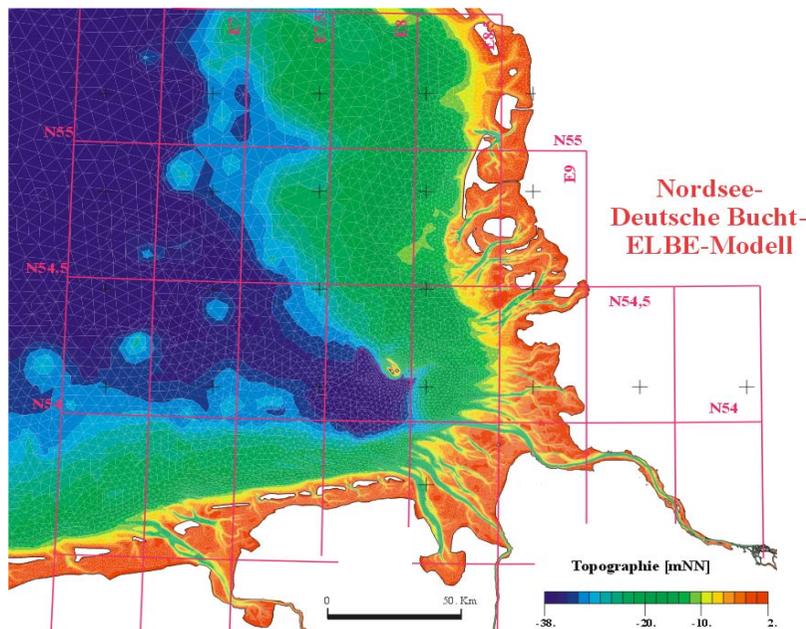


Aufbau von integrierten Modellsystemen zur Analyse der langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht (AufMod)

Überblick und Bearbeitungsstrategie



Wer arbeitet im Projektverbund?

- **Manfred Zeiler, Jennifer Valerius** - Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrografie (BSH)
mit Forschungspartnern:
 - Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (CAU)
 - **Kerstin Schrottke** - Exzellenzcluster „Future Ocean“ (ExC-IfG)
 - **Klaus Schwarzer**, - Institut für Geowissenschaften (IfG)
 - **Klaus Ricklefs** - Forschungs- u. Technologiezentrum Westküste (FTZ)
 - **Alexander Bartholomä, Adam Kubicki** - Forschungsinstitut Senckenberg (SNG)
- **Christian Winter, Verner B. Ernstsen** - Universität Bremen (MARUM)
- **Peter Milbradt, Wiebke Sendzik** - smile consult GmbH
- **Andreas Malcherek, Bert Putzar** - Universität der Bundeswehr München (Uni Bw München)
- **Harro Heyer, Andreas Plüß, Frank Kösters, Marco Kastens, Cristoph Wosniok** - BAW
Jürgen Jensen, Arne Arns - Universität Siegen (Auftragnehmer der BAW)

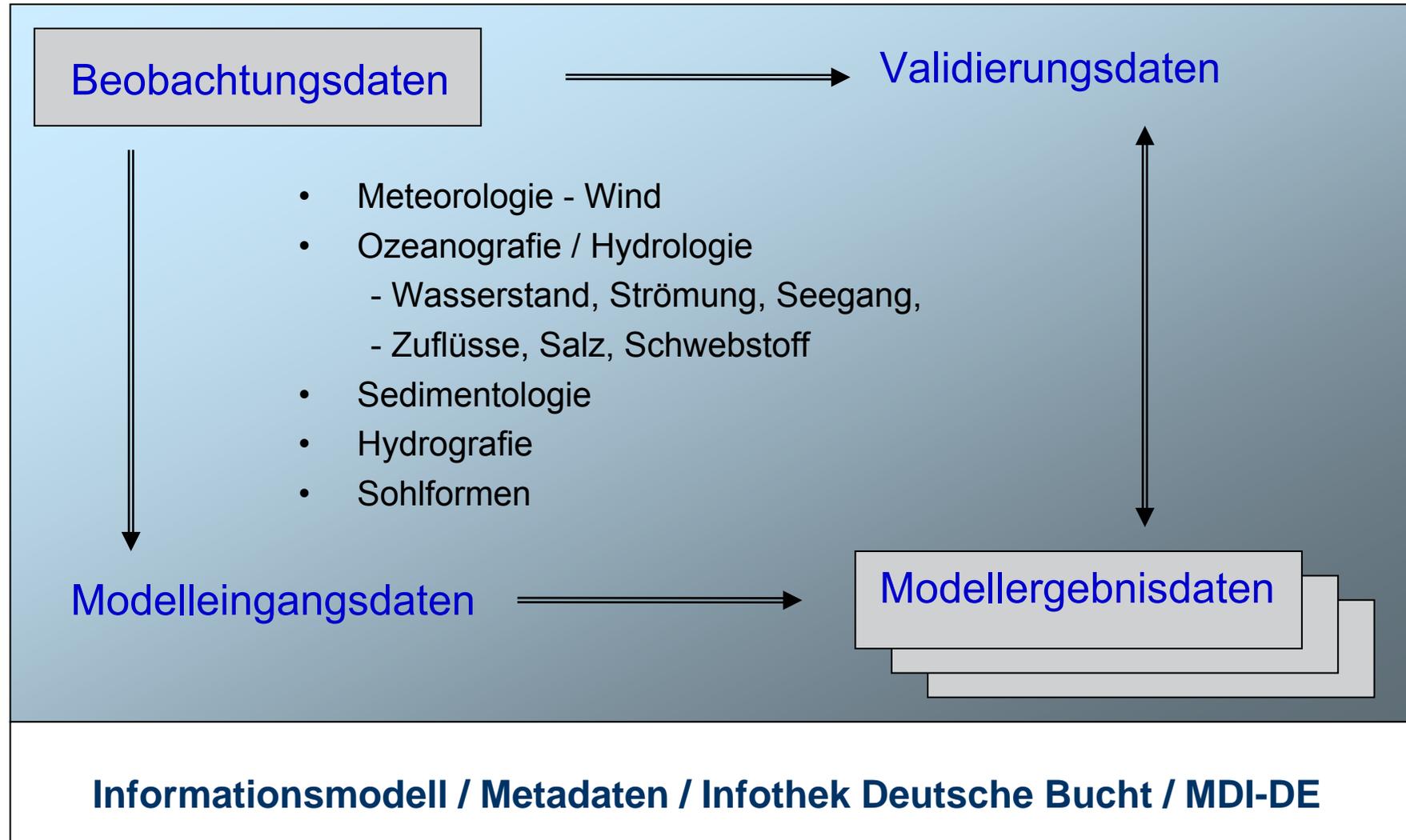
Rahmenausschreibung des KFKI 2008

zur **großräumigen und langfristigen Morphodynamik in der Deutschen Bucht**

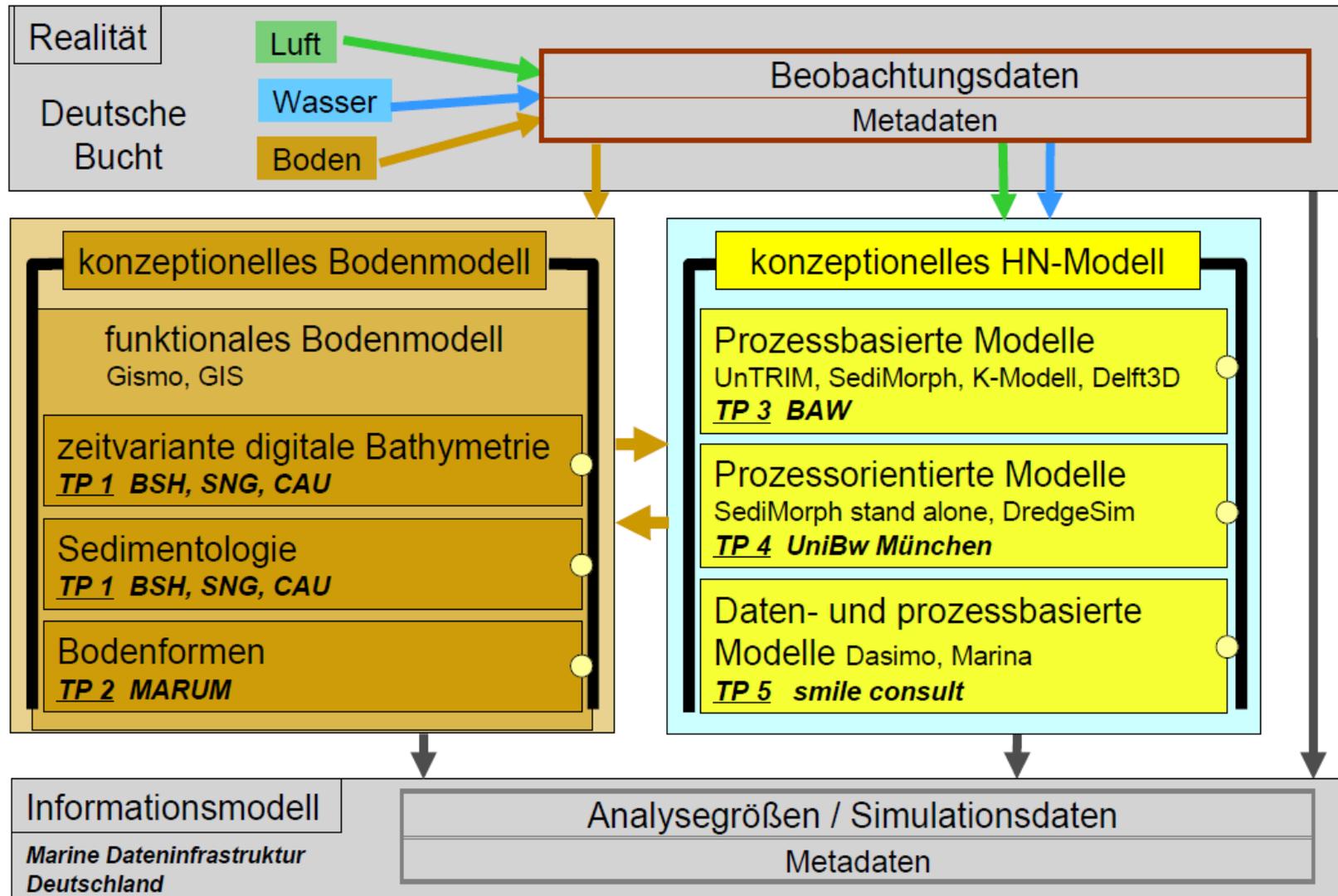
Stichworte

- **Objekte** - Küstenvorfeld, Vorstrände und Strände, Inseln und Wattgebiete sowie Tideflüsse
- **Daten** - plausibilisierte, konsistente Daten für Bathymetrie, Sedimentologie, Bodenformen
- **Prozesse** - Gezeitenströmung, Triftströmung, seegangs- und brandungserzeugten Strömungen
- **Prozesse** - Sedimenttransportwege, -richtungen, -mengen und -bilanzen
- **Systemverständnis für langfristige und großräumige Sedimentdynamik**
- **Prognose** großräumiger Transport- und Formänderungsprozesse
- **Modelle** - verschiedene Modellansätze und -verfahren → Streubreite der Ergebnisse
- **Klimawandel** - Szenarien für erwartete Klimaänderungen

