

Auswirkung der Meeresbodennutzung auf Geo- und Ökosysteme in Küstengewässern

Klaus Schwarzer, Kay Christian Emeis, Stefan Forster, Peter Fröhle, Nils Goseberg, Gerd Kraus, Jochen Krause, Birgit Matelski, Maike Paul, Hans-Christian Reimers, Klaus Ricklefs, Ralph Schneider, Manfred Zeiler, Wenyan Zhang

Definition D6 (MSRL): „Der Meeresgrund ist in einem Zustand, der gewährleistet, dass die Struktur und die Funktionen der Ökosysteme gesichert sind und dass insbesondere benthische Ökosysteme keine nachteiligen Auswirkungen erfahren.“

Unterschiedliche Formen der Meeresbodennutzung

Physische Störung der Meeresbodenfläche * / Physischer Verlust von Meeresbodenfläche *

➤ Fischerei *



➤ Windparks *

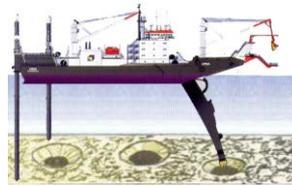


➤ Kabeltrassen und Rohrleitungen *



<https://www.offshoreenergytoday.com/wp-content/uploads/2015/09/>

➤ Materialentnahme **

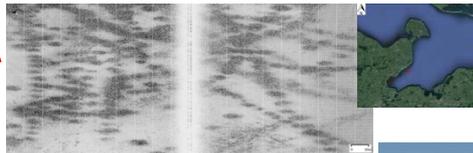


➤ Sandvor- und Aufspülungen (Strände und Vorstrand) **



➤ Freihalten von Fahrrinnen und Ästuaren – Unterhaltungsbaggerung **

➤ Verklappung **



➤ Brücken-und Tunnelbau **



<https://img.svz.de/img/gadebusch-rehnaerzeitung.jpg>

➤ Küstenschutz **



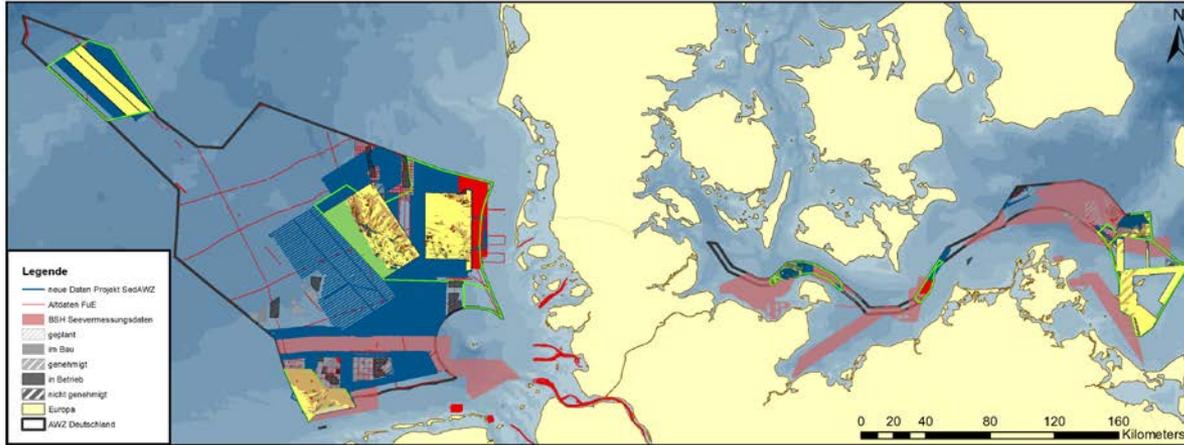
http://www.worldhighways.com/_resource/s/assets/inline/custom/16/132920.jpg

Physischer Verlust des natürlichen Meeresbodens (Kriterium D6C1) im deutschen Teil der MSRL Subregion Nordsee. Quelle: BLANO AG Hydromorphologie v. 12.01.2018 (Auszüge) (vollständiges Dokument unter: <http://www.meeresschutz.info/oeffentlichkeitsbeteiligung.html>)

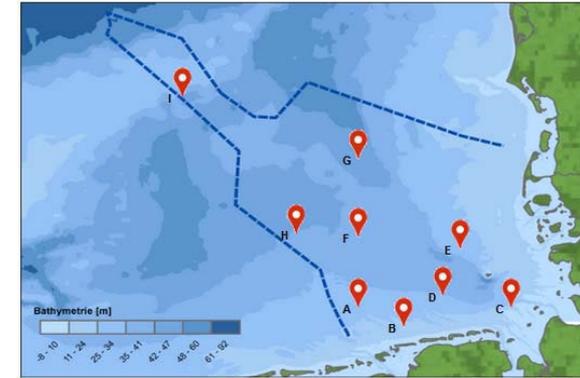
Aktivität	Name	Quelle	Status	Anzahl	Flächenbelastung [km ²]
Windpark	Meerwind	OSPAR 2015	Betrieb	80	0,1008
Windpark	Amrum Bank West	OSPAR 2015	Betrieb	80	0,1008
Windpark	Borkum Riffgrund 1	OSPAR 2015	Betrieb	78	0,0982
Windpark	Gode Wind 02	OSPAR	Betrieb	42	0,0529
Konverter Plattform	Alle aus CONTIS	OSPAR 2015	Betrieb	20	0,0400
Offshore Strukturen	Messplattformen, FINO 1,2,3	CONTIS	Betrieb	5	0,0100
Abbau v. Rohstoffen	OAM III Nord	CONTIS	Genehmigte Entnahmefläche	1	99,0000
	Weißer Bank I	CONTIS	Genehmigte Entnahmefläche	1	60,0000
	Delphin	CONTIS	Genehmigte Entnahmefläche	1	10,0000
	Westerland III	LKN-SH	Tatsächliche Entnahmefläche	8	3,3200
Umstrukturierung des Meeresbodens (Baggern u. Verklappen)	Niedersachsen	NLWKN		4	13,3270
	Schleswig-Holstein	LLUR		4	1,0000
Küsten/Hochwasserschutz	Buhnen, Dämme, etc.		vorhanden		5,1510
Fischerei		ICES	Meeresfläche Nordsee: 41.034 km²		Ca. 47 % der Nordseefläche

Die Bewertung einer Nutzung (des Eingriffs) erfordert immer Kenntnisse sowohl über die natürliche Dynamik als auch über die langfristigen Veränderungen.

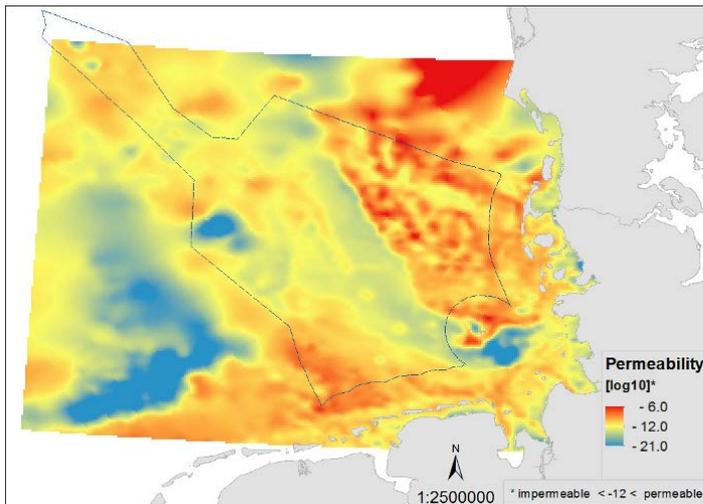
SedAWZ (Koordination: BSH)



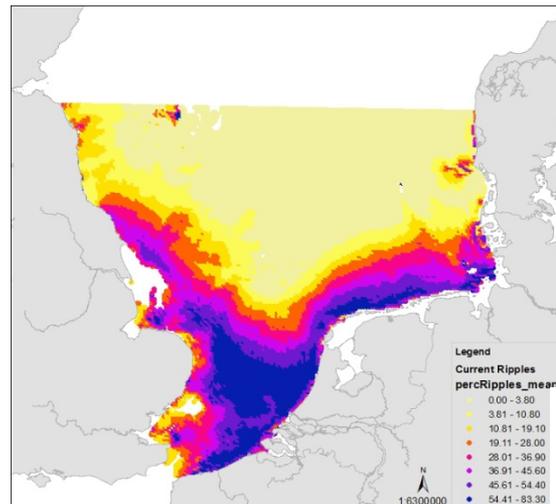
Hochauflösende Daten zu den Sedimentverteilungen in der AWZ von Nord- und Ostsee.



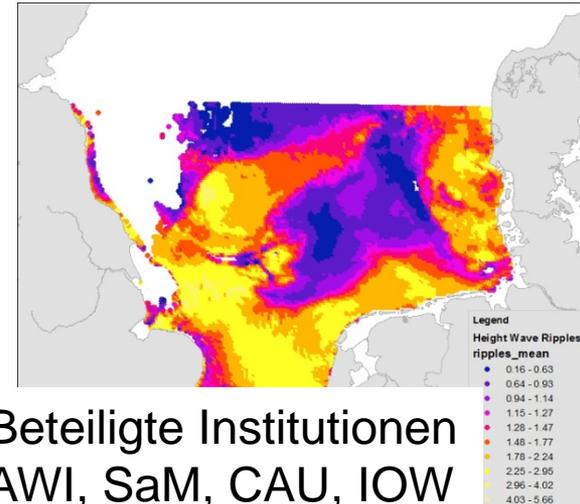
Beiträge aus NOAH (SECOS)



Permeability German Bight Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)

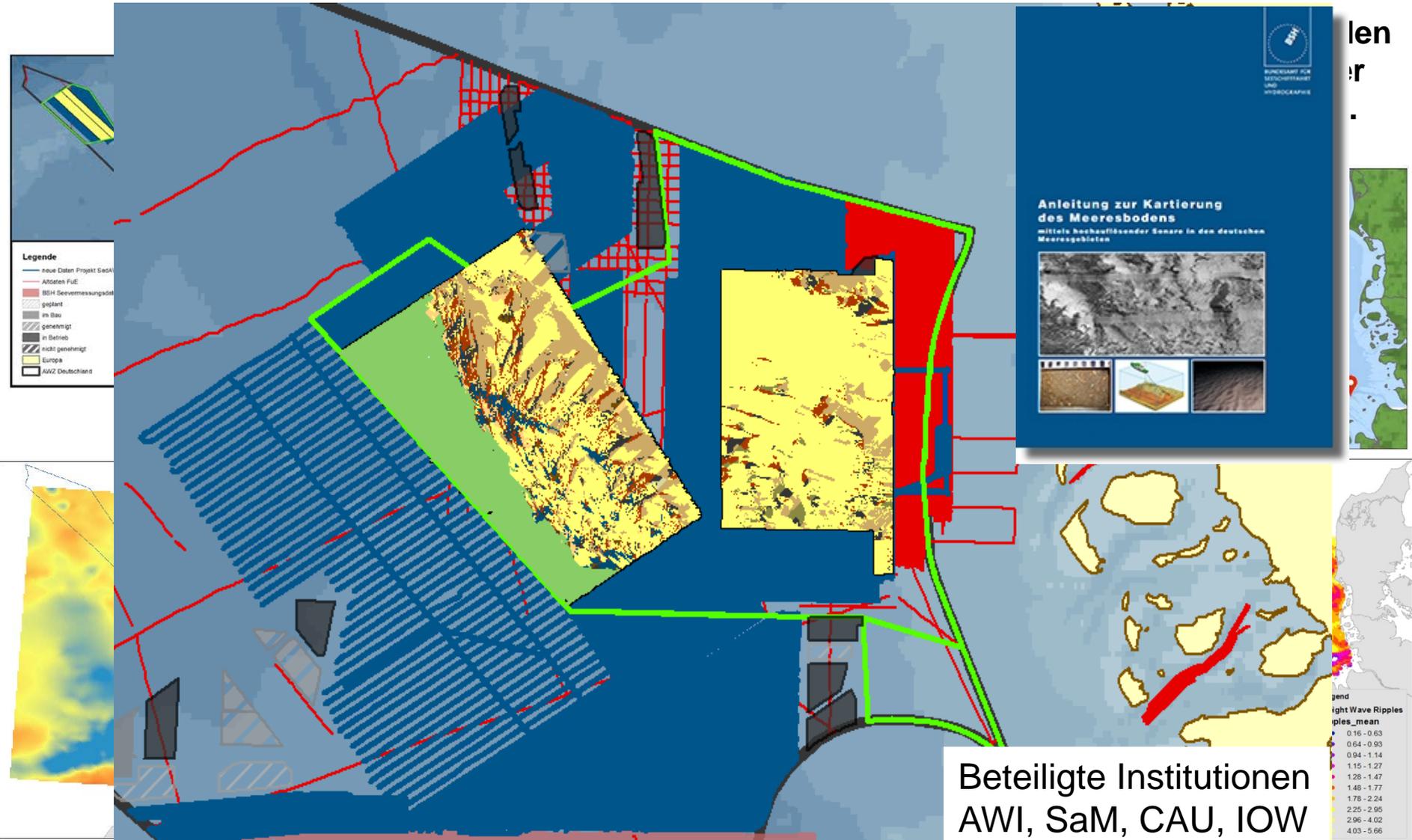


North Sea Sand Ripple Formation by currents (left figure) and waves (right figure) Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)



Beteiligte Institutionen
AWI, SaM, CAU, IOW

Die Bewertung einer Nutzung (des Eingriffs) erfordert immer Kenntnisse sowohl über die natürliche Dynamik als auch über die langfristigen Veränderungen.

