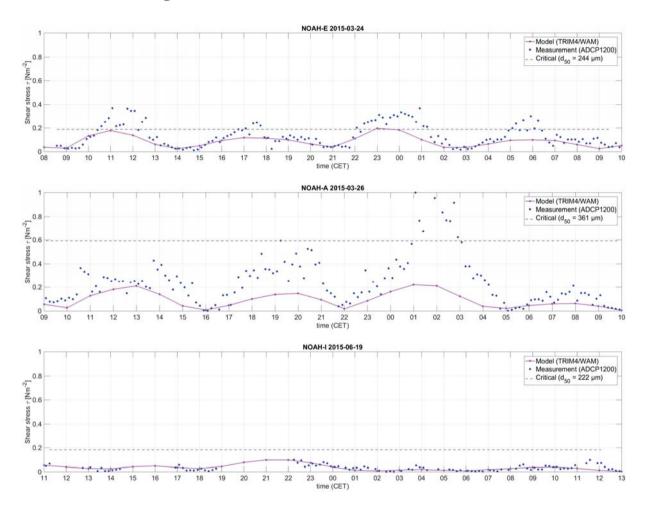


Abbildung m: Vergleich der kombinierten Bodenschubspannung aus Strömungen und Wellen aus Messung (ADCP1200 SedObs Lander) und Modell (TRIM/WAM) im Bezug zur kritischen Schubspannung für den Beginn der Sedimentbewegung.



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D6 – Integrität des Meeresboden	D6 C1, C2	UZ 7: "Meere mit natürlicher hydromorphologischer Charakteristik"	D7C1 "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen":
D7- Hydrografische Bedingungen	D6 C1, C2	UZ 7.1, /.2: "Die Summe der Beeinflussung von hydrologischen Prozessen hat keine nachteiligen Auswirkungen auf die Meeresökosysteme."	D7C2 "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp": Räumliche Ausdehnung jedes infolge dauerhafter Veränderungen der hydrografischen Bedingungen

^e KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Physikalische Störung des Meeresbodens (einschließlich der Gezeitenzone): D6C2 Primäres Kriterium: Räumliche Ausdehnung der Belastung durch physikalische Störungen des natürlichen Meeresbodens"

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

- Die Bathymetrie wird im Rahmen der Synopse in örtlich variablen zeitlichen Abständen (1 25 Jahre) und Auflösungen (100 250 m) erfasst (BSH Sollaufgabe: SeeAufG).
- Die natürliche Variabilität wird nicht erfasst.



NOAH Ergebnisse

- Natürliche Variabilität wesentlicher Eigenschaften des Meeresbodens und der hydrodynamischen Einwirkung durch Strömungen und Wellen im Gezeitenrhythmus, saisonal, durch Extremereignisse
- Neu aufgetretenes Pockmark-Gebiet am Helgoland-Riff (Abb h) als potentiell schützenswertes Habitat (Special Area of Conservation, NATURA 2000 Habitat Type 1180 "Submarine structures made by leaking gases"). Die entstandenen morphodynamischen Veränderungen sind allerdings im mobilen Sand unter starker hydrodynamischer Einwirkung vergänglich.
- Überprüfung der Prädiktoren für die Dimensionen von kleinskaligen Boden (Rippeln): Die kleinräumige Variabilität von Bodenformen kann durch die Prädiktoren nicht wiedergegeben werden (Abb. i).
- Überprüfung der Vorhersagemodelle durch Messung von Zustandsgrößen am Meeresboden: Bodenschubspannung wird im Modell teils drastisch unterschätzt und liegt oft unter der kritischen Schubspannung zur Mobilisierung des Sediments (Abb. j).

Fazit

- Zur Abbildung der kleinräumigen natürlichen Variabilität sollten hochfrequente und hochauflösende bathymetrische Vermessungen in Fokusgebieten durchgeführt werden.
- Zur Verbesserung der Verlässlichkeit von Vorhersagemodellen sollten gezielte Messungen der Zustandsgrößen für morphodynamische Prozesse am Meeresboden durchgeführt werden.

Literatur

M 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: 5150-5150.

Krämer, K., 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.

Maximale Bodenschubspannung als Indikator für die hydrografischen Bedingungen am Meeresboden

Bodenschubspannung am Meeresboden (aus Modelldaten, TRIM und WAM)

Die maximale Bodenschubspannung repräsentiert die räumliche Verteilung der zeitlich gemittelten maximalen Scherkräfte am Meeresboden durch Reibung des darüber fließenden Wassers, die durch die kombinierte Wirkung von Wellen und Strömungen ausgeübt wird. Der Parameter ist eine wichtige Größe für den Transport von Sedimenten, die somit auch einen auch einen relevanten Einfluss auf die benthische Fauna hat (Soulsby 1997). Die Karte zeigt die räumliche Verteilung der zeitlich gemittelten maximalen Bodenschubspannung in der Einheit Newton/m² für den TRIM-Modelllauf 1984 – 2014. Es sind der Mittelwert und die Standardabweichung der Bodenschubspannungen aus Strömung und Wellen dargestellt. In TRIM (→ Modellanalyse-Tool) wird die Strömung in drei unterschiedlichen Modellgittern von 6,4 km für die Nordsee, von 3,2 km für die südliche Nordsee, und von 1,6 km für die Deutsche Bucht und Teile der südöstlichen Nordsee berechnet. Die Wellendaten wurden mit dem WAM-Modell (aus 3. Generation) berechnet (Staneva et al. 2014). Die zeitliche Mittelung erfolgt über die Jahre 2010 bis 2014.

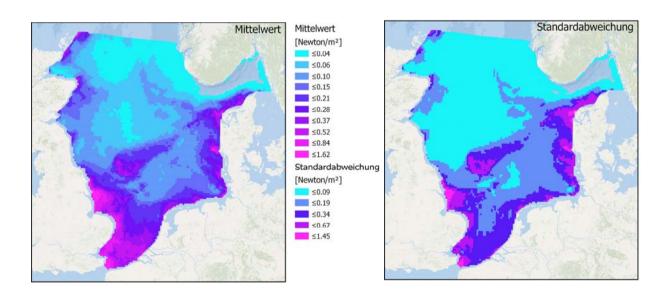
Eine detaillierte Beschreibung zum Modell und der Methodik findet sich in den NOAH Data Pages.