Daten - Quelle der Erkenntnis

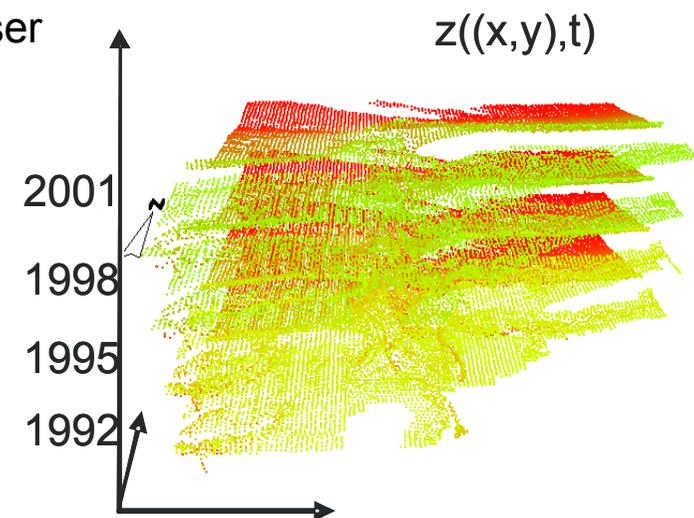


Konzeptionelles Vorgehen - Projektstruktur



Das funktionale Bodenmodell

- orts- und zeitvariante Beschreibung des Meeresbodens
- Messdatenbasiert
 - Metadaten legen u. a. Aussagebereich (räumlich und zeitlich) und Interpretationsvorschrift fest
- besteht aus:
 - Bathymetrie - Höhenlage der Bodens
 - Mächtigkeit der mobilen Deckschicht - Sandmächtigkeiten
 - Körnungslinie als Funktion über den Korndurchmesser
 - Porosität
 - *organische Bestandteile*
 - Konsolidierung
 - Bodenformen
- liefert an jedem Ort und zu jedem Zeitpunkt die obigen Parameter bzw. daraus ableitbare Größen



Zeitvariante digitale Bathymetrie

- Datencharakteristik angepasste Interpolationsverfahren
- konsistente digitale Bathymetriem
- Sedimentations- und Erosionsraten
- morphologische Geschwindigkeiten
- Datengrundlage zur Kalibrierung von MD-Modellen
- datenbasierte Bathymetriesimulation
- usw.

Bathymetriesimulation
1994-2009

senckenberg
forschungsinstitut und naturmuseum

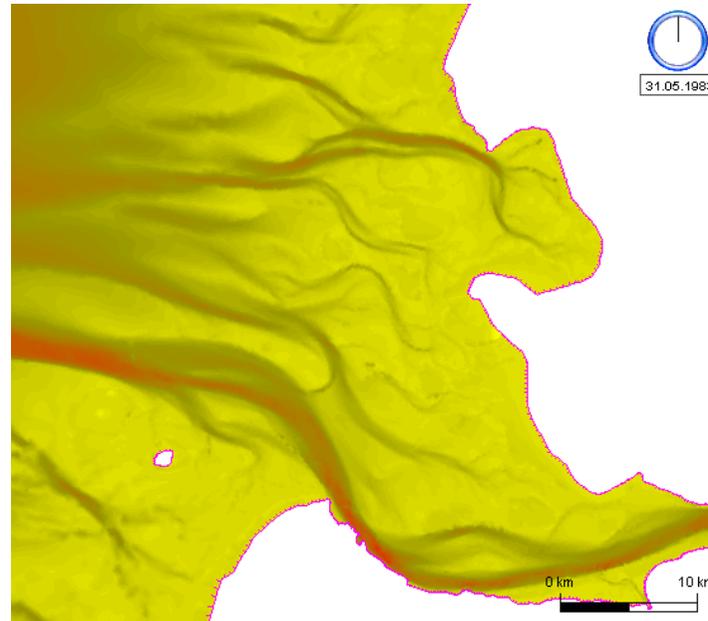


BUNDESAMT FÜR
SEESCHIFFFAHRT
UND
HYDROGRAPHIE

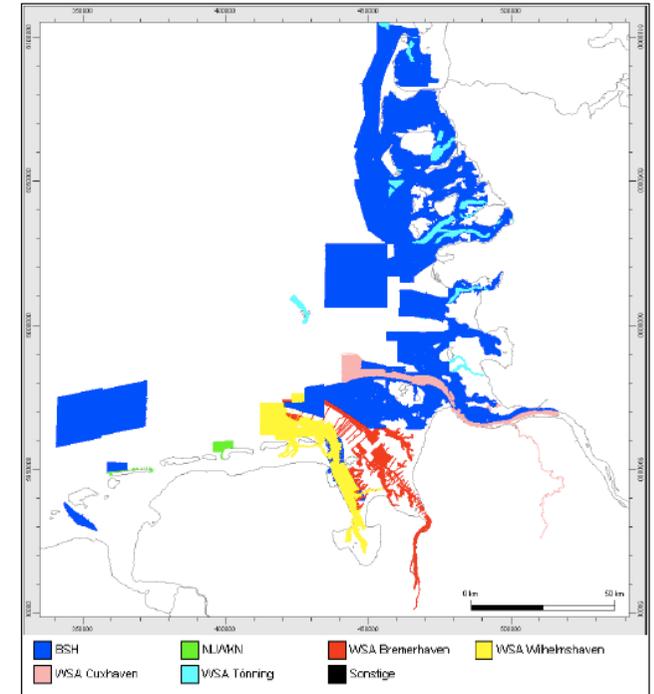
CAU

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

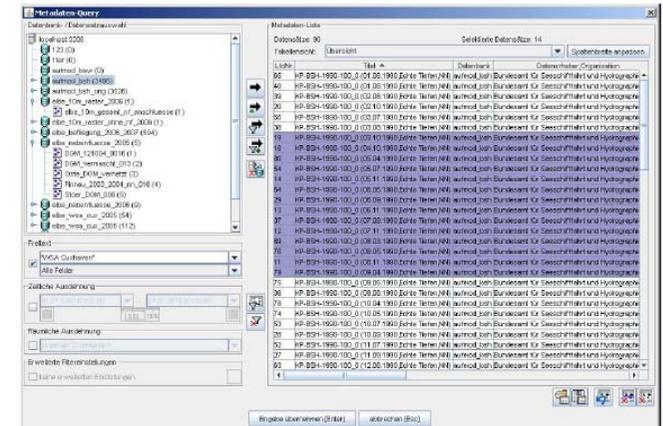
smile:
consult



31.05.1993



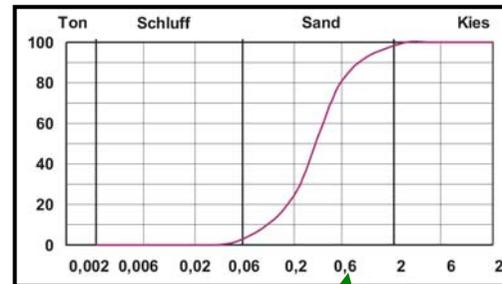
Berücksichtigte Vermessungen 2003



Multi-Server-Interface

Sedimentologie

- Flächenhafte mittlere Darstellung des Sedimentdurchmessers „Figge Karte“ wird erweitert zu einer Verteilungsfunktion in Raum und Zeit (Metadaten)
- Datenbasis:
 - MUDAB
 - WADAB / GKSS
 - SNG
 - Sedimentaufnahmen im Projekt

