

Übersichtsvortrag

„Aufbau von integrierten Modellsystemen zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht (AufMod)“

KFKI Seminar, Bremerhaven

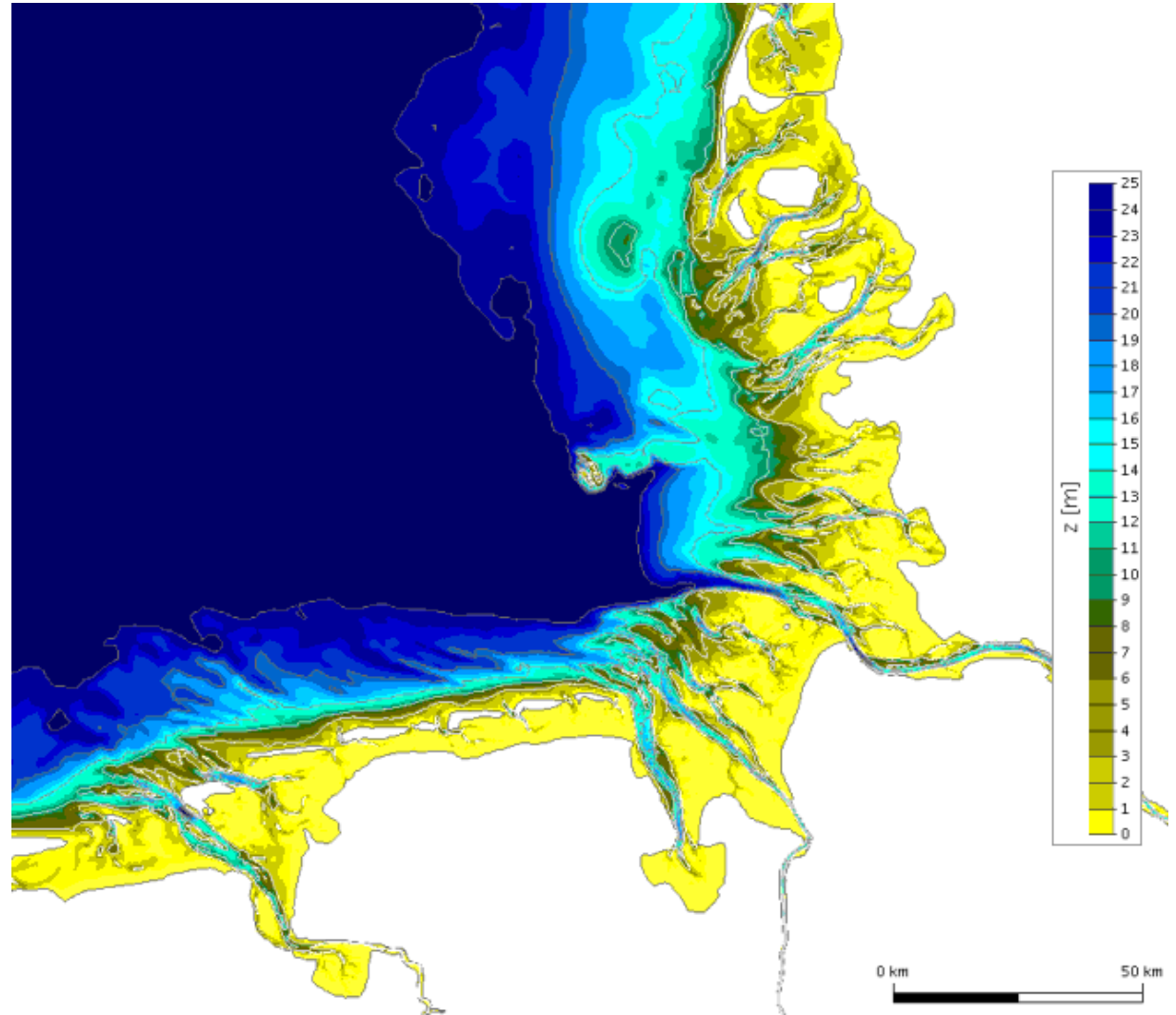
28. November 2012

Dipl. Umweltwiss. Jennifer Valerius

Dr. Frank Kösters



Frage: “Sind Sedimenttransport und Morphodynamik der Deutschen Bucht mit hoher Aussagekraft langfristig berechenbar?”



Animation: datenbasiertes Modell
(verfügbarer Gesamtzeitraum)

Zielsetzung AufMod

Allgemeine Zielsetzung des Forschungsaufrufs des KFKI

- Voraussetzung dafür zu schaffen, den Einfluss des Klimawandels und anthropogener Eingriffe auf die Morphologie und den Sedimenttransport in der Deutschen Bucht modellbasiert abschätzen zu können

Zielsetzung AufMod

- Aufbereitung einer konsistenten Datenbasis für Modelle (Topographie/Morphologie, Sedimentologie)
- Schließen von Datenlücken und Verbesserung eingesetzter Messmethoden
- Bestimmung von Anwendbarkeit und Genauigkeit ausgewählter, verfügbarer numerischer Verfahren auf Basis der Berechnung zurückliegender Zeiträume
- Vertiefung der Kenntnisse sediment- und morphodynamischer Vorgänge in der Deutschen Bucht
- Abschätzung von Sedimenttransportwegen und –mengen

Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

- **Beschreibung der Datenbasis (Bodenparameter) und Überführung in konsistente Datensätze (Funktionales Bodenmodell)**
- Mathematische Modellierungswerkzeuge

Validierung & Anwendbarkeit

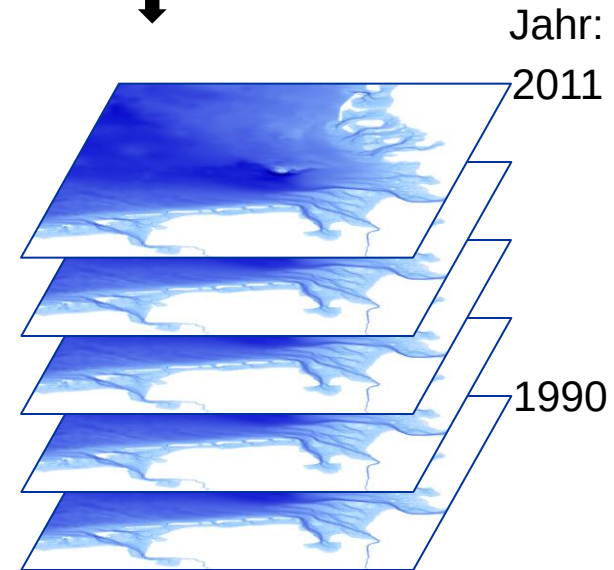
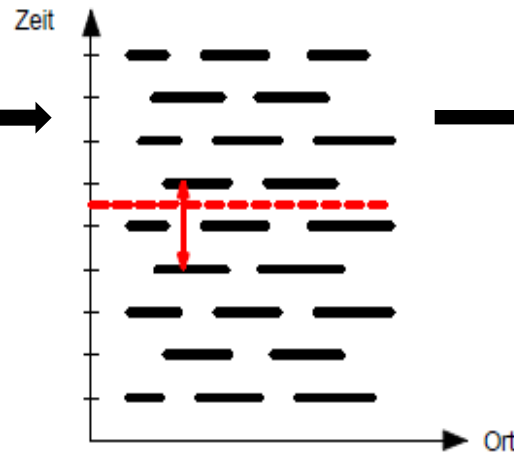
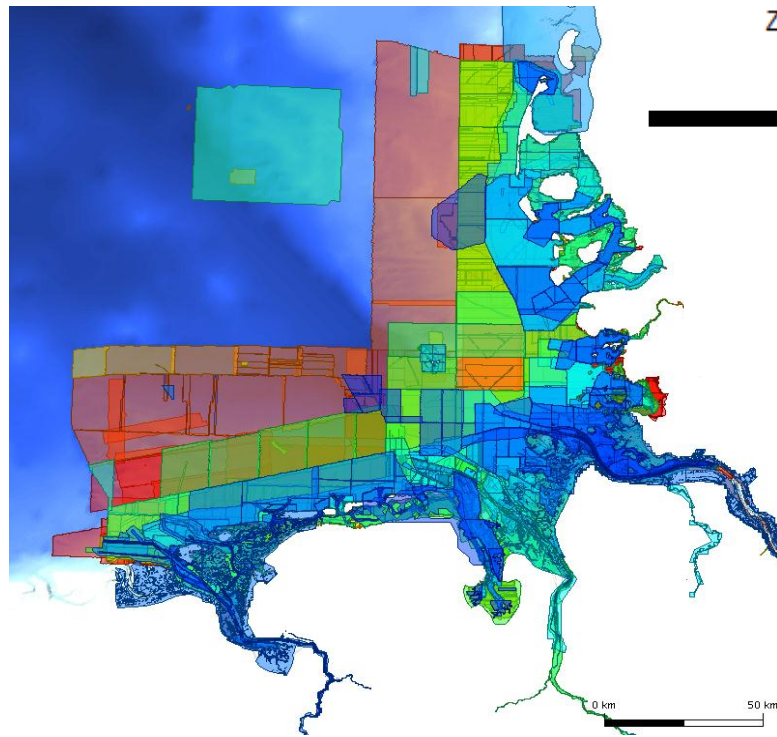
- Hydrodynamik
- Änderungen in der Morphologie
- Langfristsimulationen / Klimawandel
- Sedimenttransport

Neue Methoden und Erkenntnisse

Funktionales Bodenmodell: Bathymetrie

Datenbasis:
Vermessungsdaten

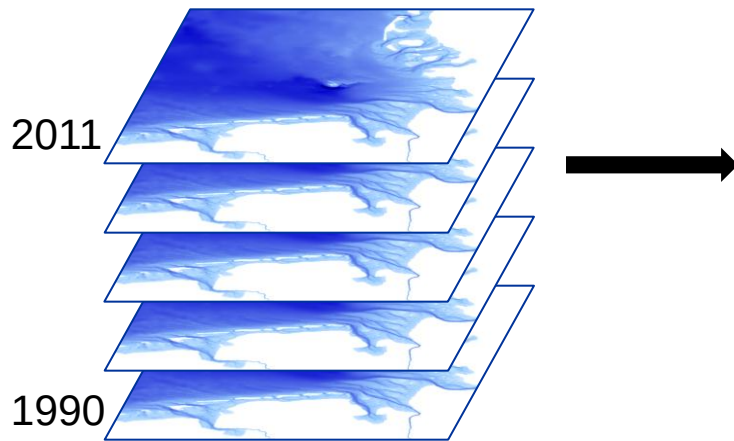
Raumzeitliche Interpolation



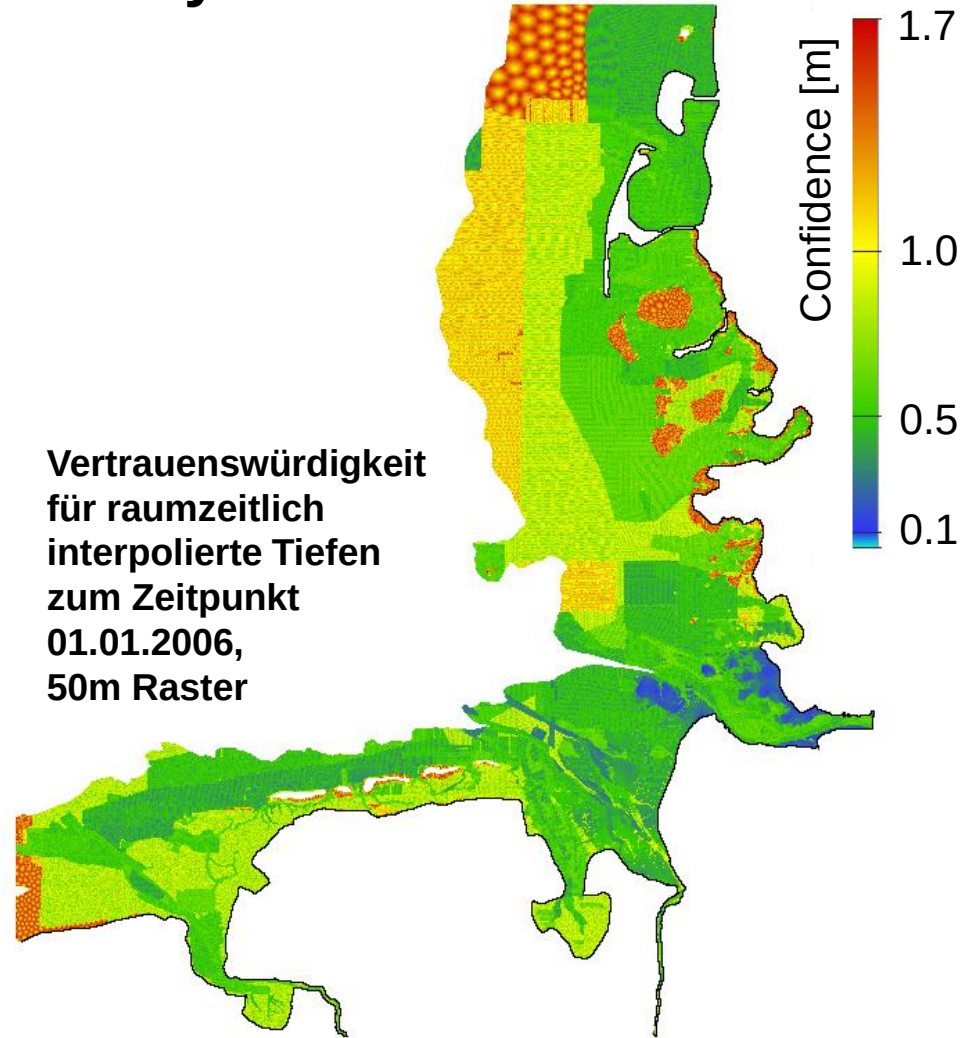
Konsistente integrierte Tiefenverteilungen für jeden Ort und Zeitpunkt

Funktionales Bodenmodell: Bathymetrie - Produkte

Vertrauenswürdigkeit der
Tiefenverteilungen

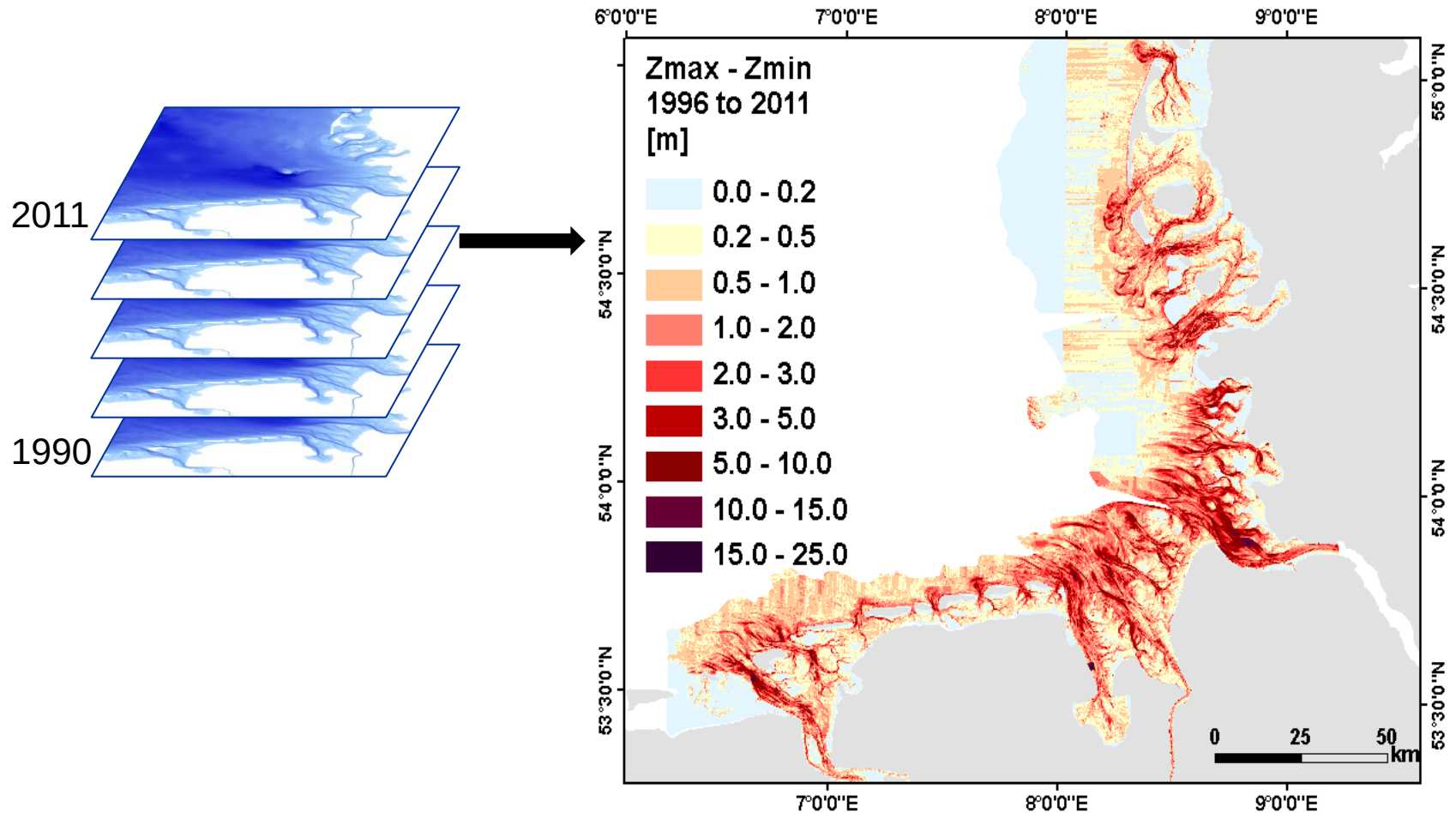


Vertrauenswürdigkeit
für raumzeitlich
interpolierte Tiefen
zum Zeitpunkt
01.01.2006,
50m Raster



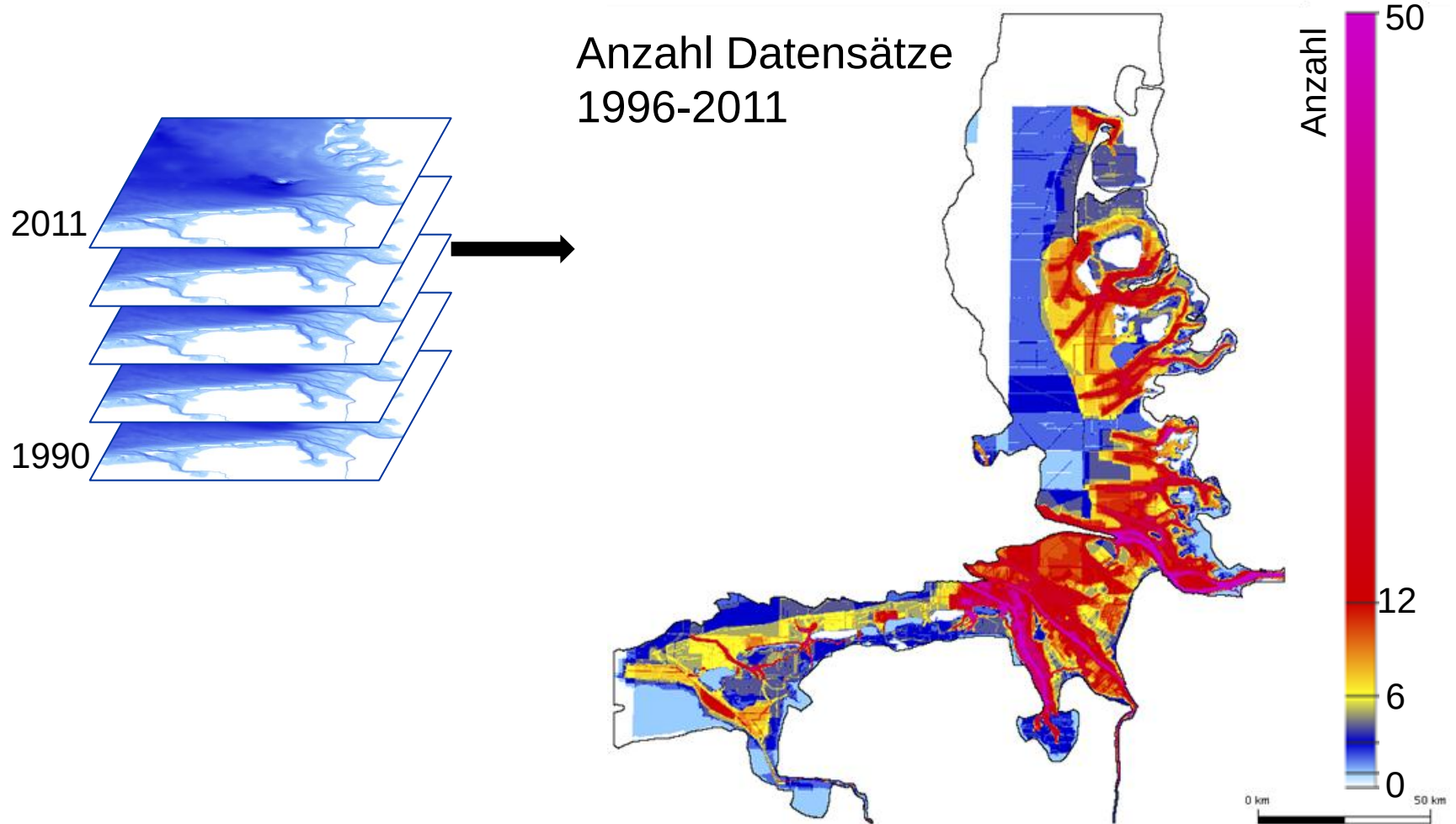
Funktionales Bodenmodell: Bathymetrie - Produkte

Ableitbare morphologische Parameter: "Morphologischer Raum"



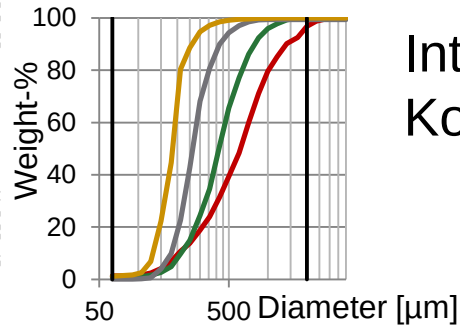
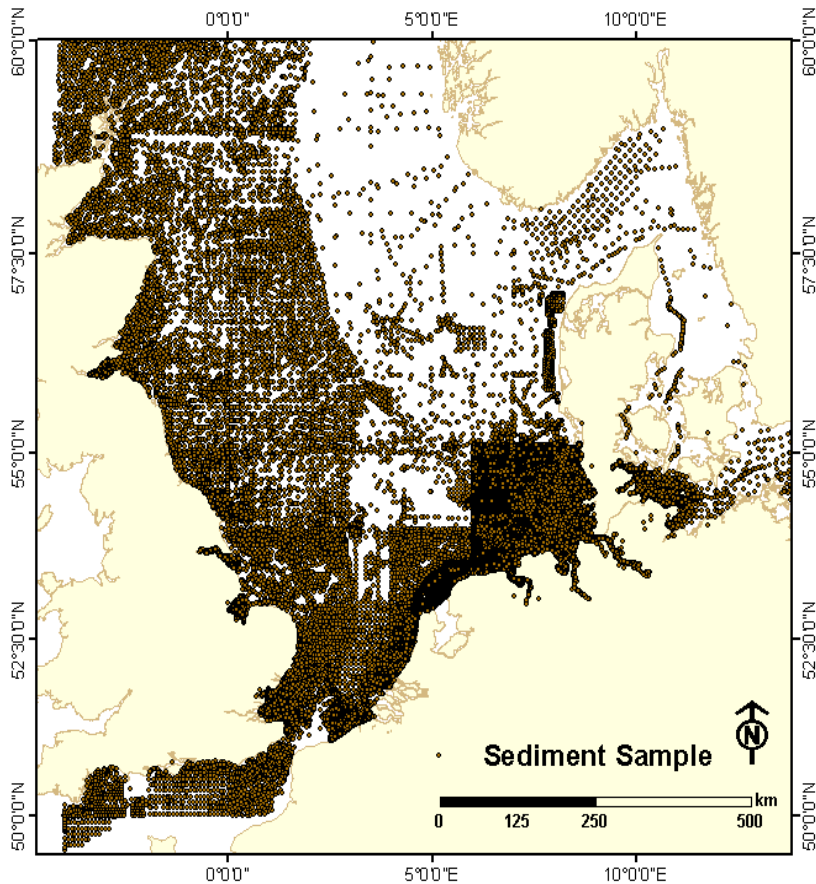
Funktionales Bodenmodell: Bathymetrie - Produkte

Ableitbare Parameter zur Datengrundlage von Zeitreihenanalysen



Funktionales Bodenmodell: Sedimentologie

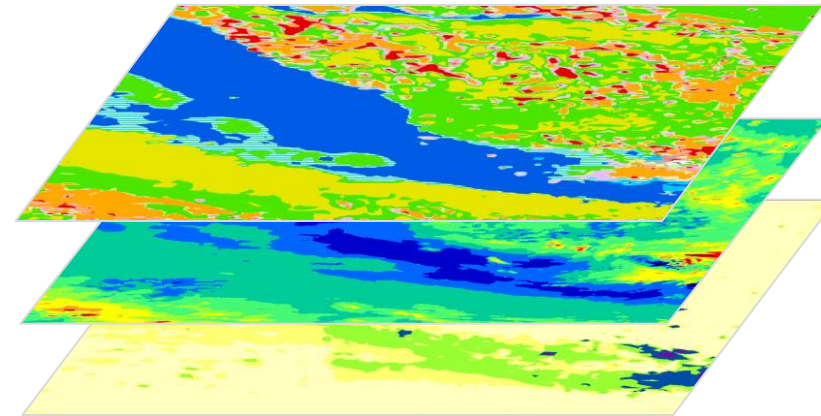
Databasis: Korngrößenverteilungen



Interpolation der Kornsummenkurve



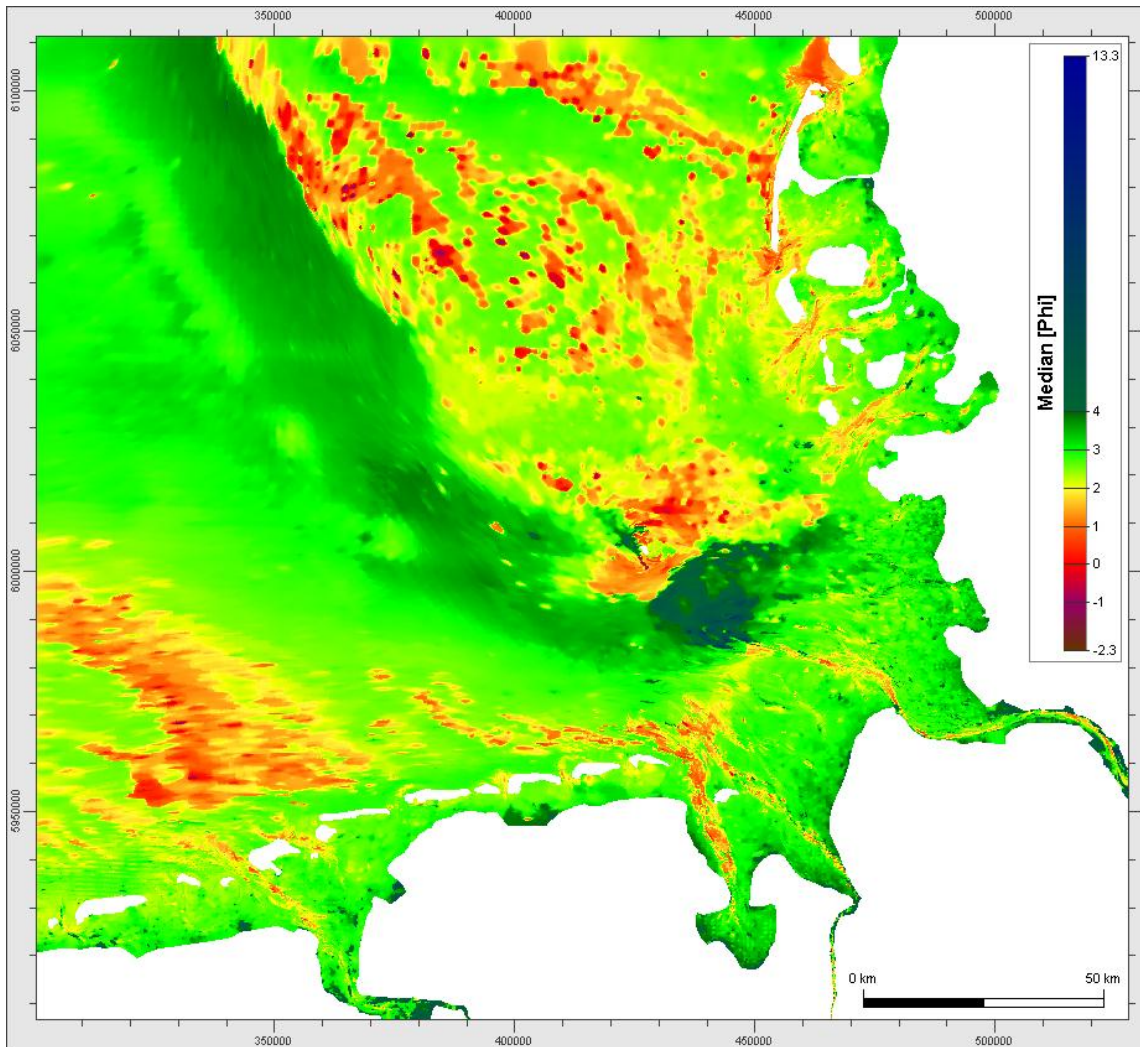
Datensätze statistischer Parameter



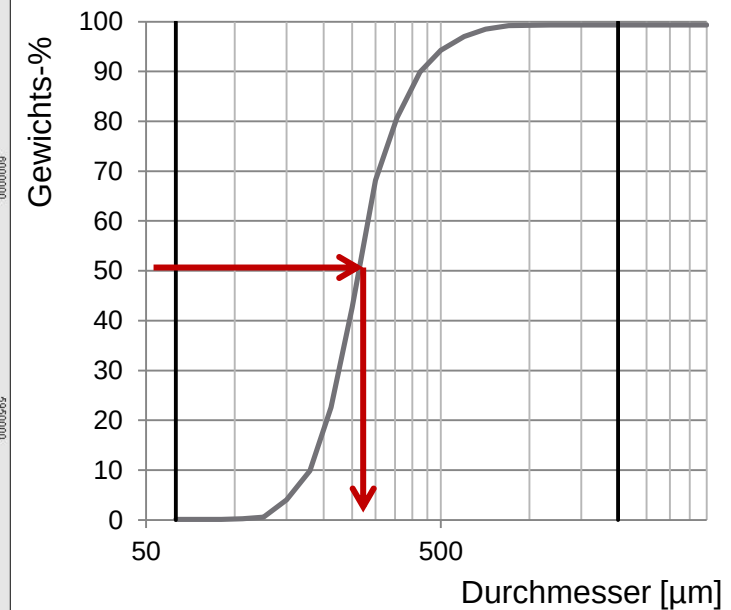
Data Sources:

Germany: AufMod-Fieldwork, BSH, Sam, HZG, BfG; Belgium: MUMM; Denmark: GEUS; Great Britain: BGS; Netherlands: TNO, Sedimentatlas Waddenzee; Norway: NGU