Referenzen

Soulsby, R., Whitehouse, R., Marten, K., 2012. Prediction of time-evolving sand ripples in shelf seas. Continental Shelf Research. 38: 47-62, ISSN 0278-4343. https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.02.016.

Staneva, J., Behrens, A., Groll, N., 2014. Recent Advances in Wave-Modelling for the North Sea and German Bright. Die Küste: Models of Coastal Waters in Germany – Performance and Application Examples 81: 233-254, ISSN 0452-7739.

WAMDI-Group, 1988. The WAM model – a third generation ocean wave prediction model. Journal of Physical Oceanography 18: 1775–1810. https://doi.org/10.1175/1520-0485(1988)018 <1775:TWMTGO>2.0.CO;2.



→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/35/

→ Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/36/

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D6 – Integrität des Meeresboden	D6 C2, C3, C5	UZ 4: "Meere mit nachhaltig und schonend genutzten Ressourcen" UZ 4.3: "Die Fischerei beeinträchtigt die anderen Ökosystemkomponenten (Nichtzielarten und benthische Lebensgemeinschaften) nicht […]"	D6C2 "Physische Schädigung vorherrschender und besonderer Biotoptypen"
D7- Hydrografische Bedingungen	D7C1, C2		D7C1 Kein nationaler Indikator definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" D7C2 Kein nationaler Indikator definiert zu "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp"

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Die Schubspannung der Wasserbewegung am Meeresboden (verursacht durch Strömung und Wellen) wird derzeit nicht als Indikator oder als Grundlage zur Bewertung MSRL-relevanter Sachverhalte verwendet.

NOAH Ergebnisse

- räumliche Verteilung der zeitlich gemittelten maximalen Bodenschubspannung in Newton/m², Modelllauf 1984 – 2014; Darstellung als Mittelwert und Standardabweichung.
- Die Schubspannung korreliert mit Sedimenttypen und definiert daher teilweise die benthischen Habitate.
- Die zeitliche Variation der Schubspannung bedingt die Häufigkeit und Intensität der Sedimentmobilisierung, wenn die kritische Schubspannung der Sedimente überschritten wird.

Fazit

In küstennahen Gebieten ist nicht zuletzt durch gezeiteninduzierte Strömungen die Bodenschubspannung und damit die Häufigkeit von Sedimenttransportereignissen so hoch, dass diese die Häufigkeit von Störungen durch Fischerei deutlich überschreitet.



Salzgehalt am Meeresboden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen

Salzgehalt 1m über Meeresboden (aus Modelldaten, TRIM)

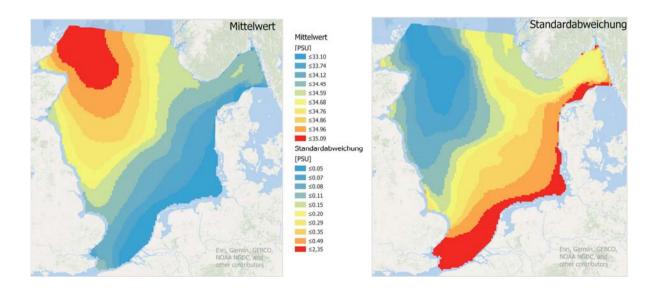
Die hydrografischen Bedingungen in der Nordsee (BSH, 2016) sowie die Verbreitung von benthischen Gemeinschaften (Neumann et al., 2017) werden primär durch Temperatur, Salzgehalt und saisonale Schichtung definiert. Wassertemperatur und Salzgehalt der deutschen Nordseegewässer werden wiederum durch die großräumigen atmosphärischen und ozeanographischen Zirkulationsmuster, die Süßwassereinträge von Weser und Elbe und den Energieaustausch mit der Atmosphäre bestimmt (BSH 2016).

In Küstengebieten liegt der Salzgehalt typischerweise zwischen 32 und 34,5 und schwankt stark. In TRIM wird eine Auflösung 6,4 km für die Nordsee, von 3,2 km für die südliche Nordsee, von 1,6 km für die Deutsche Bucht und Teile der südöstlichen Nordsee erreicht. Das Modell ist TRIM ist dreidimensional bei 1 m Wassertiefe nahe der Oberfläche. Die Schichtung steigt dann langsam für Tiefen über 20 m an (Pätsch et al. 2017).

Die Karten zeigen die langjährigen Mittelwerte und Standardabweichungen des Salzgehalts 1m über dem Meeresboden in der Einheit PSU – TRIM Modelllauf 1984 – 2014. Anmerkung: Im Modellzeitraum ist kein Trend zu erkennen. Es sind der Mittelwert und die Standardabweichung dargestellt.

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Entwicklungen der Salzgehalte werden aus langjährigen stationären Beobachtungen (Helgoland Reede) abgeleitet, bodennahe Salzgehalte werden nicht gesondert betrachtet. Generell wird eine moderate Abnahme des Salzgehalts der Nordsee erwartet. Keine nationalen Indikatoren definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" (D7C1) und "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp" (D7C2).



→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/37/
 → Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/38/

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D7- Hydrografische Bedingungen	D7C1, C2		D7C1 Kein nationaler Indikator definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" D7C2 Kein nationaler Indikator definiert zu "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp"

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

NOAH Ergebnisse

Salzgehalt 1m über dem Meeresboden in der Einheit PSU, TRIM-Modelllauf 1984 – 2014; Darstellung als Mittelwert und Standardabweichung. Der Salzgehalt im Bodenwasser ist einer der signifikanten Umweltparameter bei der Definition von Verbreitungsgebieten epibenthischer Gemeinschaften.

Fazit

Modellergebnisse sind die einzige Quelle von räumlich und zeitlich kontinuierlichen Informationen zu Salinitäten im Bodenwasser, einer wichtigen Kenngröße der Habitate bodenlebender Organismen. Es besteht Bedarf an Informationen zu möglichen zukünftigen Entwicklungen.

Referenzen

BSH, 2016. Nordseezustand 2008–2011. Berichte des BSH, Nr. 54, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 310 Seiten.