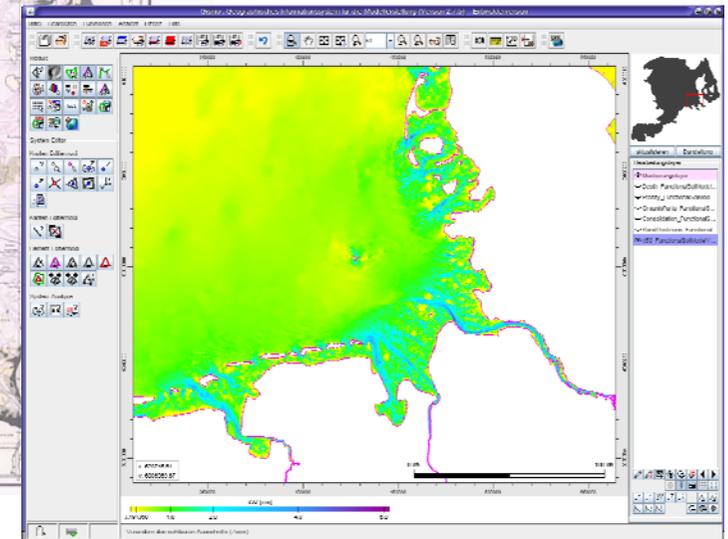
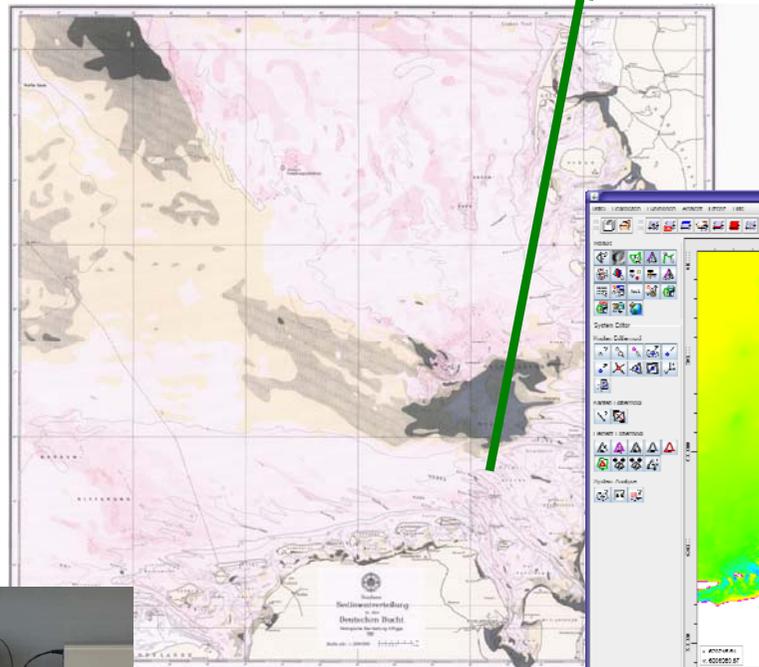


senckenberg
forschungsinstitut und naturmuseum

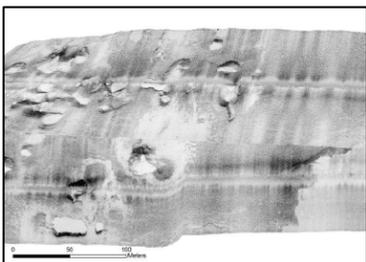


CAU

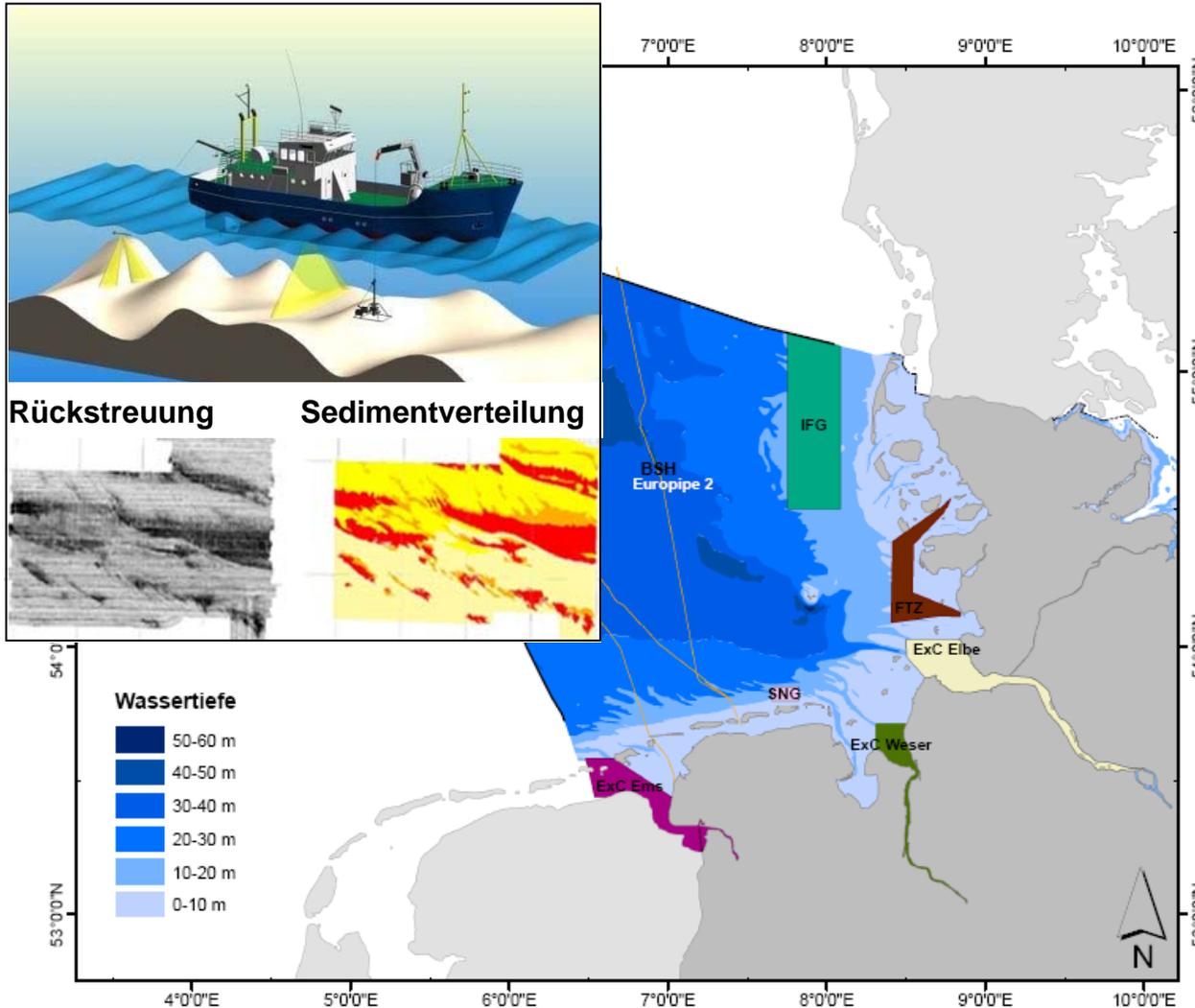
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel



Aus dem Funktionalen Bodenmodell
abgeleiteter mittlerer Korndurchmesser



Sedimentologie



Repräsentative Teilflächen

- Wiederholungsmessungen zur Fortführung von Zeitreihen
- Aussagen für jeweilige

Systeme

Schelf, Vorstrand, Ästuar

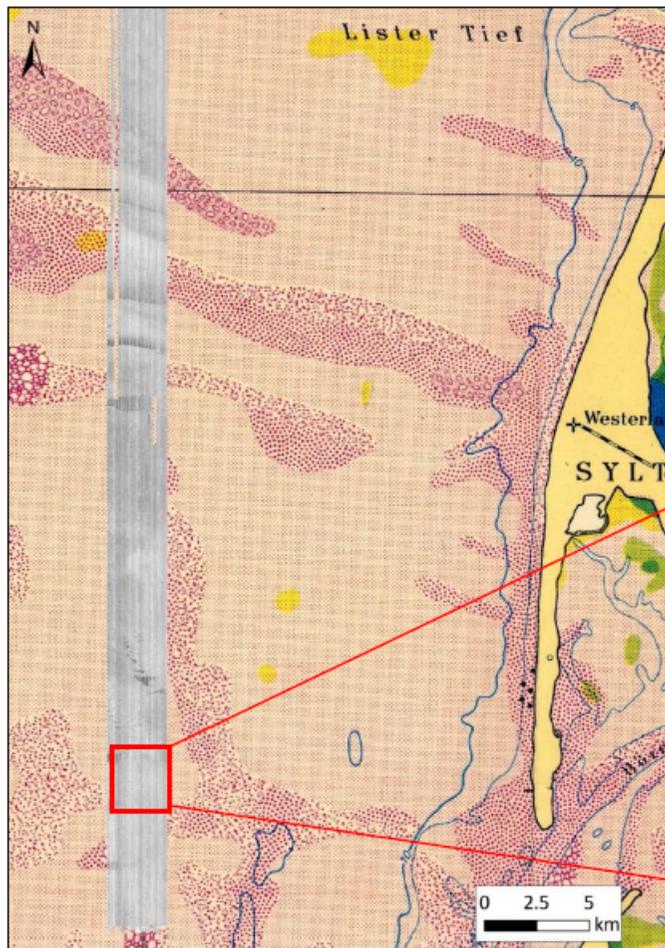
- flächendeckender Ansatz
- Grundlage zur Validierung von Modellergebnissen

Integrale Betrachtung

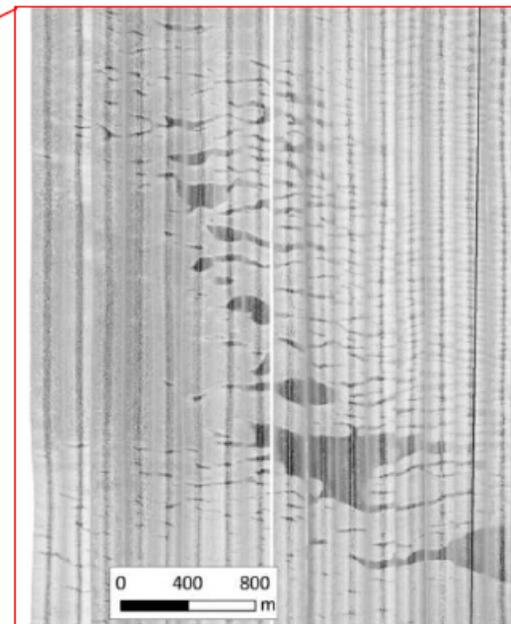
- Vorstrand
- Schelf
- Wattenmeer
- Ästuar