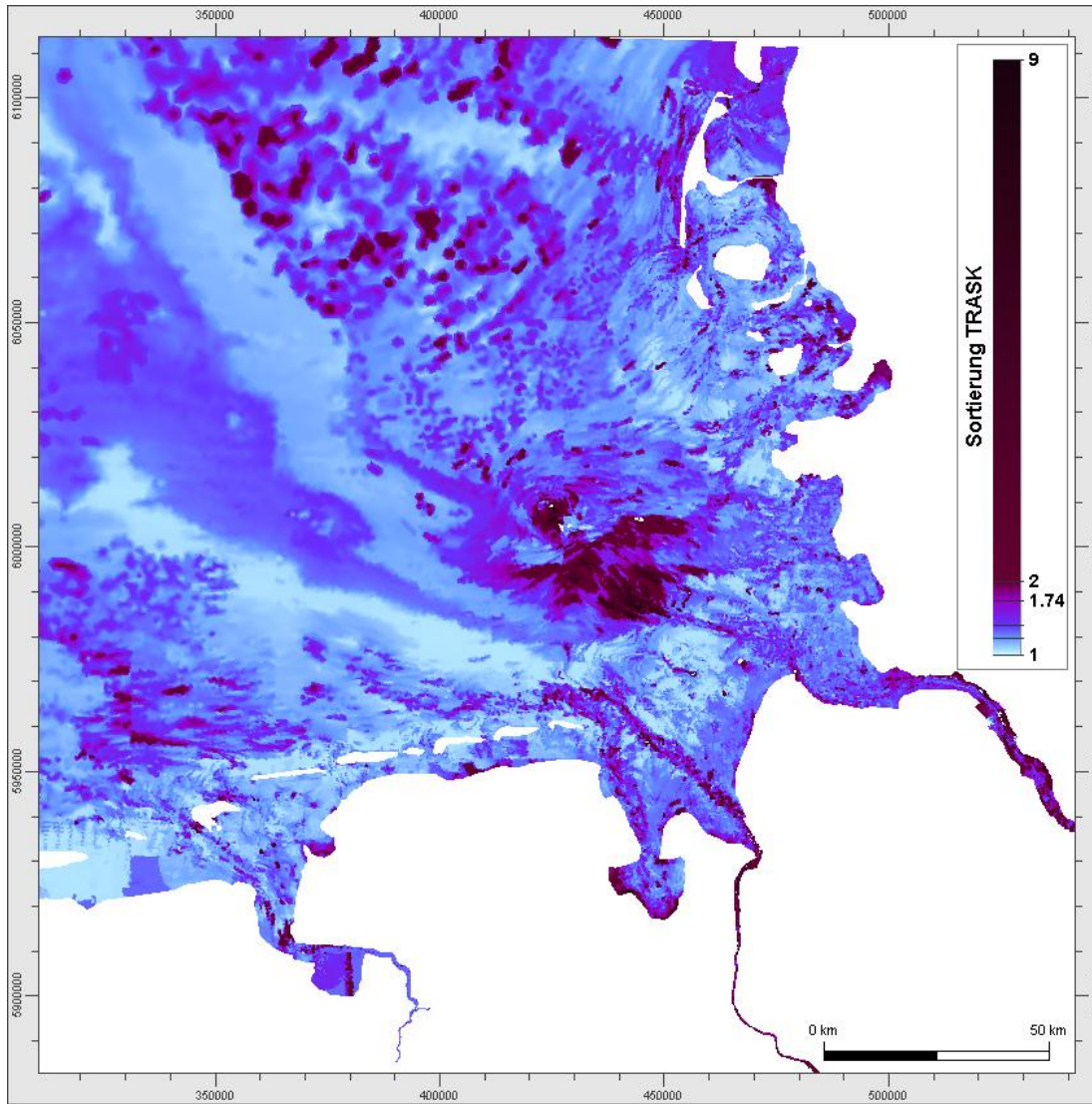
Funktionales Bodenmodell: Sedimentologie - Produkte



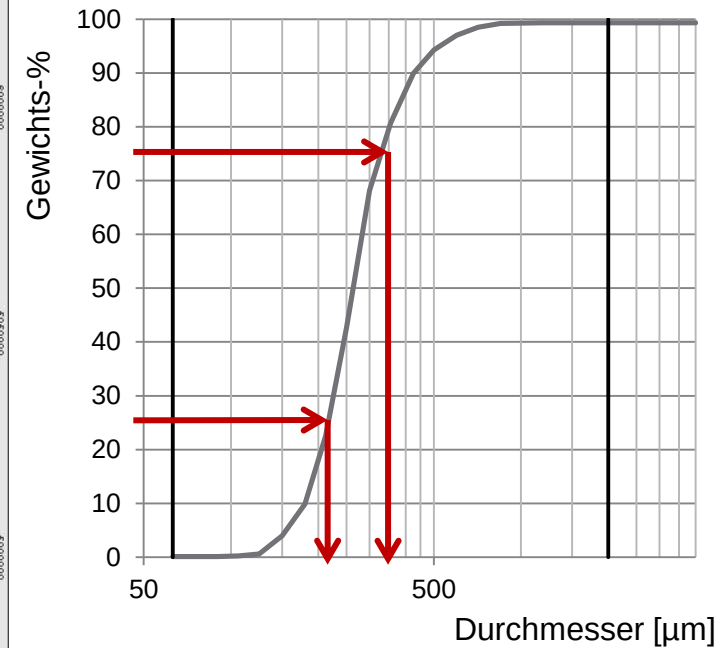
Median der Kornsummenkurve



Funktionales Bodenmodell: Sedimentologie - Produkte

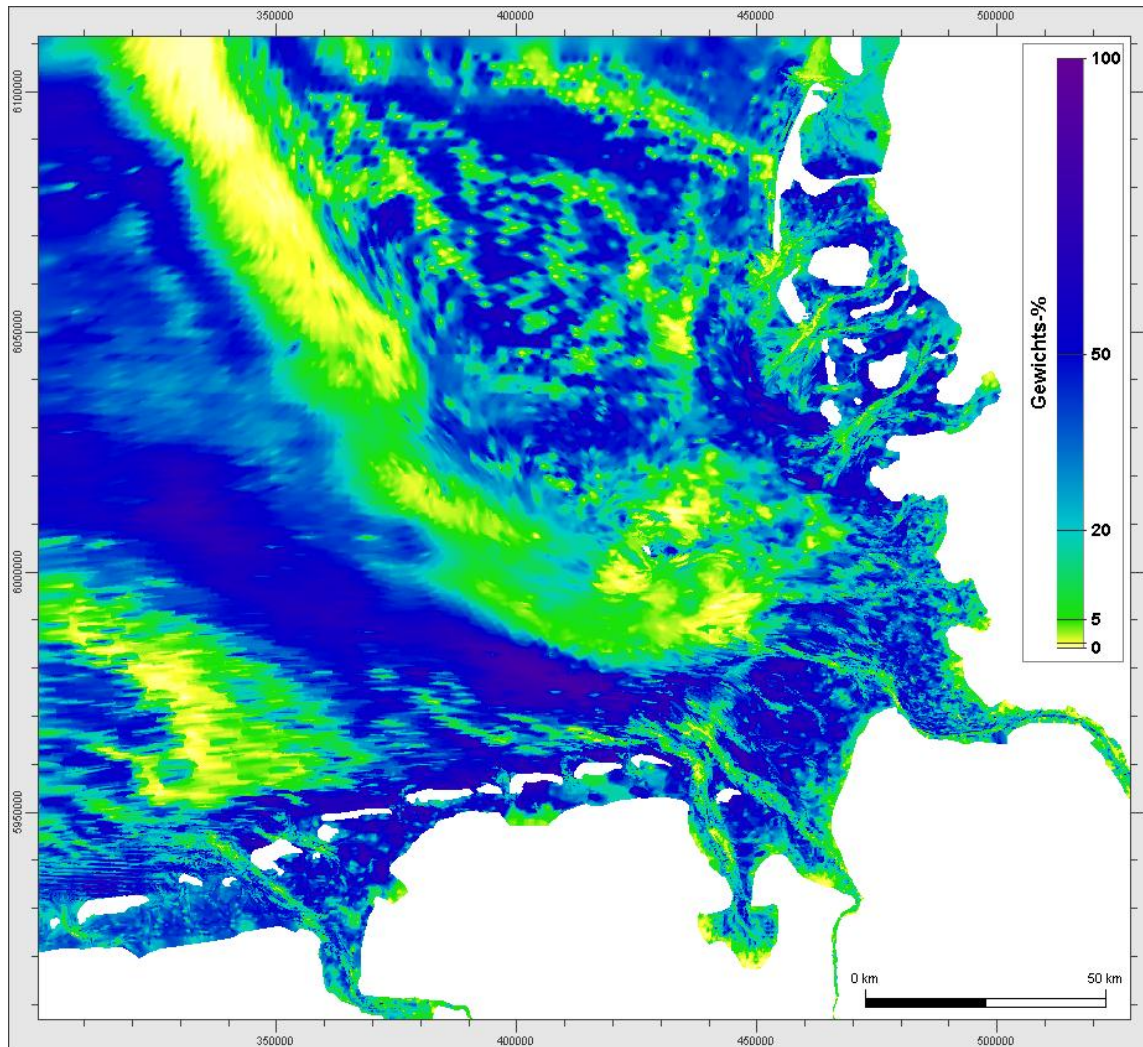


Sortierung
 $(D_{75}-D_{25})^{1/2}$

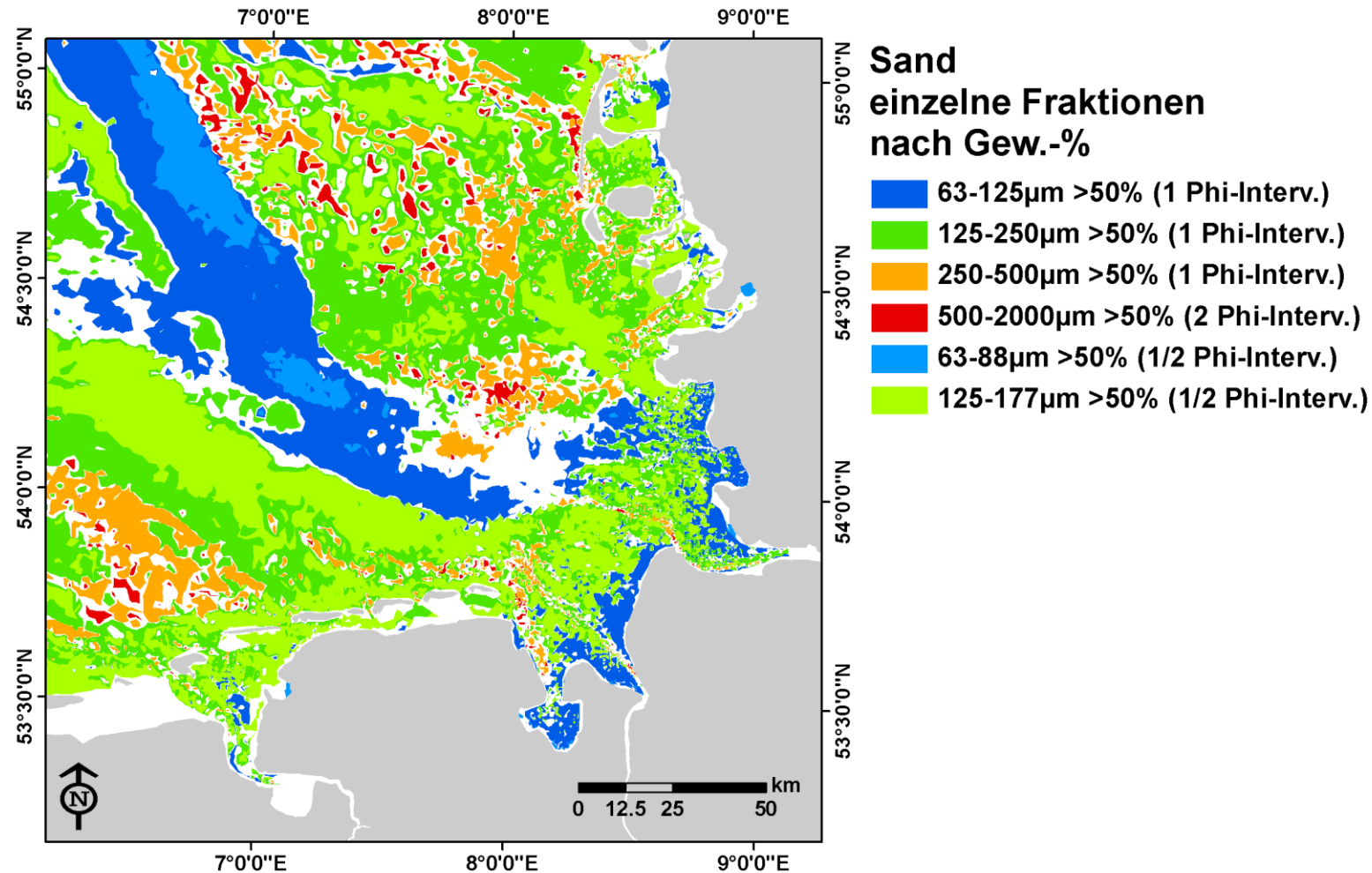


Funktionales Bodenmodell: Sedimentologie - Produkte

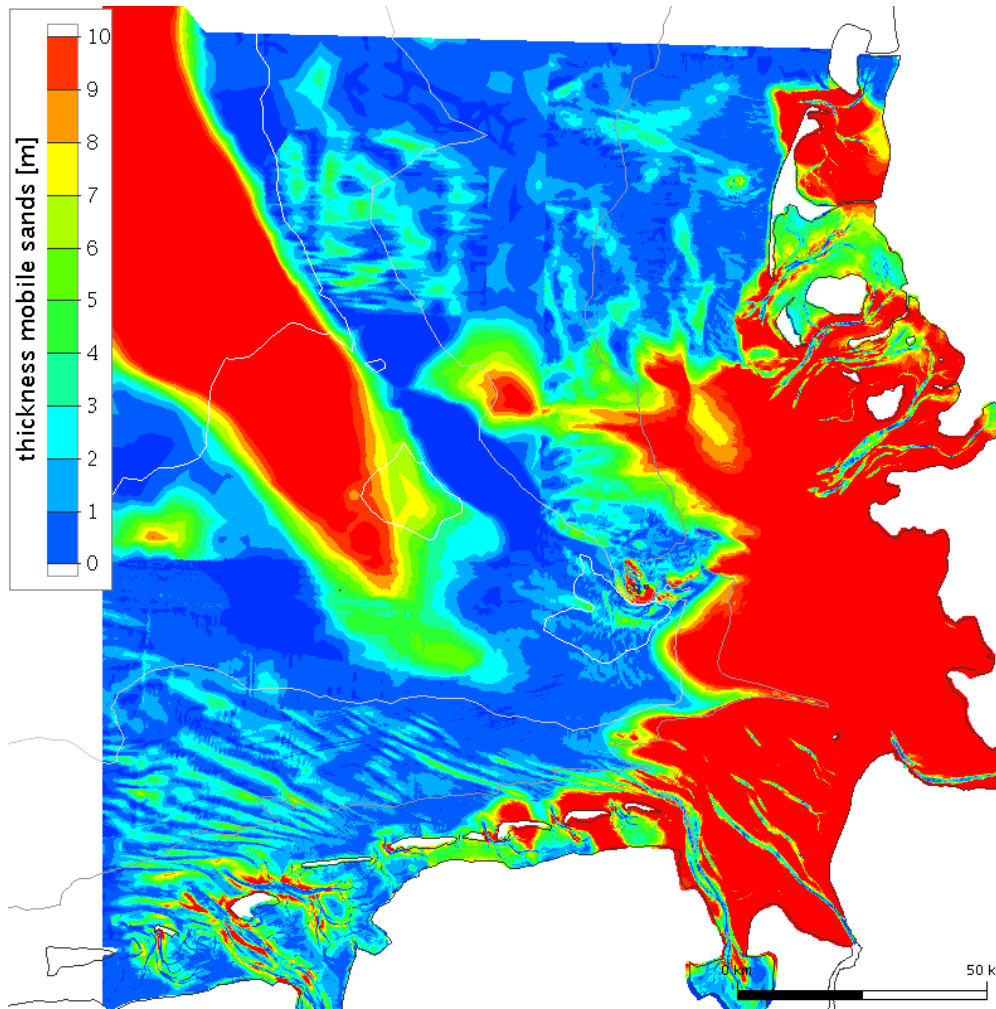
Gewichtsanteil
Sandfraktion
125-177µm



Funktionales Bodenmodell – Synthese: Konzeptionelles Morphodynamik Modell DB



Funktionales Bodenmodell: Sedimentologie - Mobile Deckschicht

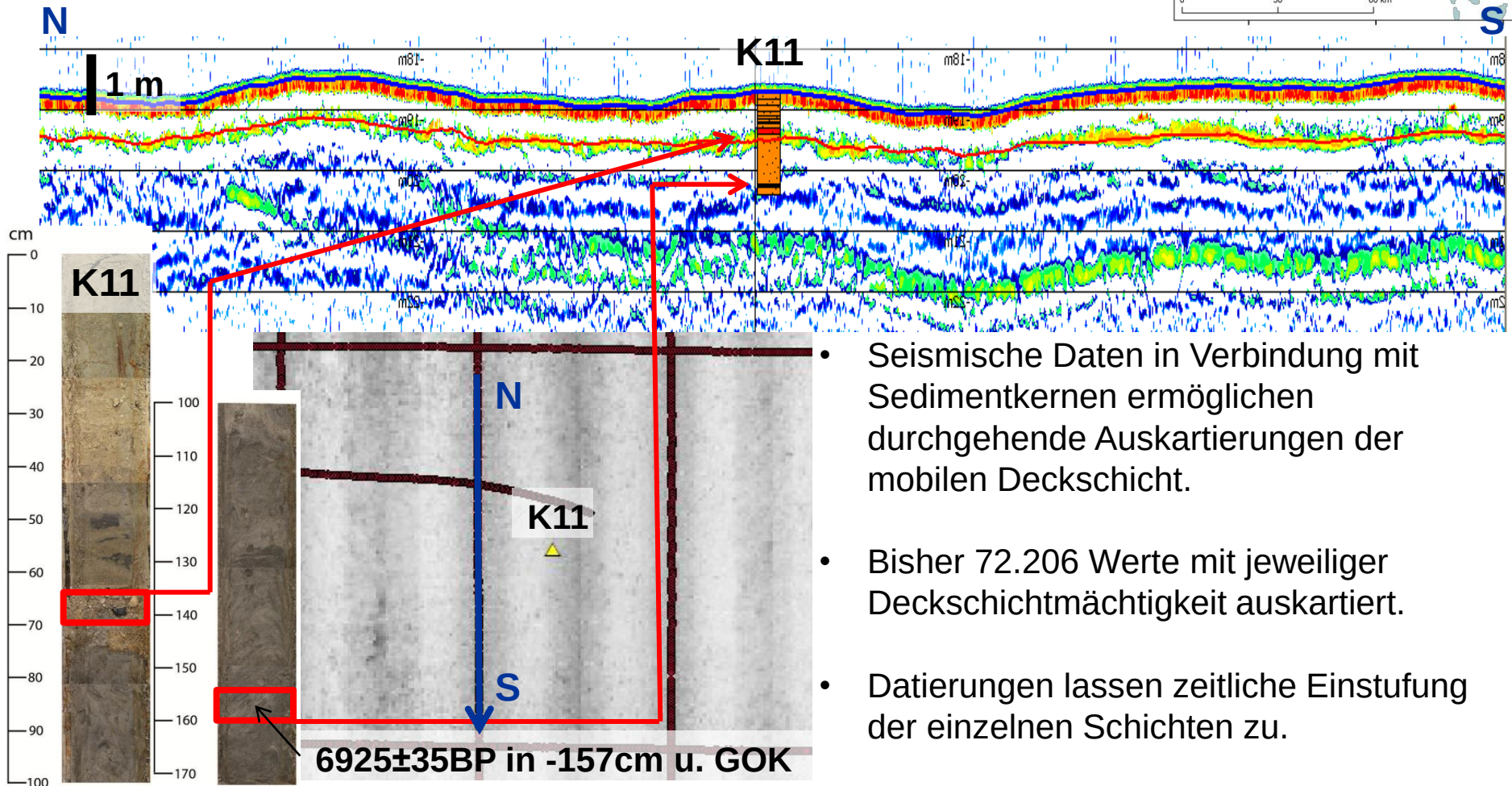
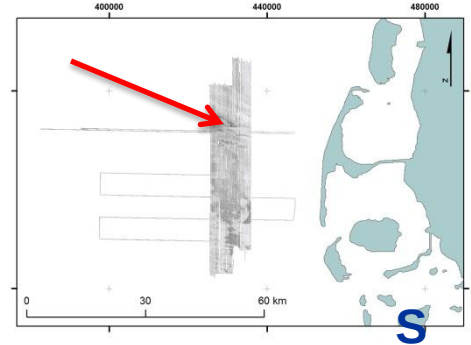


- Sedimenttransport ist abhängig von Sedimentverfügbarkeit
- Vorläufige Annahme: marine Sedimente/Sande als mobile Deckschicht

Holocene base defined from Figge (1980), Asp & Ricklefs (2003), Ahrendt (2005), Zeiler (2000) and as greatest depth from data based model

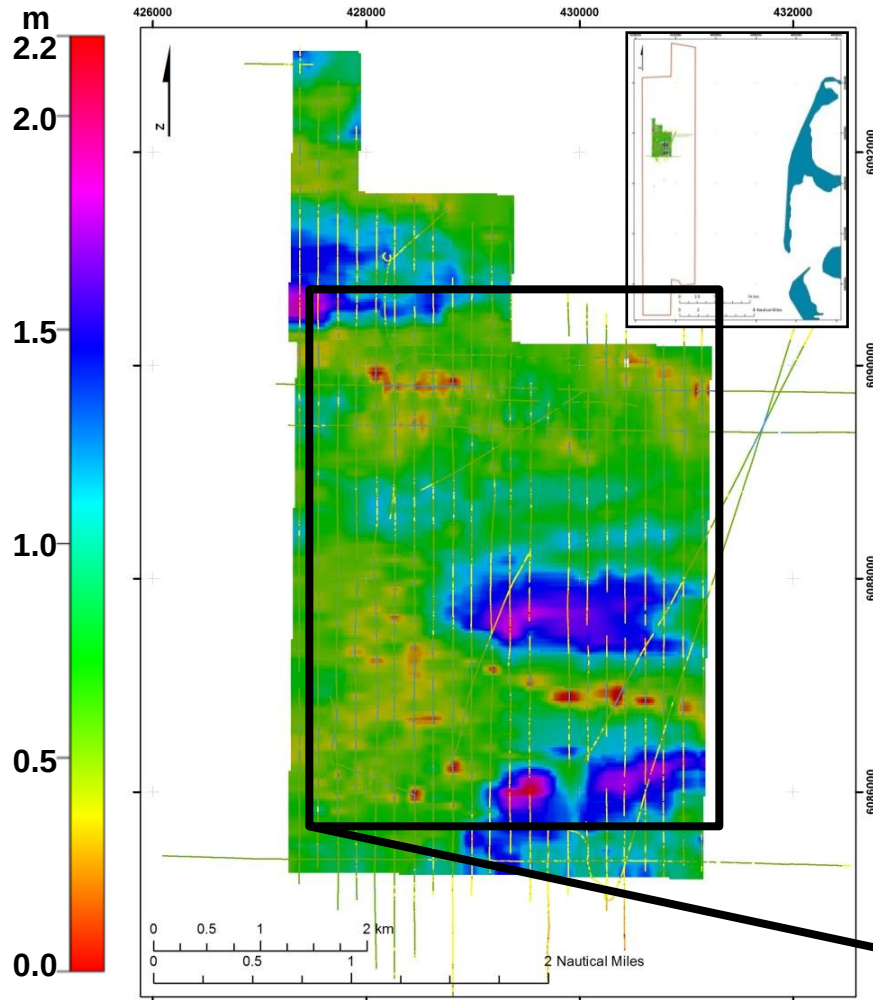
“Mobile Deckschicht”: Erkenntnisse aus Fokusgebieten

Seismisches Profil mit Sedimentkern AL378_K11 (K11)

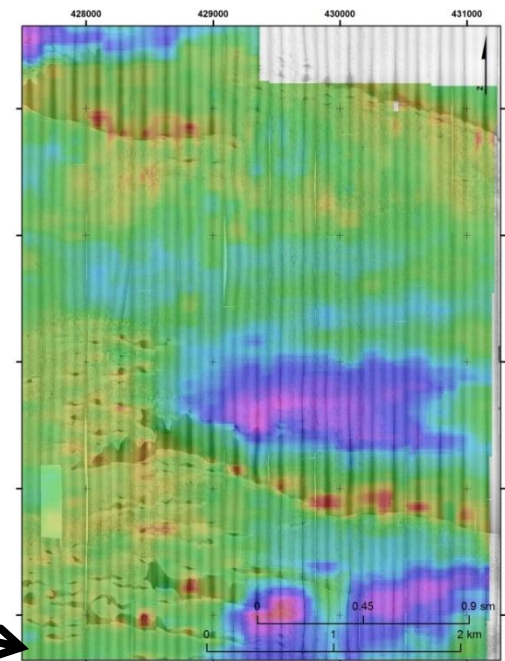


- Seismische Daten in Verbindung mit Sedimentkernen ermöglichen durchgehende Auskartierungen der mobilen Deckschicht.
- Bisher 72.206 Werte mit jeweiliger Deckschichtmächtigkeit auskartiert.
- Datierungen lassen zeitliche Einstufung der einzelnen Schichten zu.

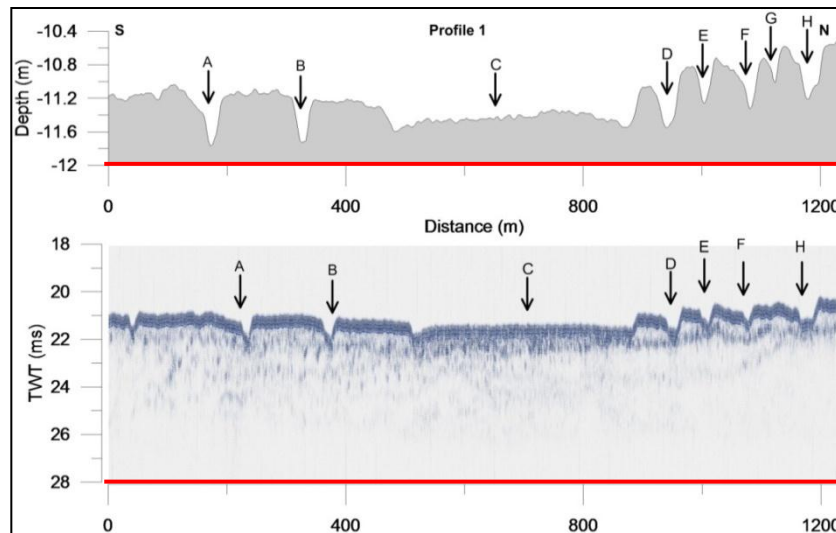
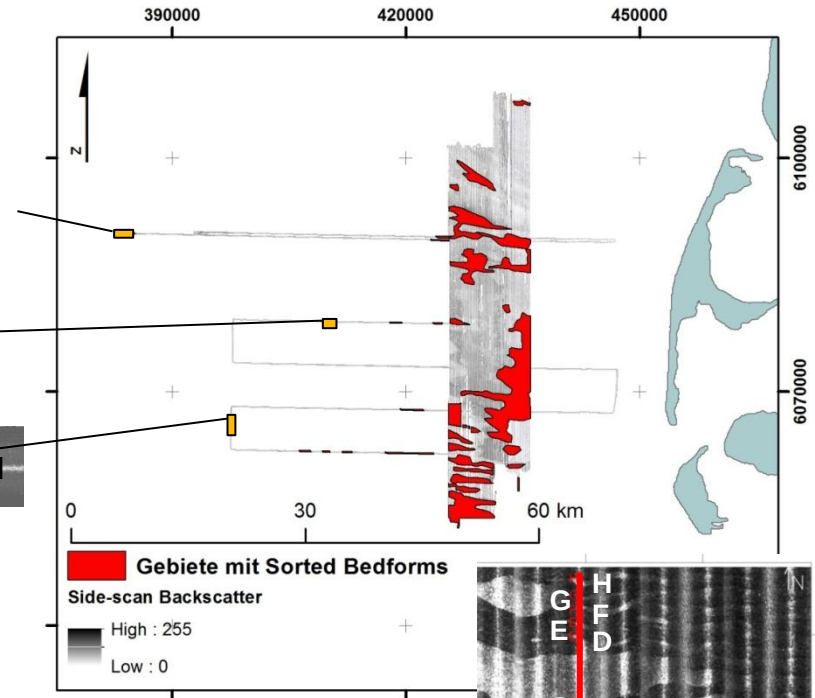
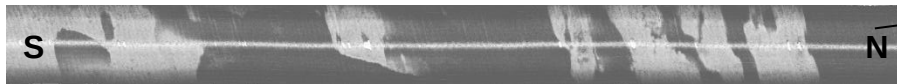
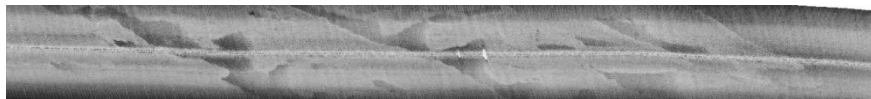
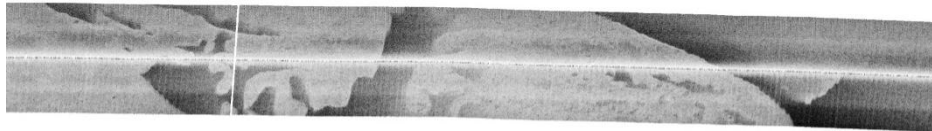
“Mobile Deckschicht”: Mächtigkeit über durchgehender Kieslage



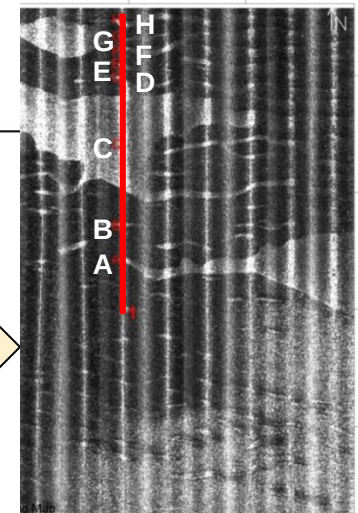
- Geringe Deckschichtmächtigkeiten zwischen 0 m und 2.2 m.
- Inhaltliche Übereinstimmung mit Sidescan-Bildern gegeben.



“Mobile Deckschicht”: Sedimentmangelgebiet mit Sorted Bedforms



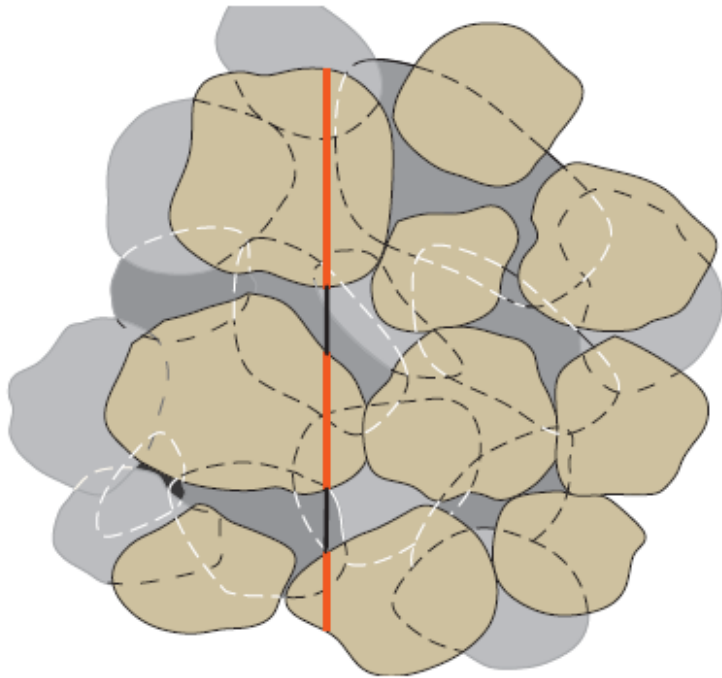
SB sind hier “Fenster”, in denen durchgehende, sonst überdeckte Schichten freigelegt sind.