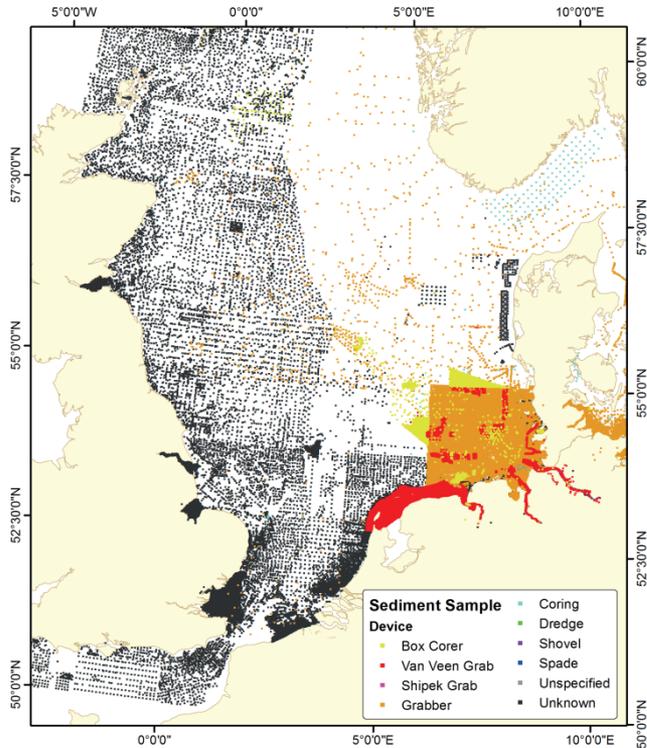


Permeability German Bight Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)

North Sea Sand Ripple Formation by currents (left figure) and waves (right figure) Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)

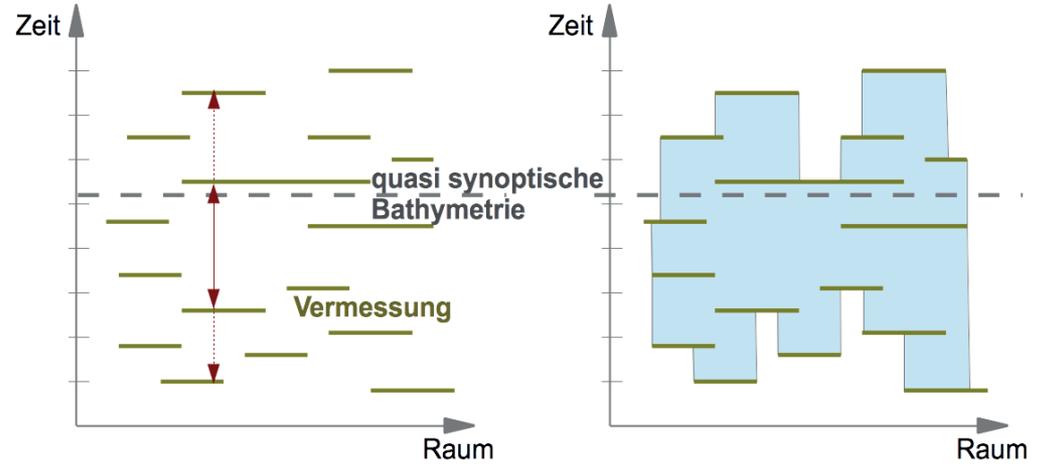
Beteiligte Institutionen
AWI, SaM, CAU, IOW

Das funktionale Bodenmodell aus AufMod

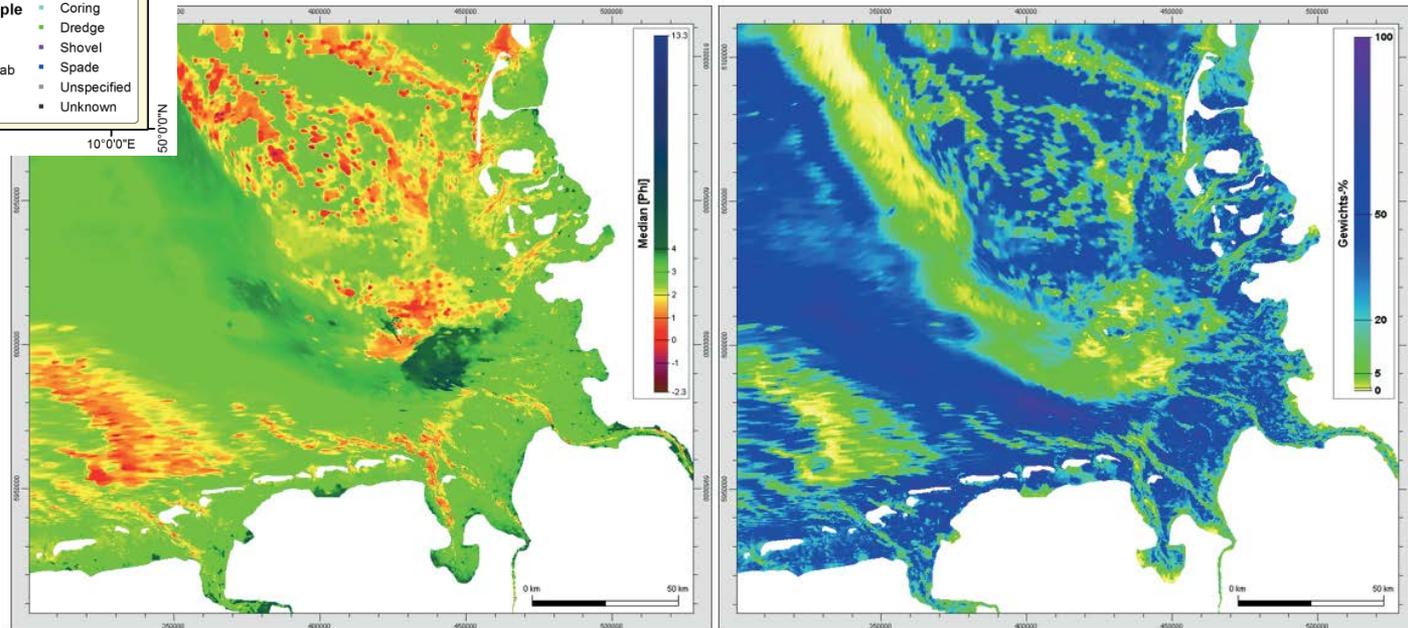


Oben: Lage und Entnahmeverfahren der zusammengetragenen Sedimentproben.

Abb. aus: Milbradt, Valerius, Zeiler, 2015

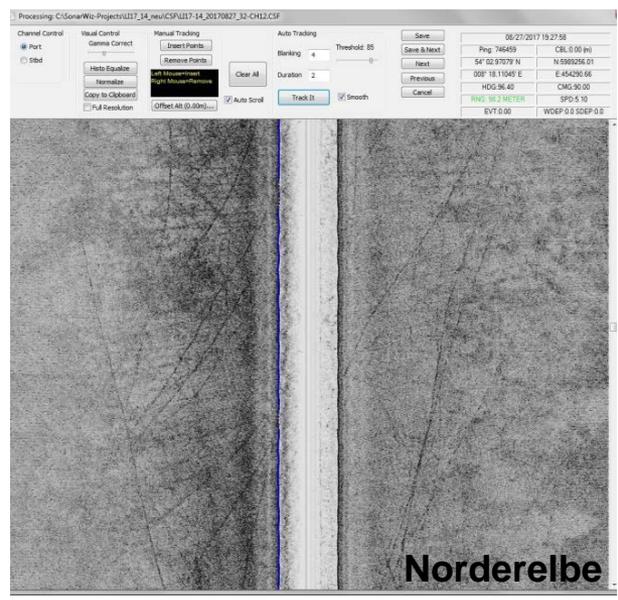
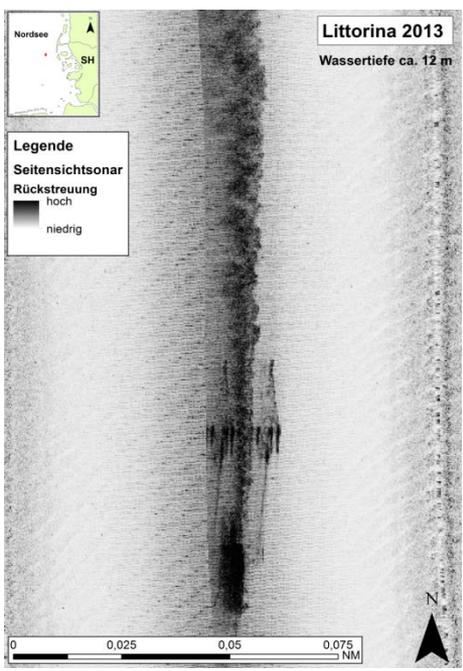
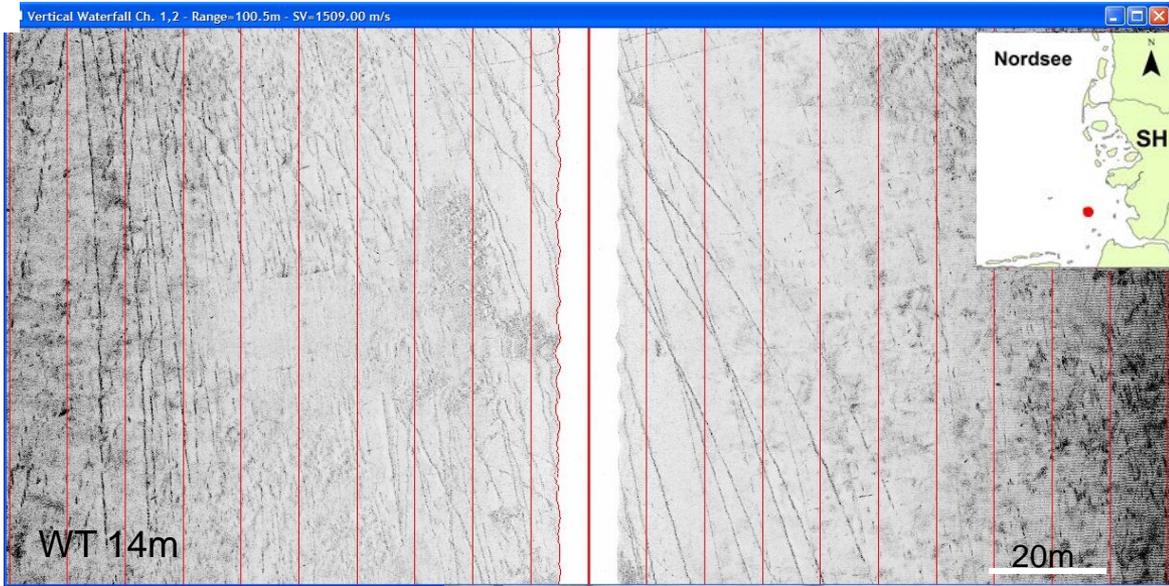
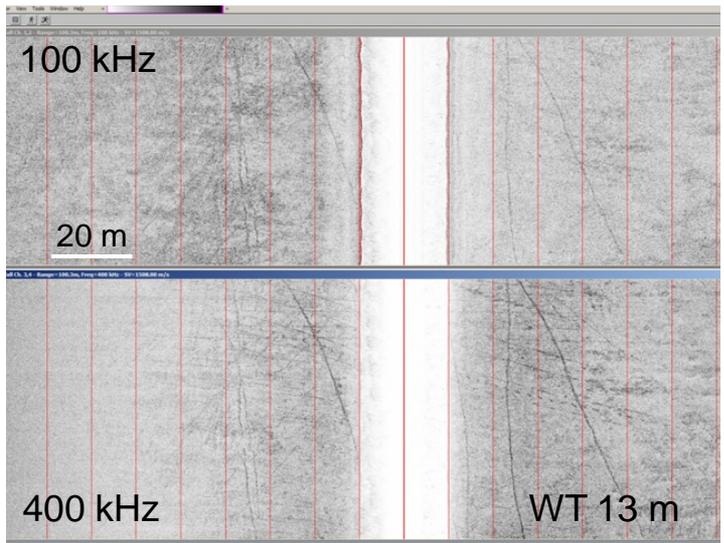


Schematische Darstellung einer Raum-Zeit-Interpolation (links) und des zeitlichen Aussagebereichs (rechts).