Sedimentologie

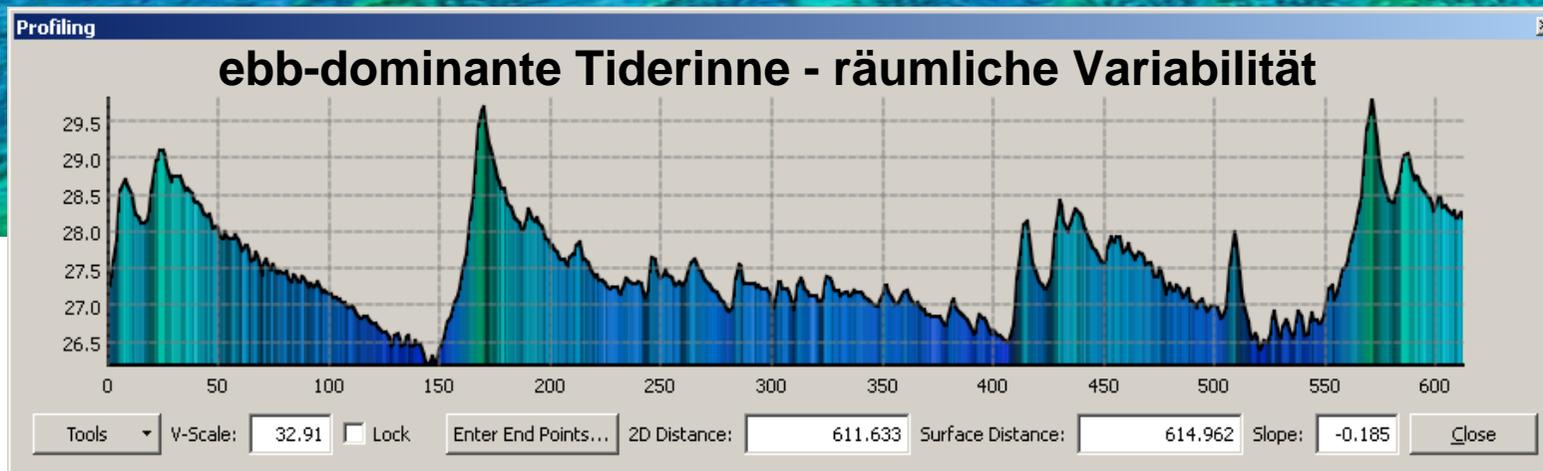
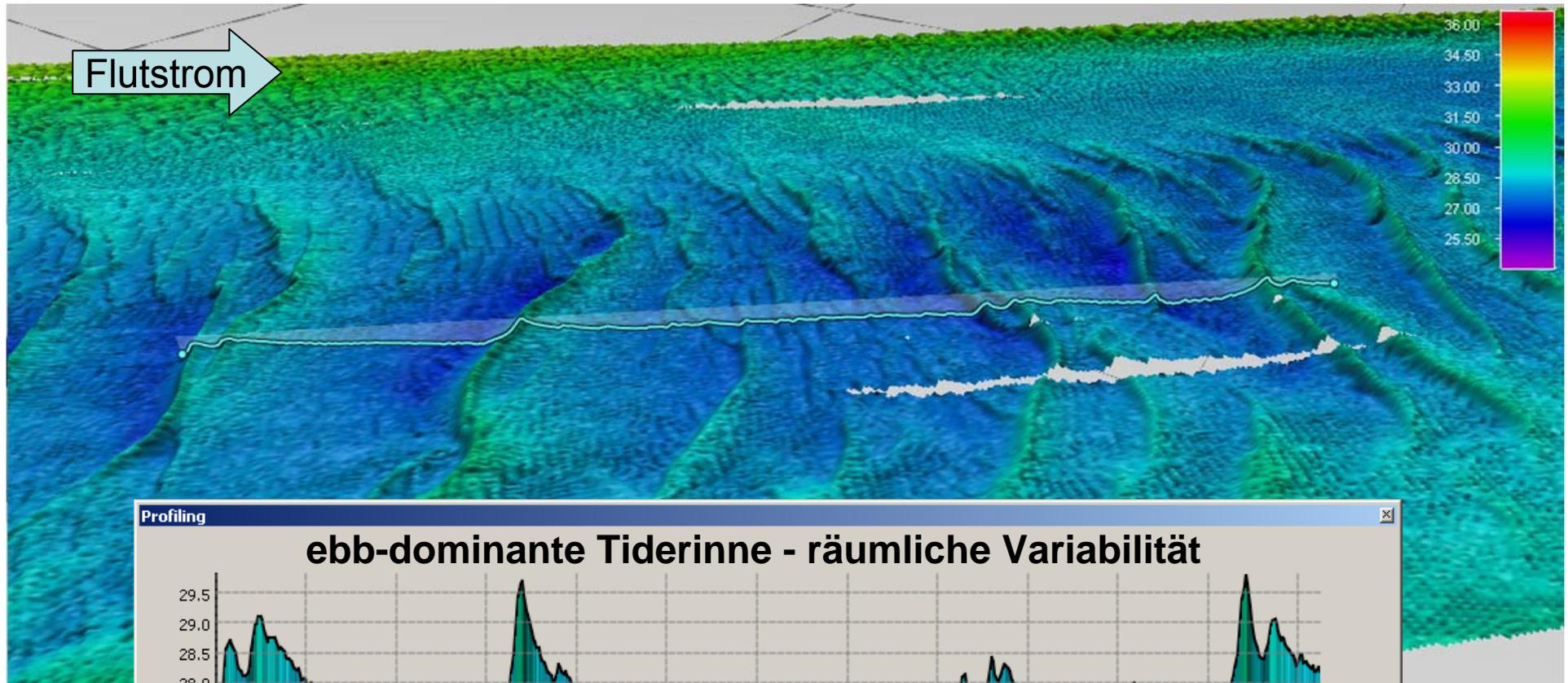
flächendeckende Aufnahmen



Feinaufgelöste, detaillierte Strukturen, die nicht in der BSH-Karte Nr. 2900 erfasst sind und neue Einblicke in die Dynamik des Meeresbodens geben:



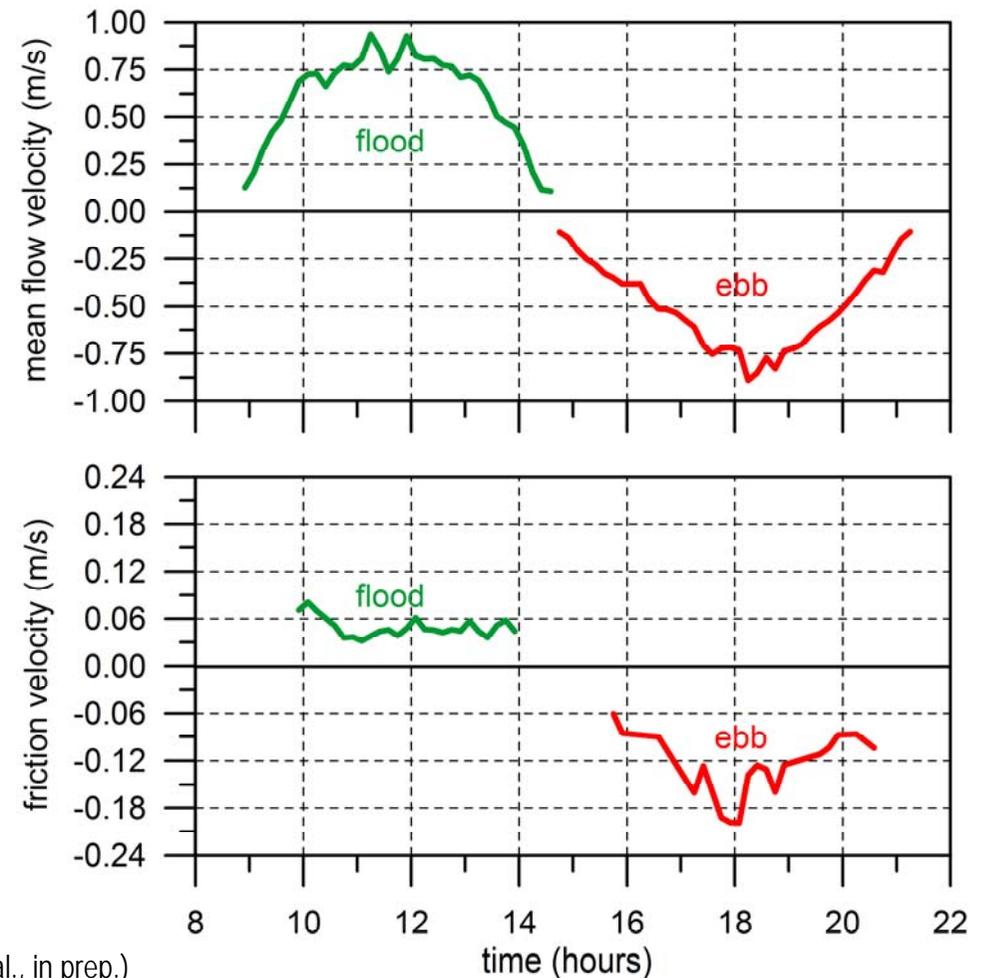
Bodenformen



Bodenformen

ebb-dominante Tiderinne zeitliche Variabilität der Schubspannungsgeschwindigkeit

mittlere Geschwindigkeit und
Schubspannungsgeschwindigkeit
berechnet durch räumliche Mittelung
einer ADCP Vermessung
über mehrere Dünen (ca. 400m)