Sedimentologie – Porosität

Relevanz

- Modelle berechnen den Massentransport, daher wird die Tiefenänderung direkt durch die Porosität skaliert



Messung der Porosität

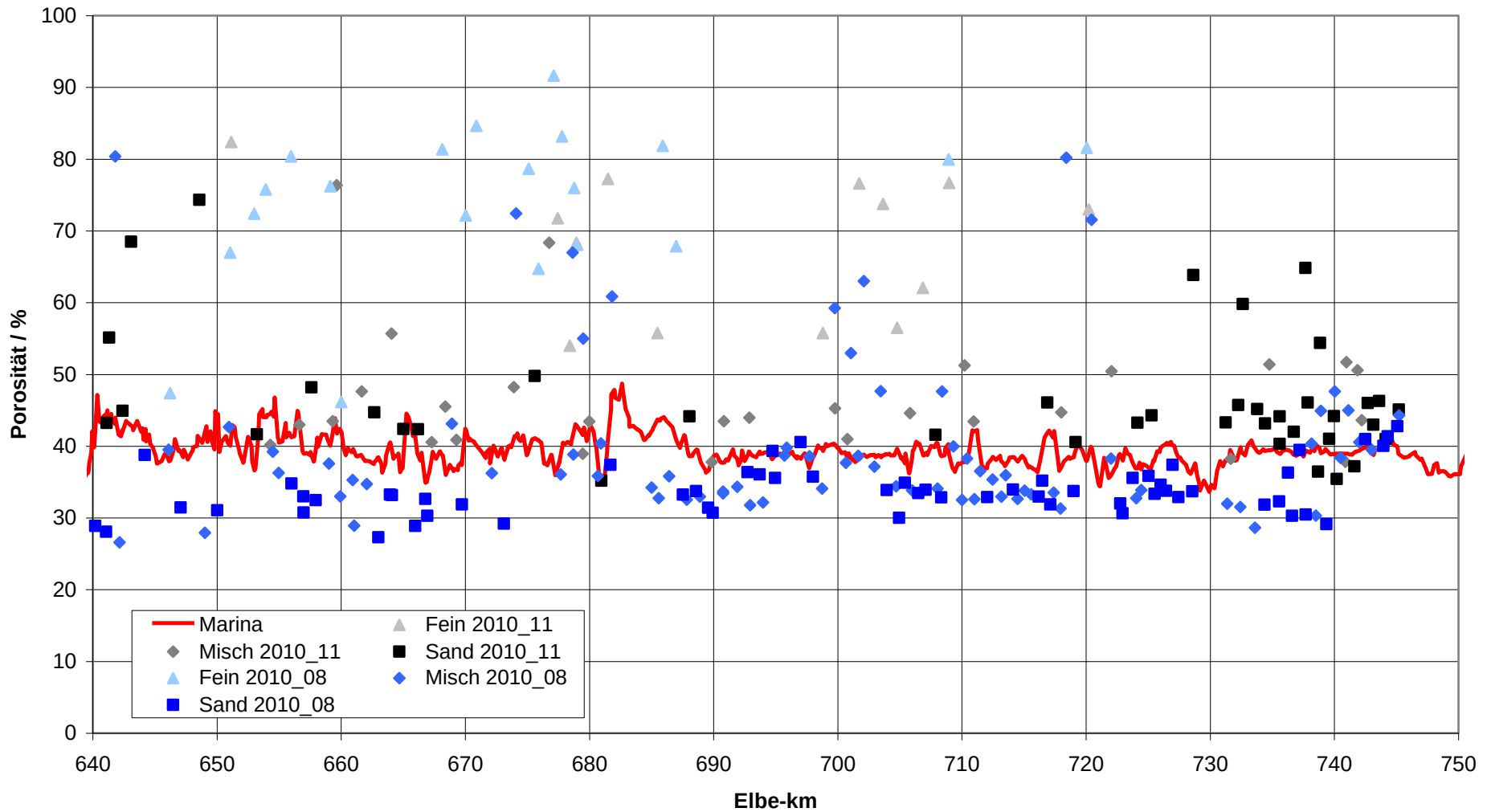
- Es gibt kein Standardverfahren für Sande
- Geringe Messgenauigkeit
- Hohe Variabilität bei gemischt und feinkörnigem Sediment

Porositätsprediktoren

- SediMorph: Aberg, 1992; Piechotta, 2004
- Marina: Komura, 1963

$$p_m = 0.245 + \frac{0.0864}{(0.1 d_{50})^{0.21}}$$

Porosität Elbe – Messung vs. Modell



Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

- Beschreibung der Datenbasis (Nordsee /) Deutsche Bucht → Funktionales Bodenmodell
- **Mathematische Modellierungswerkzeuge**

Validierung & Anwendbarkeit

- Hydrodynamik
- Änderungen in der Morphologie
- Langfristsimulationen / Klimawandel
- Sedimenttransport

Neue Methoden und Erkenntnisse

Modellierungswerkzeuge

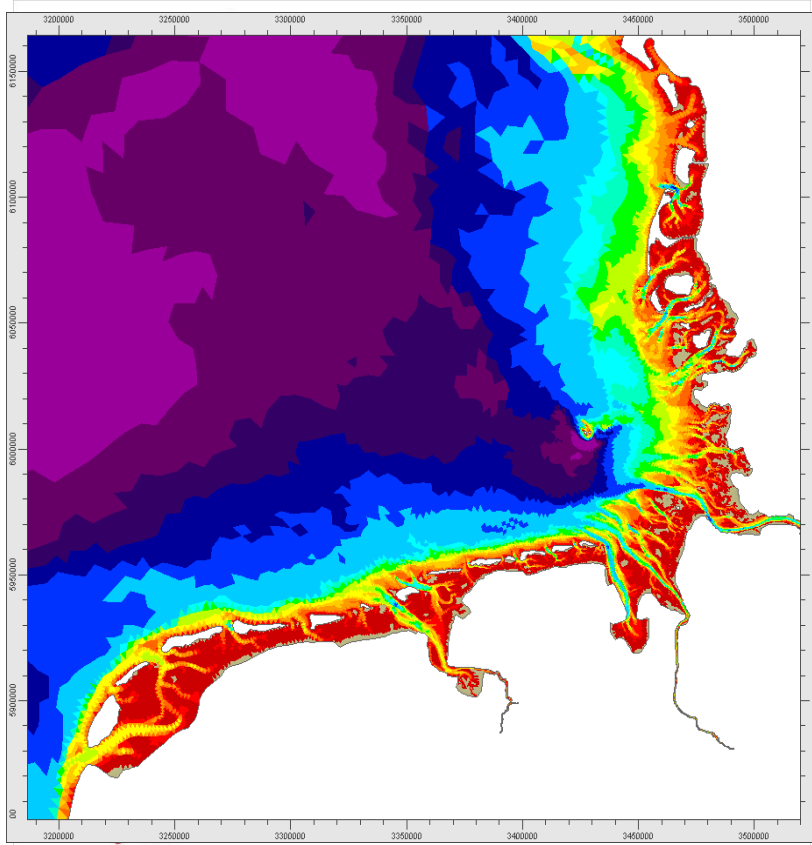
Zeitskala	Hydrodynamik	Seegang	Morphodynamik
kurzfristig Tage – 12 Monate	MARINA (2D) UnTRIM (3D)	MARINA UnK	MARINA SediMorph
mittelfristig 1 – 10 Jahre	Delft3D-FLOW (2D)	SWAN	DELFT3D-MOR
mittelfristig 1 – 10 Jahre langfristig 10 – 100 Jahre	Telemac (2D)	Tomawac	Sisyphe

Räumliche Skala

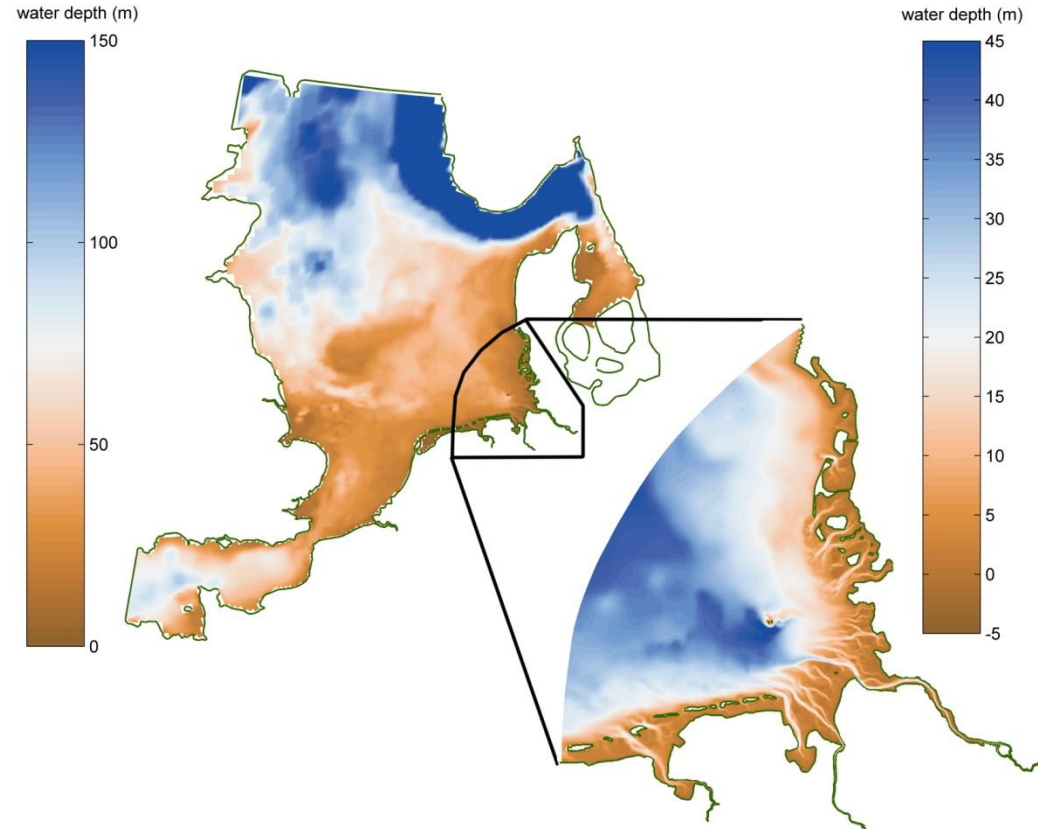
- kleinskalig: O(einzelne Tiderinne, Bodenformen)
- mittelskalig: O(Ästuar, Tidebecken)
- großskalig: O(Deutsche Bucht)

Fokusmodelle / Detailmodell
Basismodell

Modellierungswerkzeuge

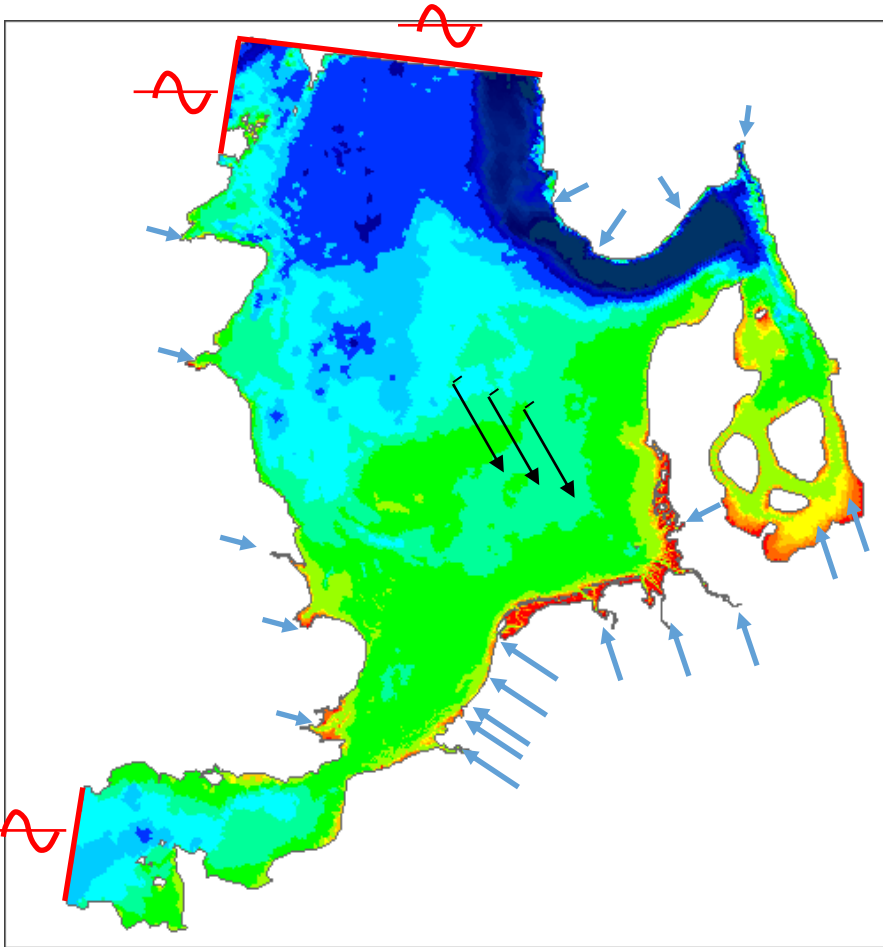


- **UnTRIM (3D)** Basismodell
- **Marina (2D)**
 - 77.500 Dreieckselemente
- **Telemac (2D)**
 - 80 m – 24.000 m



- **Delft3D (2D)**
 - Nordsee: 455x489 Elemente, 1,000 - 19,000 m
 - Deutsche Bucht: 762x1046 Elemente, 100 m - 1,800 m

Anfangs- und Randbedingungen



Wasserstände

- Partialtiden aus globalem Modell FES2004 (*Lyard et al., 2006*)
- Mittelwasserlage aus dem BSH/DWD Nordatlantikmodell

Oberwasserabfluss

- Täglicher Abfluss (Deutsche Bucht) oder saisonale / langfristiges Mittel
- Ostsee: konstant

Salzgehalt

- Klimatologie (*Janssen et al., 1999*)

Windschubspannung, Luftdruck

- DWD Prognosemodell

Seegang

- Windwirklänge an der Modellgrenze

Sedimente

- AufMod Bodenmodell
- konstante SPM Konzentration (*Gayer, 2004*)

Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

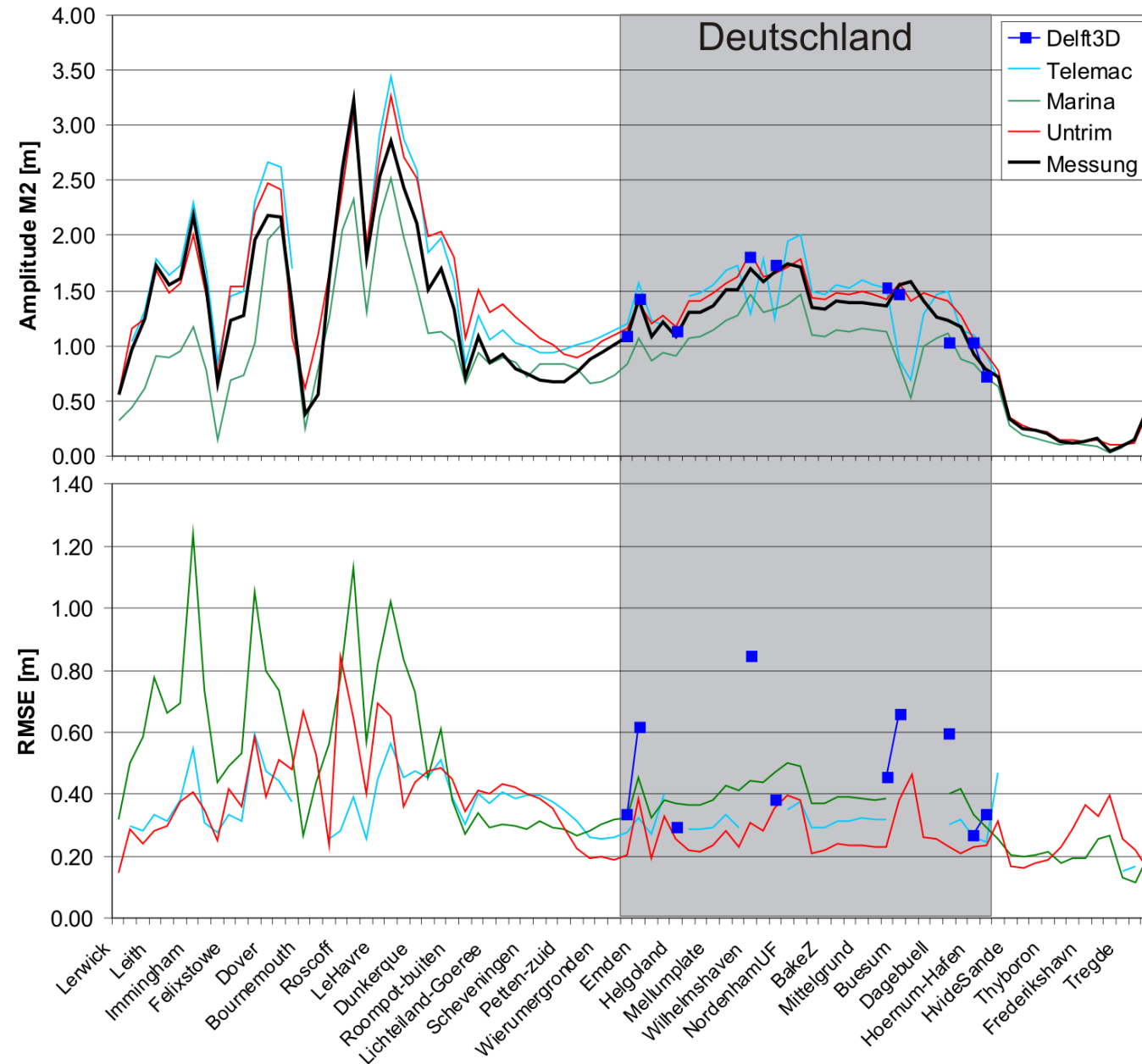
- Beschreibung der Datenbasis (Nordsee /) Deutsche Bucht → Funktionales Bodenmodell
- Mathematische Modellierungswerkzeuge

Validierung & Anwendbarkeit

- **Hydrodynamik und suspendiertes Sediment**
- Änderungen in der Morphologie
- Langfristsimulationen / Klimawandel
- Sedimenttransport

Neue Methoden und Erkenntnisse

Validierung Hydrodynamik



Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

- Beschreibung der Datenbasis (Nordsee /) Deutsche Bucht → Funktionales Bodenmodell
- Mathematische Modellierungswerkzeuge

Validierung & Anwendbarkeit

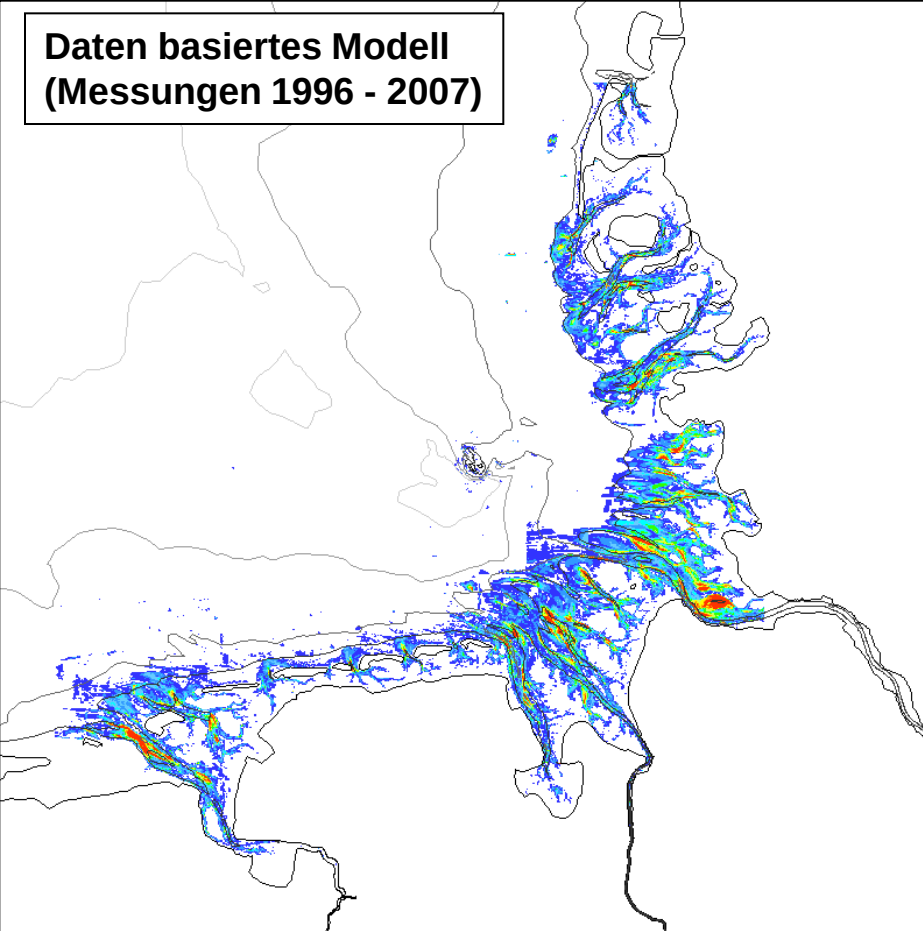
- Hydrodynamik und suspendiertes Sediment
- **Änderungen in der Morphologie**
- Langfristsimulationen / Klimawandel
- Sedimenttransport

Neue Methoden und Erkenntnisse

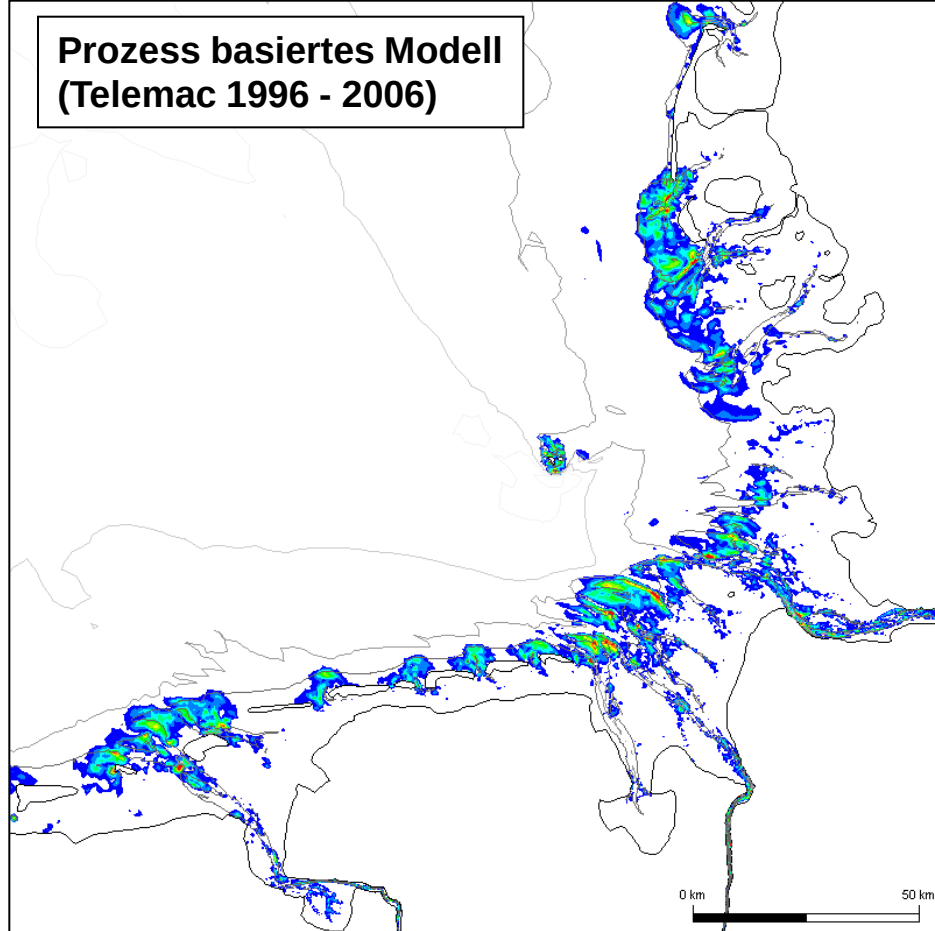
Bed elevation range

$$BER_{i,j} = \text{MAX}(z_{i,j}(t)) - \text{MIN}(z_{i,j}(t))$$

Daten basiertes Modell
(Messungen 1996 - 2007)



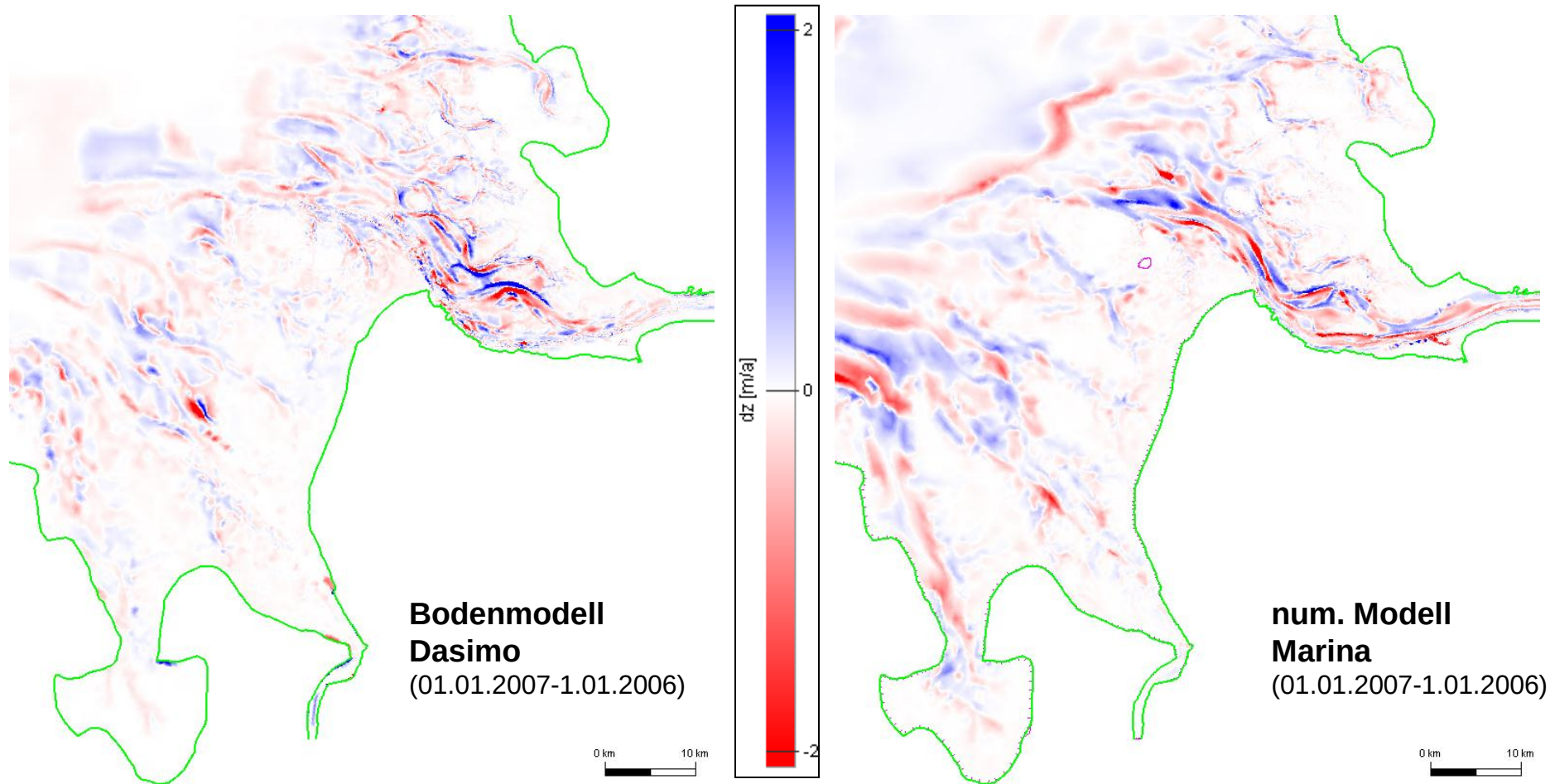
Prozess basiertes Modell
(Telemac 1996 - 2006)



bed elevation range [m]



Änderungen in der Morphologie - Differenztopographie



- Differenztopographie zeigt geänderte Strukturen aber quantitative Vergleichbarkeit von Messung und Modell punktweise nicht sinnvoll → integrale Kenngrößen notwendig

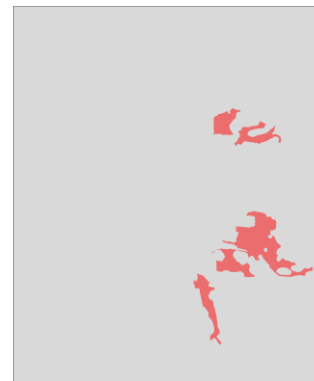
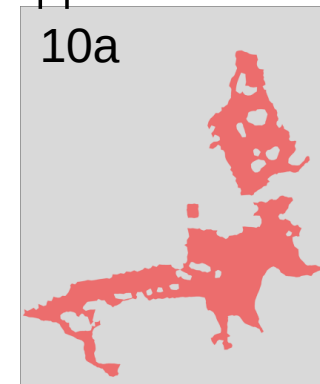
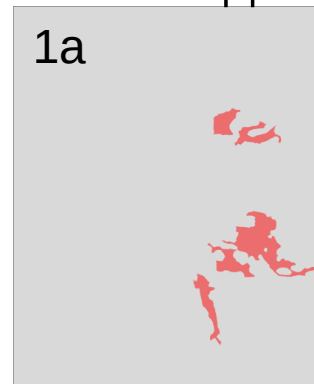
Validierung der morphodynamischen Ergebnisse

Datenverfügbarkeit in allen
Modellen und einer Tiefe < 20 m
(Vertrauenswürdigkeit der Peilung)

mindestens ein Datensatz innerhalb
eines/10 Jahres/-en vor dem
1.1.2006 und nach dem 1.1.2007

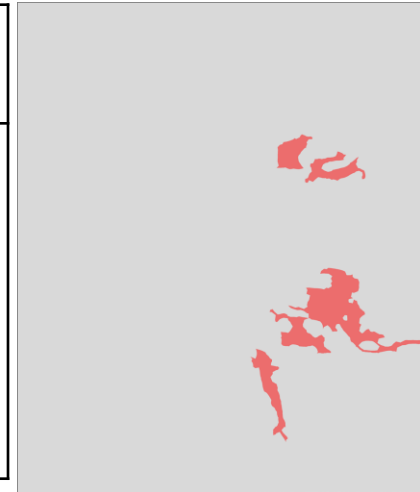


Dilemma: entweder große Fläche
mit geringerer Vertrauenswürdigkeit
oder eine kleine Fläche mit höherer
Vertrauenswürdigkeit

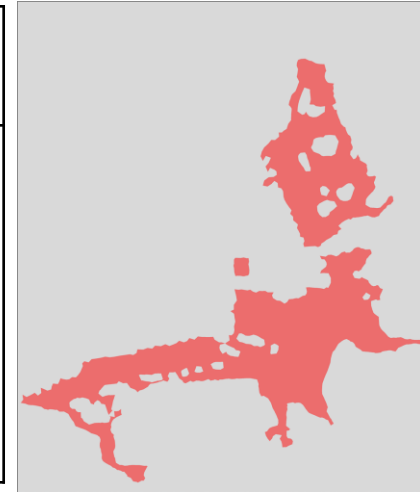


Validierung der morphodynamischen Ergebnisse

Threshold: 5 cm Maske: Datenverfügbarkeit + MinDT 1a	Volumen [Mio.m ³]		
Modell	Sed.	Ero.	Bilanz
Dasimo (2006)	213.4	-198.9	14.5
Dasimo Mittelwert (1996 – 2008)	94.4	-69.5	24.9
Delft3D (2006)	192.1	-174.6	17.5
Marina (2006)	167.7	-172.9	-5.2
Sedimorph (2006)	56.0	-52.1	3.9
Sisyphe (2006)	82.6	-74.4	8.2