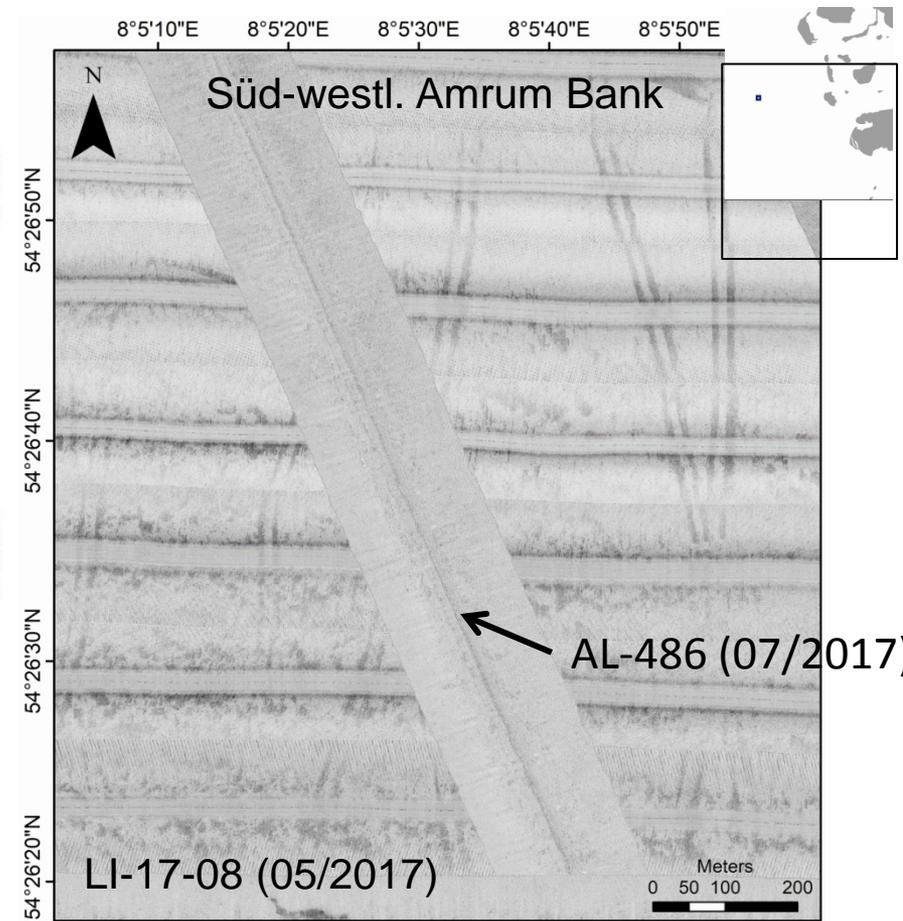
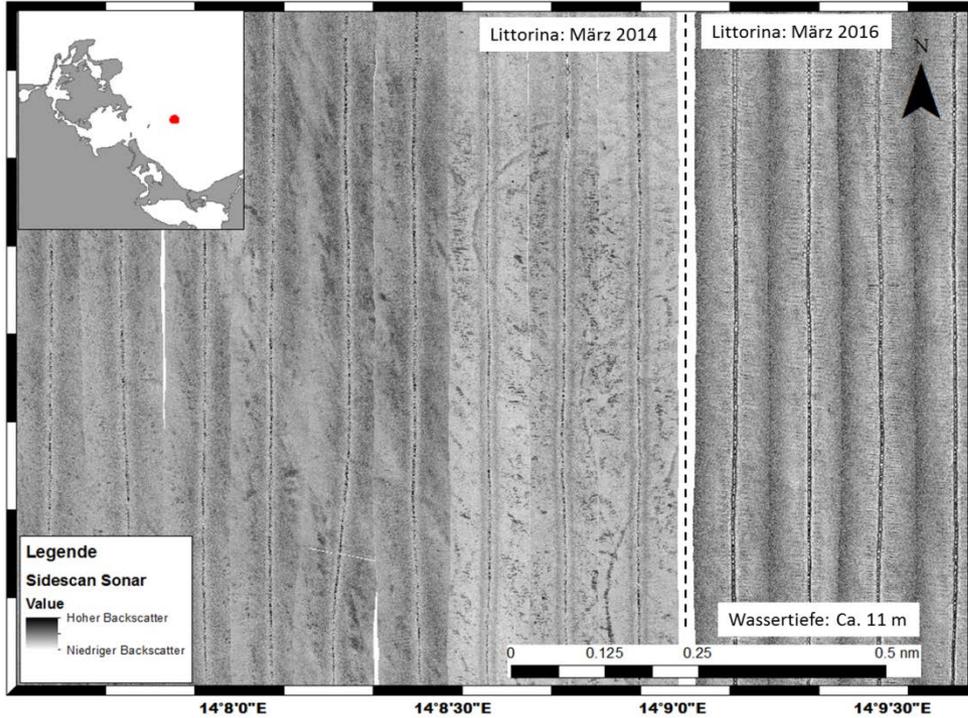
Median des Korndurchmessers und Anteil der Fraktion 125 – 177 μm in der Deutschen Bucht.

Meeresbodennutzung / Beanspruchung durch die Fischerei Küste vor Dithmarschen, WT 12 – 14 m

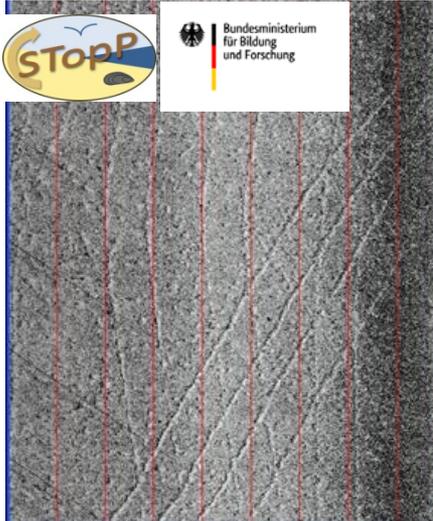


Norderelbe

Meeresbodennutzung / Beanspruchung durch die Fischerei.



Amrumbank, 2013, WT 11 m

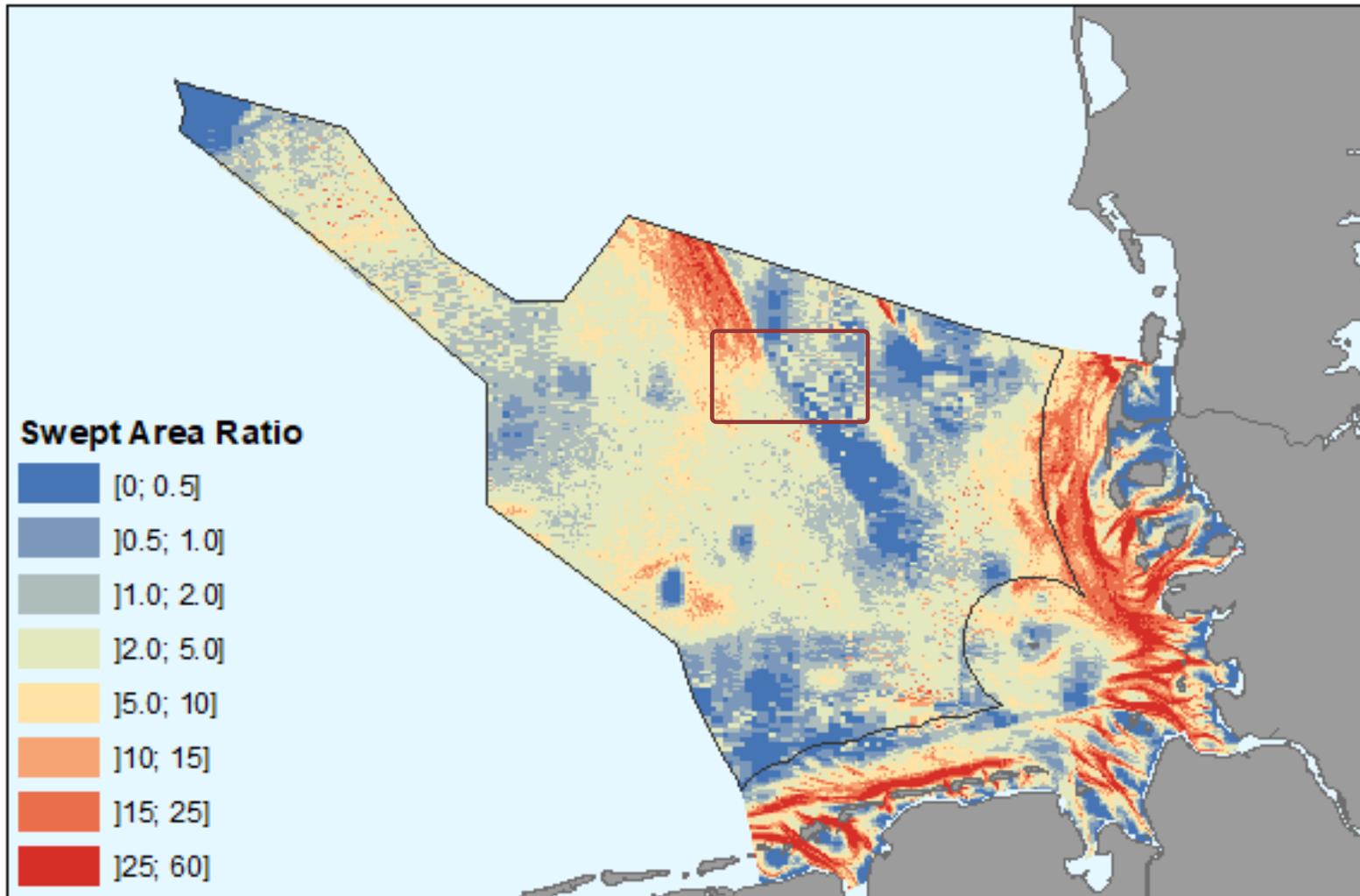


Oben: Daten aus Sediment AWZ, Forschungskoope-
ration BSH, Uni Kiel

Daten aus der Forschungskoope-
ration „Nordfriesland Süd“ (LKN, LLUR, Uni Kiel)

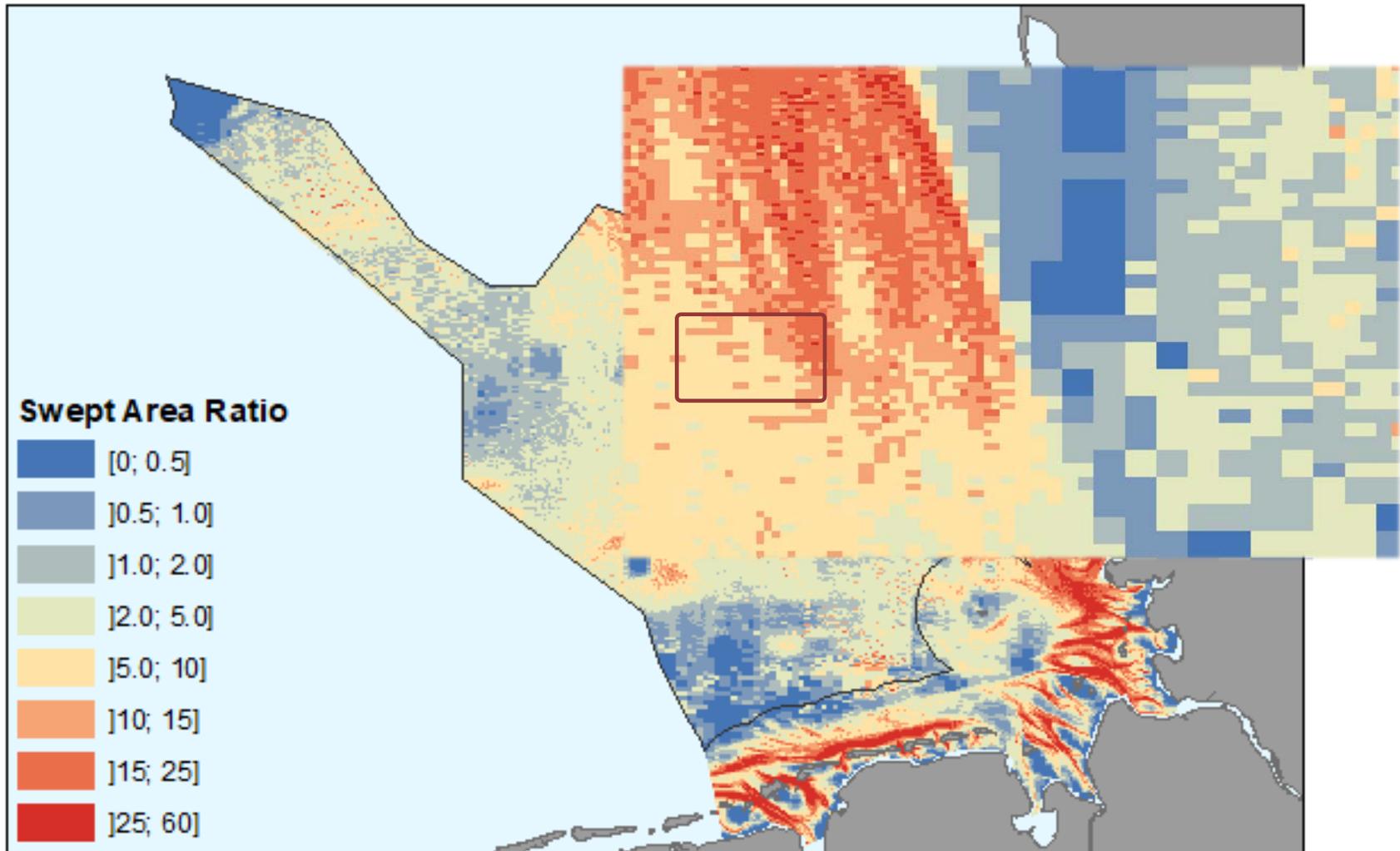
Fischereispuren in sandigen Sedimenten
➤ Einebnung erfolgt relativ rasch

Fine-scale annual fisheries footprint by bottom contacting gears



Daten basieren auf Vessel Monitoring System (VMS) Daten von 2012-2016.
SAR (Swept Area Ratio) beschreibt den Anteil der Fläche, der in den Gridzellen befischt wurde.
SAR = 1 bedeutet, dass die Zelle 1/Jahr befischt wurde.