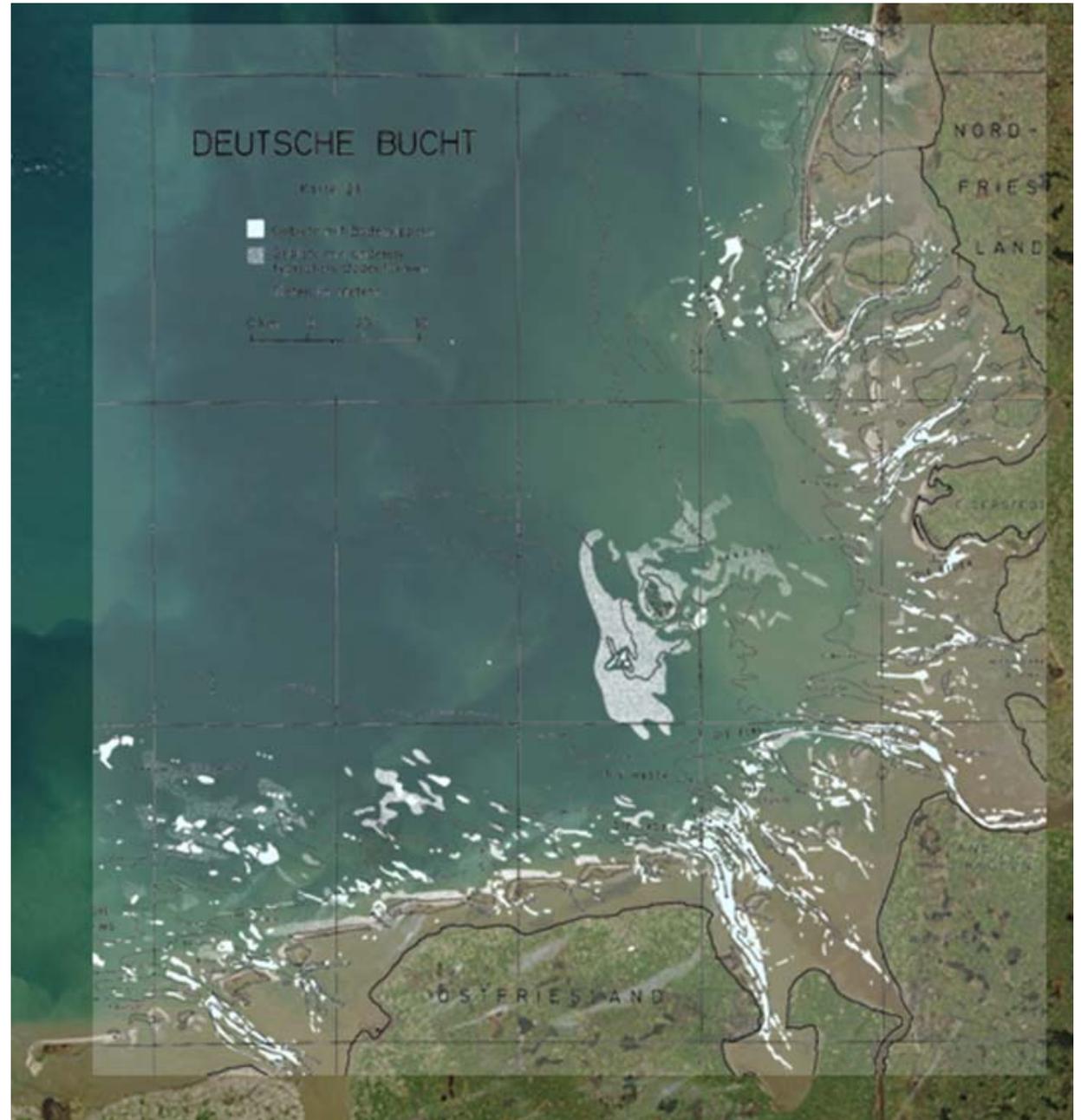


(Lefebvre et al., 2010 – PECS; Lefebvre et al., in prep.)

Bodenformen

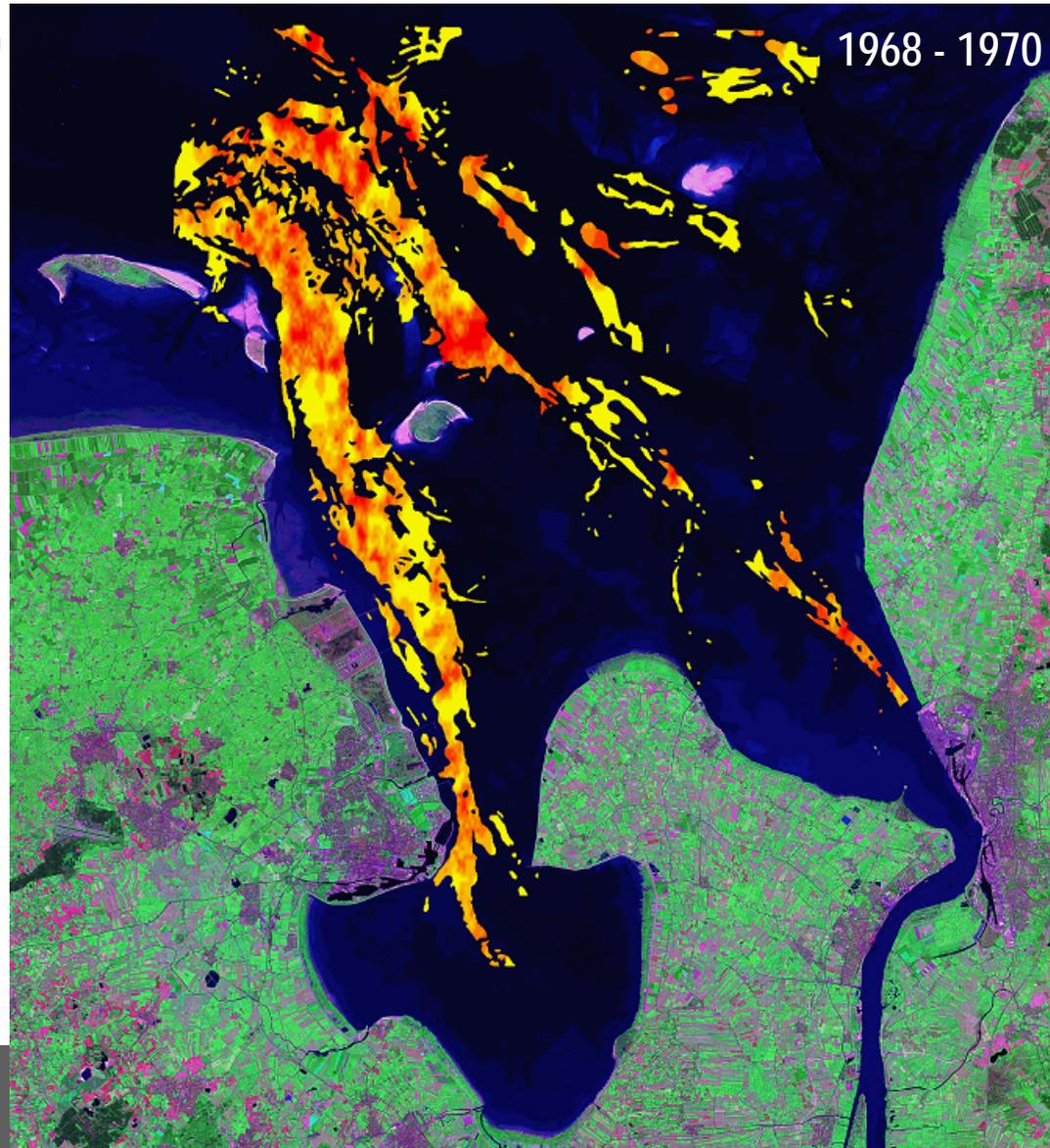
Verteilung, Dynamik
und hydraulische Wirksamkeit
von Bodenformen
in Küstengewässern

Räumliche Verteilung
von Bodenformen
in der Deutschen Bucht
(Ulrich, 1973 – DHI)



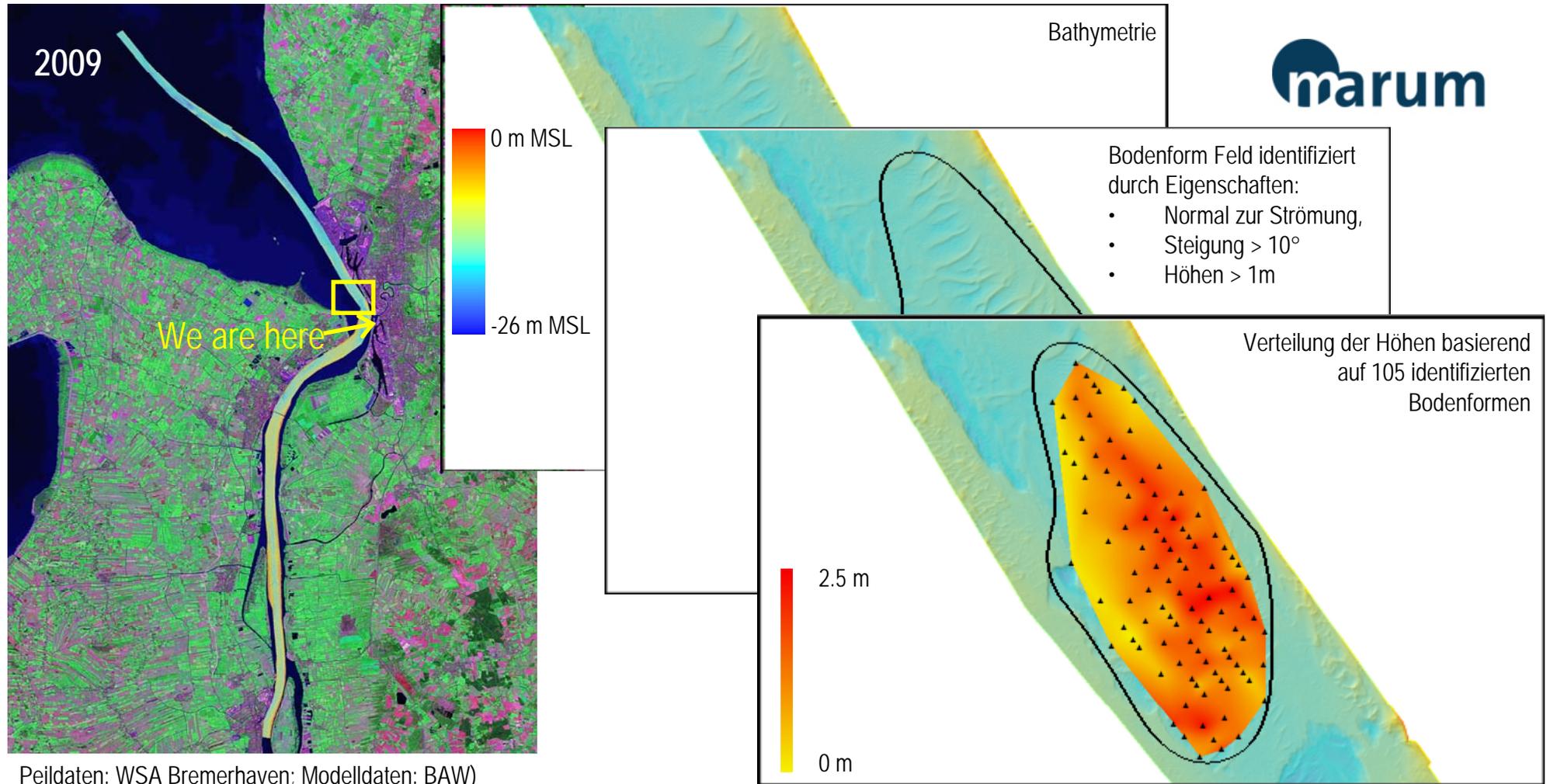
Verbreitung von Bodenformen 1970er Jahre