Kapitza H. and D. Eppel, 2000. "Simulating morphodynamical processes on a parallel system". In: Spaulding ML and Butler HL (eds) Estuarine and Coastal Modelling, Proceedings of the sixth International Conference. New Orleans, Louisiana, USA, November 3-5, 1999

Neumann, H., Diekmann, R., Emeis, K., 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.

Pätsch, J., Burchard, H., Dieterich, C., Gräwe, U., Gröger, M., Mathis, M., Kapitza, H., Bersch, M., Moll, A., Pohlmann, T., Su, J., Hagemann, H. T. M., Schulz, A., Elizalde, A., Eden, C., 2017. An evaluation of the NorthSea circulation in global and regional models relevant for ecosystem simulations. Ocean. 116, 70-95, ISSN 1463-5003. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.06.005.

Literatur zu TRIM

Soulsby, R., Whitehouse, R., Marten, K., 2012. Prediction oftime-evolving sand ripples in shelf seas. Continental Shelf Research. 38, 47-62, ISSN 0278-4343. https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.02.016.

Staneva, J., Behrens, A., Groll, N., 2014. Recent Advances in Wave-Modelling for the North Sea and German Bright. Die Küste: Models of Coastal Waters in Germany – Performance and Application Examples 81: 233-254, ISSN 0452-7739.

WAMDI-Group,1988.TheWAMmodel-athird generation oceanwave prediction model. Journal of Physical Oceanography 18: 1775–1810. https://doi.org/10.1175/1520-0485(1988)018 < 1775:TWMTGO > 2.0.CO;2.

Temperatur am Meeresboden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen

Meeresbodentemperatur 1m über Grund (aus Modelldaten, TRIM)

Die hydrografischen Bedingungen in der Nordsee werden primär durch Temperatur, Salzgehalt und saisonale Schichtung definiert. Wassertemperatur und Salzgehalt der deutschen Nordseegewässer werden wiederum durch die großräumigen atmosphärischen und ozeanographischen Zirkulationsmuster, die Süßwassereinträge von Weser und Elbe und den Energieaustausch mit der Atmosphäre bestimmt. Letzteres gilt insbesondere für die Meeresoberflächentemperatur (im Folgenden SST für Sea Surface Temperature) (BSH, 2016). Informationen über die zeitliche und räumliche Variabilität der Temperatur am Meeresboden sind im Hinblick auf die Artenverteilung und die Modellierung der Lebensraumtauglichkeit wichtig (Neumann et al., 2017).

In TRIM wird eine Auflösung 6,4 km für die Nordsee, von 3,2 km für die südliche Nordsee, von 1,6 km für die Deutsche Bucht und Teile der südöstlichen Nordsee erreicht. Das Modell ist TRIM ist dreidimensional bei 1 m Wassertiefe nahe der Oberfläche. Die Schichtung steigt dann langsam für Tiefen über 20 m an (Pätsch et al., 2017). Die Karten zeigen die Temperatur 1m über dem Meeresboden [°C] - Modelllauf 1984 – 2014. Es sind der

Mittelwert und die Standardabweichung dargestellt. In den interaktiven Karten werden weiterhin Minima und Maxima für jede Gitterzelle ausgewiesen. Der Schwankungsbereich in küstennahen Gitterzellen beträgt im Modellzeitraum >20°C. Anmerkung: Das Modell zeigt über den Modellzeitraum keinen Trend der bodennahen Temperaturen.

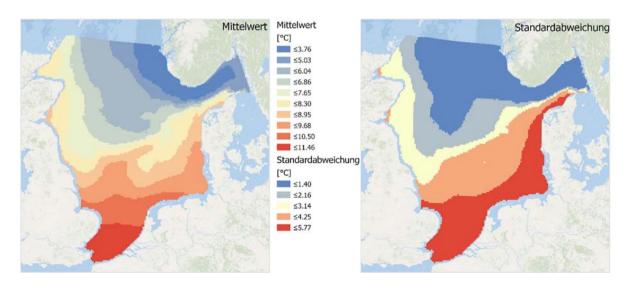
Referenzen

BSH, 2016. Nordseezustand 2008–2011. Berichte des BSH, Nr. 54, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 310 Seiten.

Kapitza H. and D. Eppel, 2000." Simulating morphodynamical processes on a parallel system". In: Spaulding ML and Butler HL (eds) Estuarine and Coastal Modelling, Proceedings of the sixth International Conference. New Orleans, Louisiana, USA, November 3-5, 1999 Neumann, H., Diekmann, R., Emeis, K., 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.

Pätsch, J., Burchard, H., Dieterich, C., Gräwe, U., Gröger, M., Mathis, M., Kapitza, H., Bersch, M., Moll, A., Pohlmann, T., Su, J., Hagemann, H. T. M., Schulz, A., Elizalde, A., Eden, C., 2017. An evaluation of the NorthSea circulation in global and regional models relevant for ecosystem simulations. Ocean. 116, 70-95, ISSN 1463-5003. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.06.005.



→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/39/
 → Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/40/





^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Literatur zu TRIM

Soulsby, R., Whitehouse, R., Marten, K., 2012. Prediction oftime-evolving sand ripples in shelf seas. Continental Shelf Research. 38, 47-62, ISSN 0278-4343. https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.02.016.

Staneva, J., Behrens, A., Groll, N., 2014. Recent Advances in Wave-Modelling for the North Sea and German Bright. Die Küste: Models of Coastal Waters in Germany – Performance and Application Examples. 81, 233-254, ISSN 0452-7739.

WAMDI-Group, 1988. The WAM model – a third generation ocean wave prediction model. Journal of Physical Oceanography. 18, 1775–1810. https://doi.org/10.1175/1520-0485(1988)018<1775:TW MTGO>2.0.CO;2

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Die Zeitserie der Jahresmittel der Temperatur an der Oberfläche (SST) der gesamten Nordsee basiert auf den vom BSH wöchentlich herausgegebenen Temperaturkarten. Bodennahe Temperaturen werden nicht gesondert betrachtet. Keine nationalen Indikatoren definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" (D7C1) und "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp" (D7C2).

NOAH Ergebnisse

Temperatur 1m über dem Meeresboden [°C] - Modelllauf 1984 – 2014; Darstellung als Mittelwert und Standardabweichung. In den klickbaren Karten werden auch Minima und Maxima für jede Gitterzelle gezeigt.