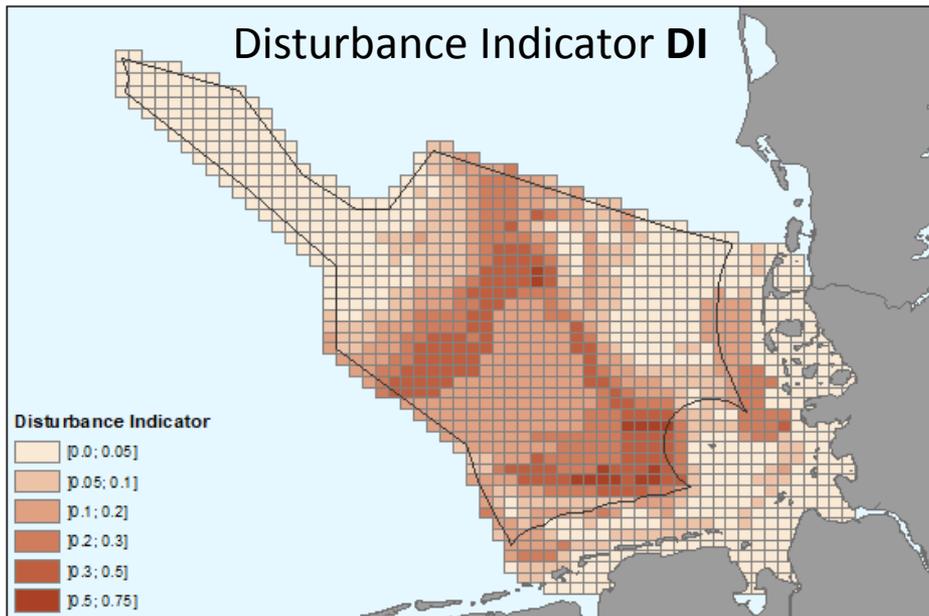
Fine-scale annual fisheries footprint by bottom contacting gears



Daten basieren auf Vessel Monitoring System (VMS) Daten von 2012-2016.
SAR (Swept Area Ratio) beschreibt den Anteil der Fläche, der in den Gridzellen befishet wurde.
SAR = 1 bedeutet, dass die Zelle 1/Jahr befishet wurde.

Auswirkungen bodenberührender Fischerei

- Entnahme von Organismen
- Erhöhte Sterblichkeit und Verletzungen von Organismen
- Temporäre oder dauerhafte Habitatveränderungen durch Bodenkontakt mit dem Fanggerät: Abschürfung, Verwirbelung, Bedeckung



Modellierung der Störung benthischer Infauna durch Fischerei:

$$DI = \text{Mortality} / \text{Recovery}$$

$DI > 1$: Erholung der benthischen Gemeinschaft nicht mehr möglich

Stelzenmüller et al. (2015) ICES J Mar Sci



GEFÖRDET VOM



Ausgewählte Forschungsfragen zur Fischerei

- **Welche Fischereipraktiken hinterlassen welche Spuren (Tiefe, Breite, aufgehöhte Ränder) im Sediment (Silt, kohäsiv; Sand, nicht kohäsiv). Wie rasch erfolgt die sedimentologische und biologische Regeneration des Meeresbodens in Abhängigkeit von Sediment und Hydrodynamik? (Prozessstudien im Feld)**
- **Welche Stoffe werden aus dem Sediment durch die Aufwirbelung bei der grundberührenden Fischerei freigesetzt?**
- **Hat die Oberflächenvergrößerung und lokale Verdichtung (analog zur landwirtschaftlichen Bearbeitung) durch das „hineinfräsen“ von Spuren Auswirkungen auf Stoffflüsse und die Ökologie?**

Nutzung des Meeresbodens durch Materialentnahme

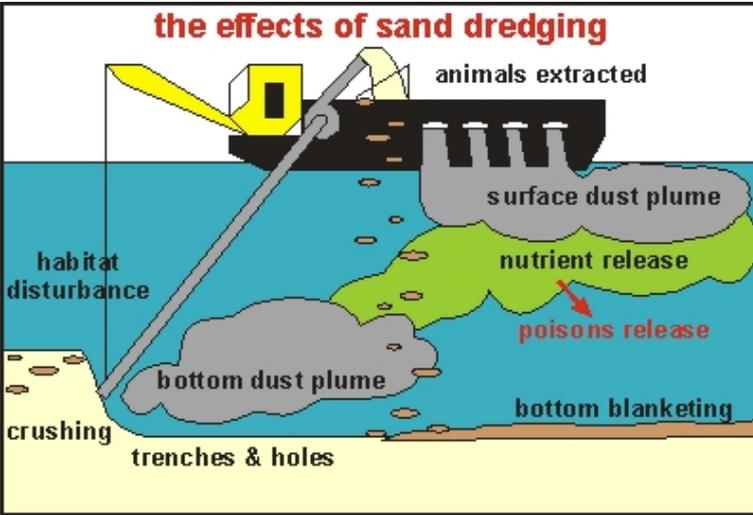
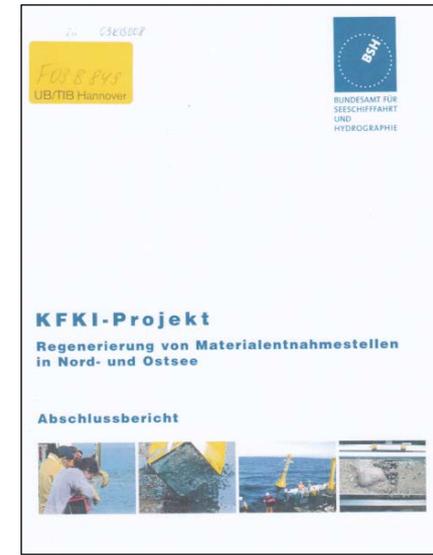
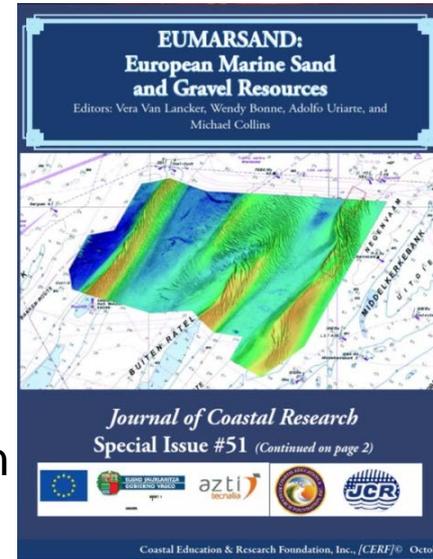
Abgeschlossene Projekte

- Regeneration von Materialentnahmestellen in Nord- und Ostsee;
- EUMARSAND
- Seit 2106 laufendes Vorhaben



STENCIL

Strategies and Tools for Environment-Friendly
Shore Nourishments as Climate Change Impact
Low-Regret Measures

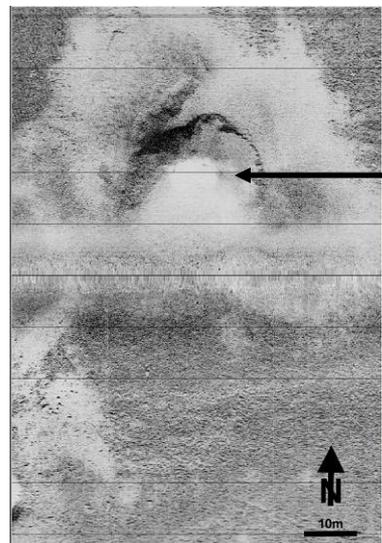
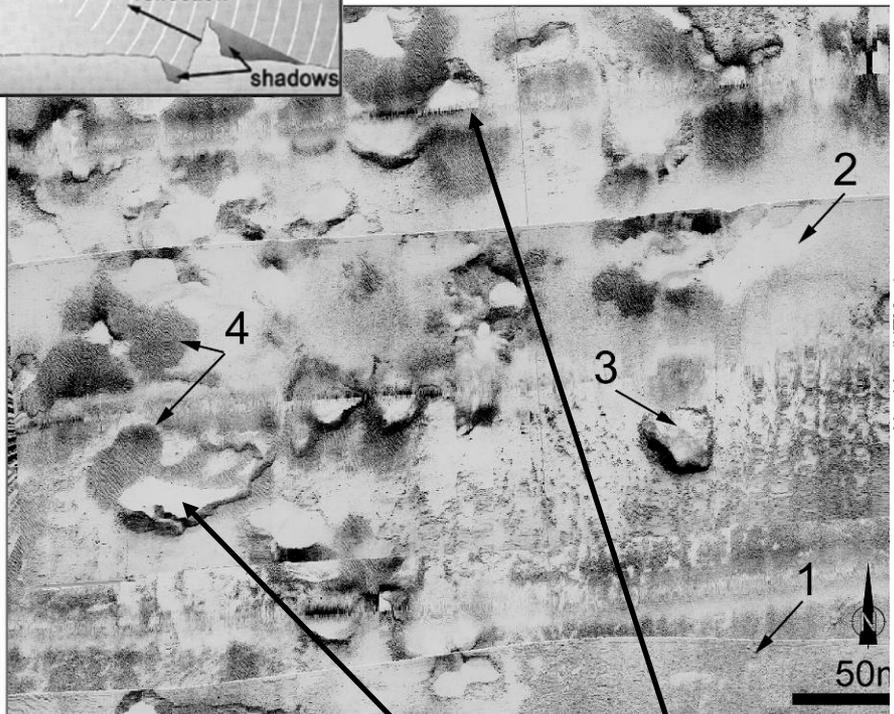
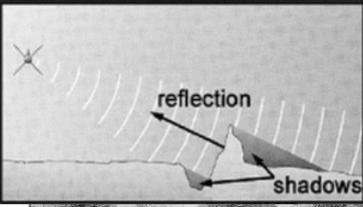


Hayworth B.-W.,
<http://www.seafriends.org.nz/oceano/seasand.htm>



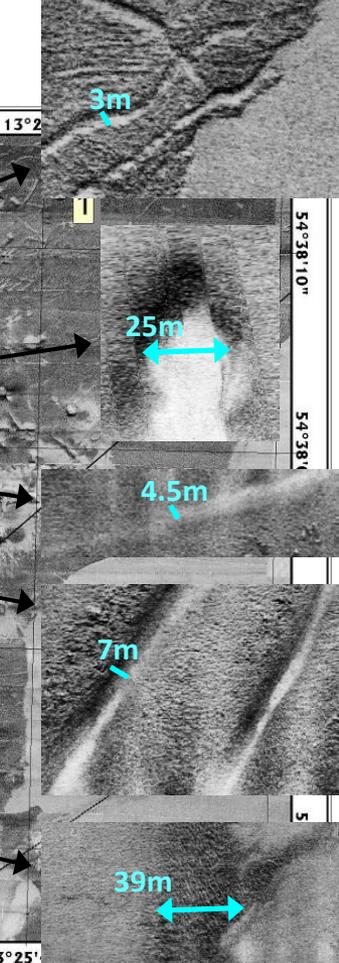
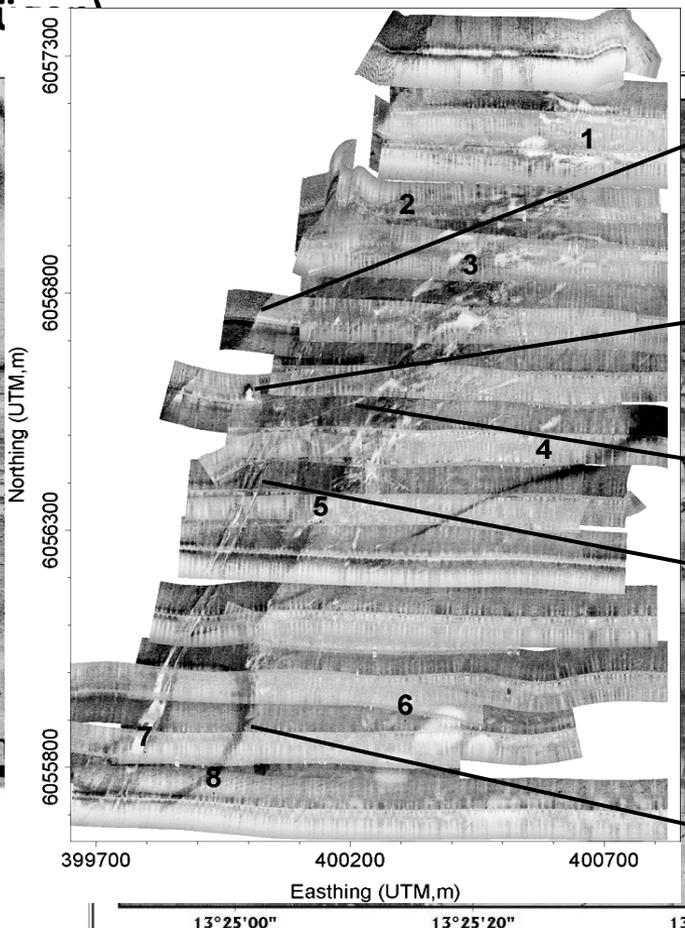
©Schwarzer

Umgebung Tromper Wiek (Rü...