Beispiel digitalisierter und interpolierter Höhen



(Ulrich,
1973 - DHI)

Bodenformen - Automatische Detektion von Feldern bestimmter Eigenschaften



Datenorientierte Simulationsmodelle

- **Modellbasis**

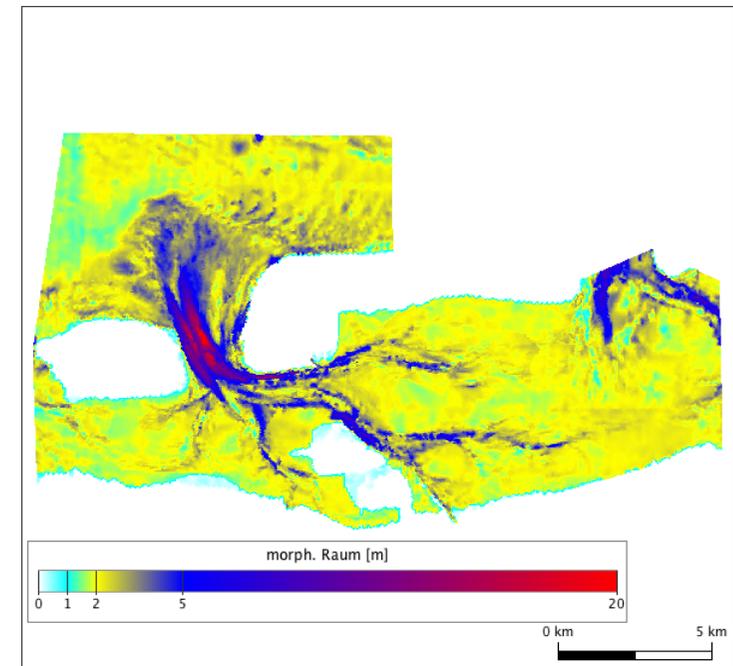
- Vermessungsdaten (historische und neu aufgenommene)
- Interpolationsverfahren
- Approximationsverfahren (räumlich und zeitlich)

- **Simulation der zeitlichen Entwicklung**

- der Lage des Gewässerbodens
- Sedimentations- und Erosionsraten
- morphologische Geschwindigkeiten
- Kornverteilungen
- Mächtigkeit der mobilen Deckschicht
- usw.

- **Modellsoftware: Dasimo**

smile:
consult



Morphologischer Raum (1980-2009)
zwischen Baltrum und Langeoog

Prozessorientierte Simulationsmodelle

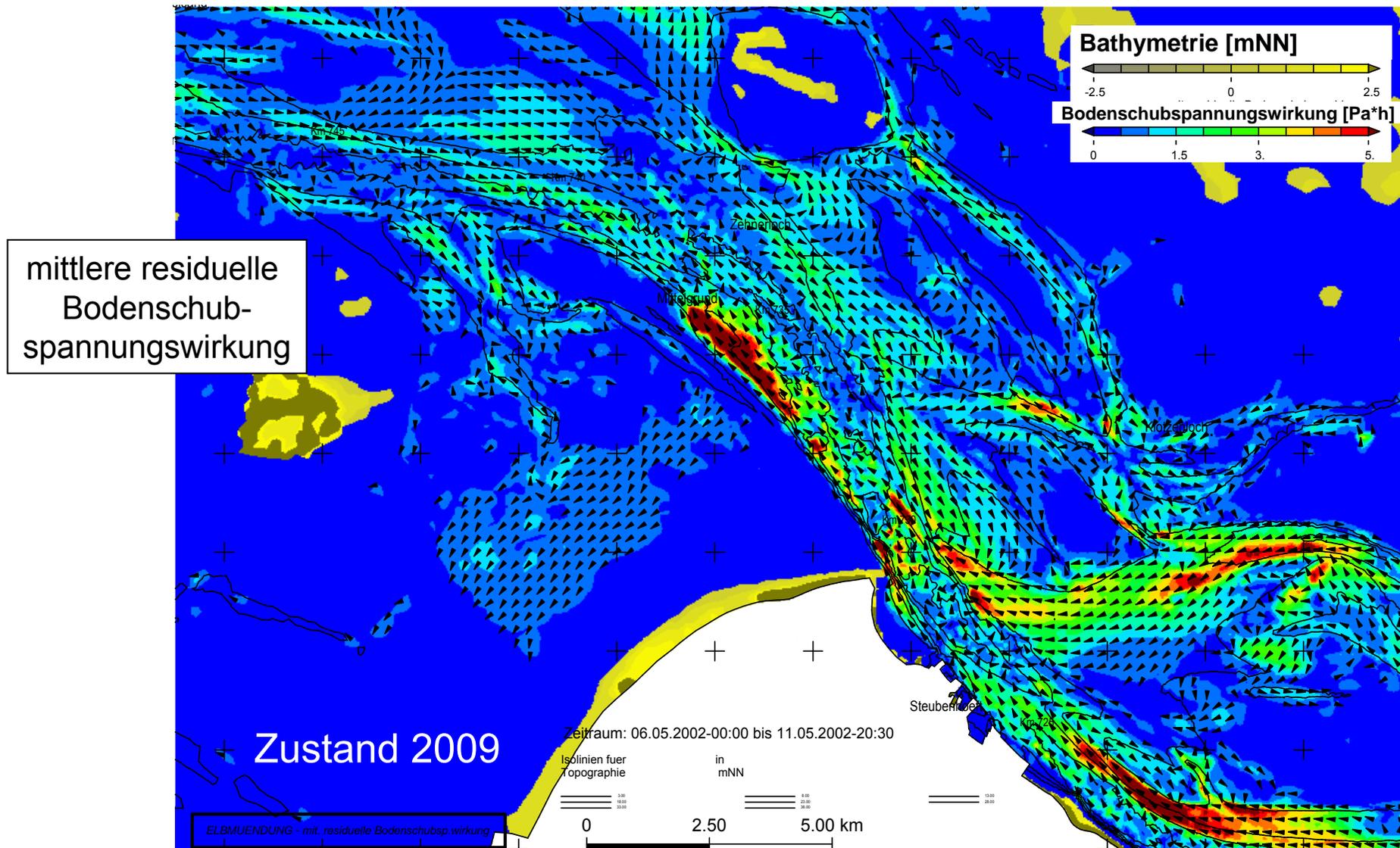
Prozesse (Simulationsverfahren und Simulationsbausteine)

- **Hydrodynamik** - Wasserstände, Durchflussmengen, Strömungen (auch Dichte-, Sekundär- oder Zirkulationsströmungen), Wellen, Seegang sowie Bodenschubspannungen aus Strömung und Seegang
- **Advektion und turbulente Diffusion** gelöster und partikulärer Stoffe
 - Salz,
 - verschiedene Fraktionen suspendierter Feststoffe (Sinkgeschwindigkeiten der Feststoffe)
- **particle tracking** - Nachverfolgung von Partikeln im Wasserkörper (post-processing)
- **Sedimenttransport am Gewässerboden** - residuelle Transporte, charakteristische Transportbänder, Erosions- und Sedimentationsgebiete
- **Morphodynamik** - Evolution der Gewässersohle in Wechselwirkung mit der Belastung

Modellsoftware

- UnTRIM - SediMorph - K-Modell / Delft3D - Delft3D-Mor - SWAN (**Simulation Tage bis Jahre**)
- Marina2D (**Holistisches Verfahren - Simulation Tage, Monate bis Jahre**)
- SediMorph stand alone – DredgeSim (**Simulation Tage bis Jahrzehnte**)

Beispiel für Simulationsergebnis



100 Jahre Morphodynamik - Rechenzeiten ?

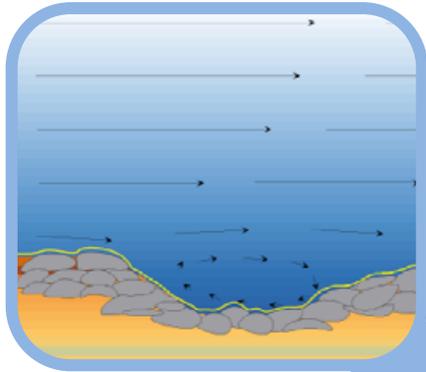


Simulationsmodell durch
Entkoppeln von Hydro- und Morphodynamik

Langfristige morphodynamische Prozesse
unter
Berücksichtigung des Baggergeschehens

Bildquellen: <http://www.khattaktechnology.blogspot.com/>

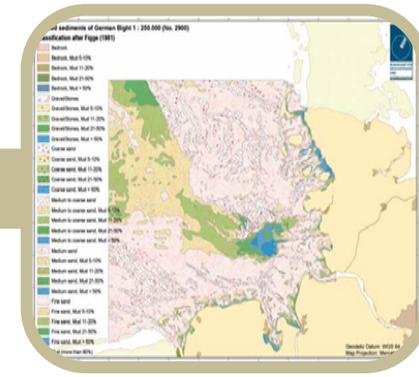
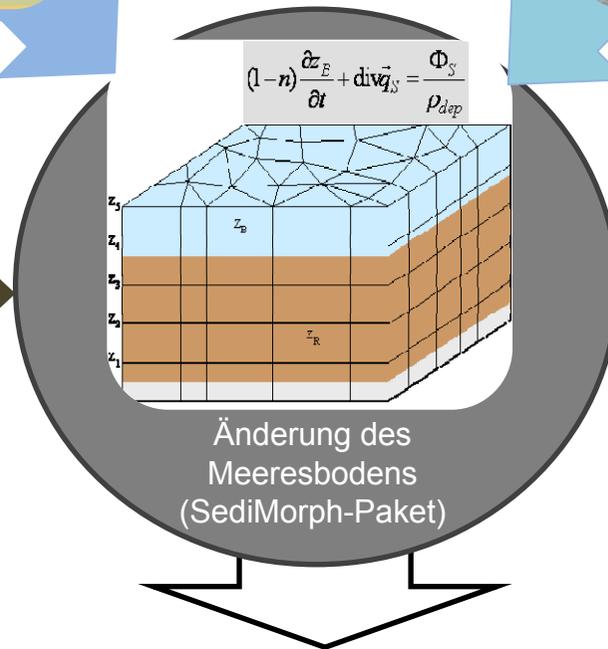
**Gezeitenströmungen (aus Partialtiden)
für Sohlschubspannungen**