Fazit

Der Schwankungsbereich der bodennahen Temperatur ist in küstennahen Gewässern sehr hoch und ist ein wichtiger Umweltfaktor für die räumliche Verteilung von benthischen Gemeinschaften. Ein langjähriger Trend ist im Modell nicht zu erkennen, möglichweise als Folge der Limitierungen im Modellantrieb des gröbsten Gitters (LEVITUS-Klimatologie).

Diese Information ist wichtig für die Einschätzung von Veränderungen der benthischen Habitate und sollte gezielt erhoben werden.

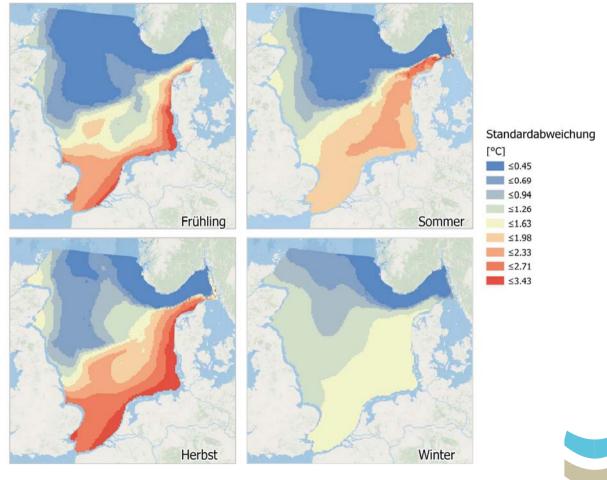


Variabilität der saisonalen Temperatur am Boden als Indikator für die hydrografischen Bedingungen

Variabilität der saisonalen Temperatur am Boden (aus Modelldaten, TRIM)

Die hydrografischen Bedingungen in der Nordsee werden primär durch Temperatur, Salzgehalt und saisonale Schichtung definiert. Informationen über die zeitliche und räumliche Variabilität der bodennahen Temperatur sind im Hinblick auf die Artenverteilung und die Modellierung der Lebensraumtauglichkeit für benthische Organismen wichtig. Wassertemperatur und Salzgehalt der deutschen Nordseegewässer werden durch die großräumigen atmosphärischen und ozeanographischen Zirkulationsmuster, die Süßwassereinträge von Weser und Elbe und den Energieaustausch mit der Atmosphäre bestimmt. Letzteres gilt insbesondere für

die Meeresoberflächentemperatur (im Folgenden SST für Sea Surface Temperature) (BSH 2016). In TRIM wird eine Auflösung 6,4 km für die Nordsee, von 3,2 km für die südliche Nordsee, von 1,6 km für die Deutsche Bucht und Teile der südöstlichen Nordsee erreicht. Das Modell ist TRIM ist dreidimensional bei 1 m Wassertiefe nahe der Oberfläche. Die Schichtung steigt dann langsam für Tiefen über 20 m an (Pätsch et al. 2017). Die Karten zeigen die Variabilität der saisonalen Temperaturverteilung am Meeresboden [°C] im TRIM-Modelllauf 1984 – 2014. Es ist die Standardabweichung der saisonal gemittelten Temperaturen in der untersten Modellzelle dargestellt. Besonders breite Schwankungsbereiche (>3°) kennzeichnen die küstennahen Gewässer der Deutschen Bucht. Anmerkung: Die Modelldaten lassen keinen Trend erkennen.



→ Link zur Karte: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/41/
 → Link zum Tool: https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/42/

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D7- Hydrografische Bedingungen	D7C1, C2		D7C1 Kein nationaler Indikator definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" D7C2 Kein nationaler Indikator definiert zu "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp"

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^cAnhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Die Zeitserie der Jahresmittel der Temperatur an der Oberfläche (SST) der gesamten Nordsee basiert auf den vom BSH wöchentlich herausgegebenen Temperaturkarten. Bodennahe Temperaturen werden nicht gesondert betrachtet. Keine nationalen Indikatoren definiert zu "Dauerhafte Veränderungen der hydrografischen Bedingungen" (D7C1) und "Beeinträchtigter benthischer Lebensraumtyp" (D7C2).

NOAH Ergebnisse

Variabilität der saisonalen Temperaturverteilung am Meeresboden [°C] – TRIM-Modellauf 1984 – 2014; Darstellung von Mittelwerten und Standardabweichungen im Frühling, Sommer, Herbst und Winter.

Referenzen

BSH, 2016. Nordseezustand 2008–2011. Berichte des BSH, Nr. 54, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie, Hamburg und Rostock, 310 Seiten.

Kapitza H. and D. Eppel, 2000." Simulating morphodynamical processes on a parallel system". In: Spaulding ML and Butler HL (eds) Estuarine and Coastal Modelling, Proceedings of the sixth International Conference. New Orleans, Louisiana, USA, November 3-5, 1999

Pätsch, J., Burchard, H., Dieterich, C., Gräwe, U., Gröger, M., Mathis, M., Kapitza, H., Bersch, M., Moll, A., Pohlmann, T., Su, J., Hagemann, H. T. M., Schulz, A., Elizalde, A., Eden, C., 2017. An evaluation of the NorthSea circulation in global and regional models relevant for ecosystem simulations. Ocean. 116, 70-95, ISSN 1463-5003. https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2017.06.005.

Fazit

Modelldaten weisen die küstennahen Gewässer der Deutschen Bucht als die Regionen aus, in denen die saisonalen Schwankungen der bodennahen Temperatur im langjährigen Mittel besonders im Frühling und Herbst hoch (>3°C) sind.

Der Schwankungsbereich der bodennahen Temperatur ist in küstennahen Gewässern sehr hoch und ist ein wichtiger Umweltfaktor für die räumliche Verteilung von benthischen Gemeinschaften. Ein langjähriger Trend ist im Modell nicht zu erkennen, möglichweise als Folge der Limitierungen im Modellantrieb des gröbsten Gitters (LEVITUS-Klimatologie). Diese Information ist wichtig für die Einschätzung von Veränderungen der benthischen Habitate und sollte gezielt erhoben werden.