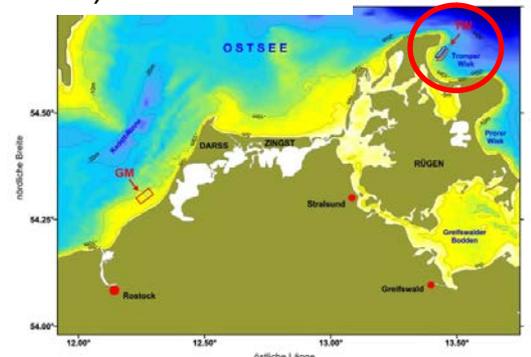
Entnahmetrichter

Kiesentnahmetrichter in der Tromper Wiek



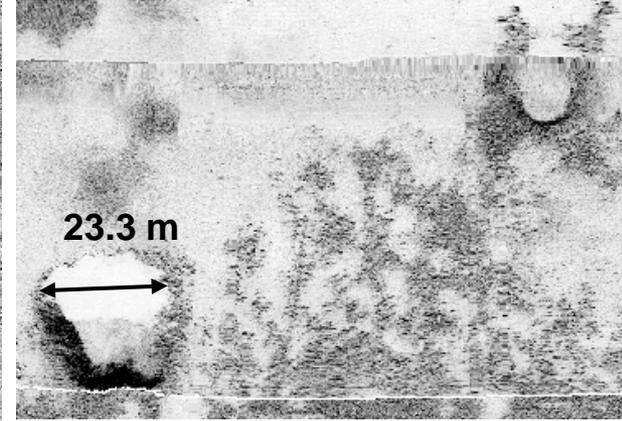
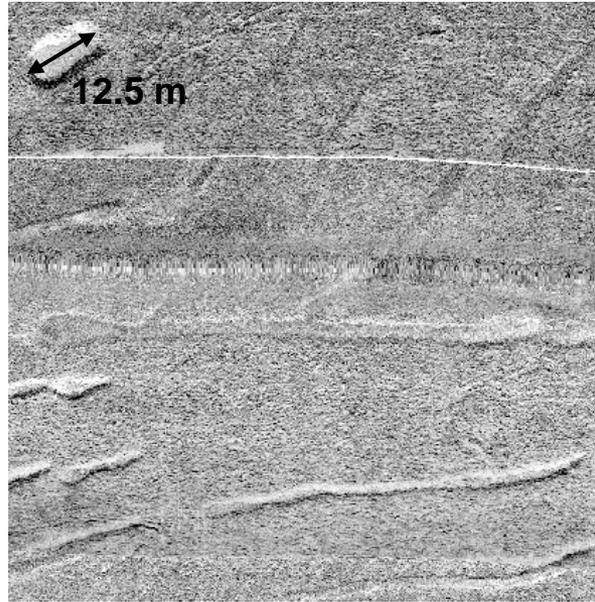
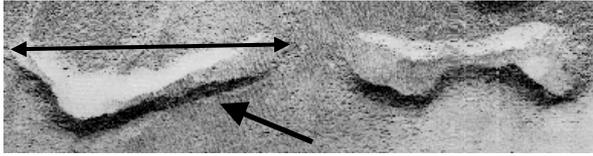
(Manso, Radzevicius, Blazauskas, Ballay, Schwarzer, 2010) (EUMARSAND)

M. Diesing, 2003

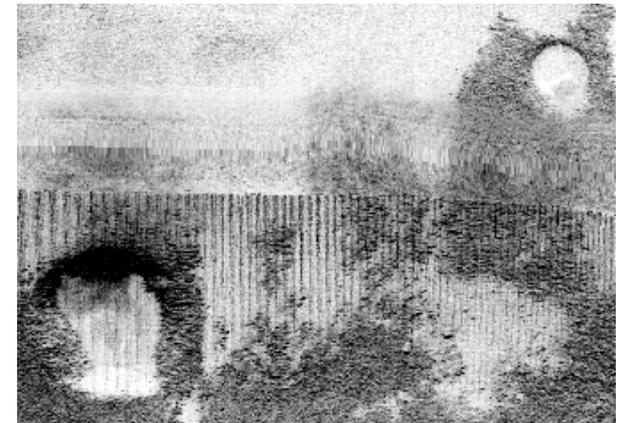
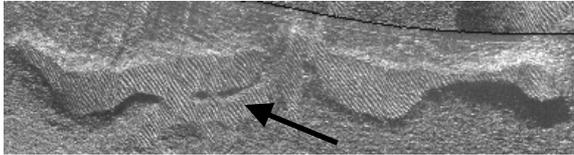


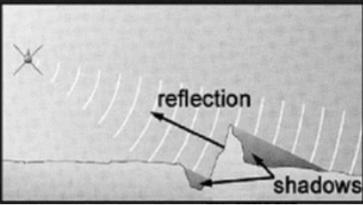
Regeneration von Entnahmespuren am Meeresboden der Tromper Wiek

2000



2003





Vergleich von Seiten-Sicht Sonar Mosaiken aus dem Küstenvorfeld von Graal Müritz (Sandentnahme seit 1988)

December 2000

June 2001



Nach nur ca. 0,5 Jahren sind die Furchen nahezu komplett verfüllt

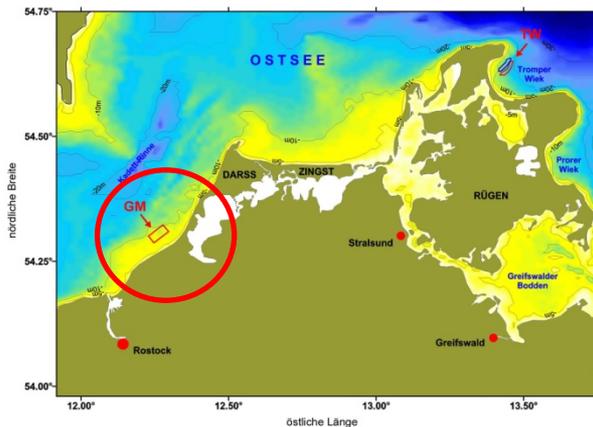
Entnahmegebiet Graal Müritz (Ostsee)

Wassertiefe: 8 – 10 m

Schleppkopfverfahren

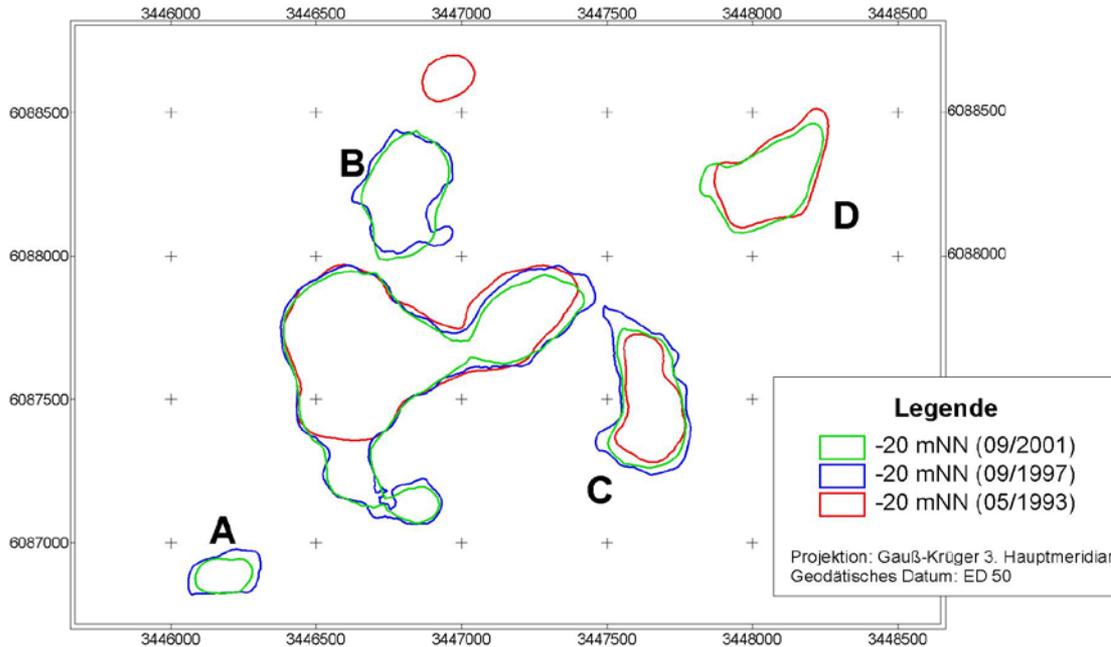
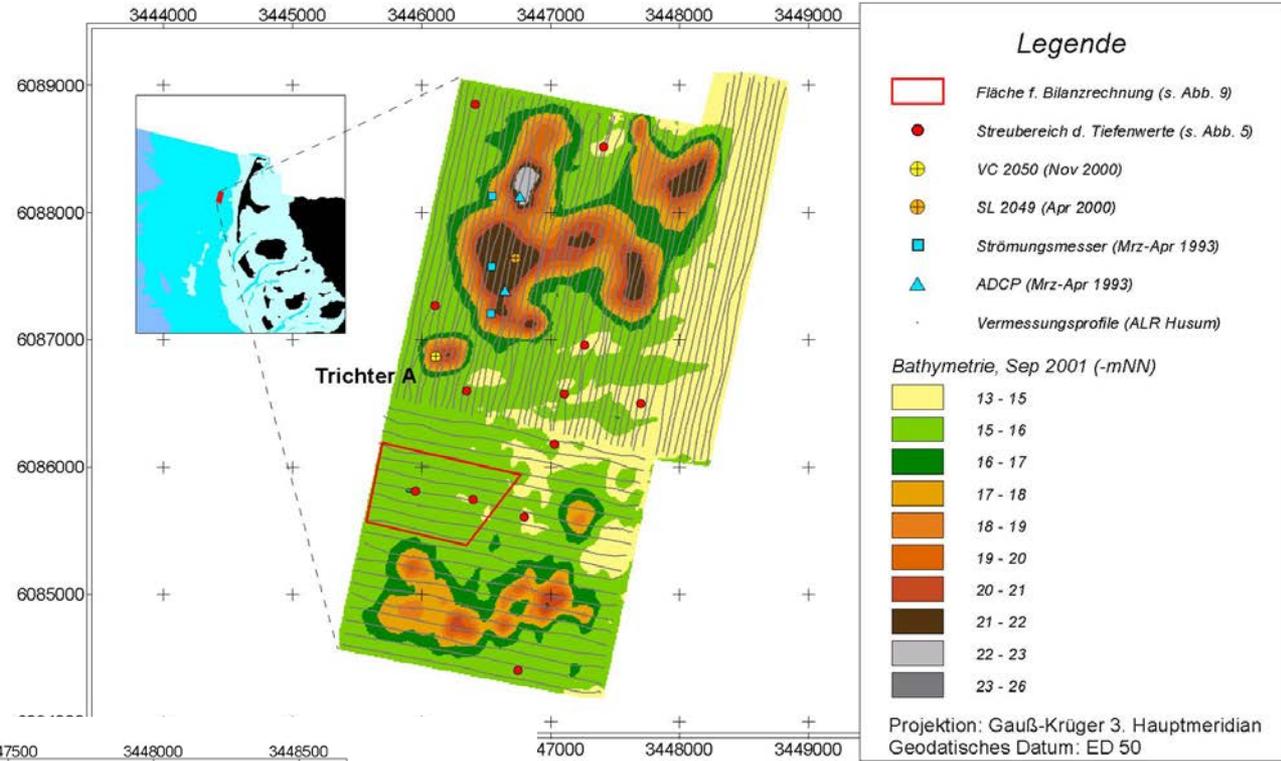
Tiefe der Entnahmefurchen: < 1 m