Threshold: 5 cm Maske: Datenverfügbarkeit + MinDT 10a	Volumen [Mio.m ³]		
Modell	Sed.	Ero.	Bilanz
Dasimo (2006)	555.5	-524.0	31.5
Dasimo Mittelwert (1996 – 2008)	291.5	-183.3	108.1
Delft3D (2006)	470.0	-455.3	14.8
Marina (2006)	456.0	-454.0	2.0
Sedimorph (2006)	152.5	-180.5	-28.0
Sisyphe (2006)	288.8	-196.9	91.9



Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

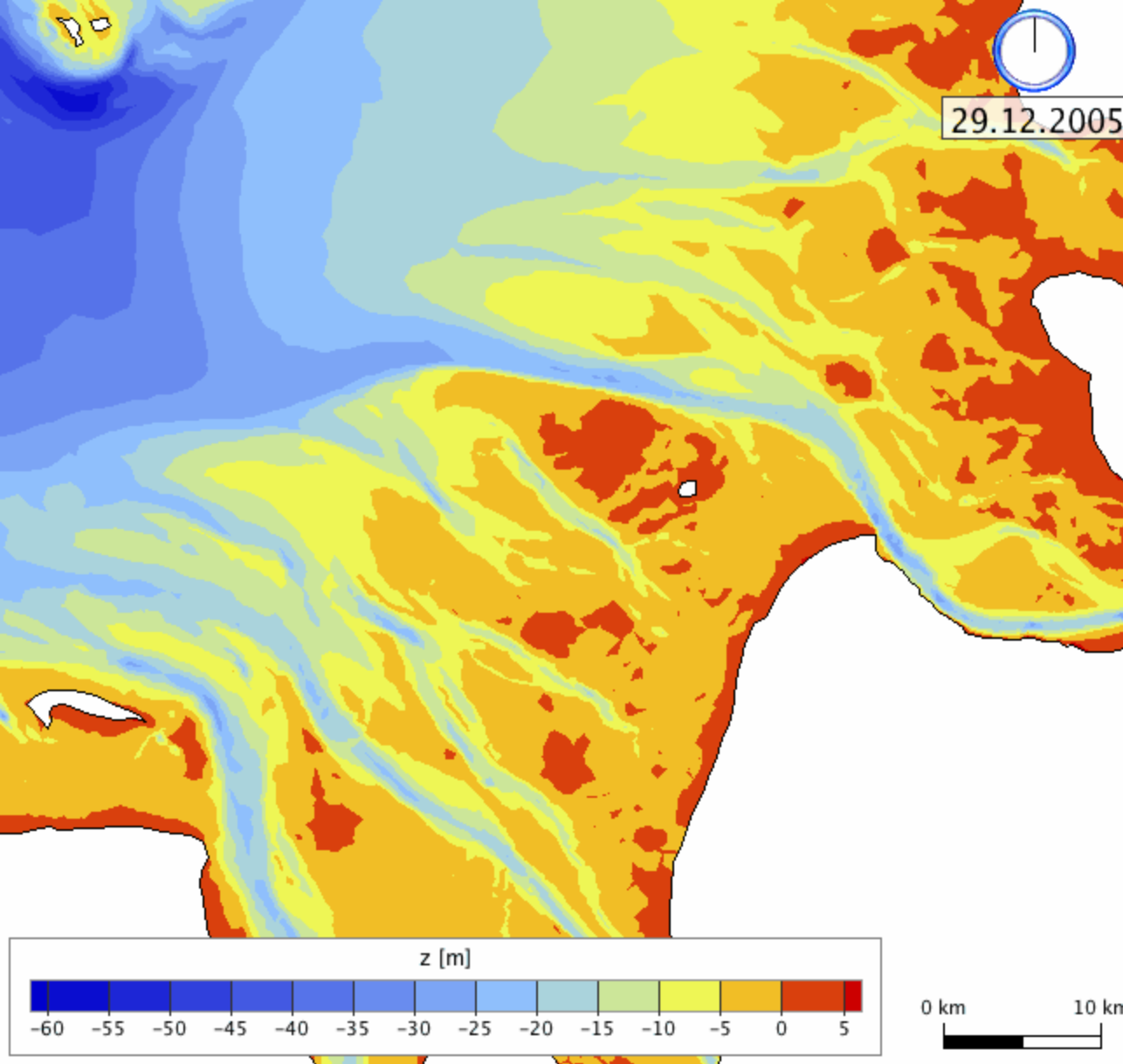
- Beschreibung der Datenbasis (Nordsee /) Deutsche Bucht → Funktionales Bodenmodell
- Mathematische Modellierungswerkzeuge

Validierung & Anwendbarkeit

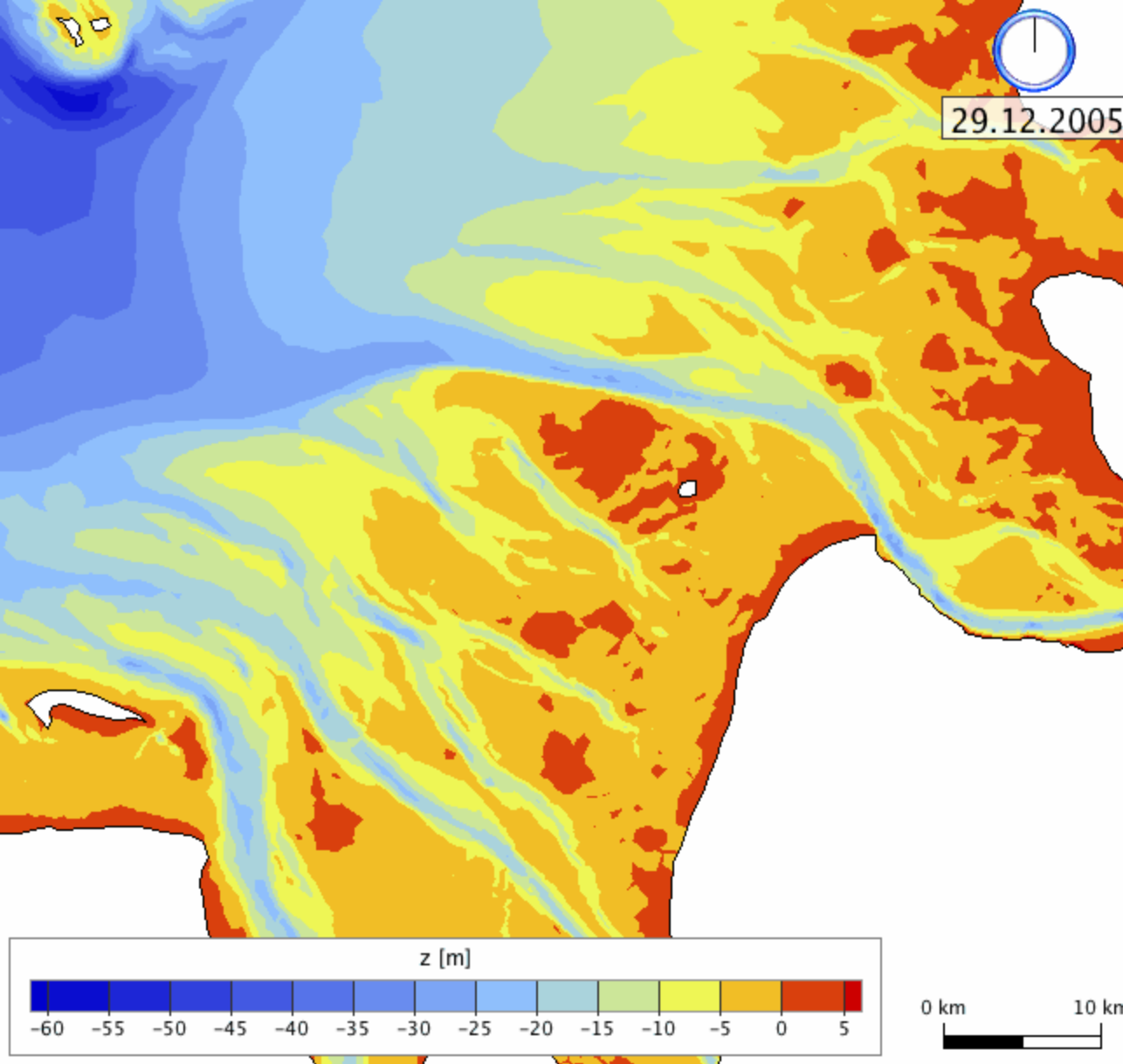
- Hydrodynamik und suspendiertes Sediment
- Änderungen in der Morphologie
- **Langfristsimulationen / Klimawandel**
- Sedimenttransport

Neue Methoden und Erkenntnisse

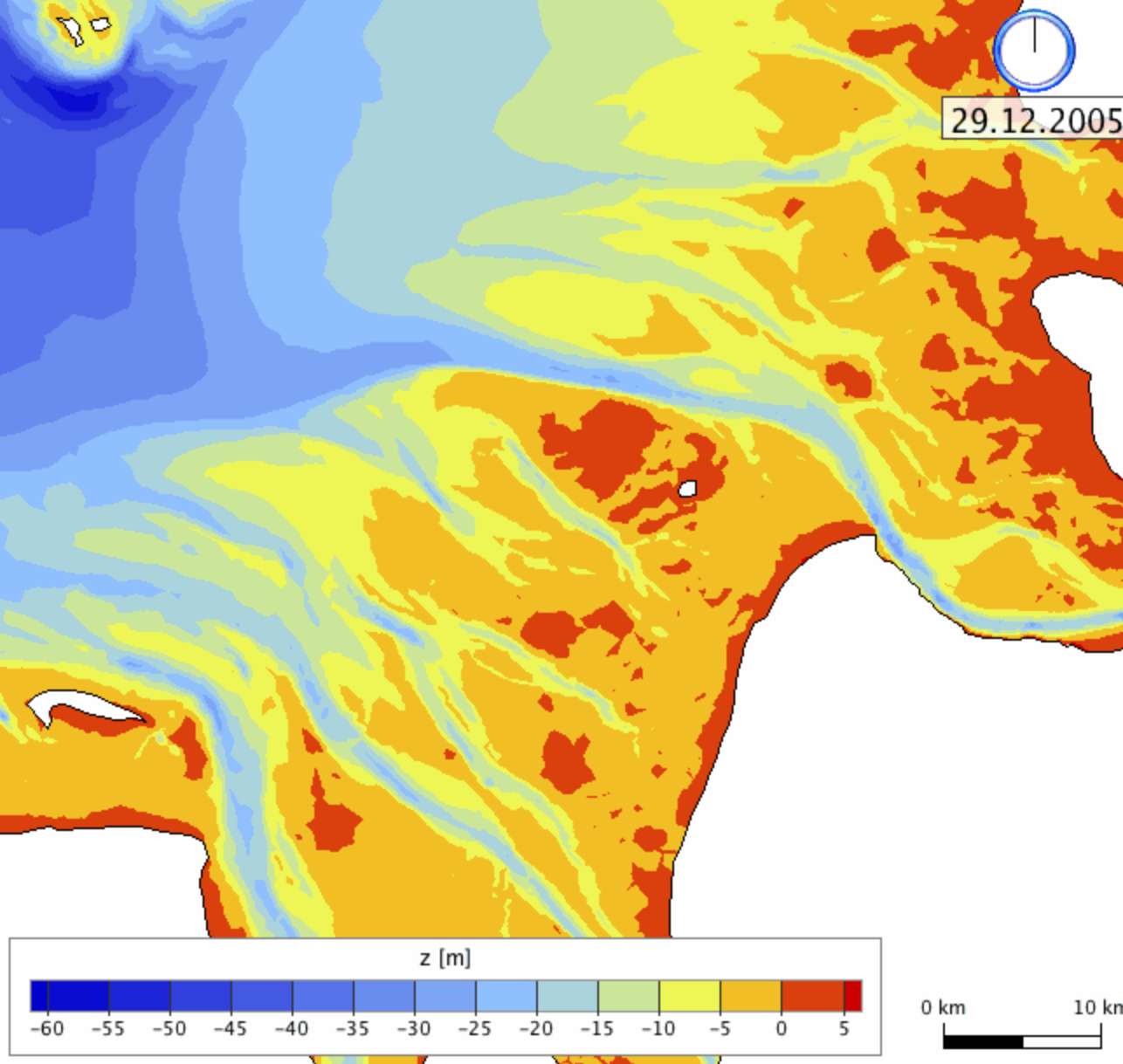
Langzeit- simulation 100 Jahre



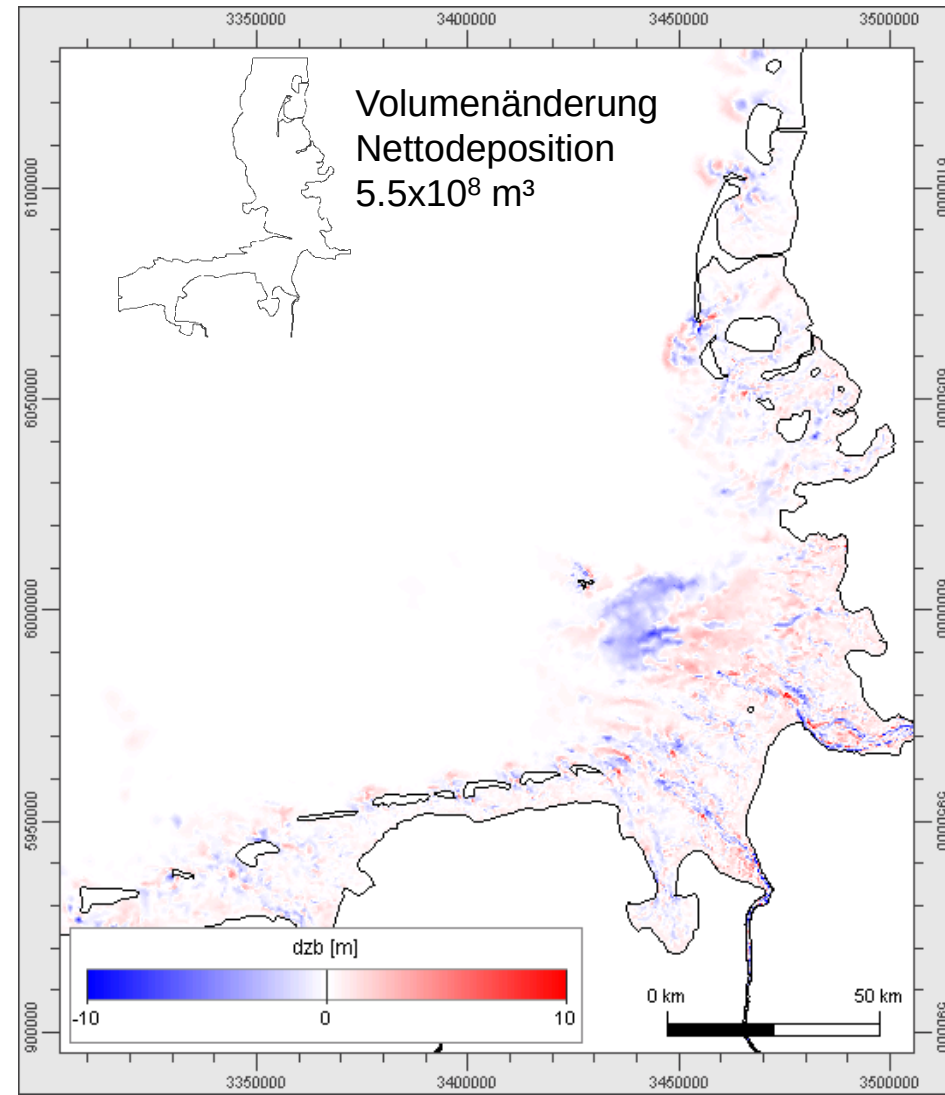
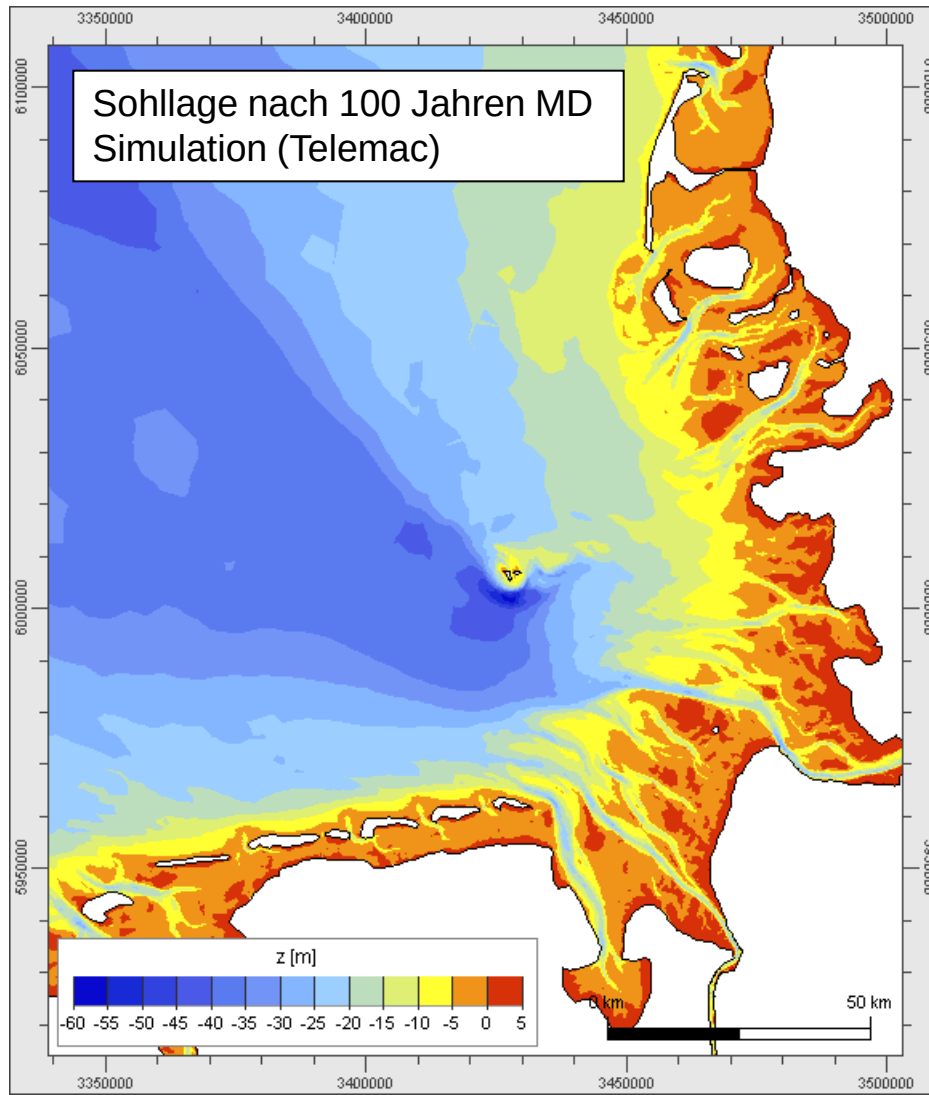
Langzeit- simulation 100 Jahre



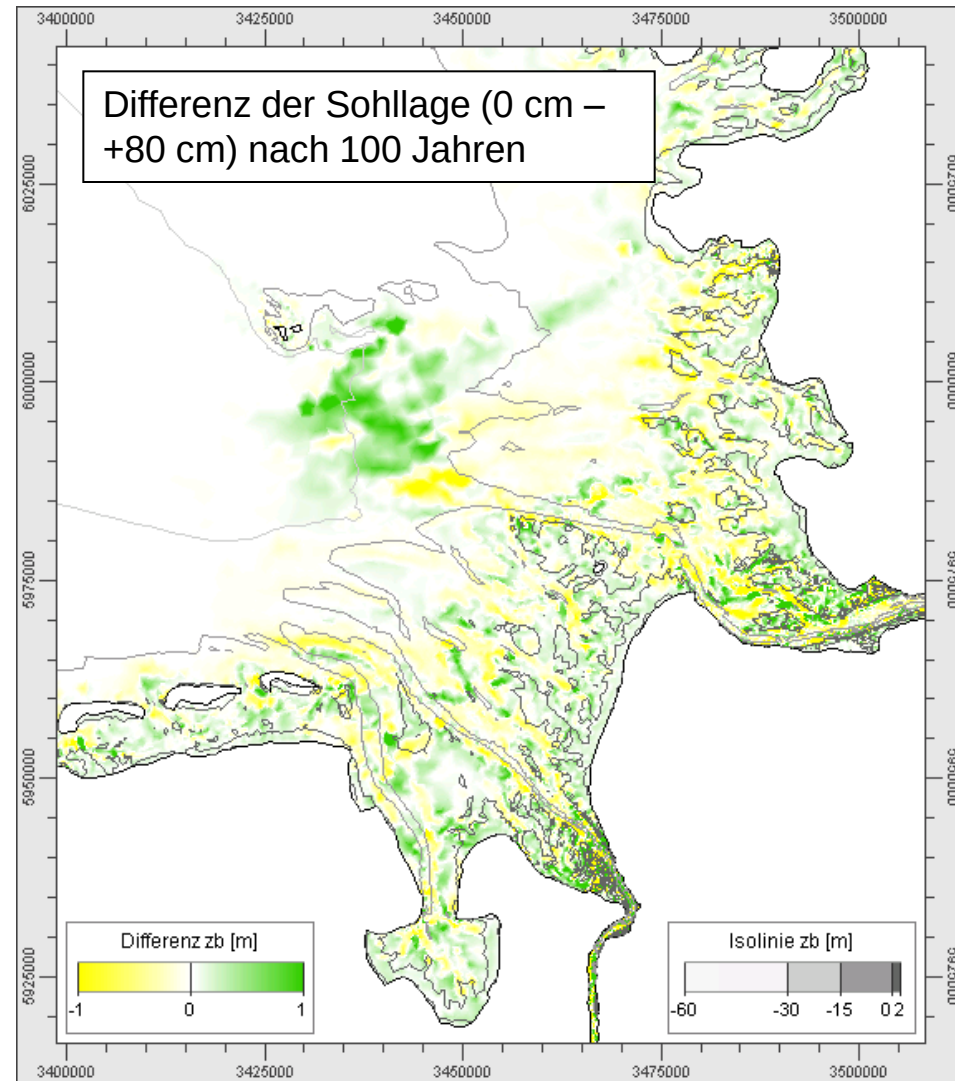
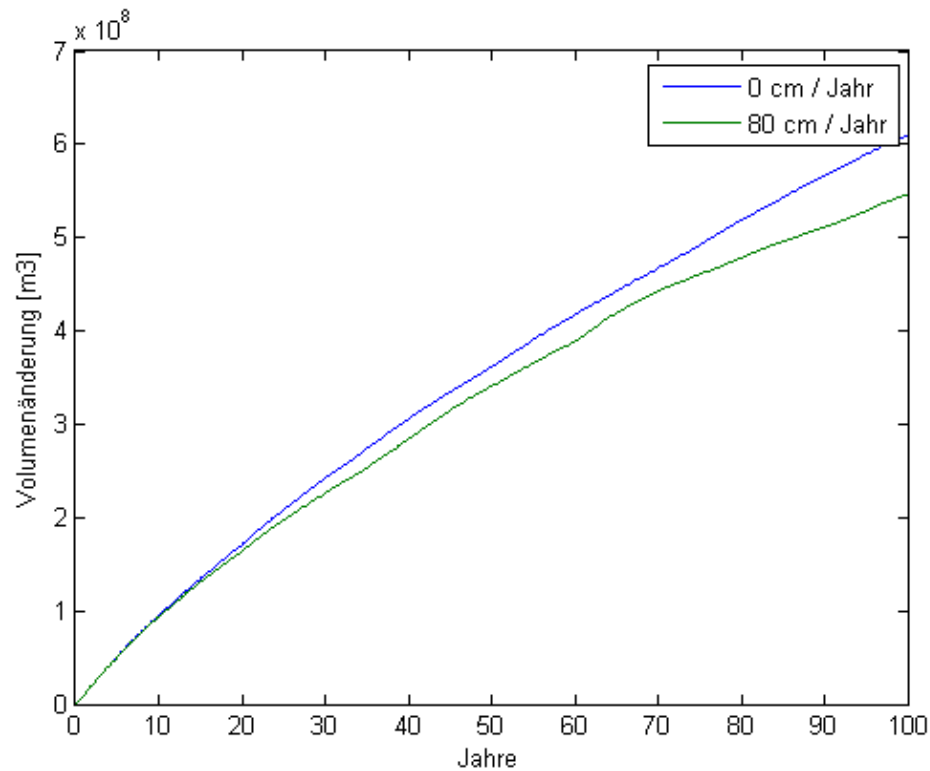
Langzeit- simulation 100 Jahre



Szenario Meeresspiegelanstieg (80 cm / 100 Jahren)



Szenario Meeresspiegelanstieg (80 cm / 100 Jahren)



Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

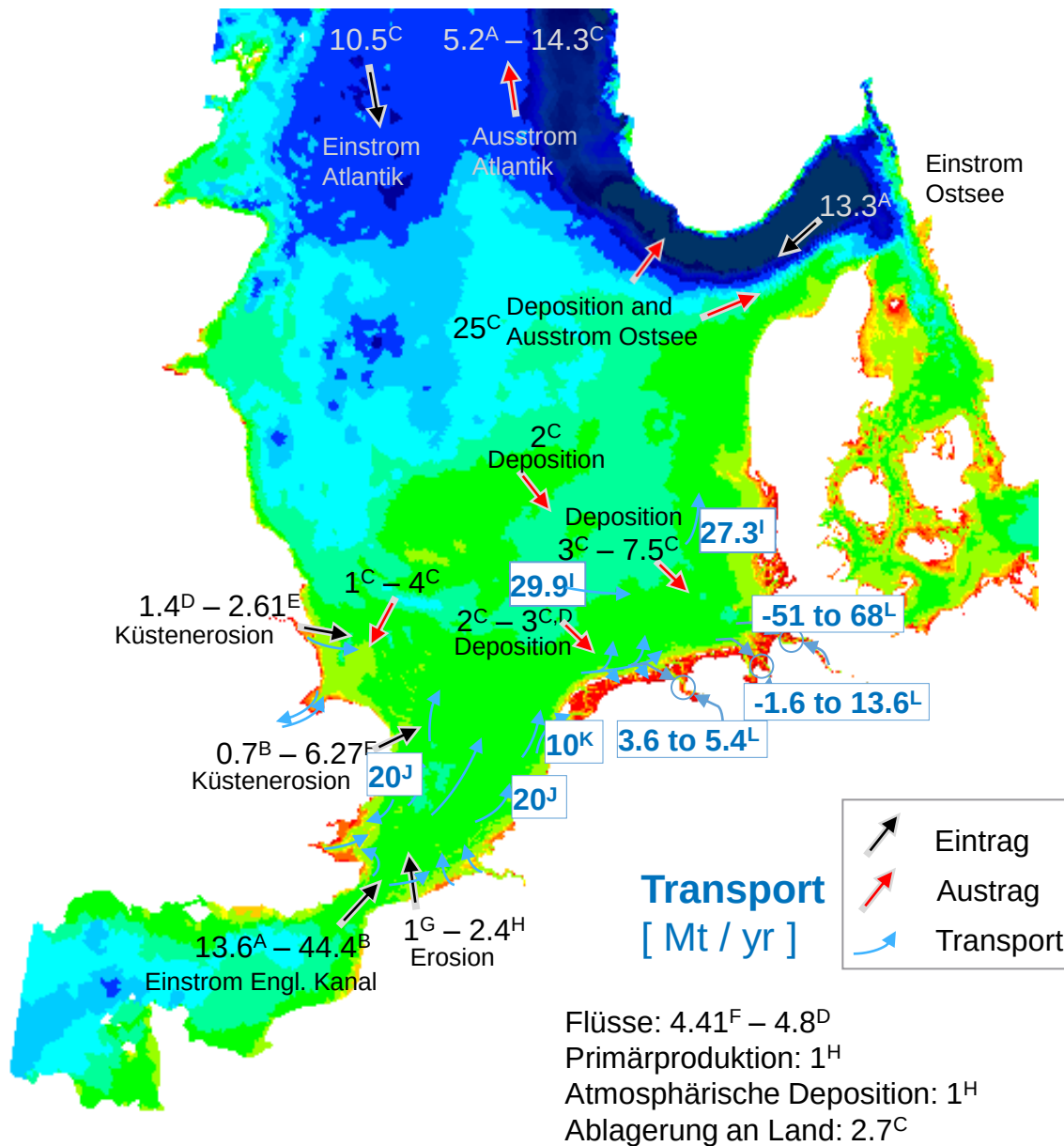
- Beschreibung der Datenbasis (Nordsee /) Deutsche Bucht → Funktionales Bodenmodell
- Mathematische Modellierungswerkzeuge

Validierung

- Hydrodynamik und suspendiertes Sediment
- Änderungen in der Morphologie
- Langfristsimulationen / Klimawandel
- **Sedimenttransport**

Neue Methoden und Erkenntnisse

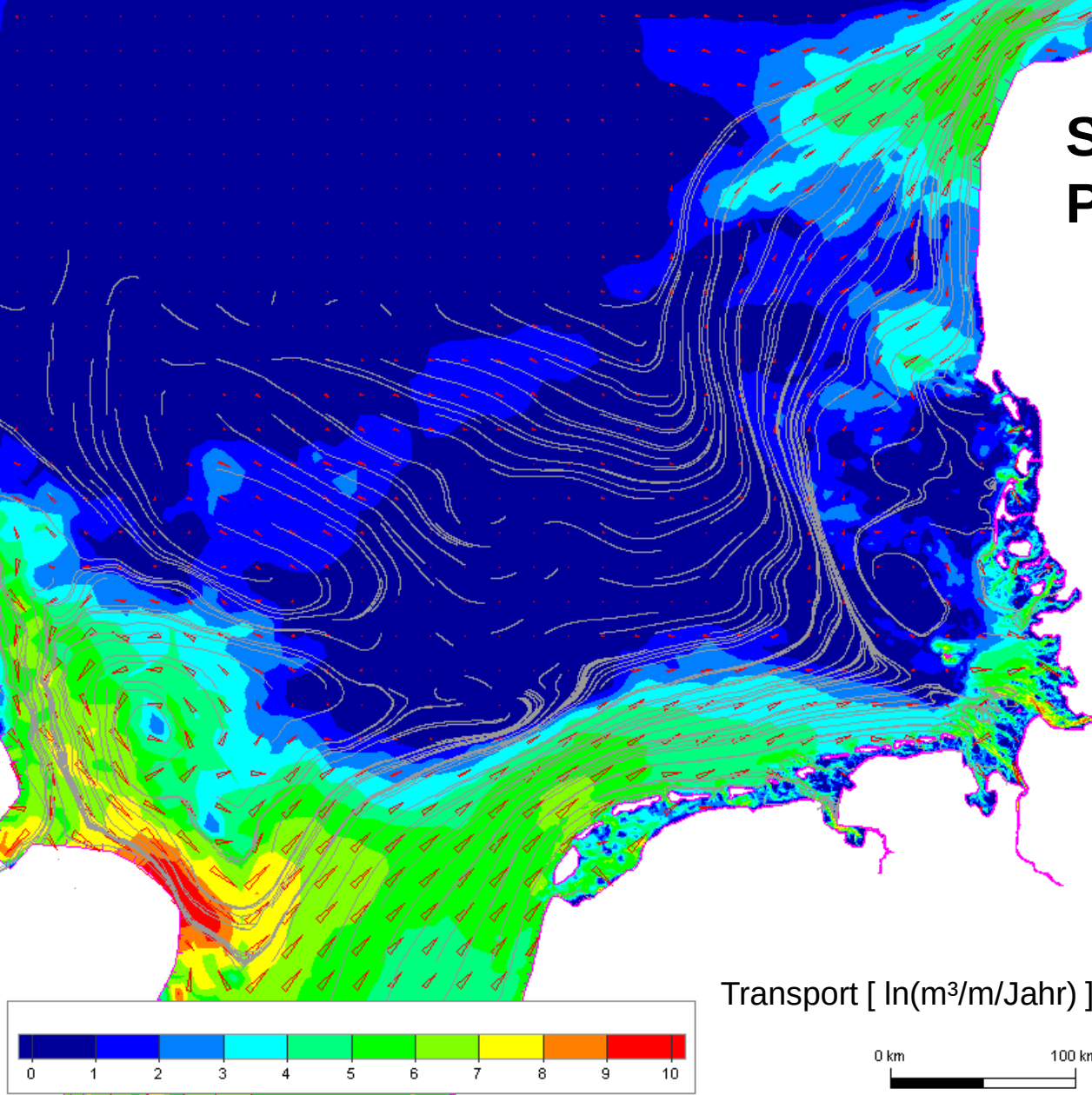
Abschätzungen des Sedimenttransports



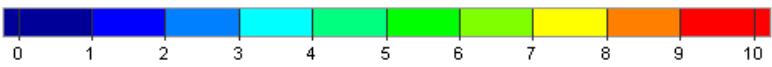
Referenzen

- A: Pohlmann and Puls (1994)
- B: McManus and Prandle (1997)
- C: Eisma and Irion (1988)
- D: McCave (1987)
- E: Odd and Murphy (1992)
- F: Boon et al. (1997)
- G: van Alphen (1990)
- H: Eisma (1981)
- I: Puls et al. (1997)
- J: de Kok (2004)
- K: Nauw (2009)
- L: BAW (unpublished)