Literatur zu TRIM

Soulsby, R., Whitehouse, R., Marten, K., 2012. Prediction oftime-evolving sand ripples in shelf seas. Continental Shelf Research 38: 47-62, ISSN 0278-4343. https://doi.org/10.1016/j.csr.2012.02.016.

Staneva, J., Behrens, A., Groll, N., 2014. Recent Advances in Wave-Modelling for the North Sea and German Bright. Die Küste: Models of Coastal Waters in Germany – Performance and Application Examples 81: 233-254, ISSN 0452-7739.

WAMDI-Group, 1988. The WAM model – a third generation ocean wave prediction model. Journal of Physical Oceanography 18: 1775–1810. https://doi.org/10.1175/1520-0485(1988)018<1775:TW MTGO>2.0.CO;2.

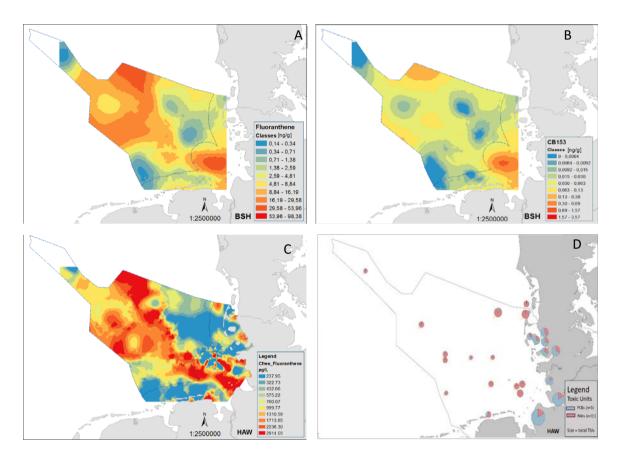


D8 – Schadstoffe

- Belastung des Meeresbodens durch organische Schadstoffe (Polyzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und chlorierte Biphenyle) (messbasiert) (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/Hochschule für Angewandte Wissenschaften)
- Neue Monitoringstrategien zur Erfassung der Belastung des Meeresbodens durch hydrophobe organische Schadstoffe (Messung der Schadstoffkonzentration in der Feinkornfraktion (< 63 µm) des Sediments) (messbasiert) (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/Hochschule für Angewandte Wissenschaften)
- Neue Monitoringstrategien zur Erfassung der Belastung des Meeresbodens durch hydrophobe organische Schadstoffe (Messung der Schadstoffkonzentration im Porenwasser des Sediments) (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie/ Hochschule für Angewandte Wissenschaften)
- Vorkommen neuartiger langlebiger organischer Schadstoffe (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFASs), Fluorpolymeren, z.B. Polytetrafluorethylen (PTFE), UV Filter Octocrylen) (messbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)

Belastung des Meeresbodens durch organische Schadstoffe

(Polyzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe und chlorierte Biphenyle)



Abbildungen n (links und rechts): Verteilung von oragnischen Schadstoffen im Sediment (A, B), aus Sediment - Porenwasser (C) und daraus berechneten Toxic Units (TUs) (D) in der deutschen AWZ für 2014 exemplarisch dargestellt den polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoff Fluranthen (A, C) und für das polychlorierte Biphenyl CB153 (B). Toxic Units berechnet aus 5 PCBs (52-153) und 11 PAHs (EPA PAHs > MW 178, ohne Phenanthrene). Die Belastungskarten wurden aus den Konzentrationen von 22 (A, B) bzw. 35 (C) Sedimentproben mittels Co-Kringing mit dem Feinkornanteil des Sediments als co-Faktor berechnet.

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

- 1. Bewertung anhand von Schadstoffkonzentrationenen (D8C1) in Sediment (organische Schadstoffe im Gesamtsediment, Metalle in der Feinkornfraktion).
- 2. Übernahme der Bewertung aus OSPAR Intermediate Assesssment für die deutsche AWZ anhand weniger Sedimentdaten deren räumliche Abdeckung nicht gegeben ist.
- 3. Eine Betrachtung der räumlichen Schadstoffverteilung ist nur im Rahmen der kumulativen Belastungen erfolgt (Nordseeindex).
- 4. Schwellenwerte für Schadstoffe (D8C1) für Sediment nur z.T. definiert.

Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D8 – Schadstoffe	D8C1	UZ 2: "Meere ohne Verschmutzung durch Schadstoffe" UZ 2.1: "Schadstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 2.2: "Schadstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren." UZ 2.3: "Schadstoffeinträge durch Quellen im Meer sind zu reduzieren. []" UZ 2.4: "Einträge von Öl und Ölerzeugnissen und -gemischen ins Meer sind zu reduzieren und zu vermeiden. []" UZ 2.5: "Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen."	D8C1: "Schadstoffkonzentrationen: PAK; PCB; polychlorierte Dioxine/Furane; CHC (Chlorkohlenwasserstoffe), DDT, HCH, HCB; PFC; Organozinnverbindungen; Flammschutzmittel (PBDE, andere); Pharmazeutika und Personal Care Products; Schwermetalle; Radionuklid." (→ OSPAR/WRRL-Indikator)

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

NOAH Ergebnisse

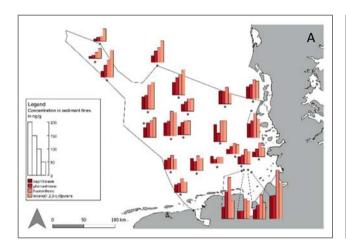
- Mit der Analyse von Schadstoffen in der Feinkornfraktion des Sediments können Aussagen über Substanzen getroffen werden, die bei Messungen im Gesamtsediment nicht nachweisbar sind. Zusätzlich ist die Vergleichbarkeit von Ergebnissen zwischen Sedimenten mit unterschiedlichen Eigenschaften, mittels Feinkornfraktion verbessert gegenüber dem Normierungsverfahren auf den organischen Kohlenstoffgehalt.
- Mit den Schadstoffanalysen in Sedimentkernen wurden überwiegend abnehmende Schadstoffkonzentrationen in den oberen Sedimentschichten ermittelt, was darauf hindeutet, dass Verbote und Regulierungen der untersuchten Substanzen Wirkung zeigen. Porenwasser- und Gesamtsedimentergebnisse zeigen bei ungestörter Schichtung ähnliche Verläufe.
- Mittels der Porenwasserkonzentration wurden Aussagen über die biologische Verfügbarkeit und Basistoxizität der sedimentgebundenen Schadstoffe getroffen.