Länge der Furchen: ca. 1 km, Breite < 10 m

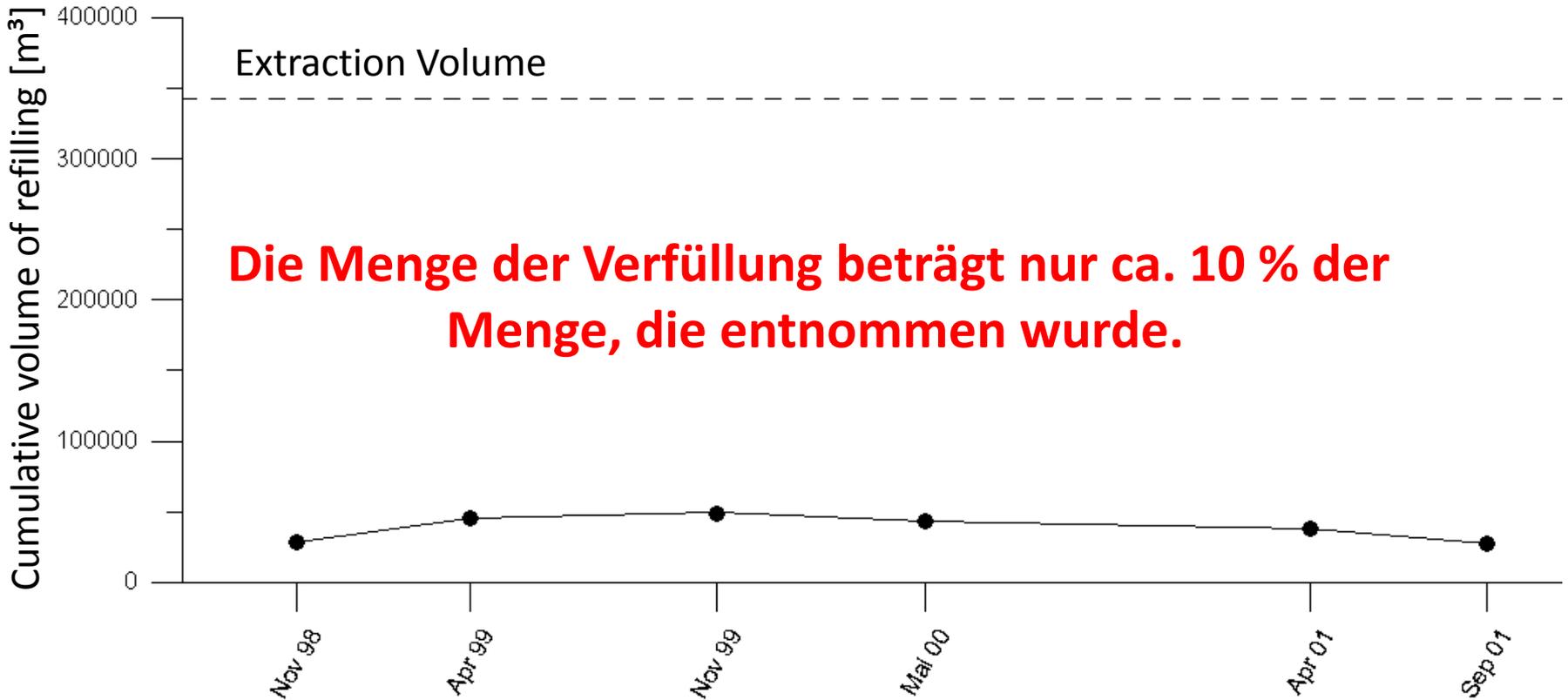


**Nordsee:
Entnahmegebiet Wester-
land II, 7 km westl. Der
Insle Sylt (Sept. 2001).**

**Entnahme seit 1984.
Entnahmevolumen: 20
mio m³. Die
Entnahmelöcher sind
tiefer als 20 m.**

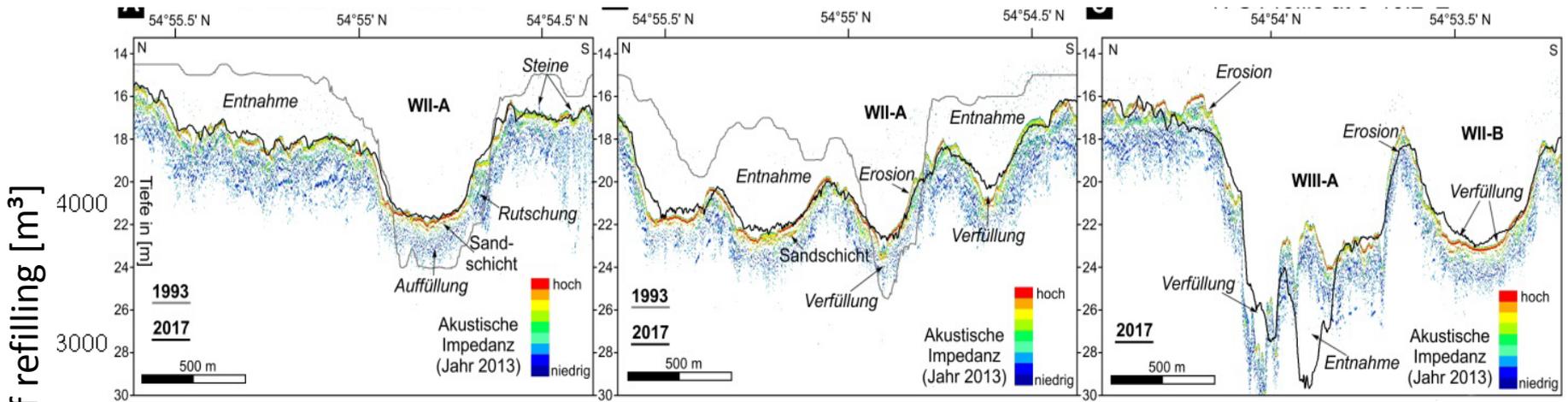


**Vergleich der -20 m Isobathe
in dem Entnahmegebiet
„Westerland II /Sylt, 1993,
1997 und 2001. (BMBF-
Projekt “Regeneration v.
Materialentnahmestellen).**

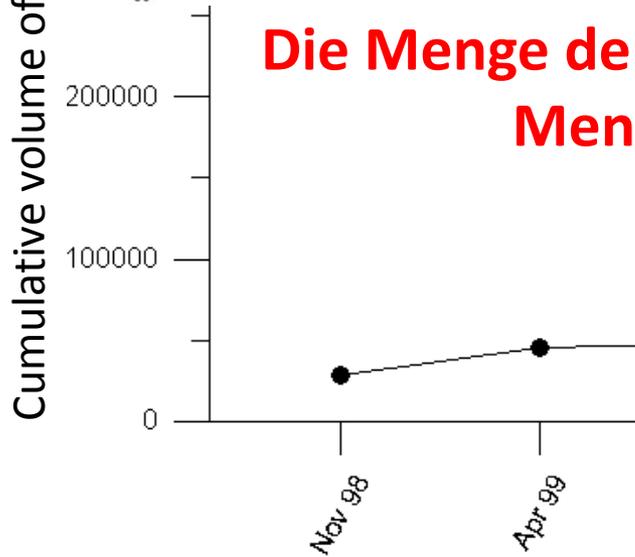


Development of the refilling of pit A (Westerland II). Dashed line marks the extraction volume of 340.000 m³. Dots mark the cumulative refilling (Zeiler et al., 2004).

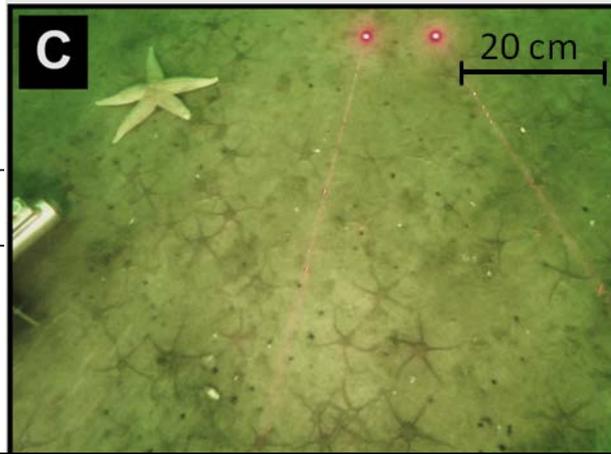
Mielck et al., 2017 (BMBF-Projekt STENCIL) (Ergebnisse von Zeiler et al. werden bestätigt)



Die Menge der Verfüllung beträgt nur ca. 10 % der Menge, die entnommen wurde.

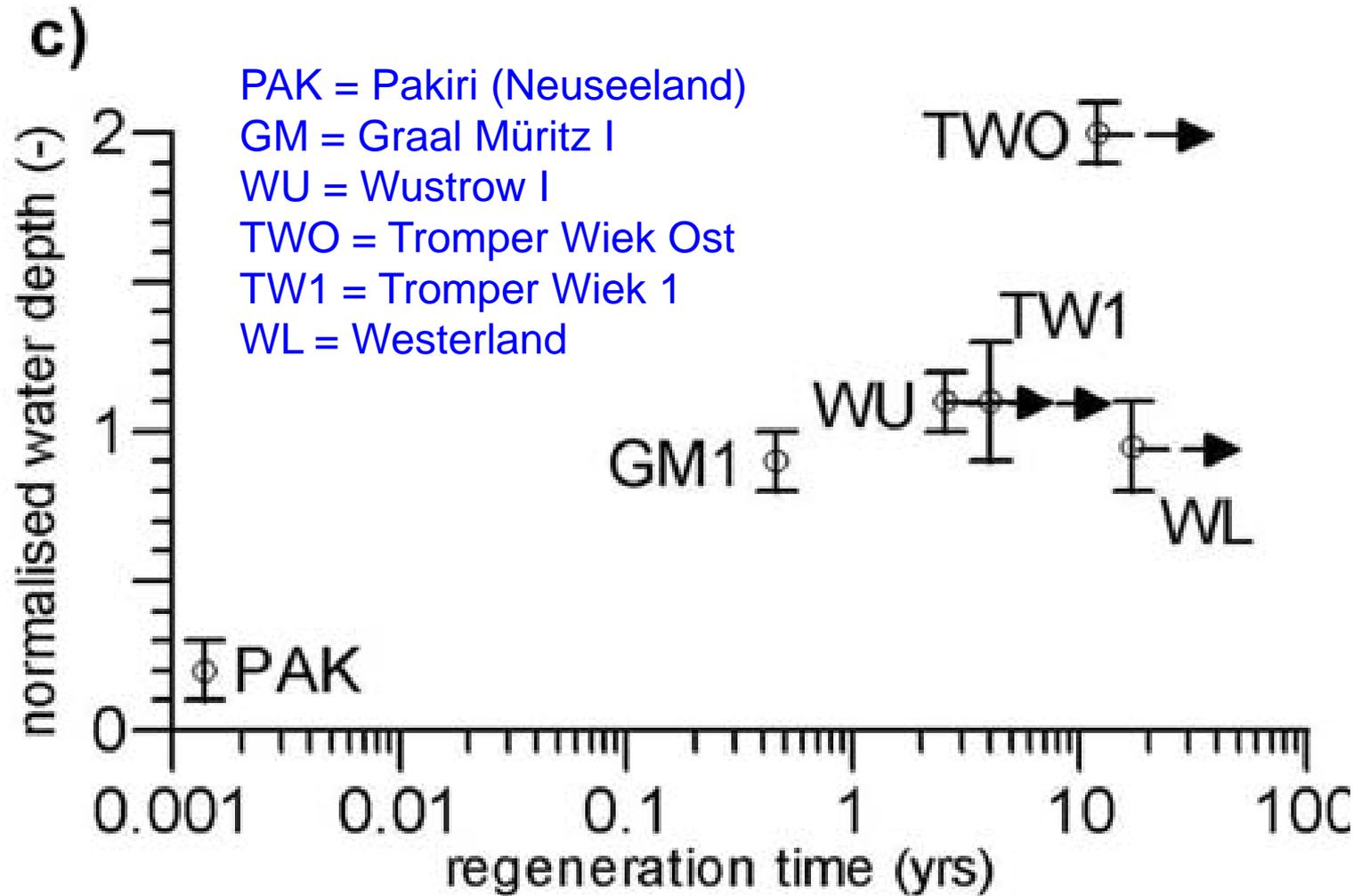


Development of the refilling extraction volume of 340.000 m³ (Zeiler et al., 2004).



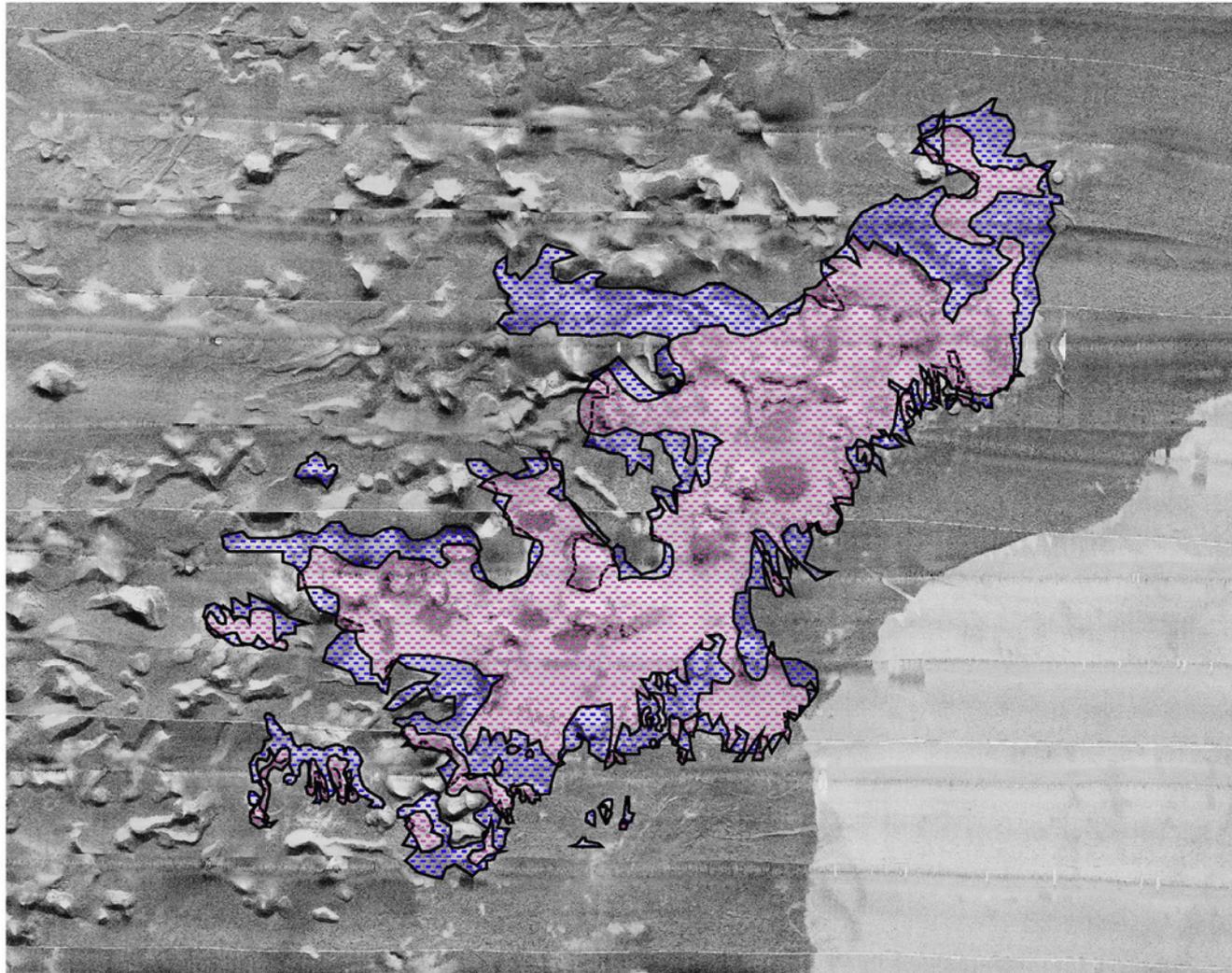
Schlangensterne u. Seesterne auf/in schlickigem Sediment

Normalisierte Wassertiefe: h / h_i (Wassertiefe / seewärtige Grenze des "lower shoreface").



Normalisierte Wassertiefe gegen Regenerationszeit (basierend auf Beobachtungszeiten). Die gestrichelten Pfeile zeigen eine mögliche, längere Regenerationszeit an.