Sedimenttransport – Pfade (Sisyphe)

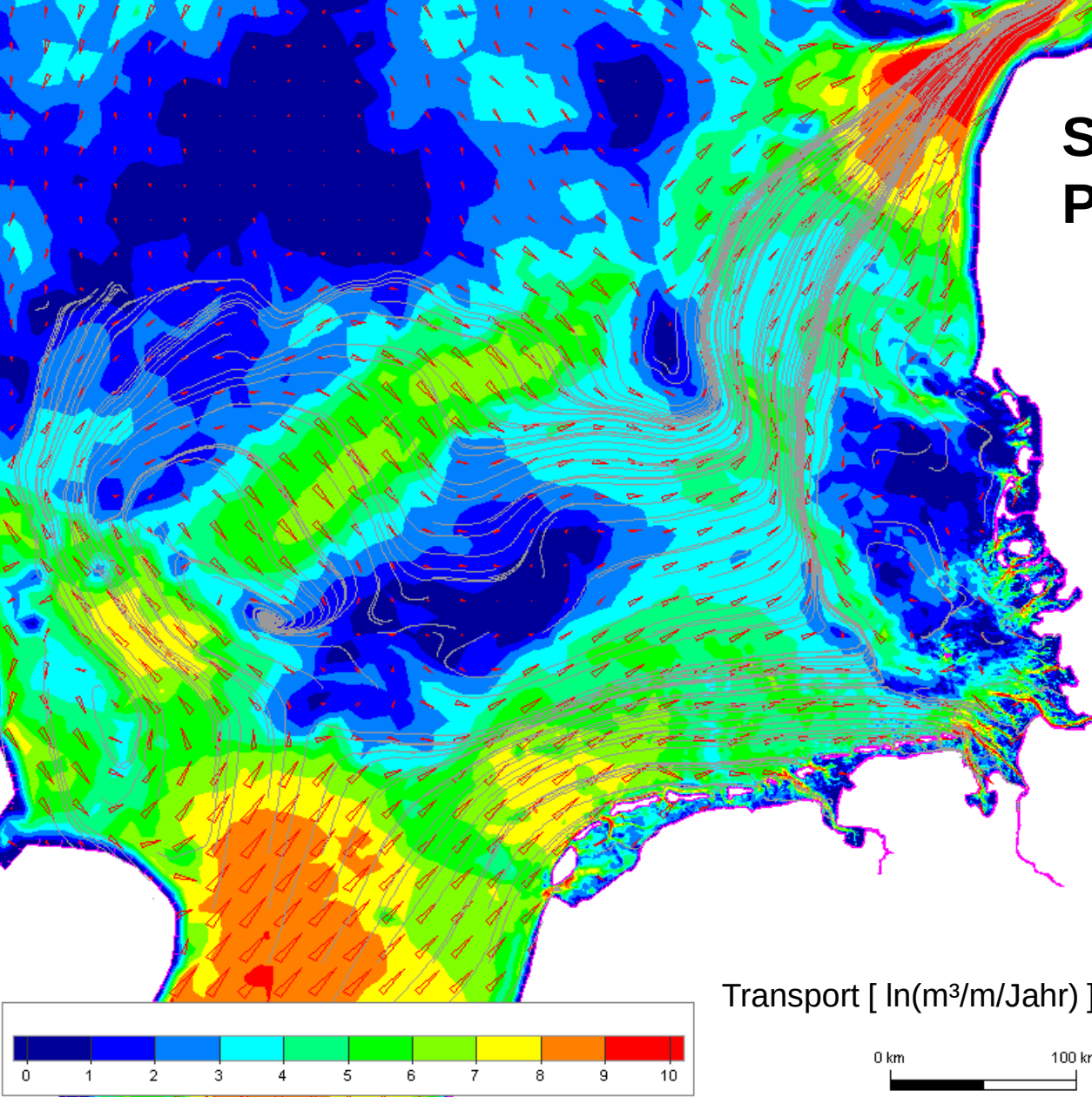


Transport [$\ln(\text{m}^3/\text{m}/\text{Jahr})$]

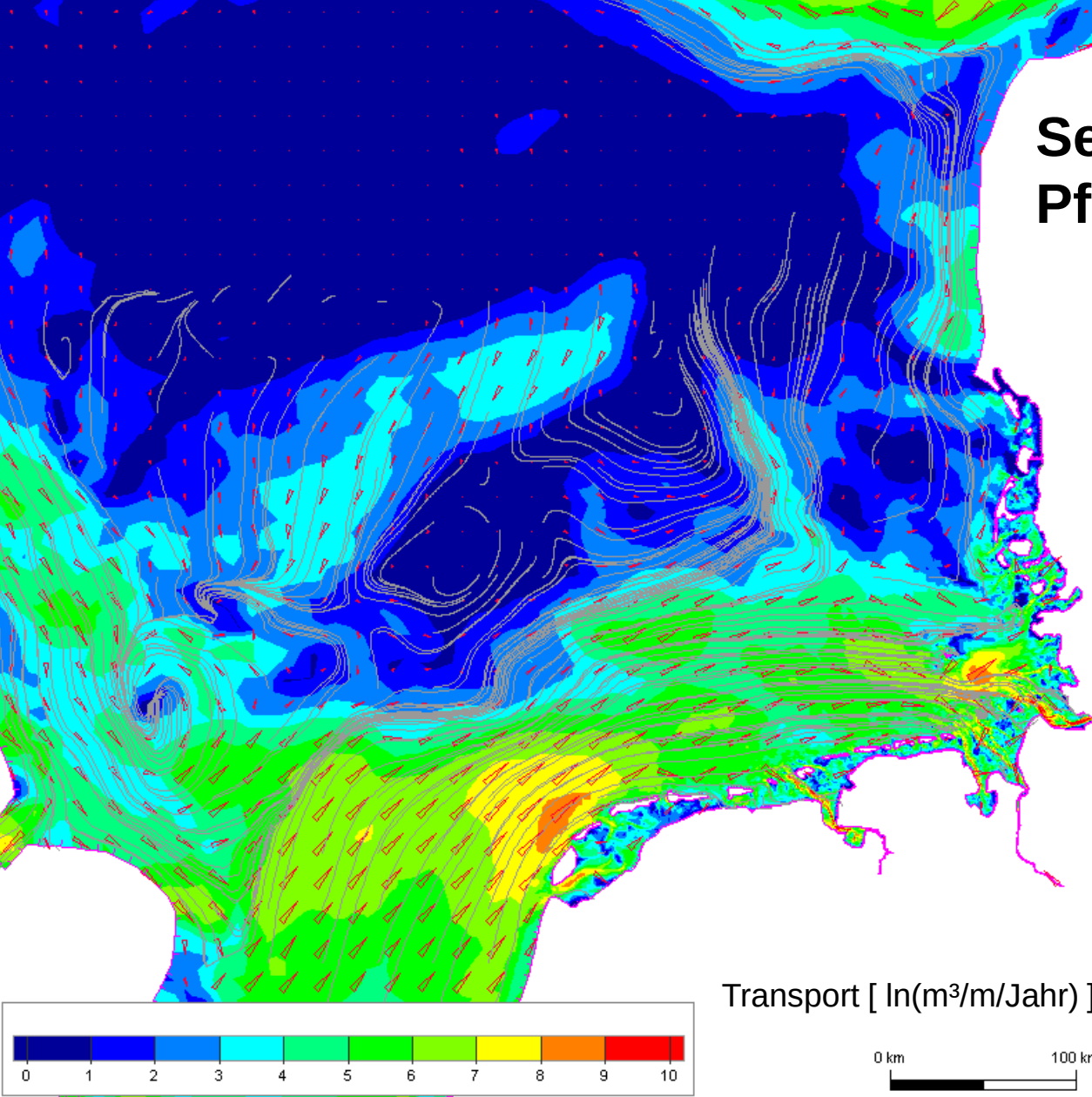


0 km 100 km

Sedimenttransport – Pfade (Marina)

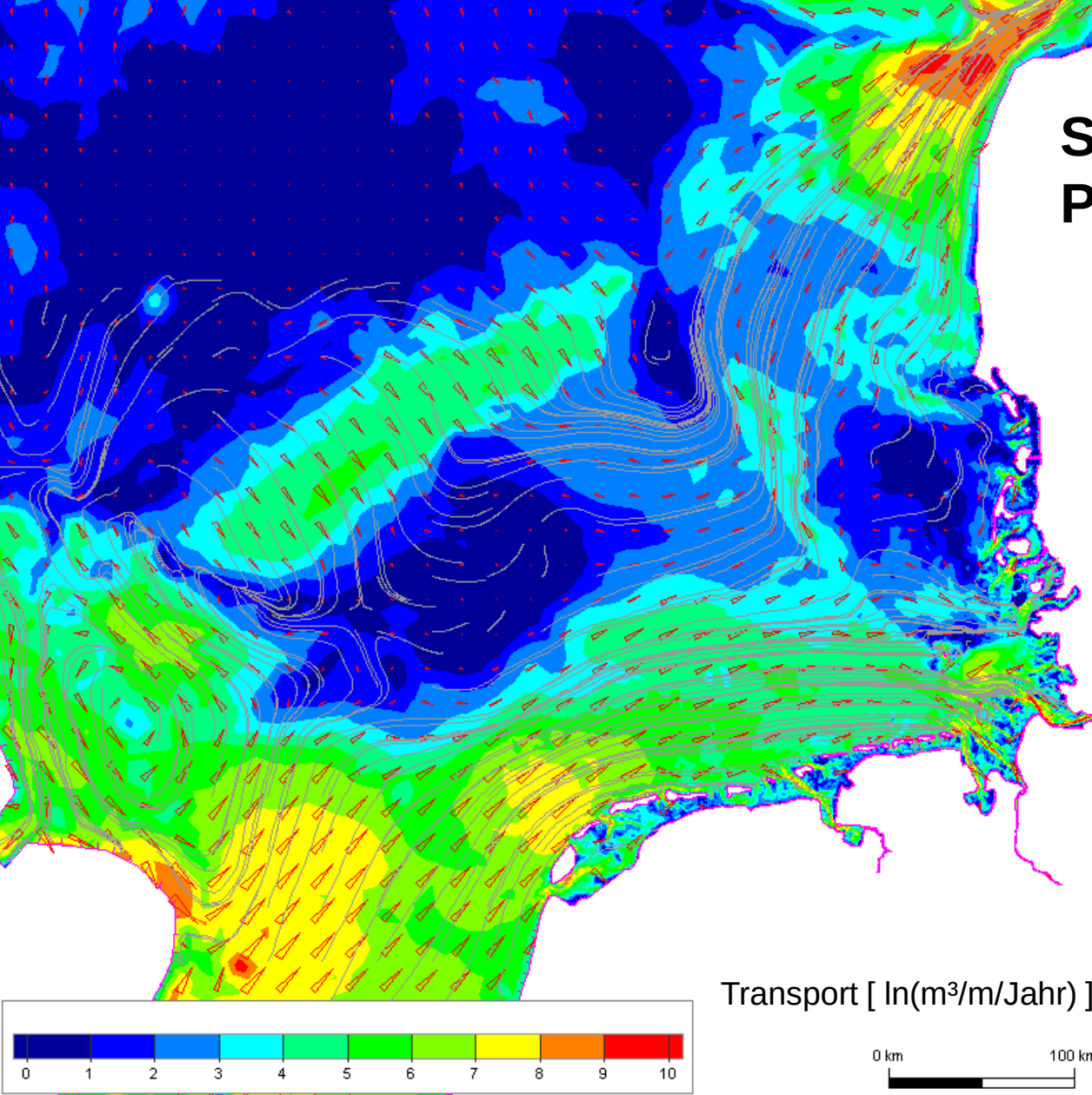


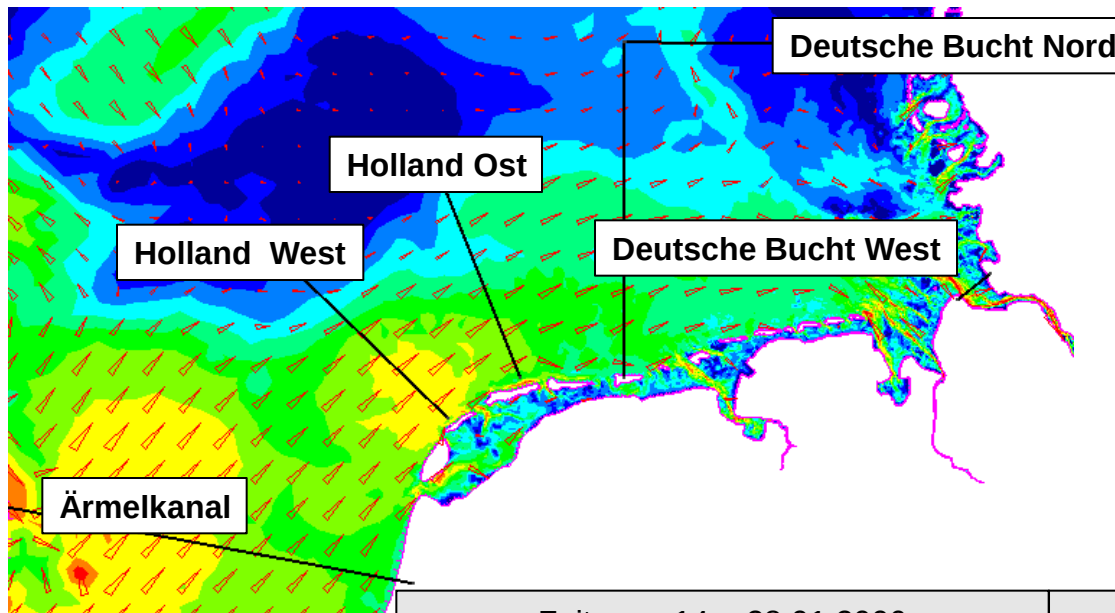
Sedimenttransport – Pfade (SediMorph)



Transport [$\text{ln}(\text{m}^3/\text{m}/\text{Jahr})$]

Sedimenttransport – Pfade (AufMod)





Sedimenttransport – Mengen

	Zeitraum 14. - 28.01.2006 starker Wind (ca. 10 m / s)			Zeitraum 07. - 21.06.2006 geringer Wind (ca. 5 m / s)		
Transport in Mt / Jahr	Marina	Sedimorph	Sisyphe	Marina	Sedimorph	Sisyphe
Ärmelkanal	180	45	180	80	34	25
Holland West	16	40	55	6	20	4
Holland Ost	17	21	34	2	4	3
DB West	13	20	28	2	10	2
DB Nord	2	2	3	0.2	0	0.5

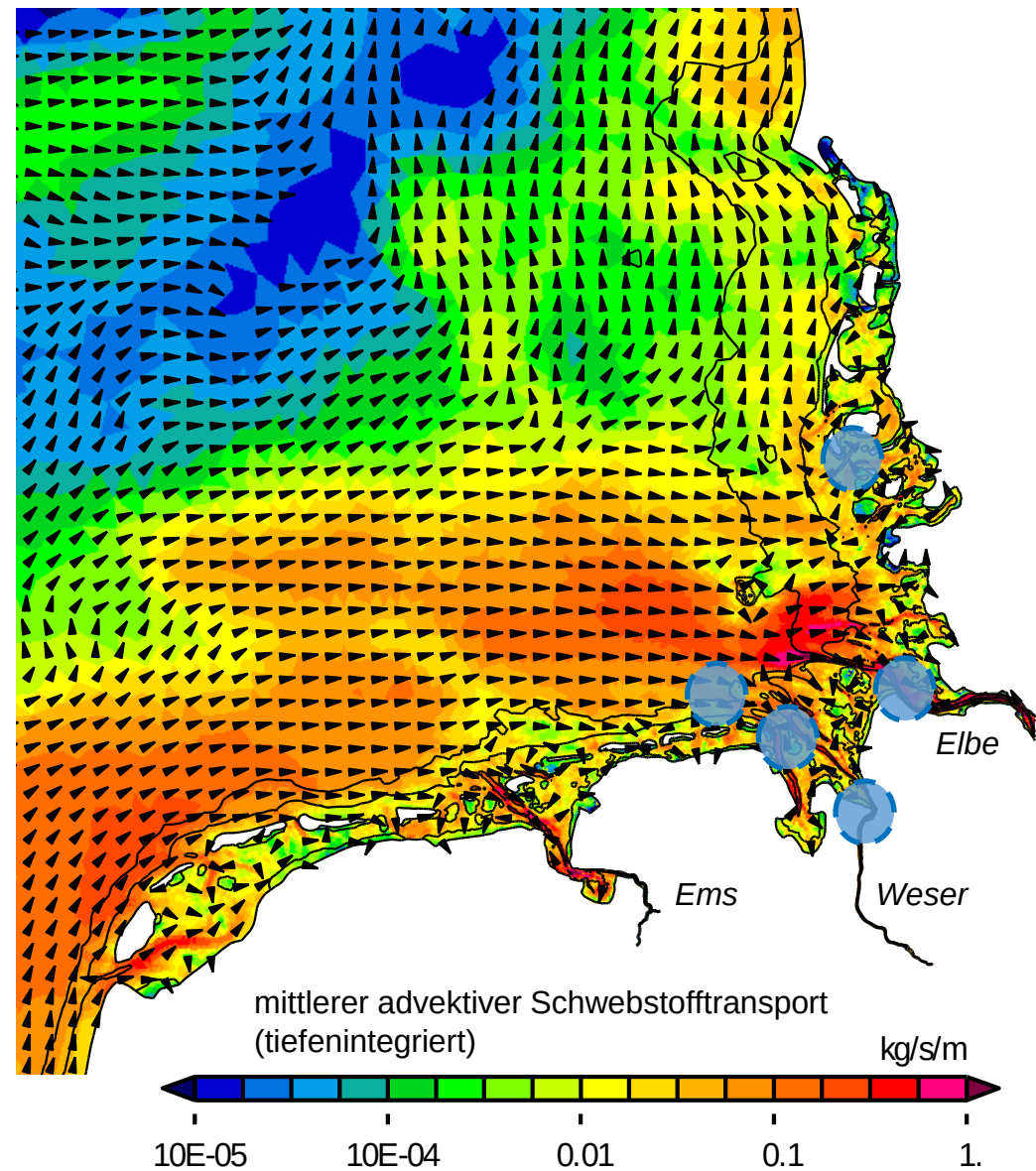
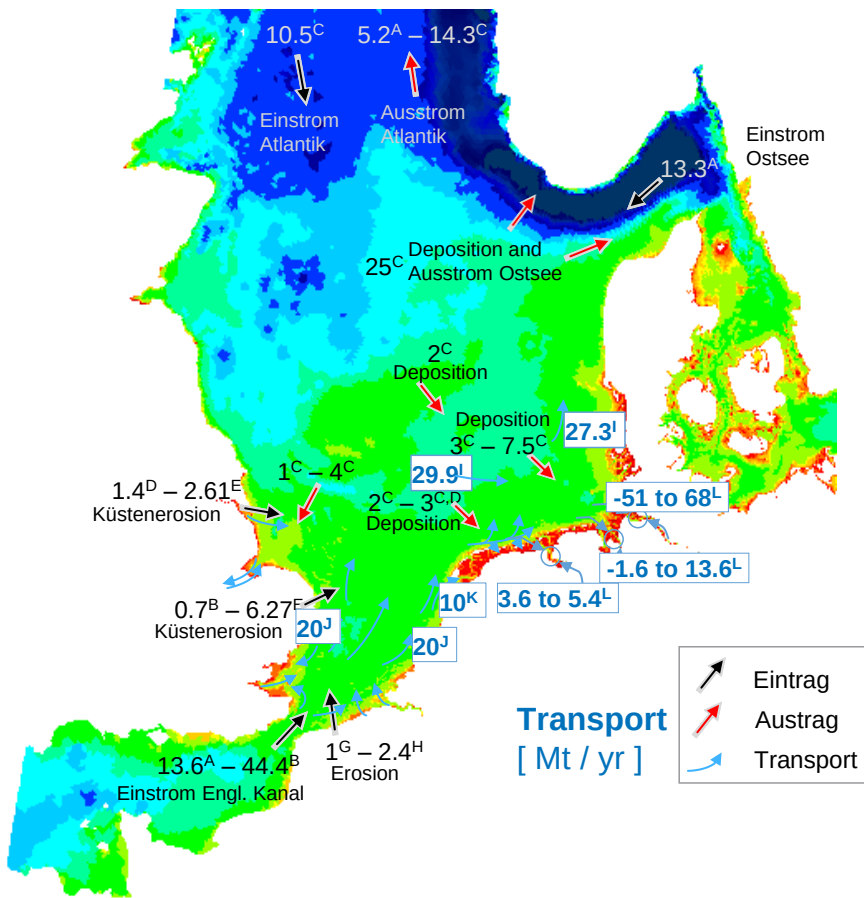
(~40)

(~40)

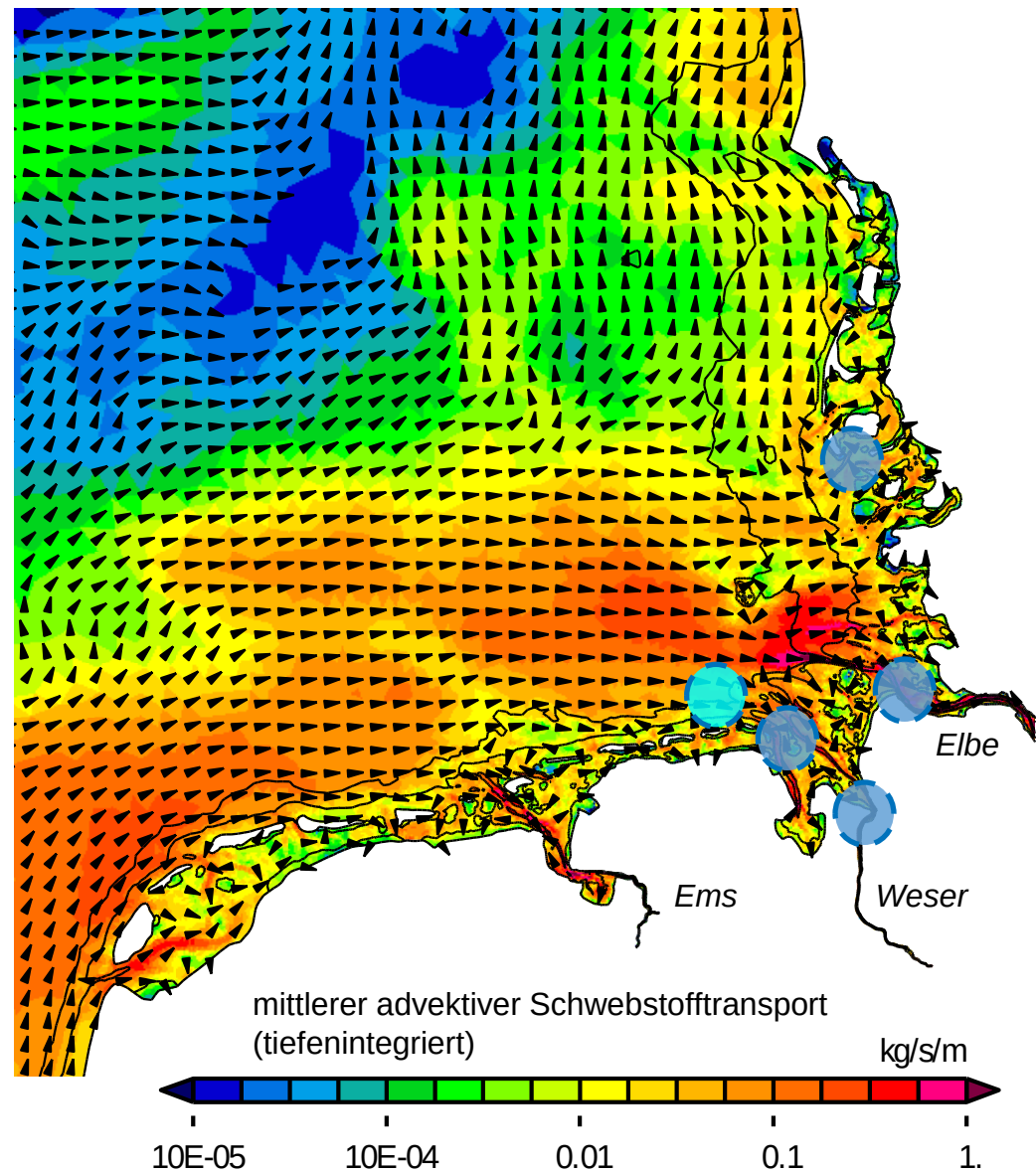
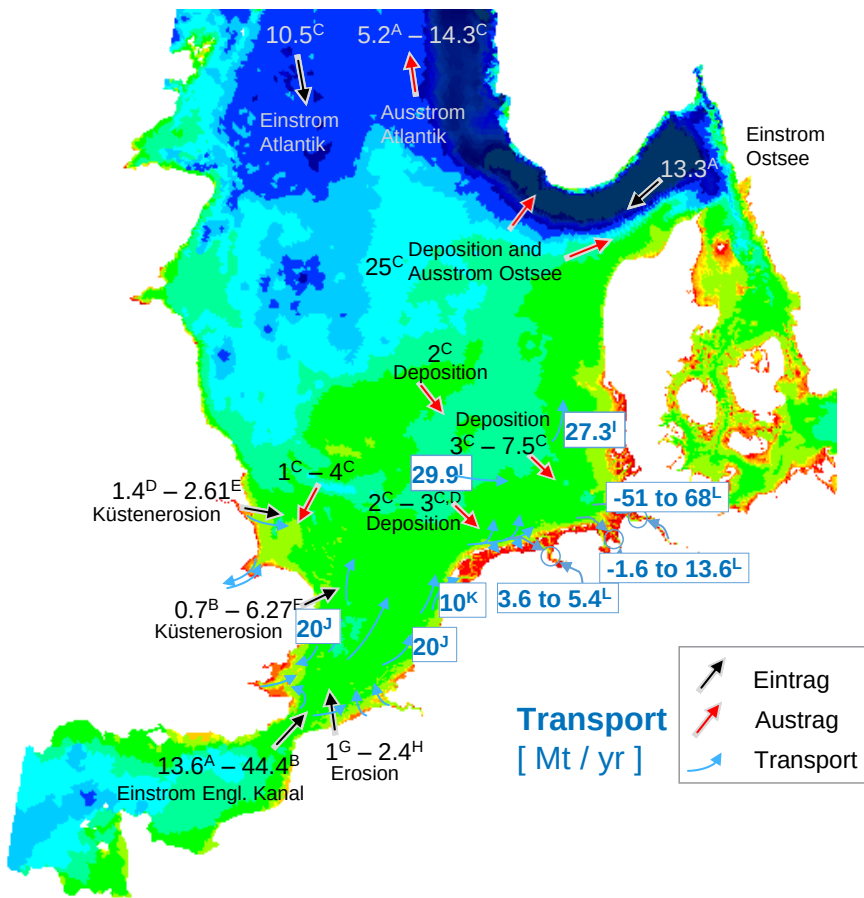
(~30)

(~30)

Von groß zu klein

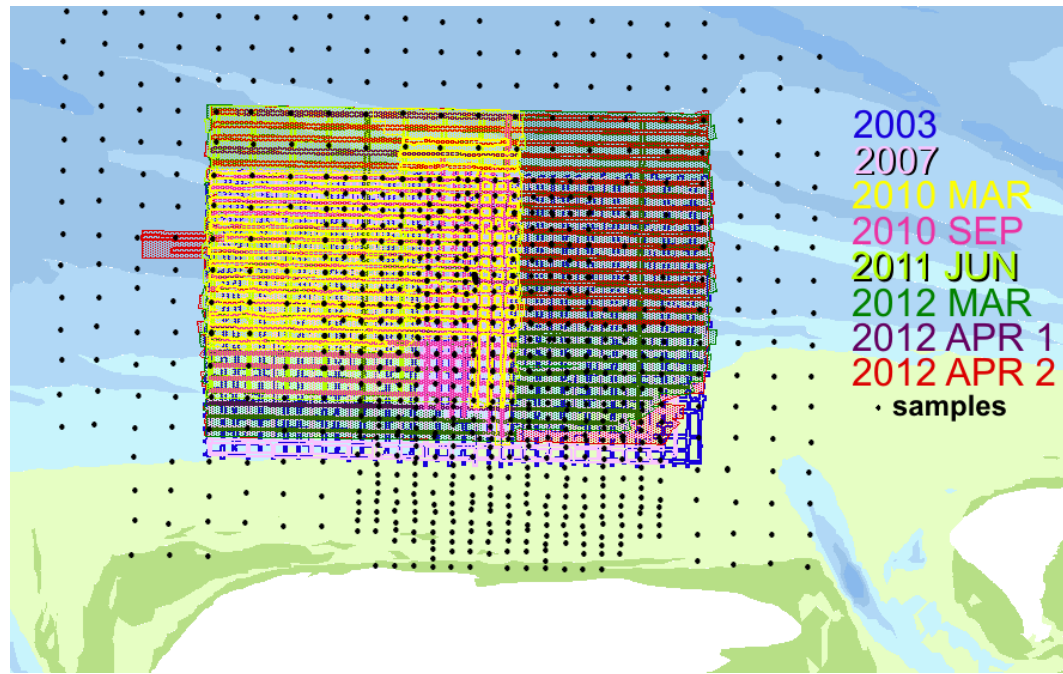


Von groß zu klein



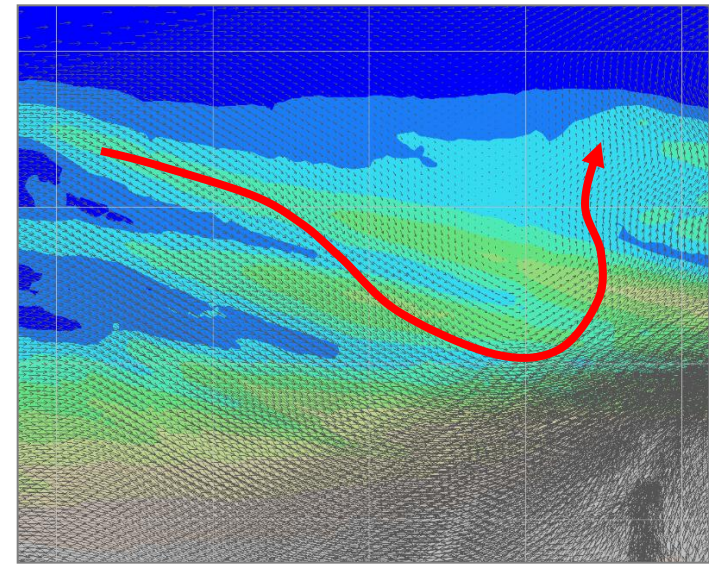
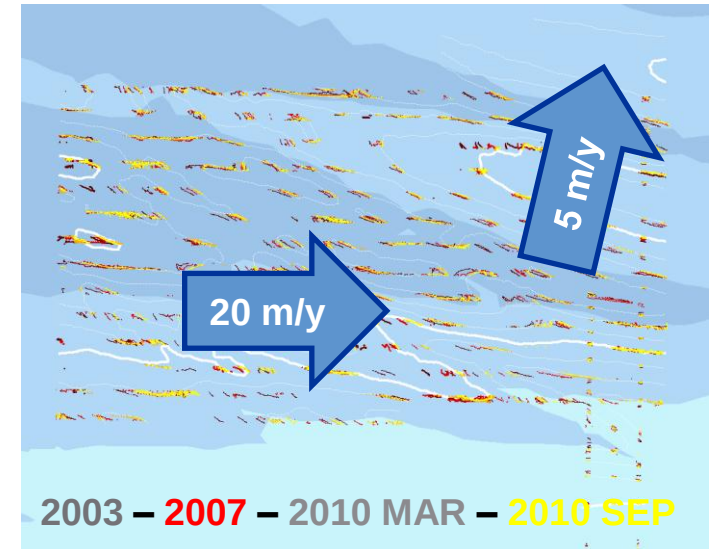
Sedimentologie – Bodenformen: Spiekeroog