**Windgenerierte Wellen
Parameter für Sohlschubspannungen**



**Bagger- und Verklappstrategien
(DredgeSim-Paket)**

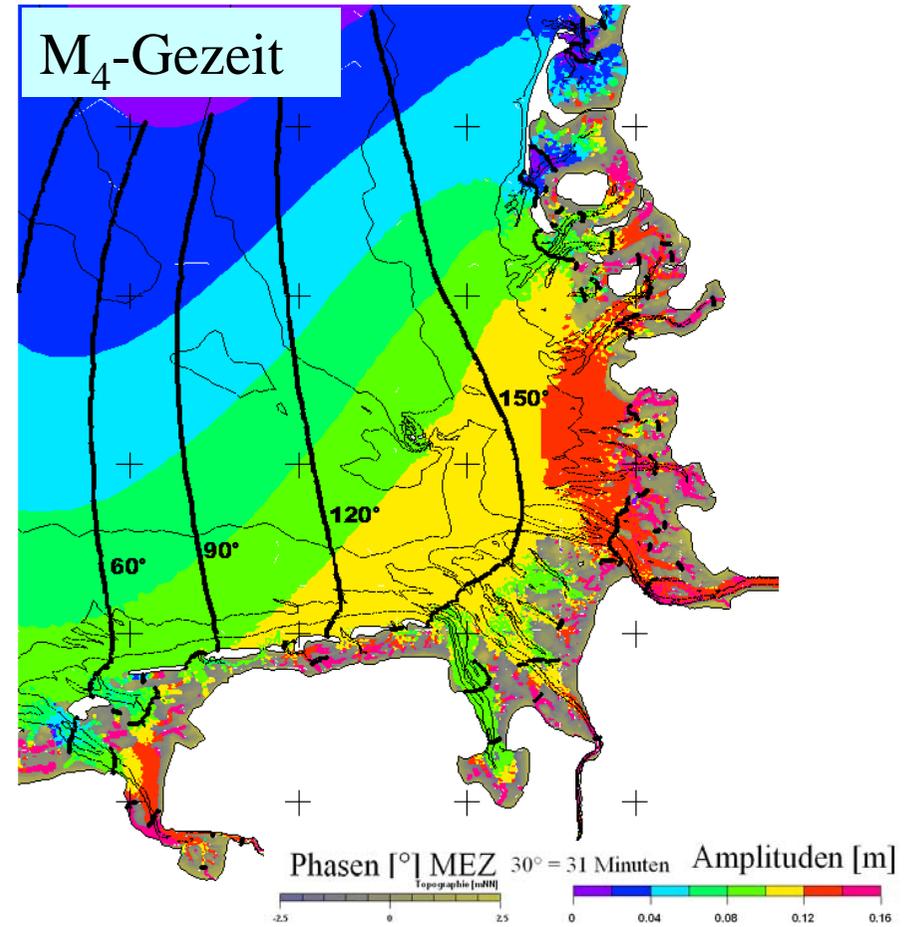
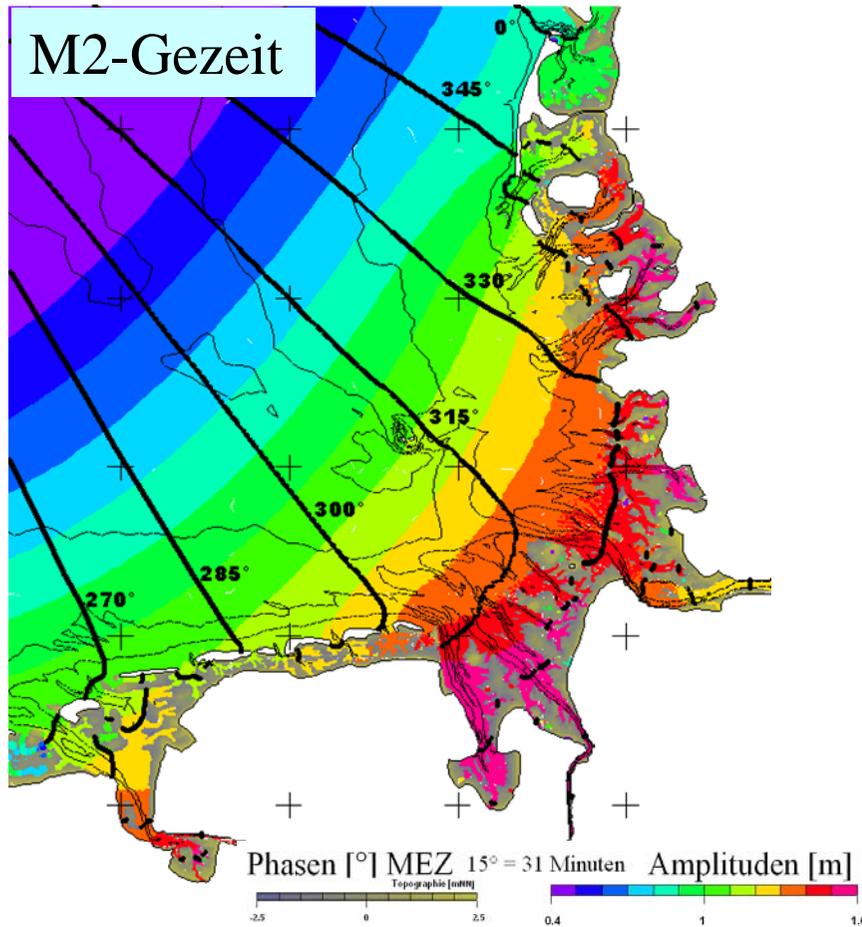


**Sedimentinventar
(AufMod TP)**

**Katalog langfristiger morphodynamische Simulationen
Identifikation der Prozesse**



Partialtiden in der Deutschen Bucht



$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial z_s}{\partial x} - \frac{\tau_{Bx}}{\rho h} + \frac{\tau_{Wx}}{\rho h} + v \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + v \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + f_{cor}$$

Reduktion Impulsgleichung
erster Ansatz

$$\cancel{\frac{\partial u}{\partial t}} + u \cancel{\frac{\partial u}{\partial x}} + v \cancel{\frac{\partial u}{\partial y}} = -g \frac{\partial z_s}{\partial x} - \cancel{\frac{\tau_{Bx}}{\rho h}} + \cancel{\frac{\tau_{Wx}}{\rho h}} + v \cancel{\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}} + v \cancel{\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}} + \cancel{f_{cor}}$$

Raum- und Zeitskalen im Projekt AufMod

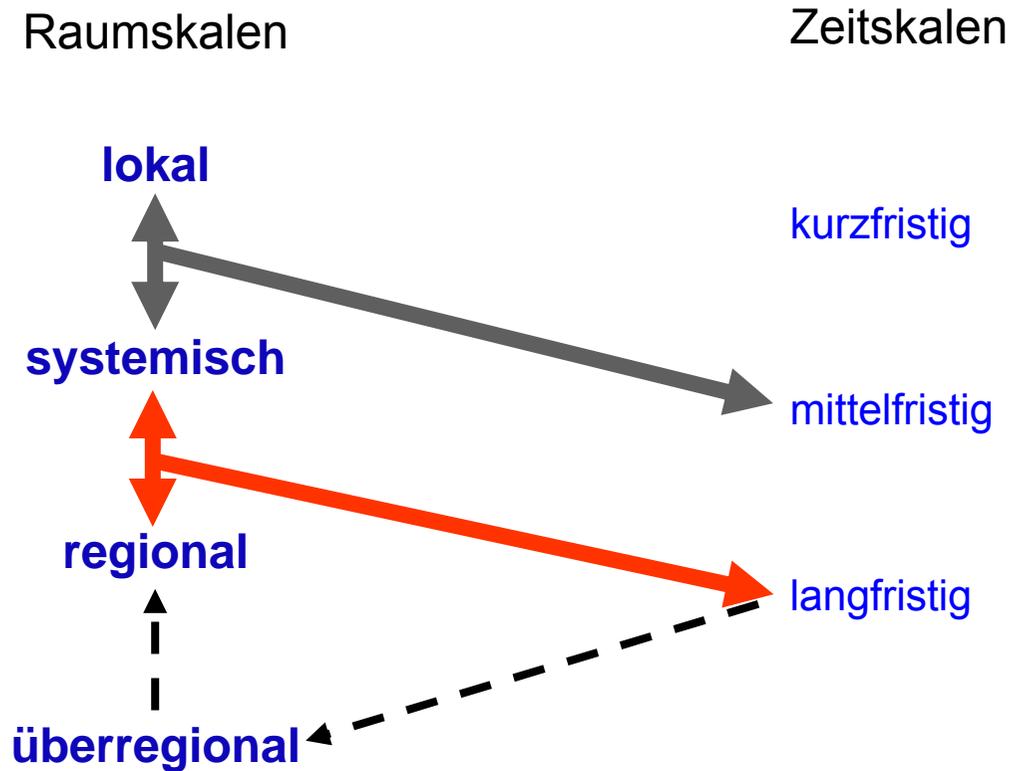
Raumskalen

- **lokal** → begrenzter Ortsbezug (z.B. Kolke, Unterwasserdünen, Rinnenabschnitte, Ebbdeltas, Flussmündungen)
- **systemisch** → Teilgebiete (z.B. Wateinzugsgebiete, Inselketten mit Vorstrandbereichen, Tideästaure)
- **regional** → Deutsche Bucht
- **überregional** → Nordsee - Nordatlantik