Entwicklung der Verteilung des „gespillten“ Sandes am Meeresboden



-  Sand
-  Kies
-  Entnahme-trichter

Gespillter Sand:

-  Mai 2000
-  Juni 2001



0 100 200 300 400 500 Meter



Meeresbodennutzung durch Küstenschutz

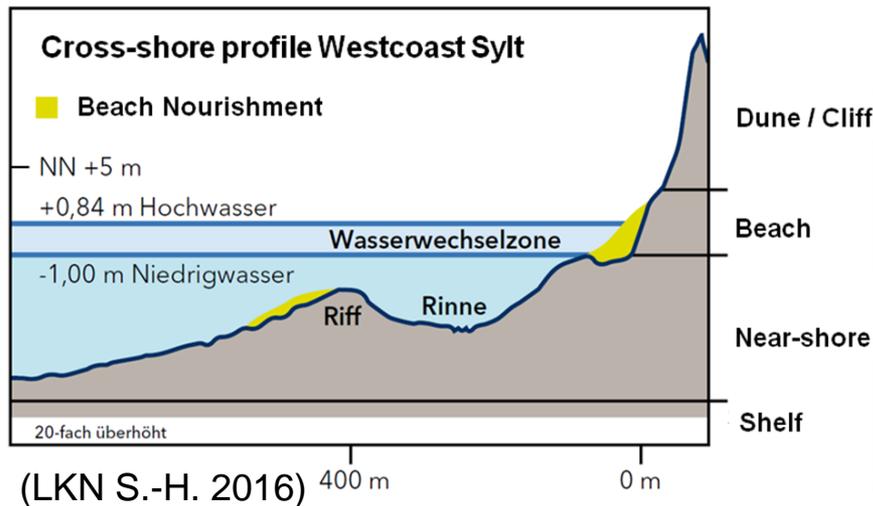


Strandaufspülung Westerland (Sylt), 2017



Oben: https://img.abendblatt.de/img/schleswig-holstein/crop/205539239/4312603345-w820-cv16_9-q85/48660154-1-.jpg

Quelle: https://img.shz.de/img/incoming/crop16719036/4017937889-cv16_9-w880/hdr-00226-1-01.jpg



Regenbogenverfahren



©Schwarzer
ZZ

Ausgewählte Forschungsfragen zur Materialentnahme und Vorspülungen

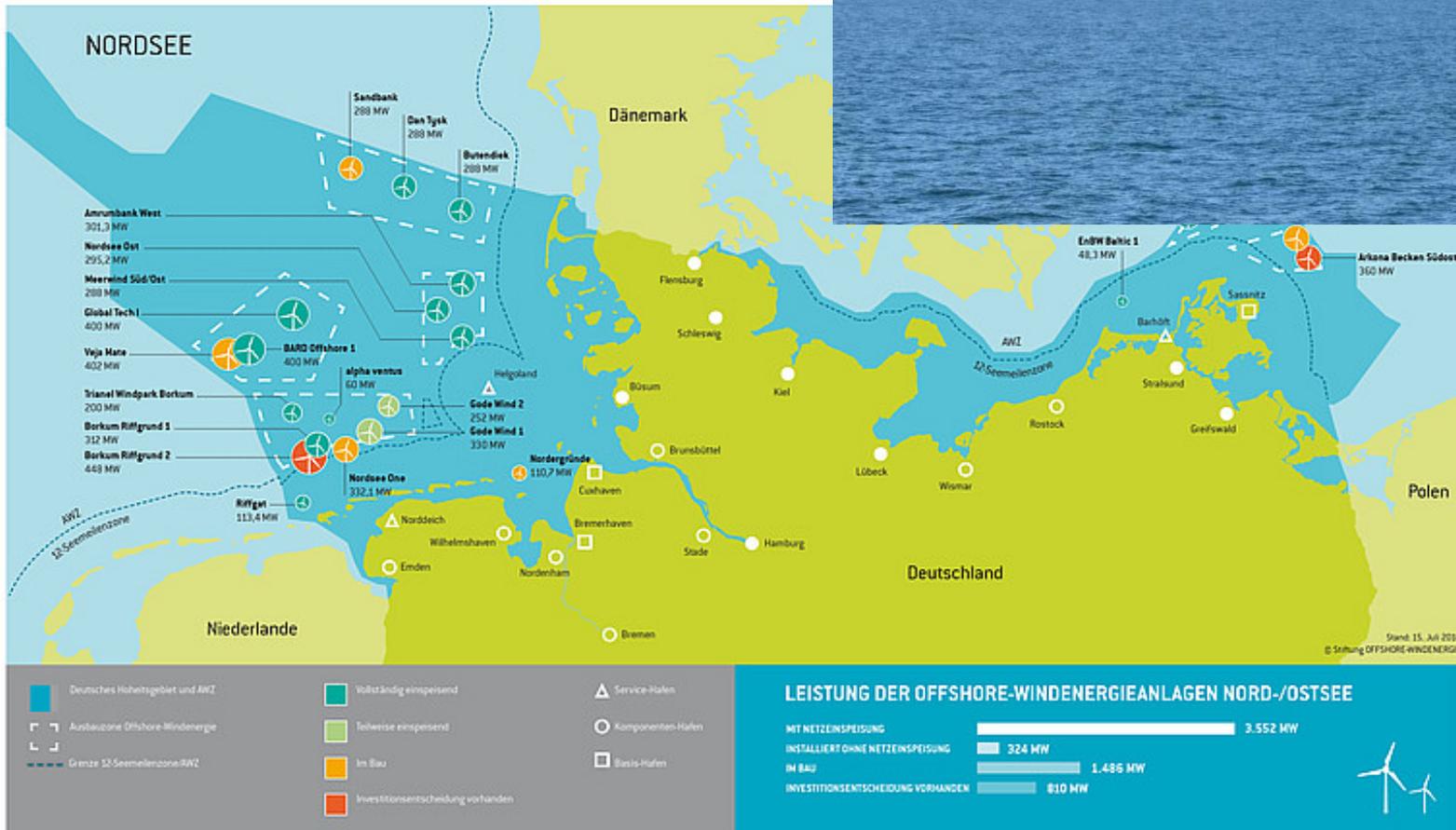
- **Sollen Entnahmespuren/-trichter grundsätzlich regenerieren (das Material muß ja irgendwoher kommen und fehlt möglicherweise woanders)?**
- **Entstehen neue Habitate?**
- **Was kennzeichnet diese neuen Lebensräume?**
- **Führen wiederholte Eingriffe zu einer Verschiebung hin zu mehr opportunistischen Lebensgemeinschaften?**
- **Welche Auswirkungen hat das „Spillen“ von Sediment für die Ökologie?**
- **Auf welchen zeitlichen / räumlichen Skalen wird der Spill aufgearbeitet.**
- **Wie weit seewärts wird suspendiertes Material verfrachtet und wie lange bleibt es in der Wassersäule (Beeinträchtigung von Filtrierern)?**
- **Wie lange überdeckt die Suspension den Meeresboden?**

Meeresbodennutzung durch Windparks

Windparks verbrauchen wenig Bodenfläche, schaffen aber ein hohes Angebot an Siedlungsfläche für Organismen, die hartes Substrat benötigen.

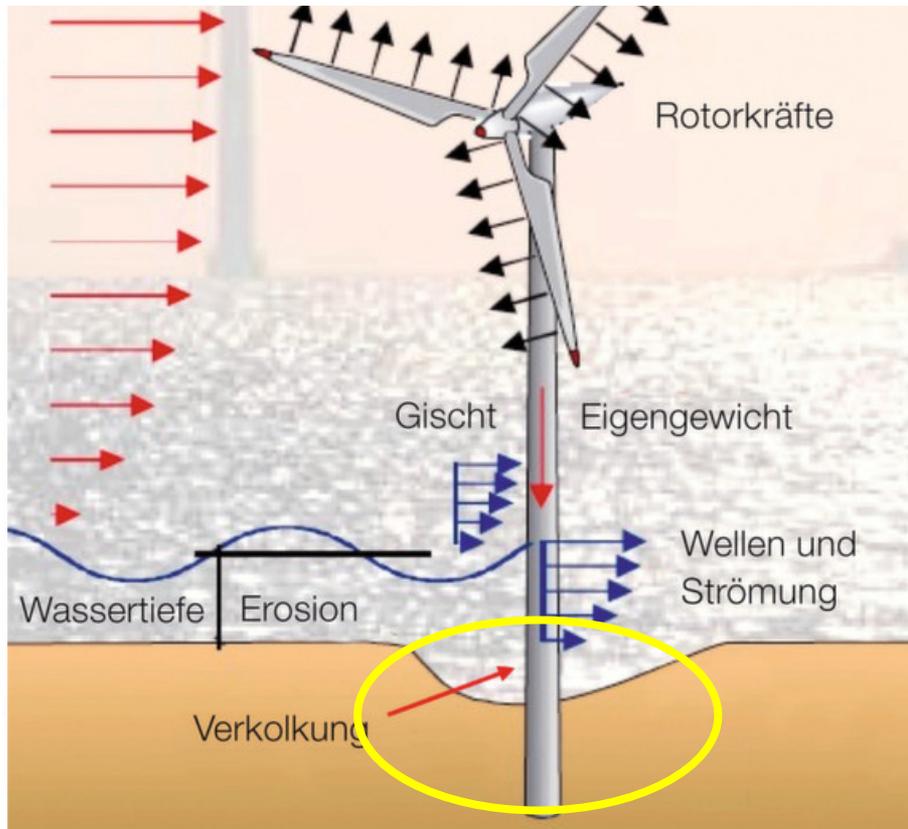


©Schwarzer



Meeresbodennutzung durch Windparks

Windparks verbrauchen wenig Bodenfläche, schaffen aber ein hohes Angebot an Siedlungsfläche für Organismen, die hartes Substrat benötigen.



Untersuchungen zur Kolkentwicklung aus dem Wellenkanal liegen vor (Schendel et al., 2017). Es fehlen Daten aus dem Naturraum (komplexe Hydrodynamik mit Wellen und Tideströmungen, variablem geologischen Aufbau des Meeresbodens).

<https://images.vogel.de/vogelonline/bdb/490400/490459/26.jpg>

Investitionsentscheidung vorhanden



Meeresbodennutzung durch Kabeltrassen / Versorgungsleitungen



Links: Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungskabel für die Netz-anbindung der Offshore Windcluster „HelWin“ (nordwestlich von Helgoland) und „SylWin“ (westlich von Sylt). Sie liegen mindestens 1,5 Meter, bzw. in Schiffsverkehrsgebieten 3 Meter unter der Meeresbodenoberfläche.

Seekabel | © LKN-SH

http://www.nationalpark-wattenmeer.de/sites/default/files/styles/content_full/public/images/s_448_018.jpg?itok=9XWDZcmc

Rechts: Leerrohre ragen aus dem Boden des Wattenmeeres hervor, um das Seekabel aufzunehmen bevor Rohr und Kabel in den Boden des Wattenmeeres eingefräst werden.

Photo: Detlef Gehring Industriefotografie beim Trassenbau für das Seekabel von alpha ventus



<http://blickfang-dortmund.de/wp-content/uploads/2015/11/Seekabel12-150x150.jpg>

Ausgewählte Forschungsfragen zu Windparks und Leitungstrassen

Windparks:

- **Wie weit reicht die „Fernwirkung“ des Windparks auf die Sedimentoberfläche?**
- **Verändern sich großräumig Lebensräume z.B. durch das hohe Angebot von Hartsubstraten?**



Kabeltrassen und Versorgungsleitungen, Rohrleitungen:

- **Entstehen entlang der Trassen neue Migrationswege für Organismen (das überdeckte Material hat manchmal nicht die gleiche Bodenstruktur wie das ursprünglich vorhandene Bodenmaterial)?**

Meeresbodennutzung durch das Freihalten von Fahrrinnen – Unterhaltungsbaggerung

Fahrrinnenproblematik ist nicht allein die Elbvertiefung, sondern sie kommt entlang der gesamten Küste von Nord- und Ostsee vor



http://www.ln-online.de/var/storage/images/ln/lokales/ostholstein/graswarder-waechst-in-die-fahrrinne/638896341-1-ger-DE/Graswarder-waechst-in-die-Fahrrinne_ArtikelQuer.jpg

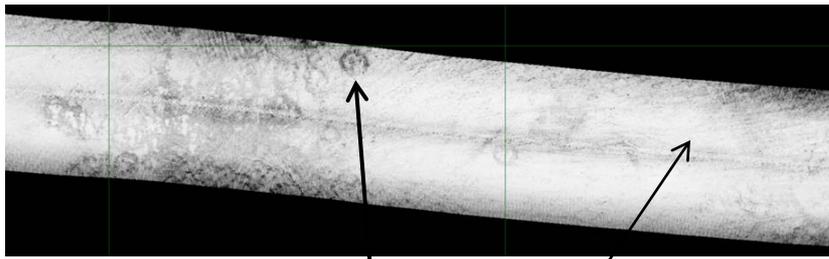
Bsp: Graswarder wächst in die Fahrrinne

Planungsphase: Fahrrinne für die Schifffahrt in Heiligenhafen muss im Winter 2018/2019 ausgebaggert werden. Grund: Graswarder wächst um 1 – 4 m/Jahr in südöstliche Richtung in die Wasserstraße.

Geplante Tiefe: 5,5 m,
Gewünschte Tiefe: 6,5 m.