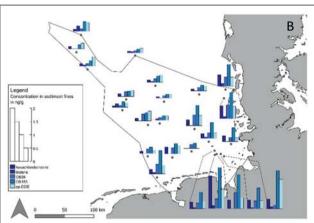
- Transport- und Verteilungsprozesse von PAK an der Grenzfläche Sediment-Bodenwassser können durch die Ermittlung des Sediment Porenwasser Verteilungskoeffizienten beschrieben werden
- Die Anwendung des Co-Krigingverfahrens zur Darstellung räumlicher Schadstoffbelastungen leisteten einen methodischen Beitrag zur Erstellung des Nordseeindexes.

- Neben der Messung von Schadstoffkonzentrationen im Sediment sind weitere Schadstoffindikatoren, wie Bestimmung von Porenwasserkonzentrationen, Toxic Units und Bestimmung der Konzentrationen in der Sedimentfeinkornfraktion zur Zustandsbewertung notwendig.
- Die räumliche Darstellung der Schadstoffbelastung ermöglicht das Aufzeigen von Belastungsschwerpunkten, wie für kumulative Betrachtungen notwendig (z.B. Schadstoffbelastungskarten im MSRL-Nordseeindex)

Neue Monitoringstrategien zur Erfassung der Belastung des Meeresbodens durch hydrophobe organische Schadstoffe

(Messung der Schadstoffkonzentration in der Feinkornfraktion (< 63 µm) des Sediments)





Abbildungen o (links und rechts): Verteilung von organischen Schadstoffen in der Feinkornfraktion <63 μ m des Sediments exemplarisch dargestellt für die polyzyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Naphthalen, Phenanthren, Fluoranthen und Indeno[1,2,3-c,d]pyren (A) und für die chlorierten organischen Schadstoffe Hexachlorbenzene, Lindan, CB28, CB153 und pp-DDE (B). Analysiert wurde die Feinkornfraktion an 25 Stationen in der deutschen AWZ.



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D8 – Schadstoffe	D8C1	UZ 2: "Meere ohne Verschmutzung durch Schadstoffe" UZ 2.1: "Schadstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 2.2: "Schadstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren." UZ 2.3: "Schadstoffeinträge durch Quellen im Meer sind zu reduzieren. []" UZ 2.4: "Einträge von Öl und Ölerzeugnissen und -gemischen ins Meer sind zu reduzieren und zu vermeiden. []" UZ 2.5: "Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen."	D8C1: "Schadstoffkonzentrationen: PAK; PCB; polychlorierte Dioxine/Furane; CHC (Chlorkohlenwasserstoffe), DDT, HCH, HCB; PFC; Organozinnverbindungen; Flammschutzmittel (PBDE, andere); Pharmazeutika und Personal Care Products; Schwermetalle; Radionuklid." (→ OSPAR/WRRL-Indikator)

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

- Bewertung anhand von Schadstoffkonzentrationenen (D8C1) in Sediment (organische Schadstoffe im Gesamtsediment, Metalle in der Feinkornfraktion).
- 2. Die derzeitige Normierung von Schadstoffkonzentrationen im Sediment basiert auf dessen Gesamtanteil an organischem Kohlenstoff. Dies hat den Nachteil, dass Konzentrationen in sandige Sedimente oft nicht abgebildet werden können, da sowohl die Schadstoff- als auch die Gesamtkohlenstoffkonzentrationen sehr niedrig sind.

NOAH Ergebnisse

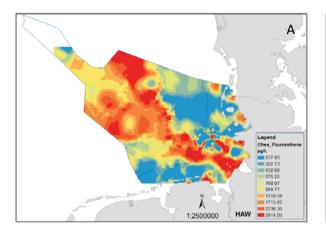
- Es wurden Indikatoren entwickelt und angewendet, die eine räumlich strukturierte Beschreibung und Bewertung der Belastungssituation und des Risikopotentials von sedimentgebundenen hydrophoben organischen Chemikalien (HOCs) erlauben.
- Feinkornfraktion <63 μm (FKF): Es wurde eine Methode zur Messung der FKF in sehr sandigen Sedimenten entwickelt (TOC<1%). Die Schadstoffgehalte in der Feinkornfraktion, sind aufgrund der

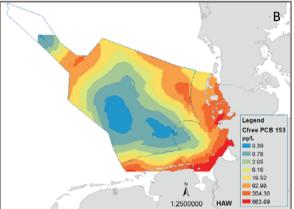
höheren Mobilität der kleinen Partikel relevant für den Schadstofftransport in Oberflächensedimenten. Darüber hinaus weisen die HOC in der < 63 μ m-Fraktion potenziell eine höhere Bioverfügbarkeit für im Benthal lebende Organismen auf als Schadstoffe die an größere Sedimentpartikel gebunden sind. Die Aufnahme in den Organismus erfolgt über die Inkorporation der partikulär gebundenen HOC.

- Für die Festlegung und Messung des guten Umweltzustandes laut MSRL (Art. 9 MSRL) wird empfohlen, die Sedimentfeinkornfraktion als Indikator in MSRL-Monitoringprogramme aufzunehmen (Übersicht der MSRL-Monitoringprogramme in Deutschland (Stand 2014): siehe hier).
- Für in Bezug auf den TOC Gehalt sehr inhomogene Sedimente bzw. sandige Sedimente wird empfohlen, die Feinkornfraktion < 63 µm als Indikator für die Bewertung des guten Umweltzustands in Monitoringprogrammen zu erfassen.