Zeitskalen

- **kurzfristig** → Tidezyklus
- **mittelfristig** → saisonal bis jährlich
- **langfristig** → Jahrzehnte

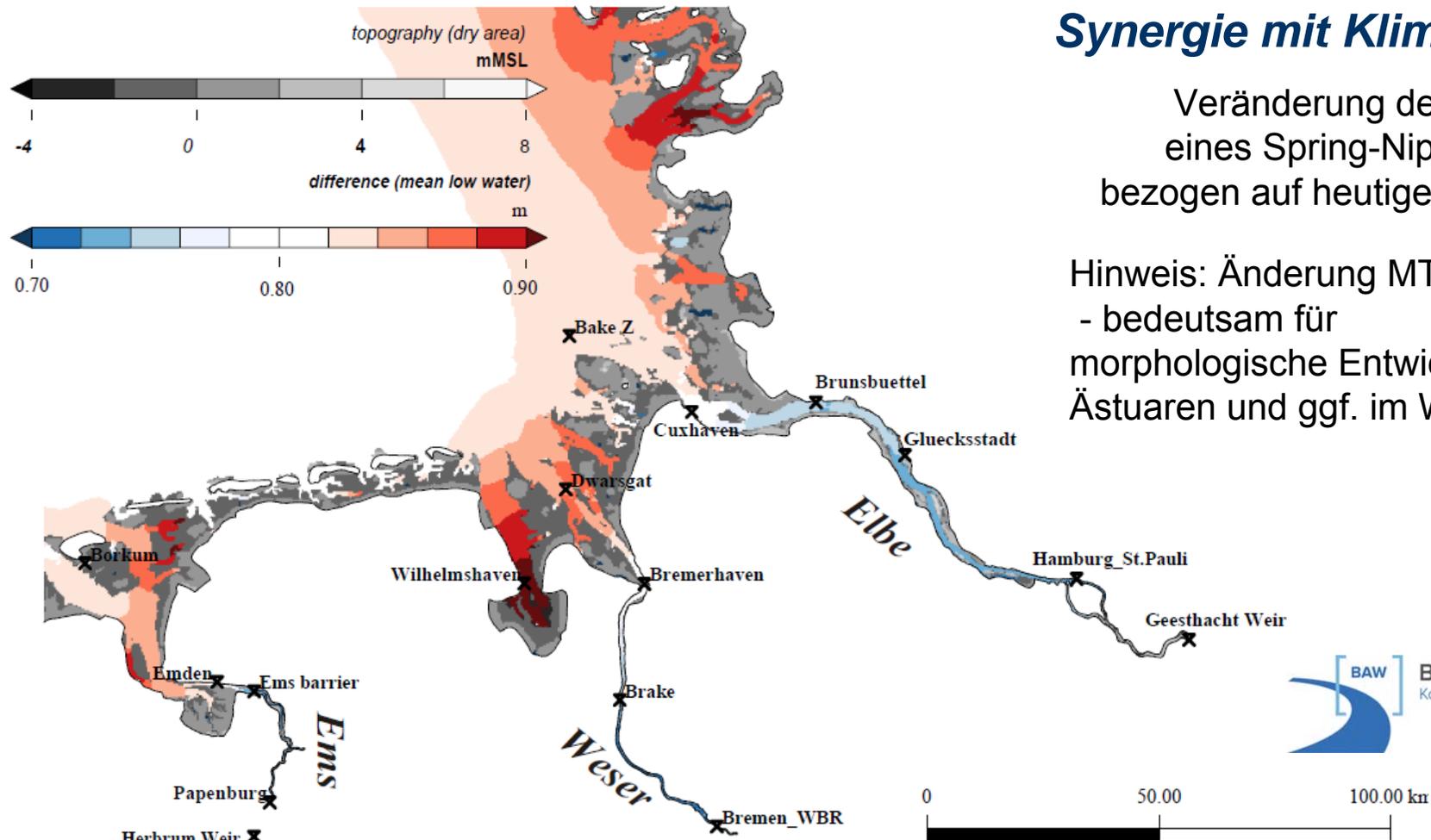
Raum- und Zeitskalen - Wechselwirkungen



Primäre Fragestellungen im Projekt AufMod:

-  mittelfristige Veränderungen im System - lokale Auslöser
-  langfristige Veränderungen in der Deutschen Bucht - WW der Systeme
-  Einfluss des Klimawandels

Ein Klimaszenario: MSL + 0,80 m



Synergie mit Klimaprojekten:

Veränderung des MTnw
eines Spring-Nipp-Zyklus
bezogen auf heutige Bathymetrie

Hinweis: Änderung MTnw-Amplitude
- bedeutsam für
morphologische Entwicklung in
Ästuaren und ggf. im Wattenmeer



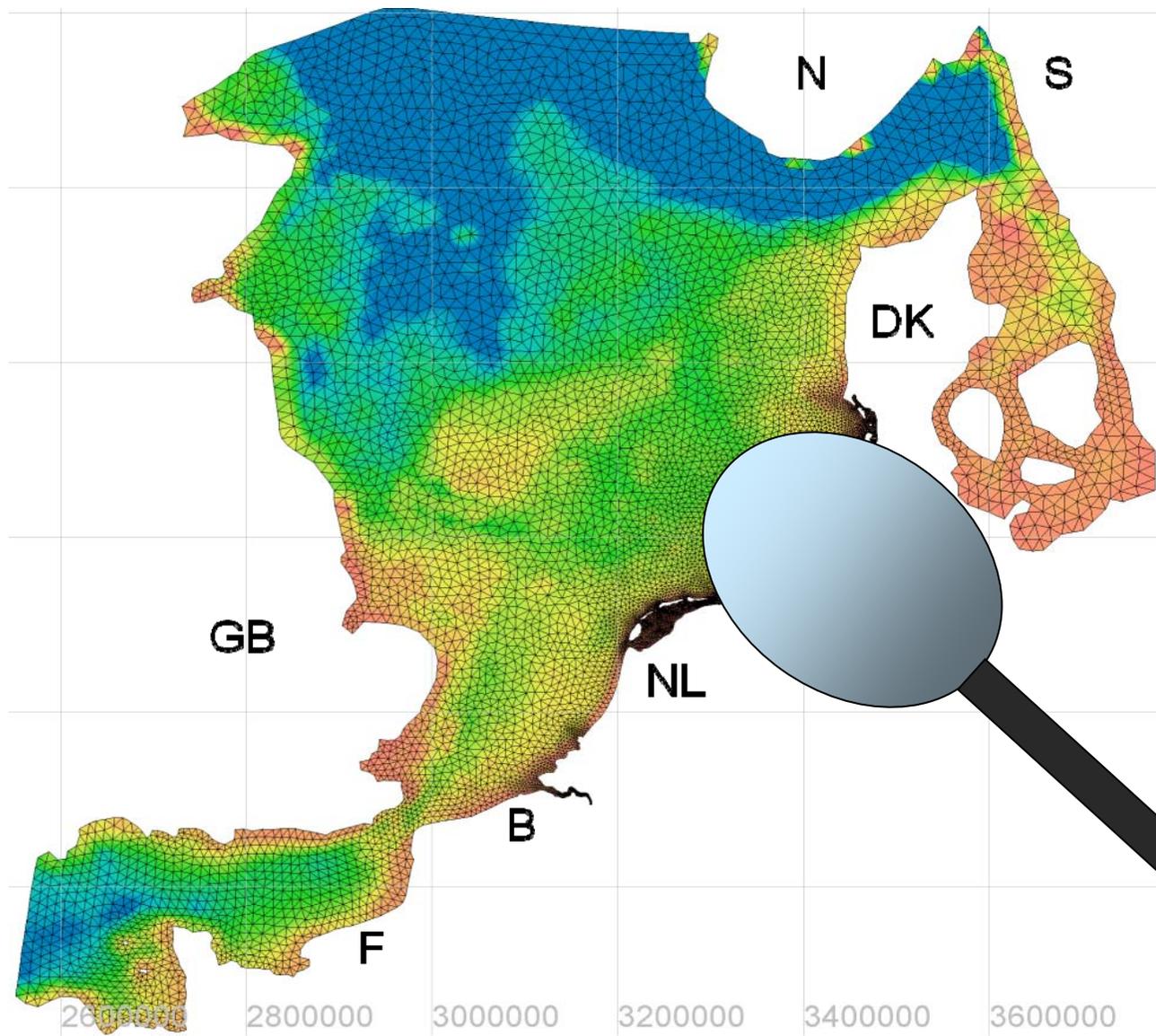
Ingrid Holzwarth, Fred B. Hesser, Annette Schulte-Rentrop and Aissa Sehili

Zusammenfassung

- sehr umfangreiches Verbundprojekt
 - erhebliche **Bedeutung des Bodenmodells**
 - vorhandene Bodendaten aufbereiten
 - **neue Bodendaten mit innovativer Messtechnik** gewinnen
 - **funktionale Nutzbarkeit** / Grundlage für **datenorientierte Modelle**
 - Grundlage und Validierungsbasis für morphodynamische Simulationsmodelle
 - **Qualitätssicherung vorhandener Gewässerdaten - Validierung prozessorientierter Modelle**
 - Prozess-Modelle - Multi-Modellansatz - **Analyse der Ergebnisunschärfen**
 - Bewertung üblicher Prognoseverfahren zur langfristigen Morphodynamik
 - **Aufbau einer Toolbox** für die revierverantwortlichen KFKI-Verwaltungen
- Ziel: Anwenden für aktuelle Fragestellungen und Herausforderungen der Zukunft**

Schlussfolgerung

**Die Quelle der Erkenntnis liegt in den Daten und deren Nutzbarkeit.
Wer Daten einbringen kann, trägt zum Erfolg des Vorhabens bei.**



Bitte nachfragen