Bathymetrie x6 (+2 Archiv) + Sedimente x5



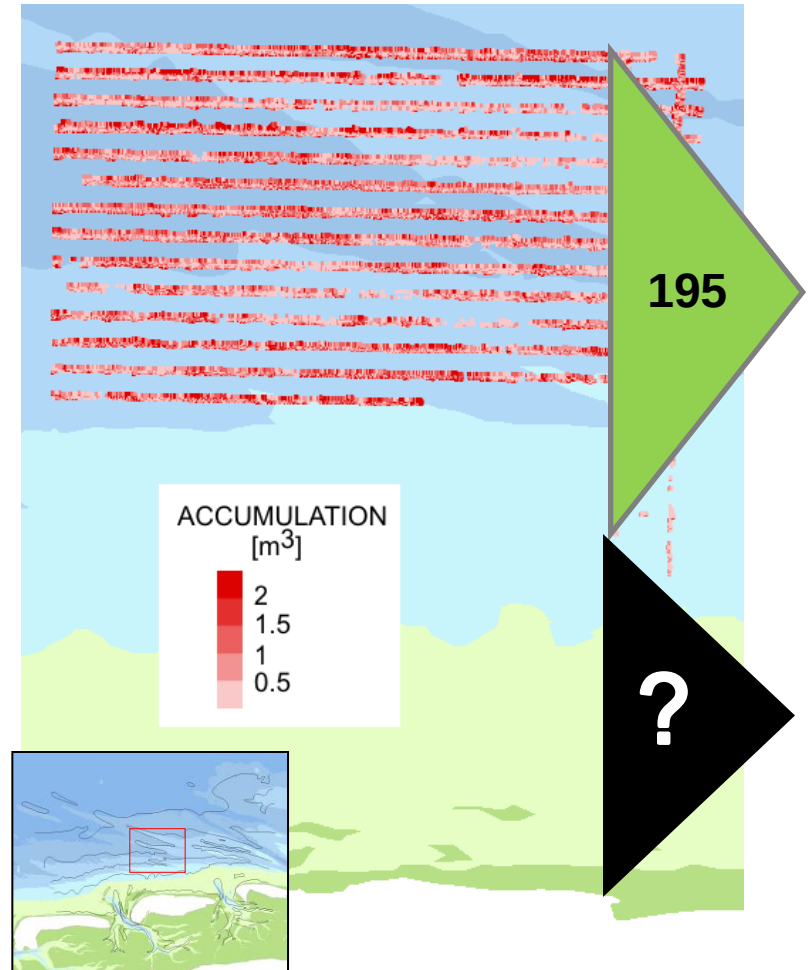
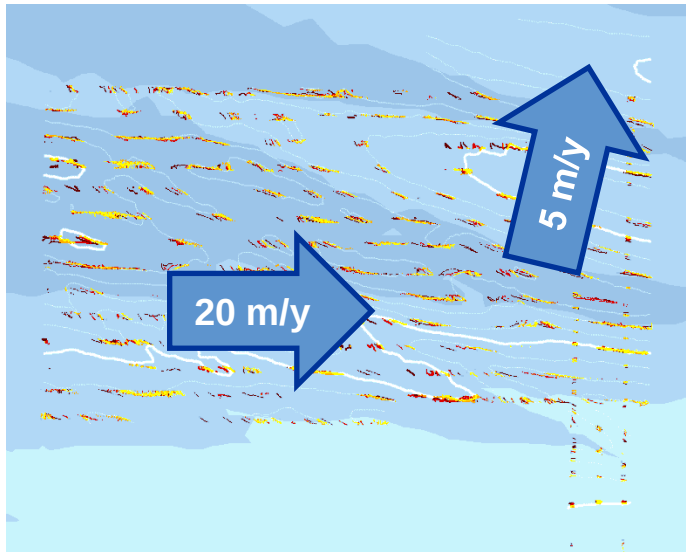
SISYPHE

durchschnittlicher Sedimenttransport
über 1 Jahr,
tideinduziert



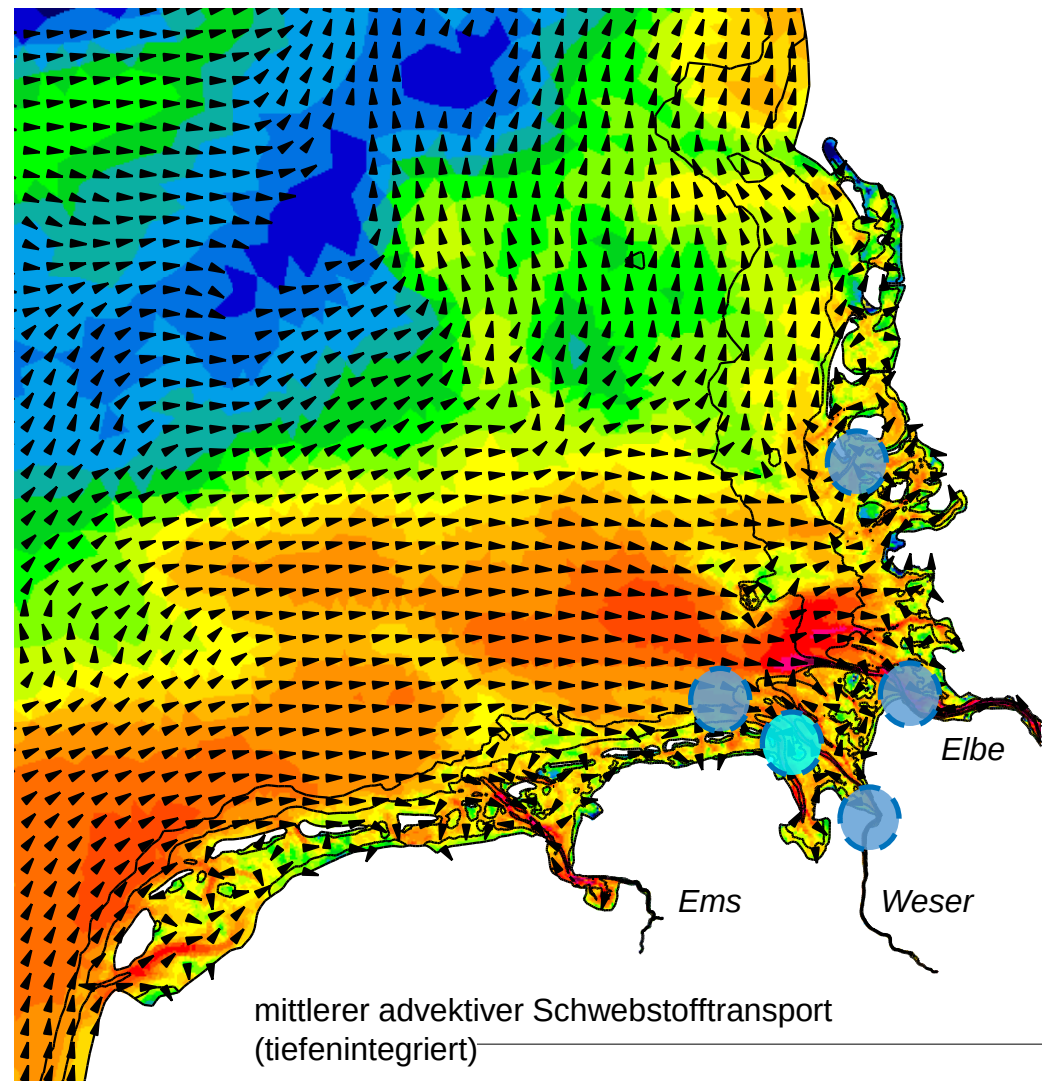
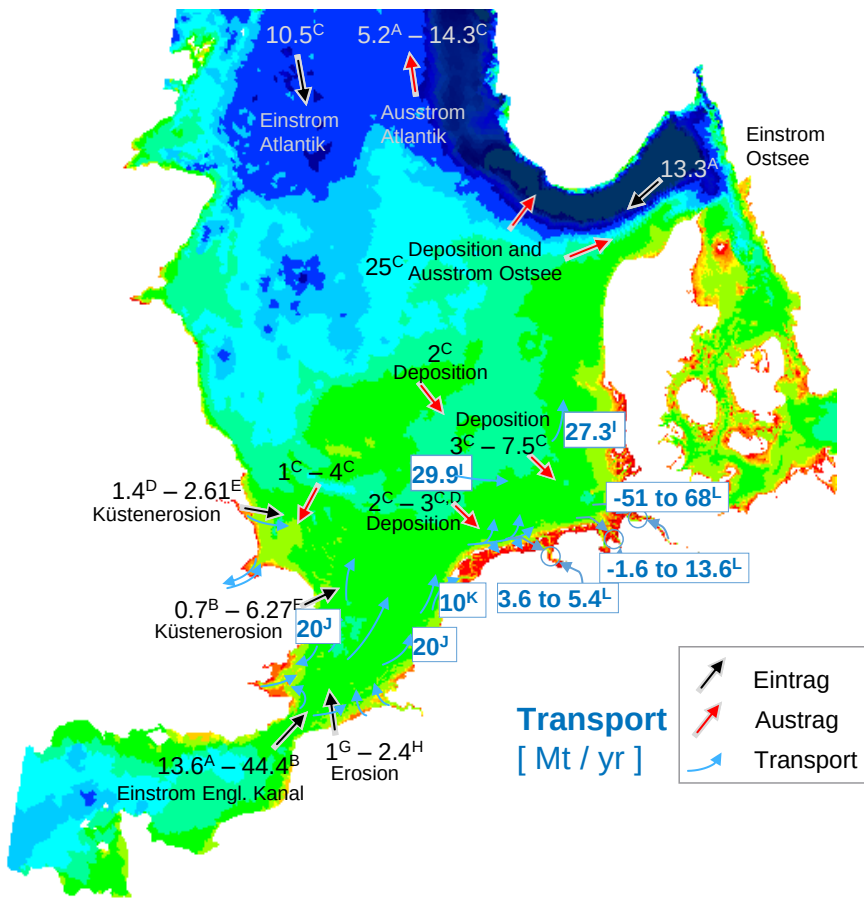
Datenbasierte Sedimenttransportraten: Spiekeroog

Accumulation between MAR 2010 and SEP 2010



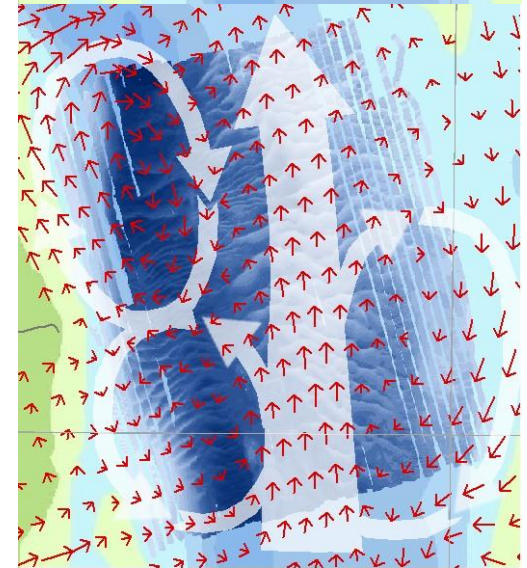
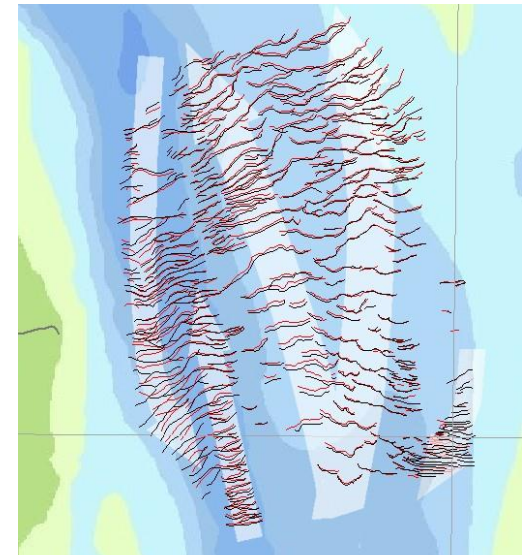
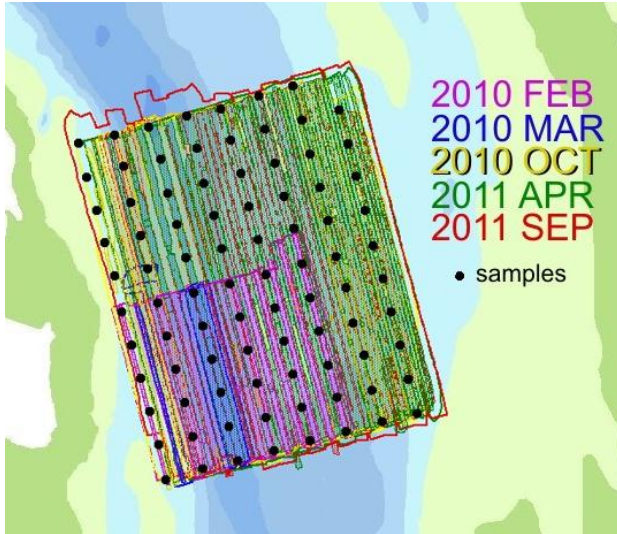
Budget along given transect with **full** data coverage

Von groß zu klein



Sedimentologie – Bodenformen: Jade

Bathymetrie + Sedimente x5 + WSA Bathymetrie x37

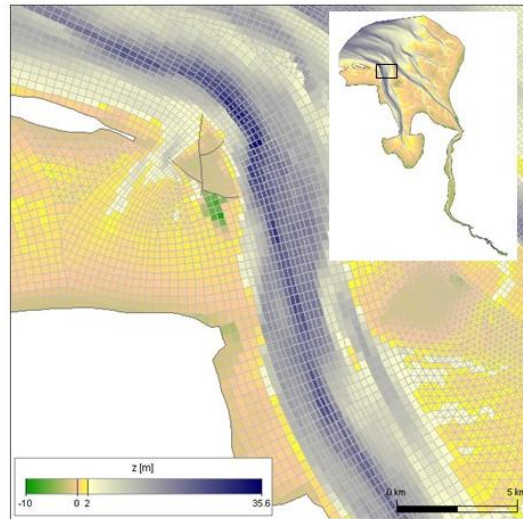


→ 1 m/s

UnTRIM

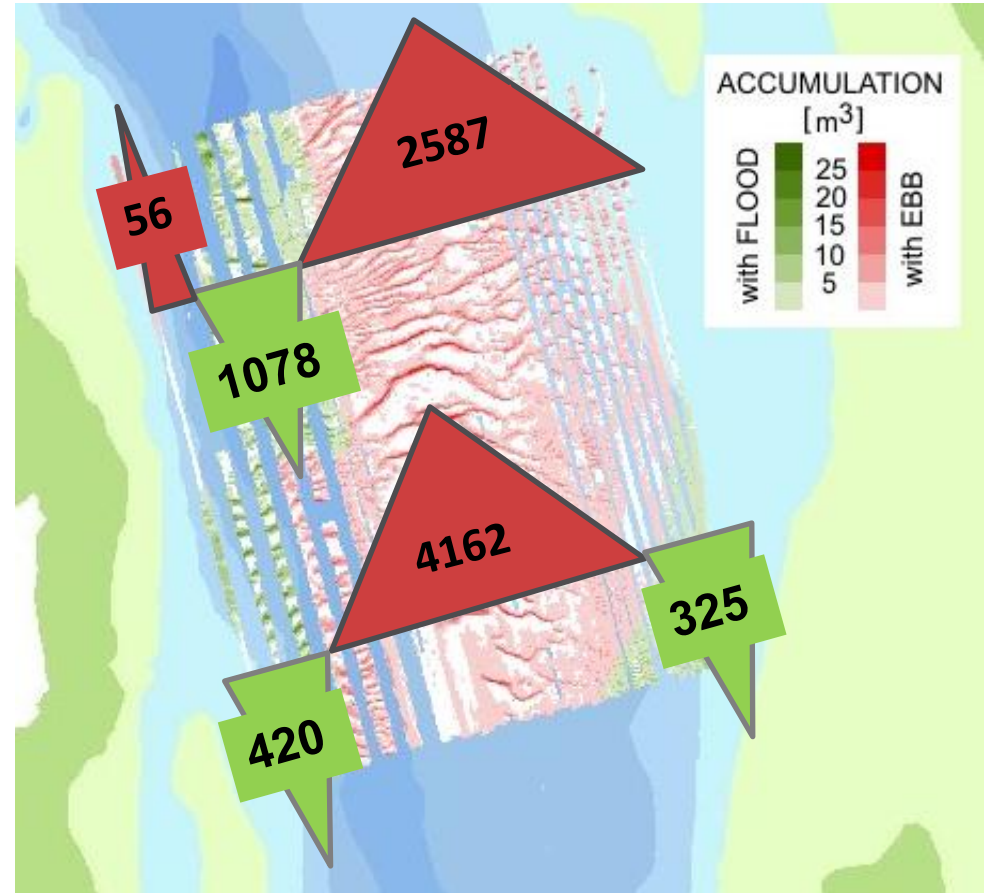
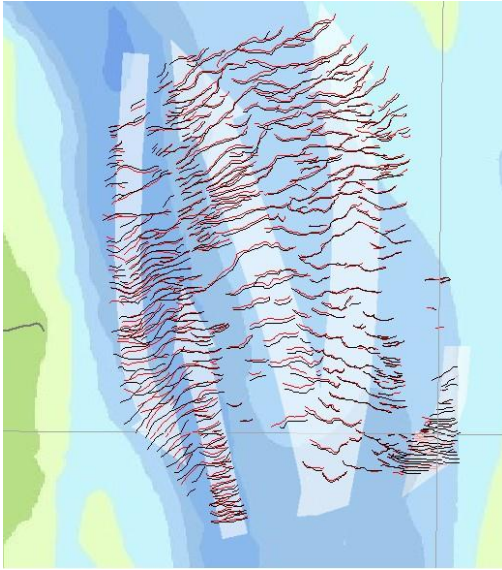
Tides + waves

2 weeks averaged



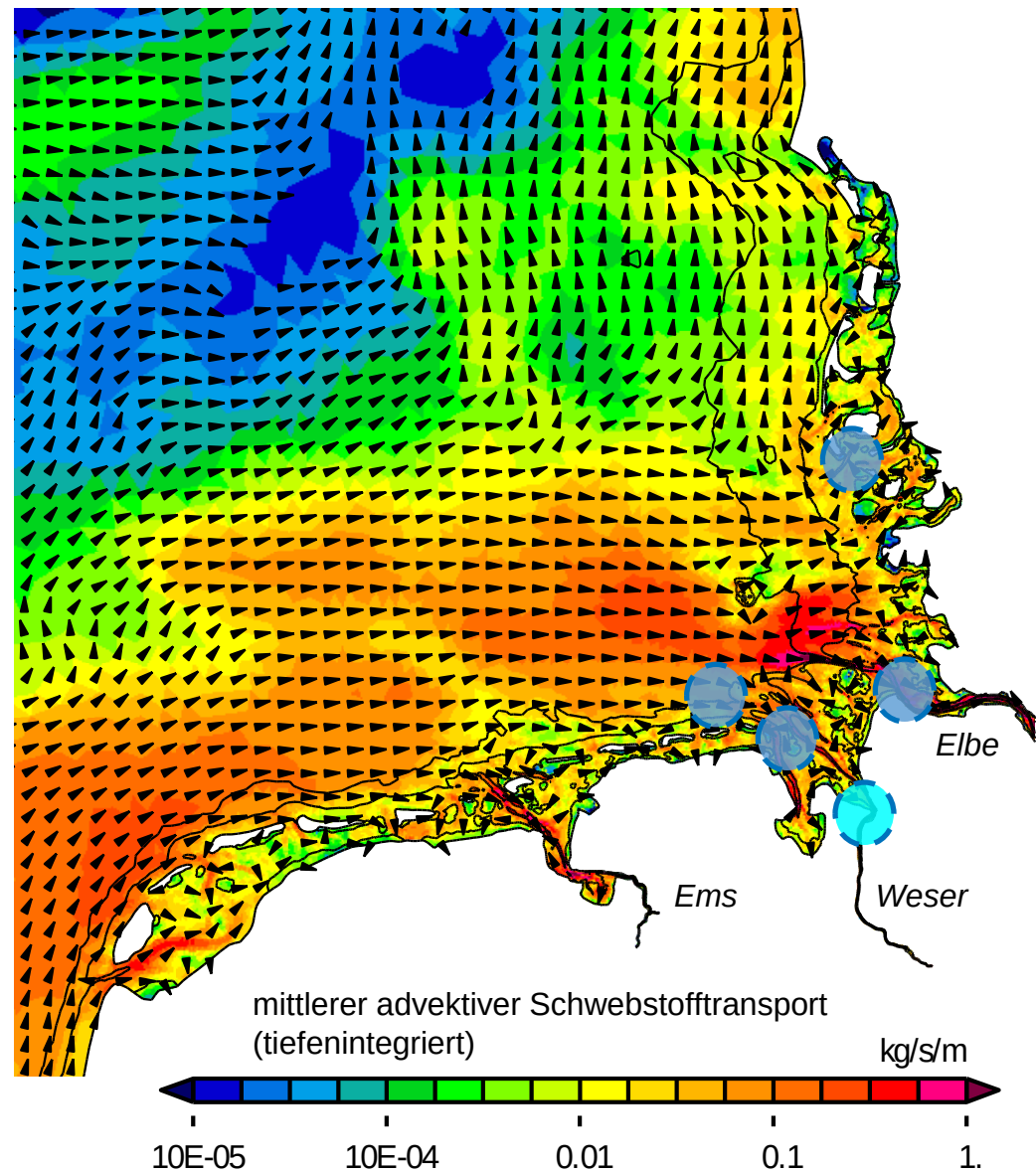
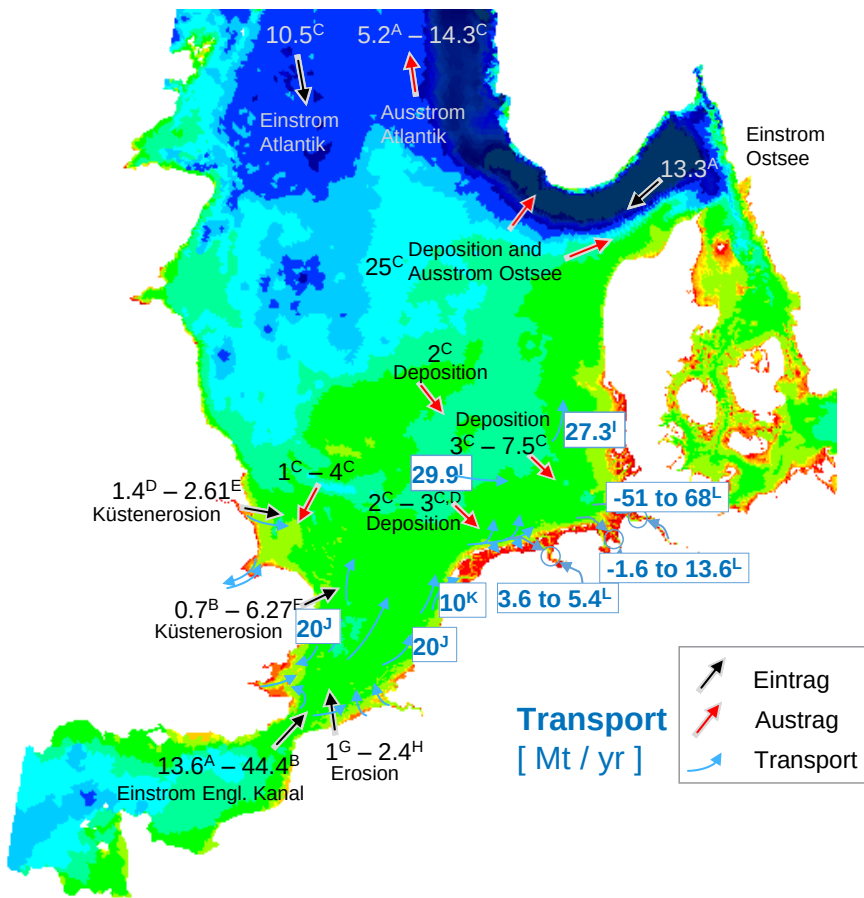
Datenbasierte Sedimenttransportraten : Jade

Accumulation between OCT 2010 and APR 2011



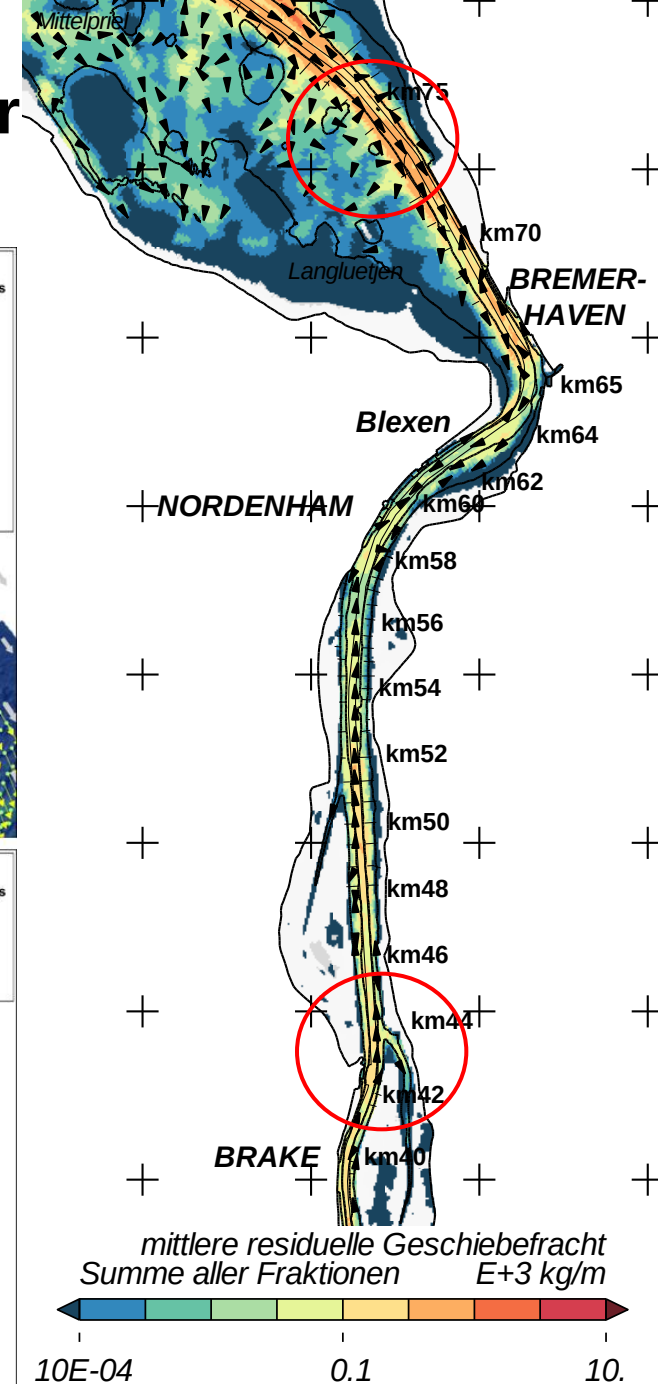
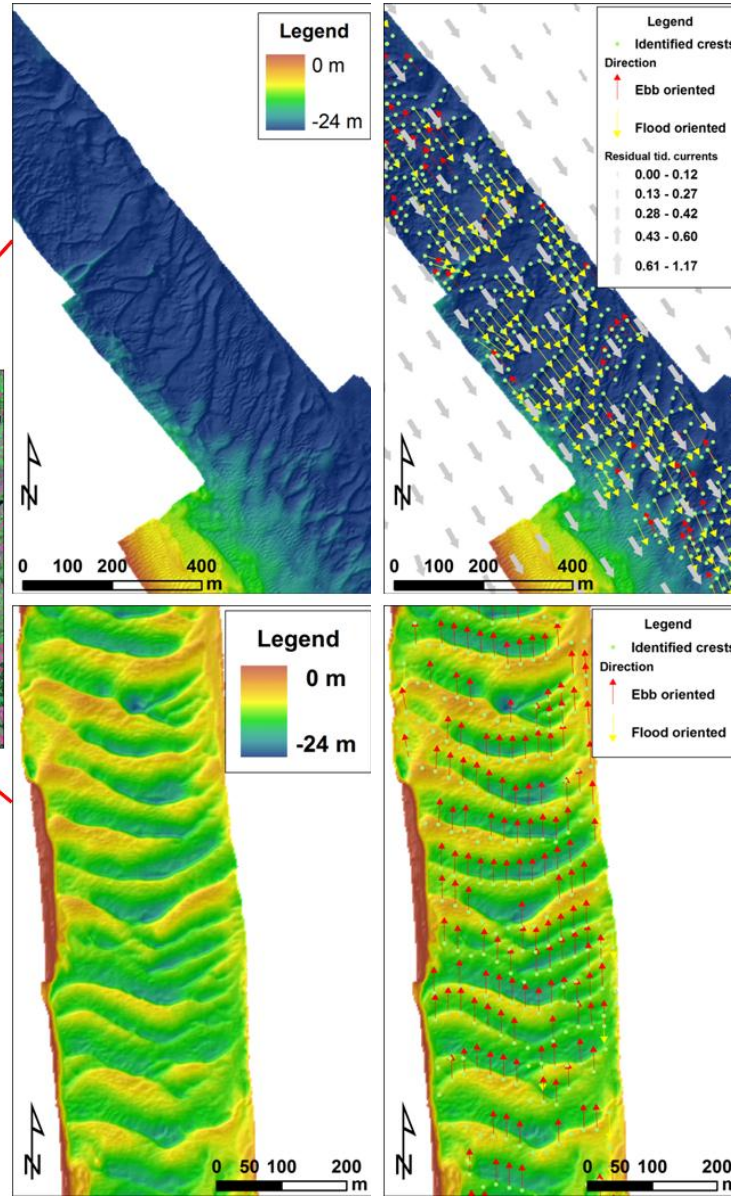
Budget along given transect with available data coverage