Neue Monitoringstrategien zur Erfassung der Belastung des Meeresbodens durch hydrophobe organische Schadstoffe

(Messung der Schadstoffkonzentration im Porenwasser des Sediments)



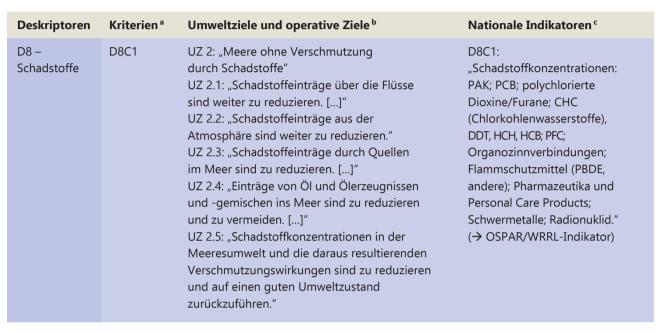


Abbildungen p (links und rechts): Verteilung von organischen Schadstoffen im Porenwasser des Sediments exemplarisch dargestellt für den polyzyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Fluoranthen (A) und das polychlorierte Biphenyl CB153 (B). Die Belastungskarte wurden aus den Konzentrationen von 35 Sedimentproben mittels Co-Kringing mit dem Feinkornanteil des Sediments als co-Faktor berechnet.

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

- Zur Zeit ist nur die Betrachtung der Schadstoffkonzentrationen im Gesamtsediment vorgesehen. Die Berücksichtigung der Schadstoffkonzentrationen im Porenwasser erfolgt nicht. Diese sind aber zur Abschätzung der Bioverfügbarkeit und Risikobewertung ebenfalls erforderlich.
- 2. Es sind keine Grenzwerte für Schadstoffe im Porenwasser vorhanden (Im Zuge der Umsetzung der WRRL wurden einige EqP-Grenzwerte für einzelne Komponenten angegeben).





^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

NOAH Ergebnisse

- Es wurden Indikatoren entwickelt und angewendet, die eine räumlich strukturierte Beschreibung und Bewertung der Belastungssituation und des Risikopotentials von sedimentgebundenen hydrophoben organischen Chemikalien (HOCs) erlauben.
- Frei gelöste Sediment-Porenwasserkonzentration (Cfree): Die Entwicklung und Adaption eines Gleichgewichts-Passivsammler für marine Gebiete ermöglicht es, die Porenwasserkonzentration und damit die Bioverfügbarkeit organischer Spurenstoffe (z.B. PAK, PCB) im Sediment-Porenwassersystem in-situ und artefaktfrei zu messen.
- Parallel wurde das Risiko abgeschätzt, welches von der Sedimentbelastung ausgeht. Hierfür wurde die chemische Aktivität (a) ermittelt, welche Auskunft über den Beitrag des Schadstoffs zur Basistoxizität gibt.
- Mittels der Porenwasserkonzentration können Aussagen über die biologische Verfügbarkeit, räumliche und zeitliche Verteilungsgradienten innerhalb des Untersuchungsgebietes, die Sorptionskraft des

- Sedimentes für HOCs, das Bioakkumulationspotenzial sowie die Diffusionsvorgänge in rezenten Sedimentkernen getroffen werden.
- Transport- und Verteilungsprozesse von HOC an der Grenzfläche Sediment-Bodenwassser können durch die Ermittlung des Sediment Porenwasser Verteilungskoeffizienten (K_D) beschrieben werden

- Für die Festlegung und Messung des guten Umweltzustandes laut MSRL (Art. 9 MSRL) wird empfohlen, die Sediment-Porenwasserkonzentrationen als Indikator in MSRL-Monitoringprogramme aufzunehmen (Übersicht der MSRL-Monitoringprogramme in Deutschland (Stand 2014): BMU, 2018).
- Als weiteren Schadstoffindikatoren wird vorgeschlagen, die chemische Aktivität auf Basis der frei gelösten Sediment-Porenwasserkonzentration zur Bewertung des Risikos, welches von der HOC Belastung der Sedimente ausgeht, zu verwenden.

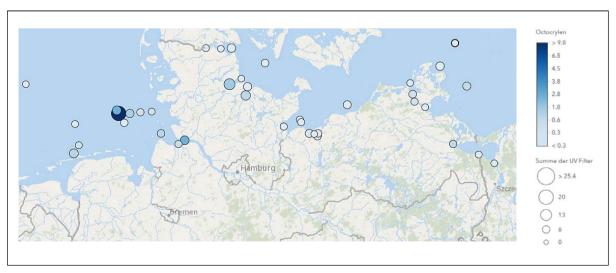
Vorkommen neuartiger langlebiger organischer Schadstoffe (per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen

(PFASs), Fluorpolymeren, z.B. Polytetrafluorethylen (PTFE), UV Filter Octocrylen)

Langlebige organische Schadstoffe im Wasser und Sedimenten (aus Messungen in der Nord- und Ostsee)

Bei einigen in der Industrie eingesetzte Chemikalien handelt es sich um langlebige organische Schadstoffe, über deren Eigenschaften und Auswirkungen auf die Umwelt kaum etwas bekannt ist. Vorkommen und die Verteilungsmuster solcher Schadstoffe in der aquatischen Umwelt wurden untersucht, um den Einfluss von Änderungen in der Produktion zu untersuchen. Ein Fokus wurde dabei auf das Vorkommen und die Verteilung von PFASs in Wasserproben in der Nordund Ostsee (Karte oben) und von UV-Filtern (insbesondere Octocrylen) in küstennahen und marinen Sedimenten in Europa (Karte unten) gelegt.





- **→ Link zur Karte (oben):**
- https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/43/
- → Link zur Karte (unten):
- https://coastmap.hzg.de/NOAH_MSRL/44/



Deskriptoren	Kriterien ^a	Umweltziele und operative Ziele b	Nationale Indikatoren ^c
D8 – Schadstoffe	D8C1	UZ 2: "Meere ohne Verschmutzung durch Schadstoffe" UZ 2.1: "Schadstoffeinträge über die Flüsse sind weiter zu reduzieren. []" UZ 2.2: "Schadstoffeinträge aus der Atmosphäre sind weiter zu reduzieren." UZ 2.3: "Schadstoffeinträge durch Quellen im Meer sind zu reduzieren. []" UZ 2.4: "Einträge von Öl und Ölerzeugnissen und -gemischen ins Meer sind zu reduzieren und zu vermeiden. []" UZ 2.5: "Schadstoffkonzentrationen in der Meeresumwelt und die daraus resultierenden Verschmutzungswirkungen sind zu reduzieren und auf einen guten Umweltzustand zurückzuführen."	D8C1: "Schadstoffkonzentrationen: PAK; PCB; polychlorierte Dioxine/Furane; CHC (Chlorkohlenwasserstoffe), DDT, HCH, HCB; PFC; Organozinnverbindungen; Flammschutzmittel (PBDE, andere); Pharmazeutika und Personal Care Products; Schwermetalle; Radionuklid." (→ OSPAR/WRRL-Indikator)

^a KOM-Beschluss 2017/848/EU; ^b Anhang 2, ^c Anhang 1 in BMU (2018) Zustand der deutschen Nordseegewässer 2018

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Bewertung anhand von Schadstoffkonzentrationen (D8C1) in Wasser (organische Schadstoffe an ausgewählten Stellen in der marinen Umwelt (PCB)).