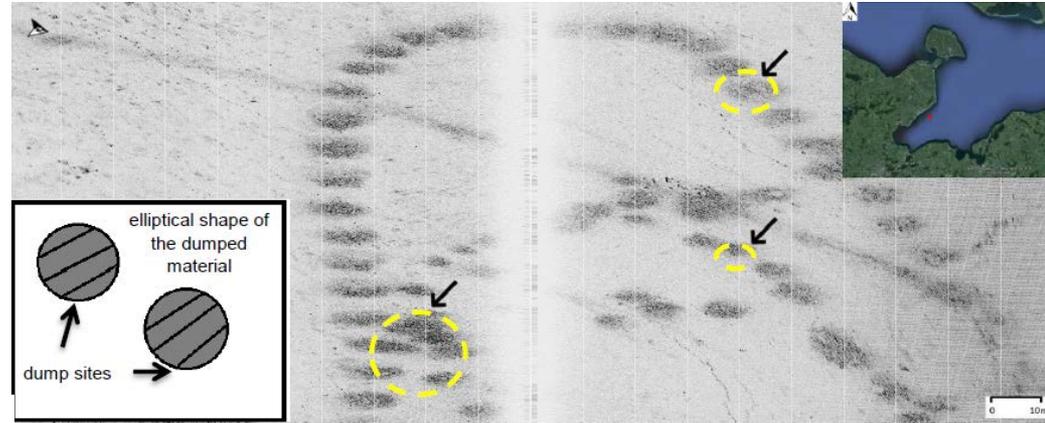
Nutzung des Materials?? Ist es belastet? Ist es für den Strand nutzbar? Muss es verklappt werden?

Meeresbodennutzung durch das Verklappen von Sediment

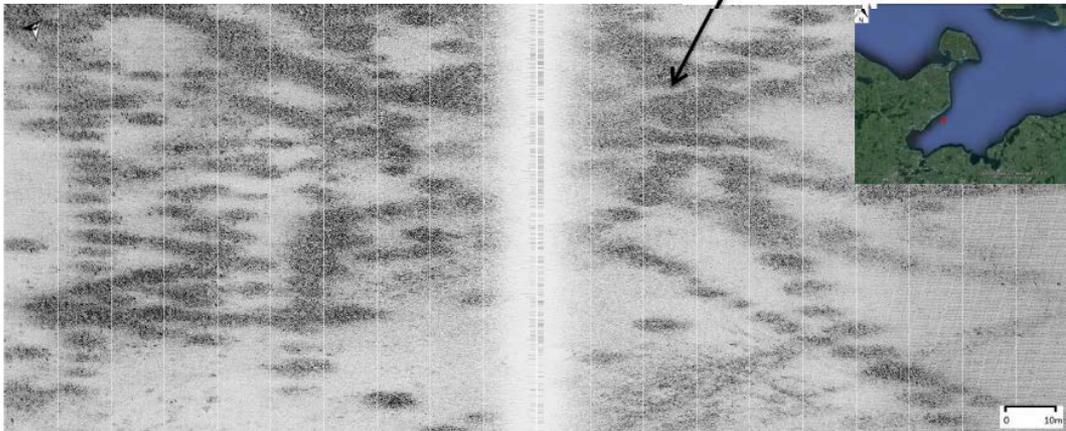
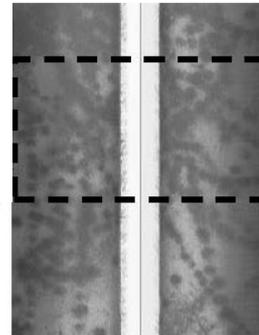


Verklappung, Fischereispuren

- Zone: Lübeck Bay
- Coordinates: **lat.** 54.1370356 N **long.** 11.0317426 E
- Water depth: 12.72 m
- Acoustic technique: Side-scan sonar
- Date: 25. August 2014
- Weather and water condition: calm sea



Quelle: Schwarzer, unveröff.



Quelle: Schwarzer, unveröff.

Elbvertiefung



Ist-Zustand der Fahrrinnensohle, heutige und geplante Fahrrinntiefen im Längsschnitt

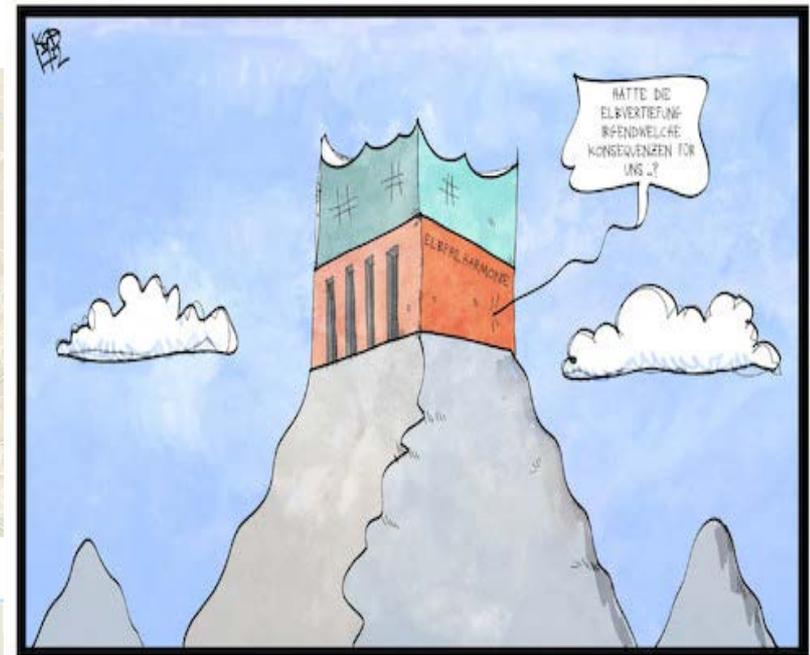


Revierfahrt auf Flutwelle

Tideabhängig einlaufendes Schiff

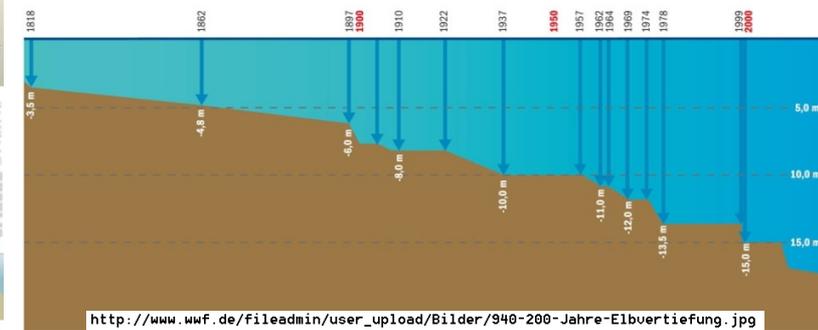


Quelle: Projektbüro Fahrrinnenanpassung/WSA Hamburg



Kostas Koufogiorgos, 2017

200 Jahre Elbvertiefungen bei Hamburg

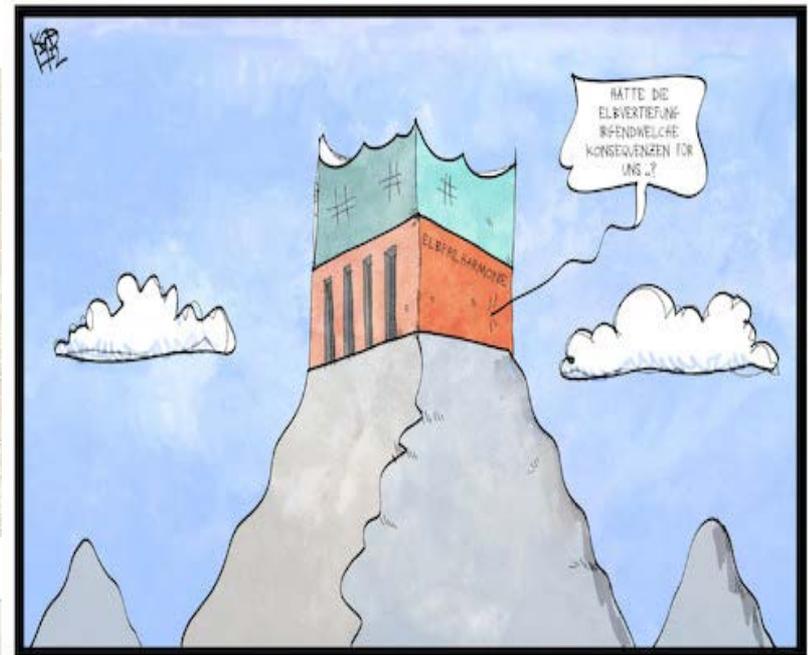


http://www.wmf.de/fileadmin/user_upload/Bilder/940-200-Jahre-Elbvertiefung.jpg

<http://cdn4.spiegel.de/images/image-841947-galleryV9-diigo-841947.jpg>

Entnahmevermögen: $38,5 \times 10^6 \text{ m}^3$, Verfüllung Medem Rinne: $13,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

Elbvertiefung



Kostas Koufogiorgos, 2017

Ist-Zustand der Fahrrinnensohle, heutige und geplante Fahrrinntiefen im Längsschnitt



Revierfahrt auf Flutwelle

Tideabhängig einlaufendes Schiff

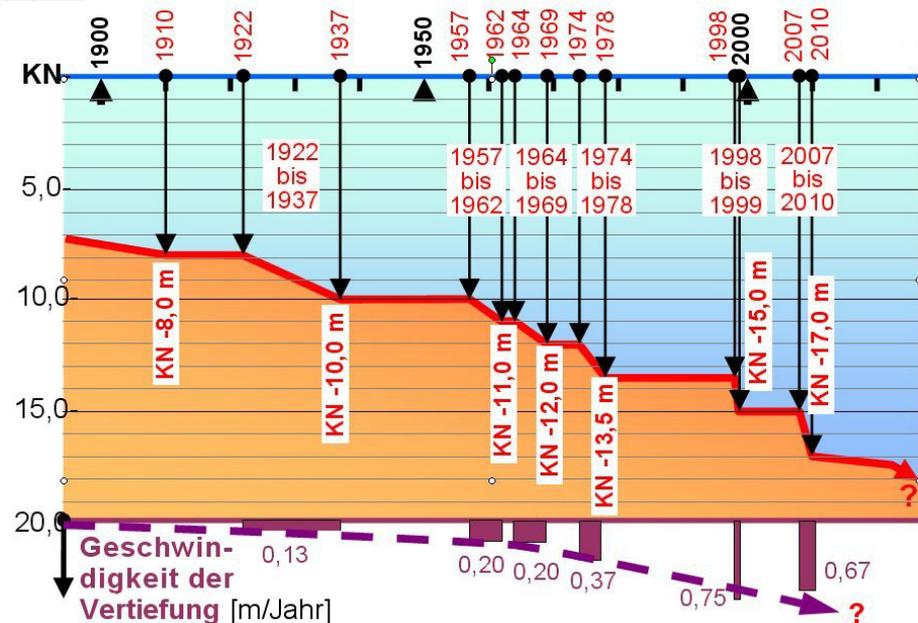


Quelle: Projektbüro Fahrrinnenanpassung/V

<http://cdn4.spiegel.de/images/image-841947-galleryV9-di-qo-841947>

Entnahmevermögen: $38,5 \times 10^6 \text{ m}^3$

Verfüllung Medem Rinne: $13,5 \times 10^6 \text{ m}^3$



Ausgewählte Forschungsfragen zum Freihalten von Fahrrinnen und Verklappungen

Fahrrinnenfreihaltung und Vertiefung:

- **Was bedeutet ein veränderter Sedimenttransport von See in die Ästuare für das Ästuar selbst und die angrenzenden Watten?**
- **Was bedeutet weiter vordringendes Brackwasser für die Grundwasserdynamik angrenzender terrestrischer Bereiche?**

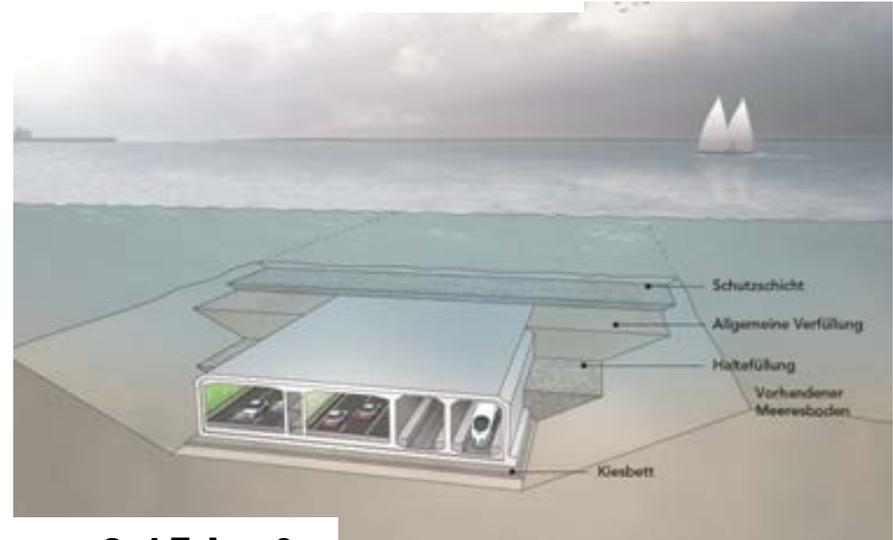
Materialverklappung:

- **Was bedeutet das Einbringen von Fremdmaterial für die Ökologie im Nahbereich (zeitliche und räumliche Abschätzung)?**
- **Wie lange bleiben die physischen Störungen erhalten?...oder sind sie gar dauerhaft ? - physical loss or physical disturbance?**



Meeresbodennutzung durch Tunnel- und Brückenbau, Bsp. Fehmarn Belt Querung

**Aushub für Absenktunnel:
18 km lang, 60 m breit, 16 m tief; ca. $19 \times 10^6 \text{ m}^3$**



Aufspülflächen: Lolland: ca. 3 km², Fehmarn: 0,15 km²



Quelle der Abbildungen:
Femern A/S, 2017

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit



Tümlauer Bucht, Blick auf den Leuchtturm Westerhever

Photo: K. Ricklefs