Von groß zu klein

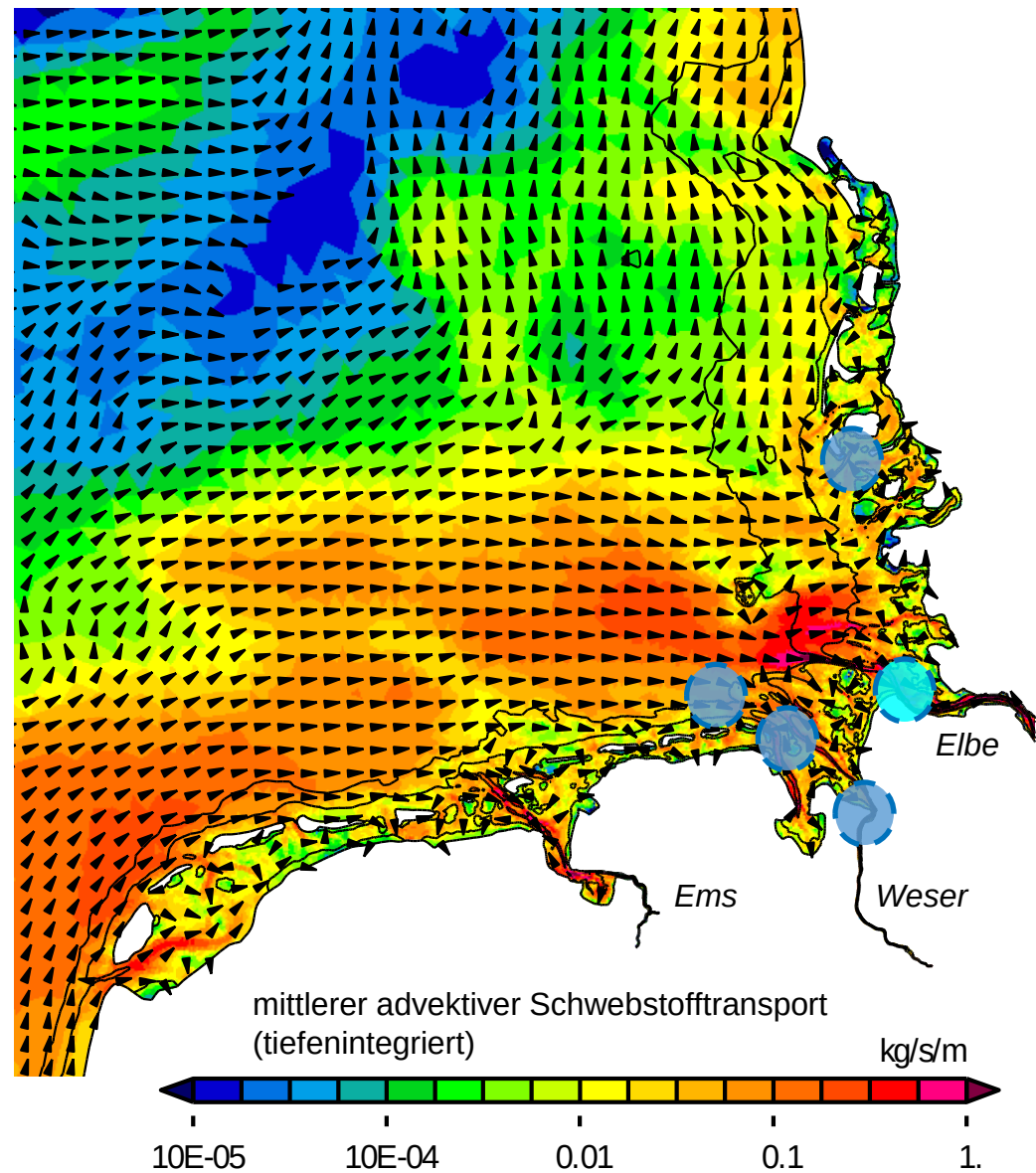
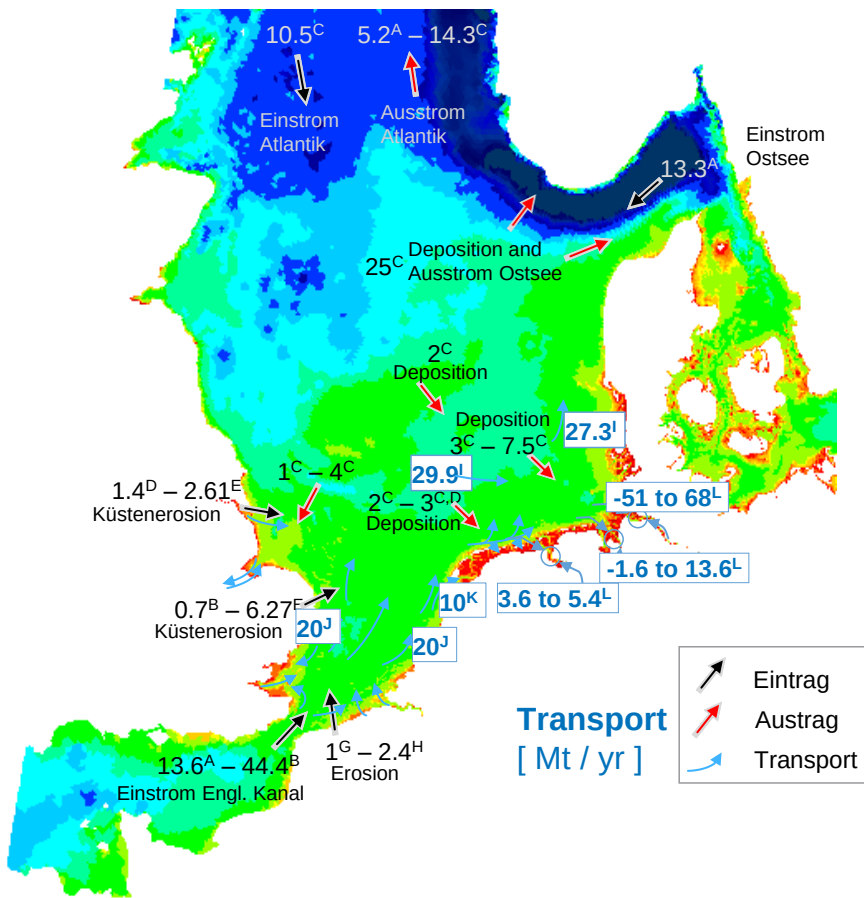


Sedimentologie – Bodenformen: Weser

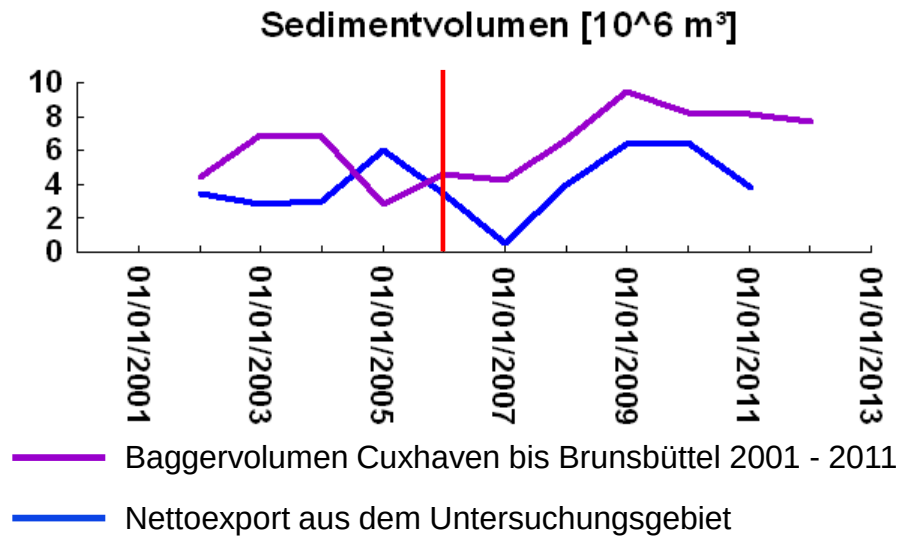
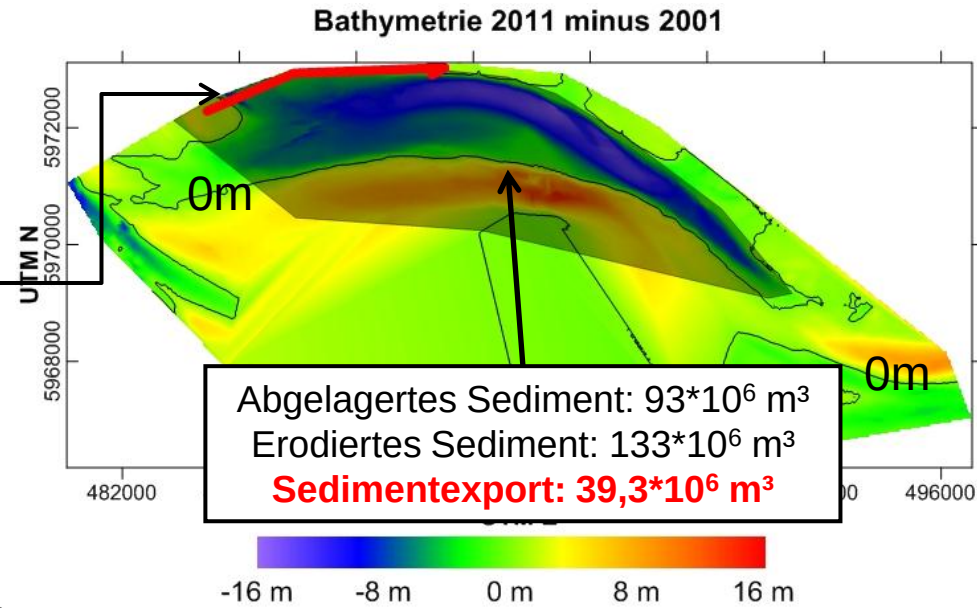
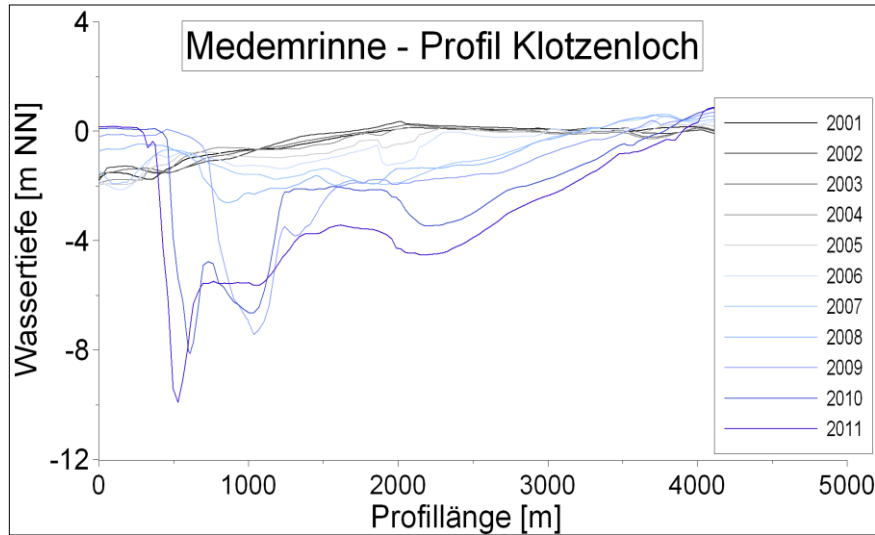
Die asymmetrische Form der identifizierten Bodenformen erlaubt die Darstellung der Richtung des residualen bodennahen Transports



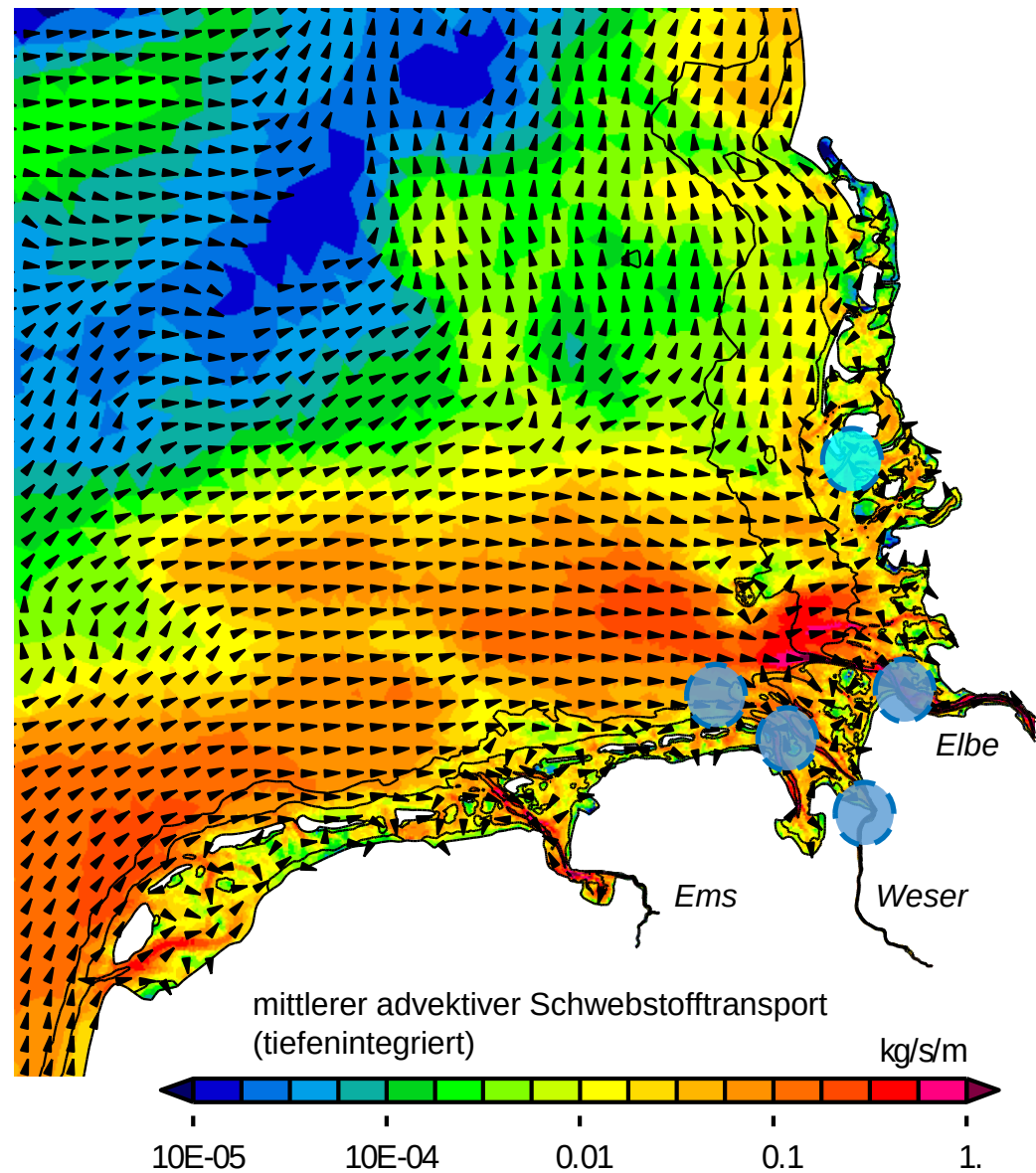
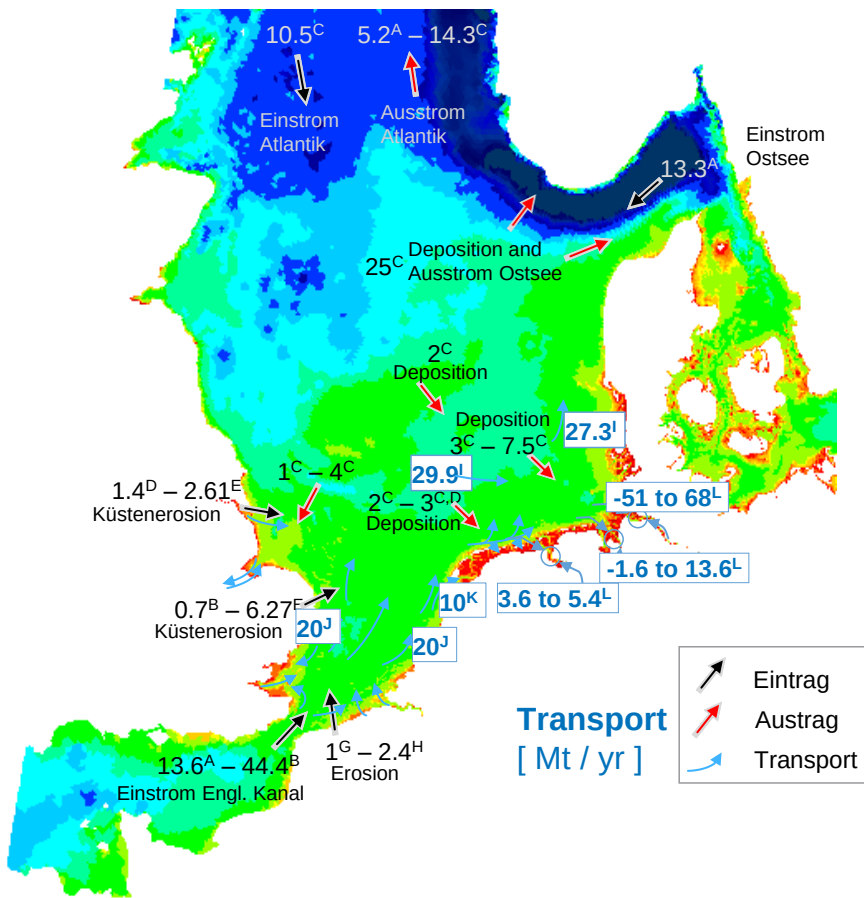
Von groß zu klein



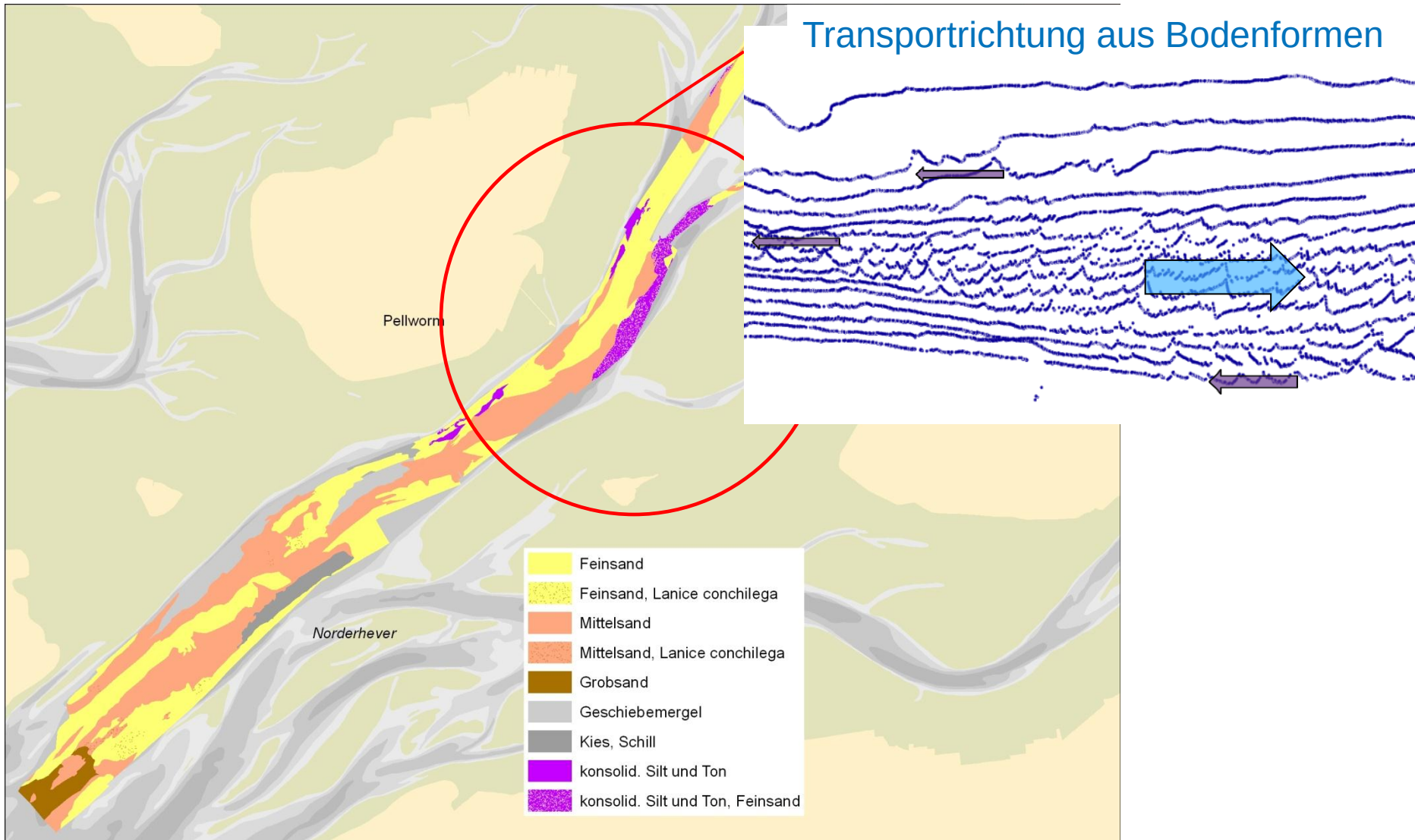
Sedimentdynamik Medemrinne im Zeitraum 2001 bis 2011



Von groß zu klein



Sedimentologie – Sedimentdynamik: Norderhever



Sedimentdynamik Modellierung

Vorbedingungen

- Beschreibung der Datenbasis (Nordsee /) Deutsche Bucht → Funktionales Bodenmodell
- Mathematische Modellierungswerkzeuge

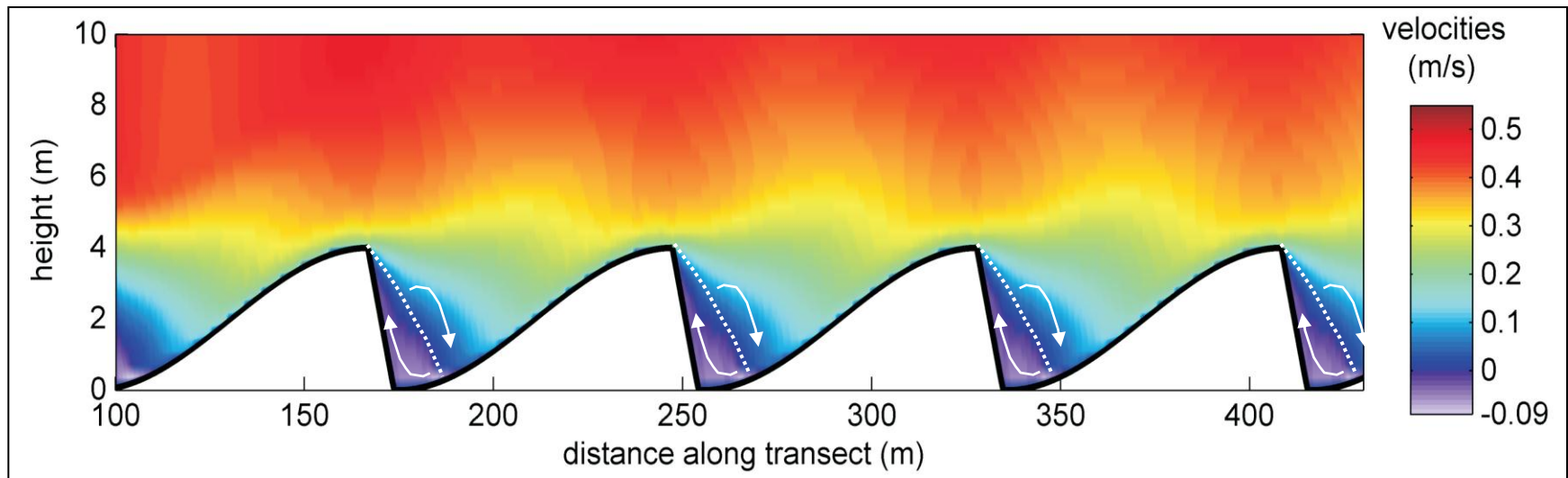
Validierung & Anwendbarkeit

- Hydrodynamik
- Änderungen in der Morphologie
- Langfristsimulationen / Klimawandel
- Sedimenttransport

Neue Methoden und Erkenntnisse

Bodenformen: Relevanz in AufMod

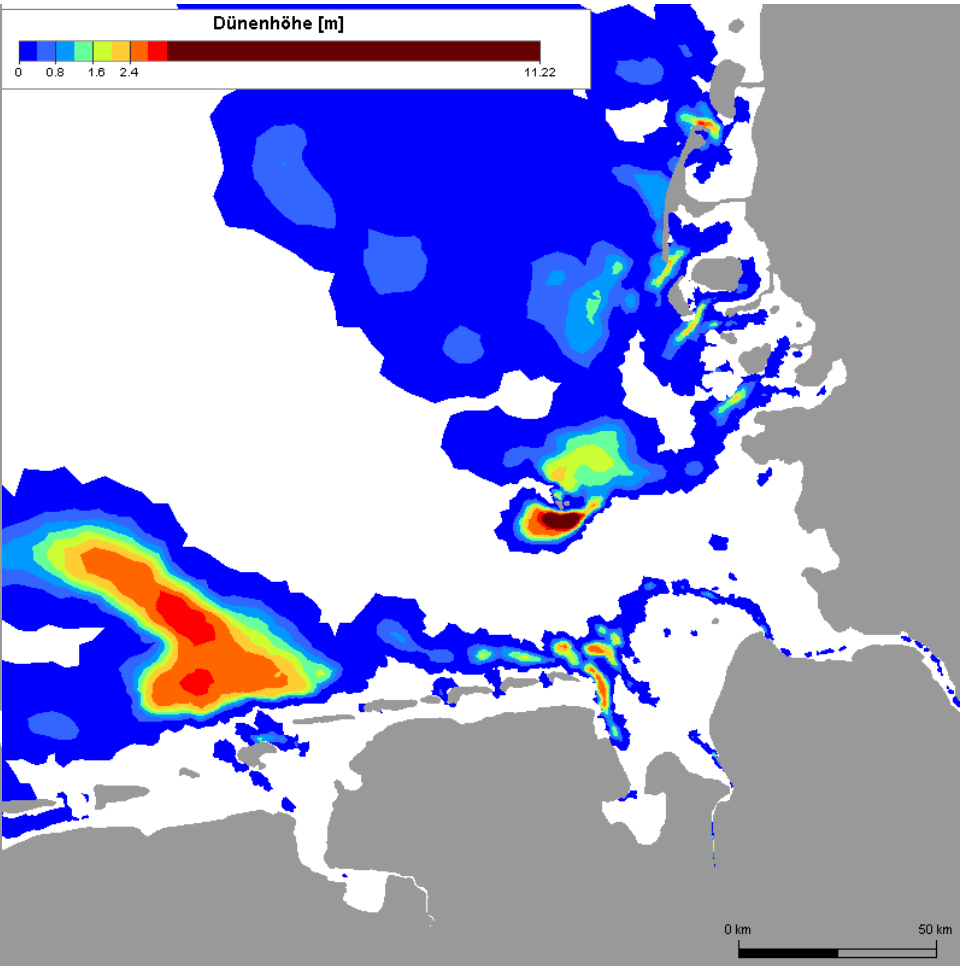
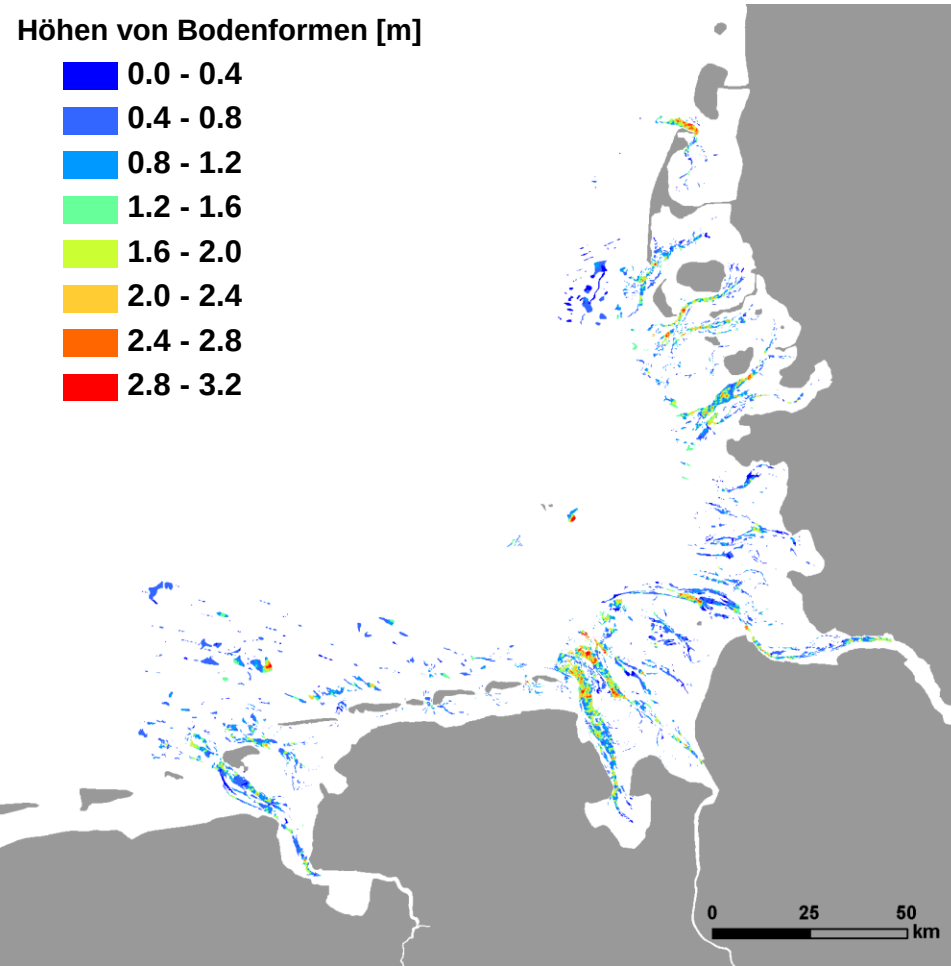
- Bodenformen sind **Indikator für bodennahen Transport**, und Möglichkeit der Abschätzung **von Transportrichtungen und –raten**
- Formrauheit : Asymmetrie von Bodenformen muss wegen ihrer **hydraulischen Wirkung** berücksichtigt werden.