Bewertung anhand von organischen Schadstoffkonzentrationen (D8C1) in küstennahen und marinen Sedimenten (UV-Filter Octocrylen).

NOAH Ergebnisse

Aus dem Vorkommen und der Verteilung von Schadstoffmustern langlebiger organischer Schadstoffe lassen sich Aussagen über Einfluss von Änderungen in der Produktion solcher Substanten ableiten.

- Neben der Messung von Schadstoffkonzentrationen im Sediment sind auch die neuartigen Schadstoffe in den Fokus zu nehmen.
- Als Folge von Regulierungen werden bekannte bedenkliche Schadstoffe durch Alternativstoffe ersetzt werden, über die kaum etwas bekannt ist und die sich im Nachhinein oftmals ebenfalls als problematisch für die Umwelt herausstellen.
- Perspektiven zur Analyse noch nicht bekannter langlebiger organischer Schadstoffe können Non-Target-Analysen liefern, um auch unbekannte Substanzen zu entdecken.





Weiterer Indikator (kein MSRL Sachstand)

 Räumliche Verteilung der Porosität und Permeabilität von Oberflächensedimenten der Nordsee berechnet anhand der Korngrößenverteilung (modellbasiert) (Helmholtz-Zentrum Geesthacht)

Räumliche Verteilung der Porosität und Permeabilität von Oberflächensedimenten der Nordsee berechnet anhand der Korngrößenverteilung

Berechnung anhand von Korngrößenverteilung

Mögliche Struktur des Meeresbodens der Nordsee in Bezug auf die Porosität (links) Permeabilität (rechts) von Oberflächensedimenten. Beide Variablen wurden auf Basis ihrer statistischen Beziehung zu den Massenanteilen der Korngrößen D50 (Median) und D15 berechnet. Während die Porosität das Verhältnis von Porenvolumen zum Gesamtvolumen widerspiegelt, ist die Permeabilität ein Maß für die Durchlässigkeit des Sediments. Diese Informationen geben Aufschluss über den Grad des advektiven Stoffeintrags in Sedimente.

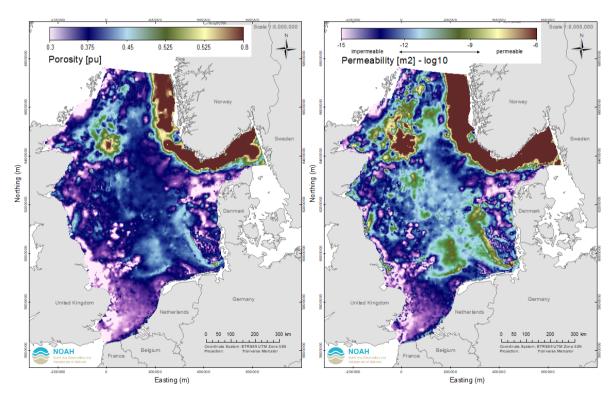


Abbildung q (links und rechts): Porosität und Permeabilität von Oberflächensedimenten der Nordsee.

Aus Korngrößenverteilungen berechneter Begleitparameter zur Definition von benthischen Habitaten. Zur Umsetzung der MSRL werden Zustand und Belastung der Meeresumwelt durch ein regelmäßiges Monitoring erfasst. Für einen Teil der benötigten Daten ist dies jedoch nicht möglich. Dazu zählen vor allem Begleitparameter zur Beschreibung physikalischer und biogeochemischer Prozesse am und im Meeresboden. Sie müssen i.d.R. auf Basis statistischer Beziehungen zu messbaren Größen abgeleitet werden.

Status-Quo (MSRL-Sachstand)

Keiner

NOAH Ergebnisse

- Porosität und Permeabilität von Oberflächensedimenten der Nordsee wurden aus Korngrößenverteilung berechnet.
- Die Berechnung der Porosität auf Basis des Median der Korngrößenverteilung (D50) liefert Werte zwischen 0.3 bis 0.8 und bildet die Verteilung von schlecht sortierten Grobsanden bis hin zu gut sortierten Feinsanden und Schlickablagerungen räumlich realistisch ab.
- Die berechnete Permeabilität (K_P) schwankt zwischen 10⁻¹⁵ und 10⁻⁶ und liegt damit im Bereich von Messungen. Legt man Ergebnisse zahlreicher Studien zu Grunde, lässt sich der Meeresboden in Bereiche einteilen, in denen *a*) keine Advektion stattfindet (K_P < 10⁻¹²), *b*) Advektion möglich ist (10⁻¹² < K_P < 10⁻¹¹) und *c*) Advektion definitiv stattfindet (K_P > 10⁻¹¹).

Beide Variablen wurden aus statistischen Beziehungen zu anderen Kenngrößen abgeleitet, die ihrerseits mit unterschiedlichen Datensätzen und Interpolationsverfahren in Verbindung stehen. Das Maß an Unsicherheit in der räumlichen Darstellung der beiden Variablen ist daher kaum zu quantifizieren.

- Habitat- und biogeochemische Prozessmodellierung benötigen Verteilungskarten verschiedener sedimentologischer Rand- bzw. Begleitparameter für den gesamten Nordseeraum.
- Anstrengungen im Sinne der Erstellung von Basiskarten sollten weiterhin Unterstützung finden, beispielweise wenn eine verbesserte Datenlage vorliegt oder Anforderungen bekannt werden, die durch bereits berechneten Größen nicht abgedeckt werden können.



gedruckt am:

Helmholtz-Zentrum
Geesthacht

Zentrum für Material- und Küstenforschung

Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH Max-Planck-Straße 1 21502 Geesthacht www.hzg.de

1. Auflage September 2019