Lefebvre et al., 2012

Bodenformen: Evaluation von Prädiktoren

Höhen von Bodenformen [m]

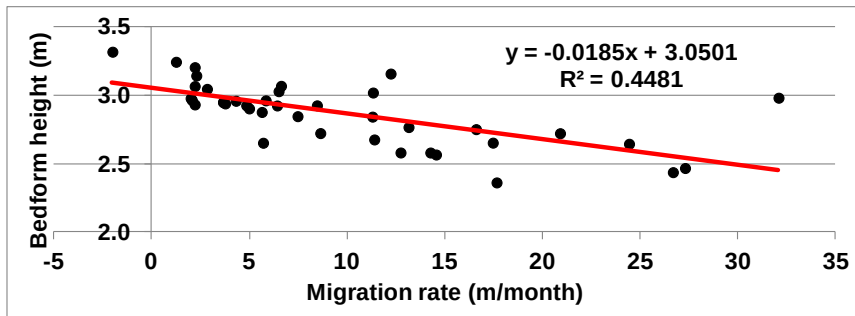
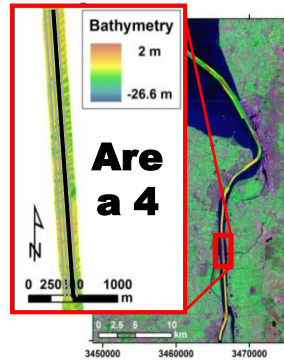


Gemessene Höhen (Ernstsen based on Ulrich (1973))

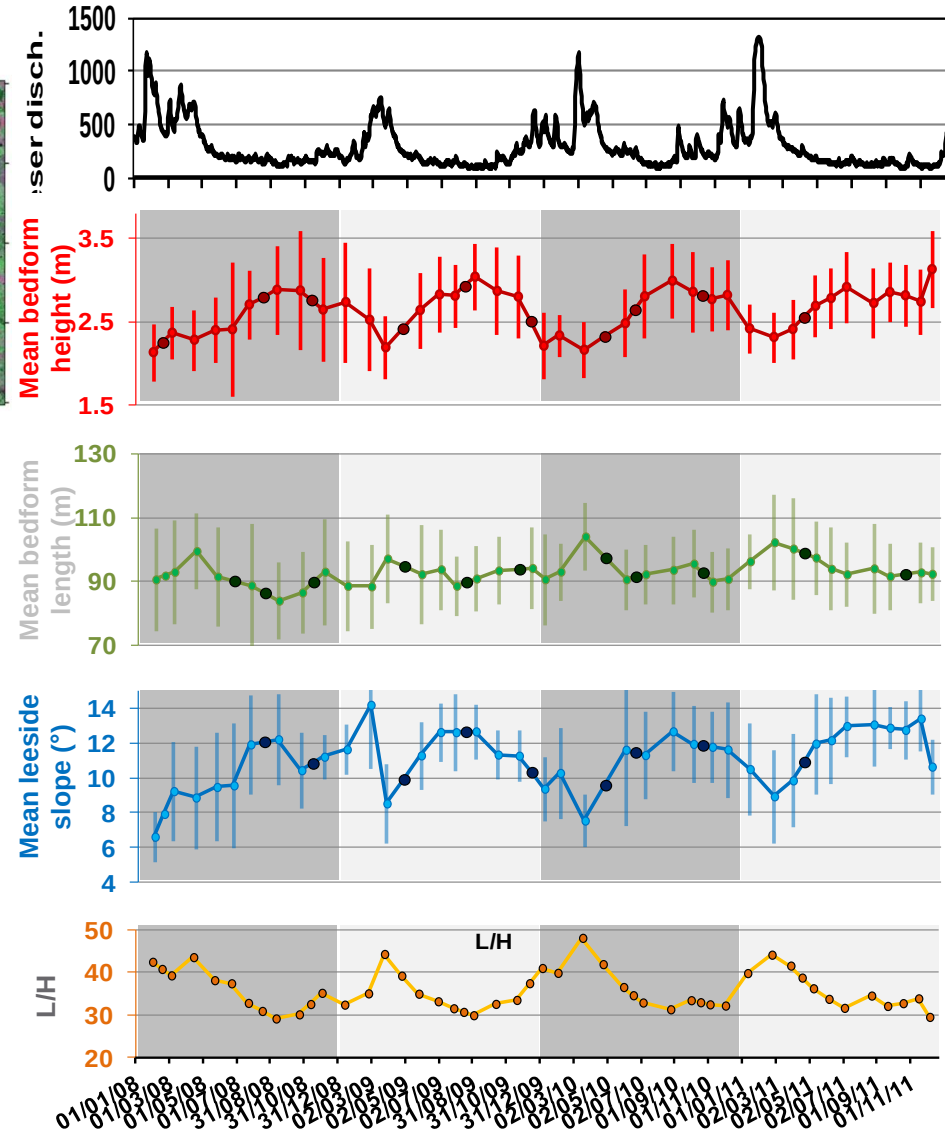
Model predicted dune heights (UnTRIM-SediMorph based on van Rijn)

Dynamik von Bodenformen

- Primäre Bodenformen sind vom Abfluss abhängig (Nasner)
- Anti-proportionale Kopplung von Bodenformhöhe und Abfluss!
- Längen sind wenig variabel

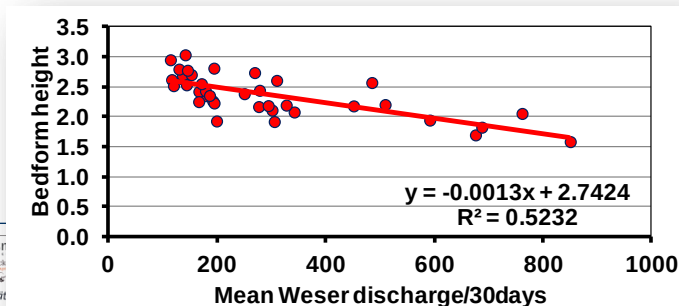
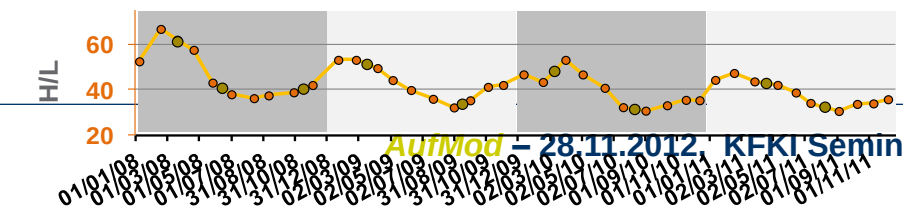
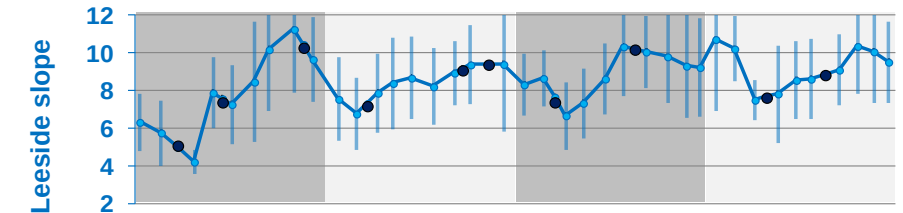
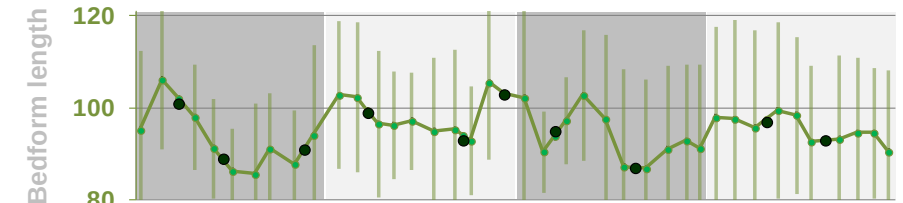
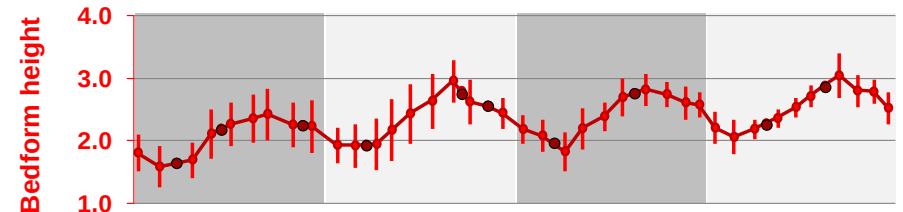
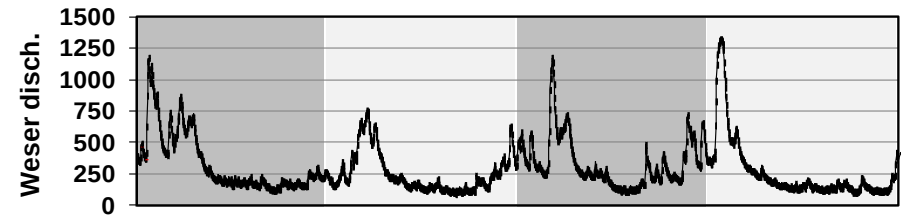
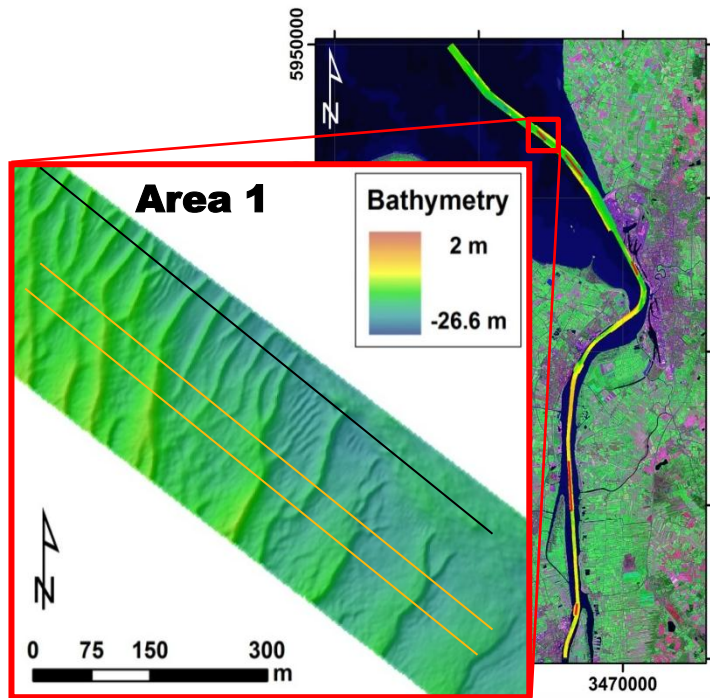


- BF werden steiler → hydraulisch wirksamer in Zeiten mit geringem Abfluss

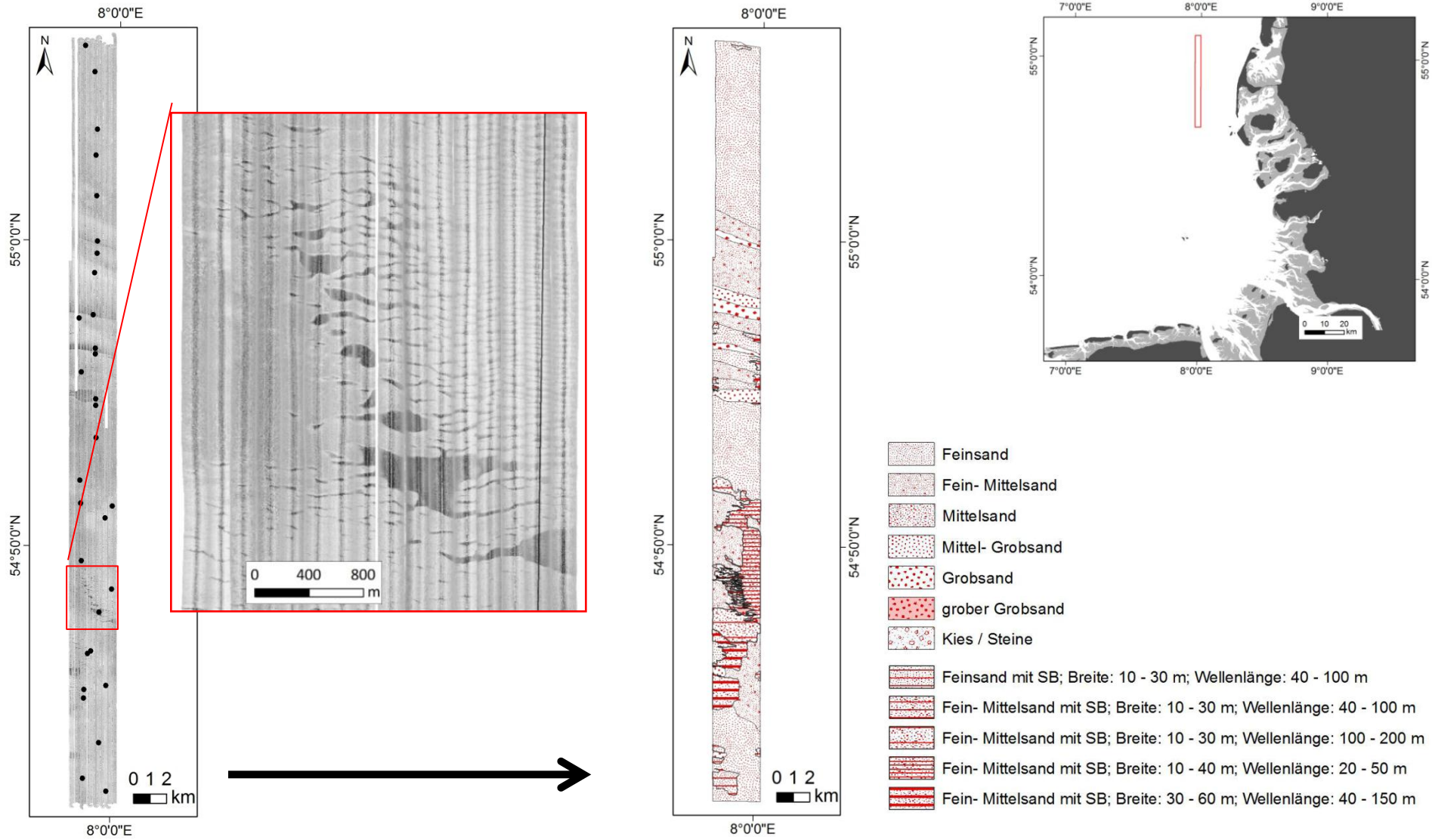


Dynamik von Bodenformen

- Auch in der Außenweser: linearer Zusammenhang der primären Bodenformen vom Abfluss!?



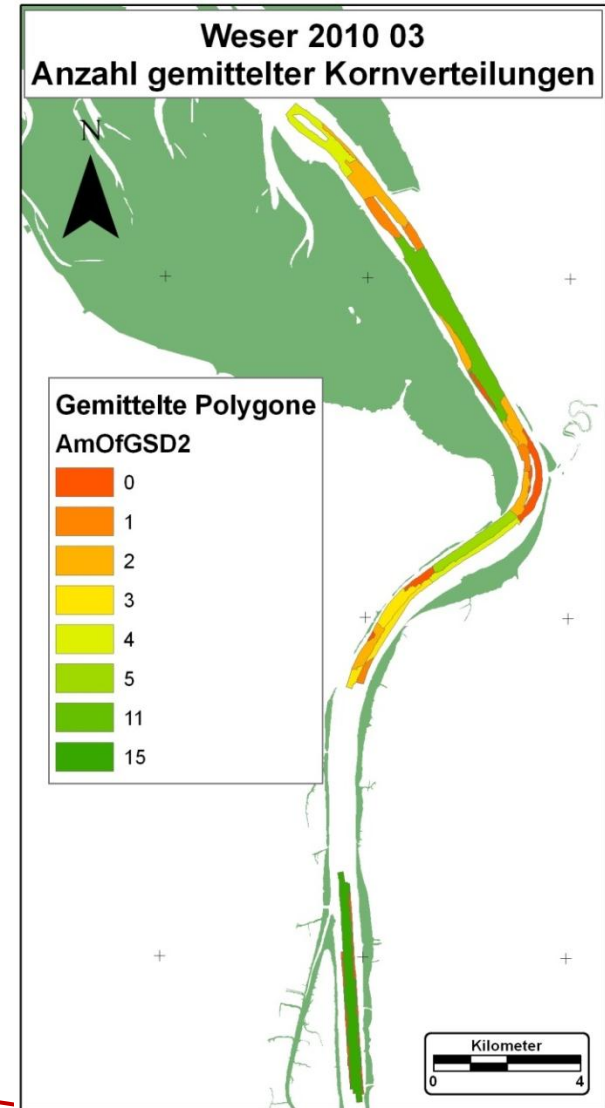
Parametrisierung der SSS-Daten



Parametrisierung der SSS-Daten: Erzeugung numerischer Werte für Modelle

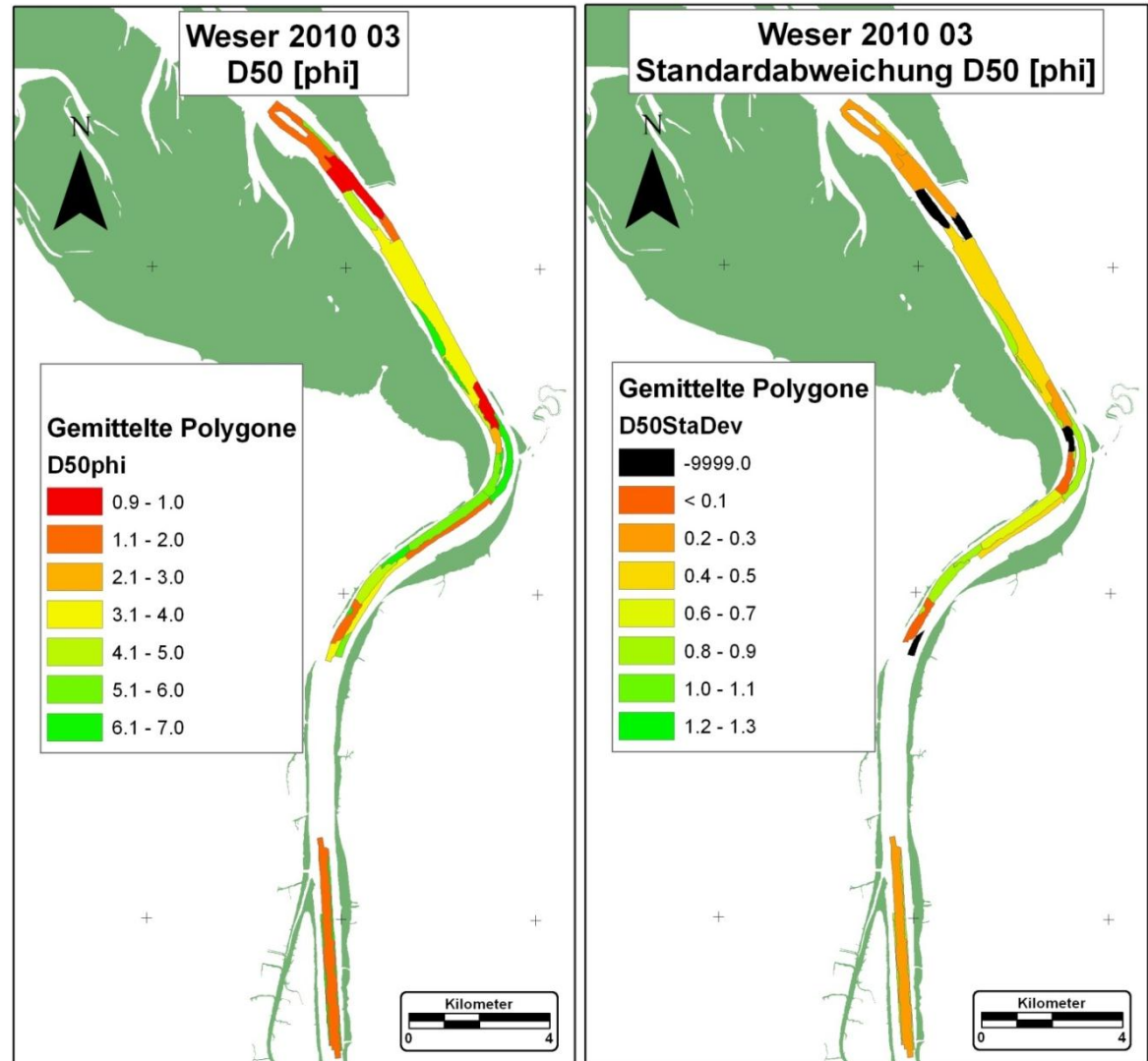
Überführung der Sedimentbeschaffenheit in numerische Werte

- Gemittelte Kornverteilung über Oberflächenproben auskartierter Polygone



Parametrisierung der SSS-Daten: Erzeugung numerischer Werte für Modelle

Berechnung statistischer Parameter: Bsp: D50



Mobilitätsparameter: Methodenentwicklung in der Geologie

Mobilisierbarkeit abhängig von:

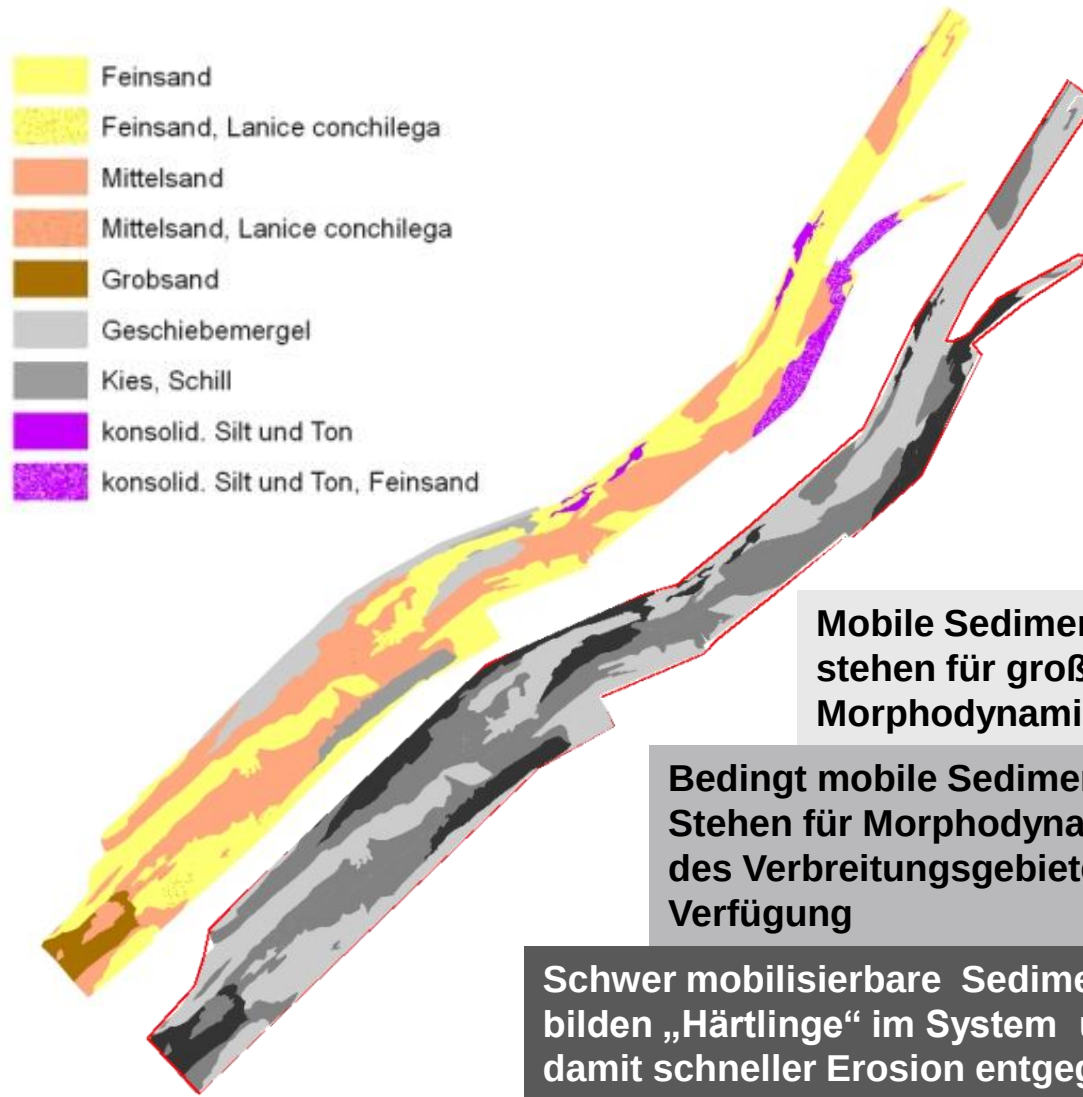
- Korngröße
- Konsolidierungsgrad
- Bindigkeit
- Organik
-



Lanice conchilega

Einführung eines Mobilitätsparameter: Faktor zur Erhöhung der Grenzschubspannung (Verzögerung des Bewegungsbeginns)

Mobilitätsparameter: Methodenentwicklung in der Geologie



Ansatz:

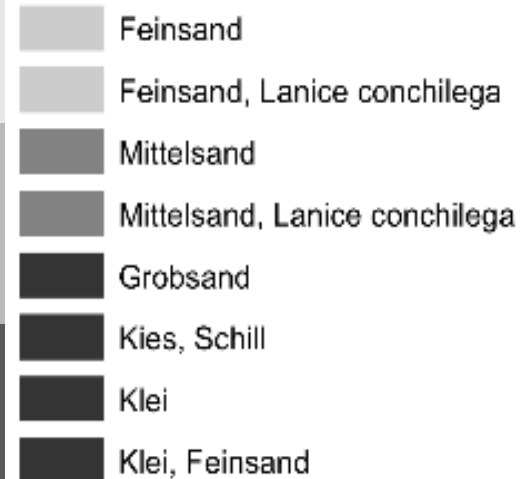
Abstufung der Mobilisierbarkeit nach Sedimenteigenschaften, zunächst ohne Vergabe numerischer Werte



Mobile Sedimente -
stehen für großräumige
Morphodynamik zur Verfügung

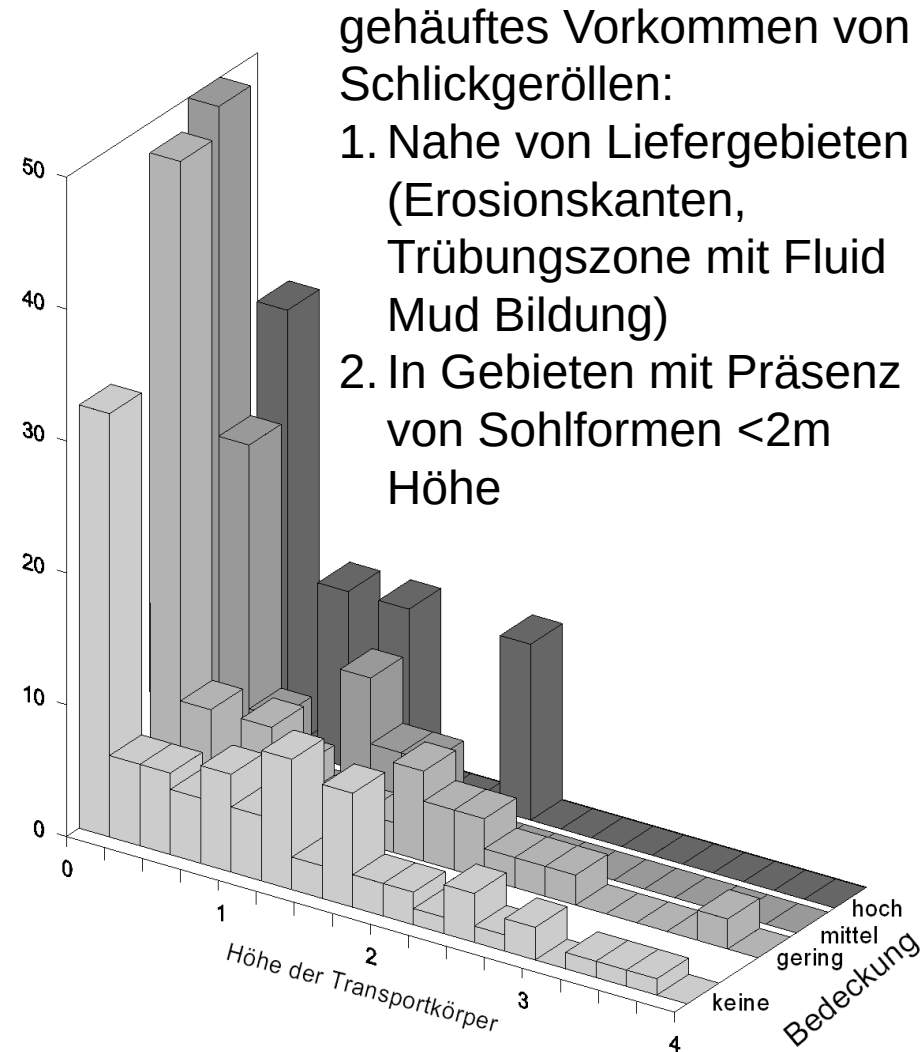
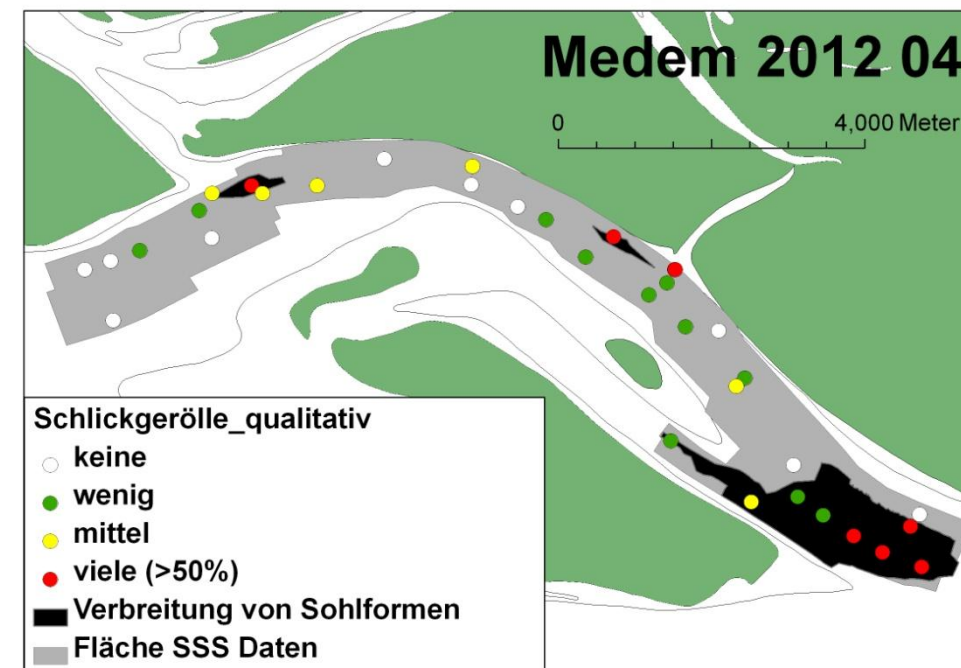
Bedingt mobile Sedimente –
Stehen für Morphodynamik innerhalb
des Verbreitungsgebietes zur
Verfügung

Schwer mobilisierbare Sedimente –
bilden „Härtlinge“ im System und stehen
damit schneller Erosion entgegen.



Phänomen Schlickgerölle: Auswirkungen auf Sedimentdynamik

- hoher Bedeckungsgrad setzt Mobilität der Sedimentmatrix herab
- Verändert die Aussagekraft der Sedimentprobe bei z.B. sandiger Matrix mit feinkohäsiven Schlickgeröllen



Zielsetzung AufMod

Allgemeine Zielsetzung des Forschungsaufrufs des KFKI

- Voraussetzung dafür zu schaffen, den Einfluss des Klimawandels und anthropogener Eingriffe auf die Morphologie und den Sedimenttransport in der Deutschen Bucht modellbasiert abschätzen zu können

Zielsetzung AufMod

- Aufbereitung einer konsistenten Datenbasis für Modelle (Topographie/Morphologie, Sedimentologie)
- Schließen von Datenlücken und Verbesserung eingesetzter Messmethoden
- Bestimmung von Anwendbarkeit und Genauigkeit ausgewählter, verfügbarer numerischer Verfahren auf Basis der Berechnung zurückliegender Zeiträume
- Vertiefung der Kenntnisse sediment- und morphodynamischer Vorgänge in der Deutschen Bucht
- Abschätzung von Sedimenttransportwegen und –mengen



**Datenbasierte Modellierung
BSH, September 2011**

**Telemac Seminar
Uni BW, Dezember 2011**

**Messverfahren
FTZ Büsum, Mai 2012**

**AufMod Workshop
HWK Delmenhorst, Juli 2012**