KFKI-Seminar 2005
in Bremerhaven
am 26. Oktober 2005

KFKI/BMBF-Projekt 03 KIS 029

Simulation morphodynamischer Vorgänge unter dem Einfluß von Dichteeffekten am Beispiel der Einbringung von Baggergut

Andreas Wurpts, Peter Mewis, Ulrich Zanke

Technische Universität Darmstadt
Fachbereich Bauingenieurwesen
Institut für Wasserbau

Einführung

Baggergutumlagerungen sind ein wesentliches Instrument der Fahrwasserunterhaltung.

Die Baggermengen der Unterhaltungsbaggerei haben in den letzten Jahrzehnten stetig zugenommen.

Praxisrelevante Fragestellung angesichts der hohen Verbringungskosten:

- **Bleibt das umgelagerte Sediment den Auflandungsprozessen entzogen ?**
- **Wohin wird es ggf. von der Klappstelle aus transportiert ?**
- **Welche Umlagerungsstellen sind geeignet ?**

Vorgehen: Morphodynamisch-numerische Simulation

- **erfordert eine geeignete Modellierung des Einbringungsvorganges**
- **berücksichtigt die Einmischung in die natürliche Sohle sowie die**
- **Resuspension**
- **bildet die Systemdynamik (in ständiger Rückkopplung) mit ab**

Beispielhafte Umlagerungssituation - Außenweser

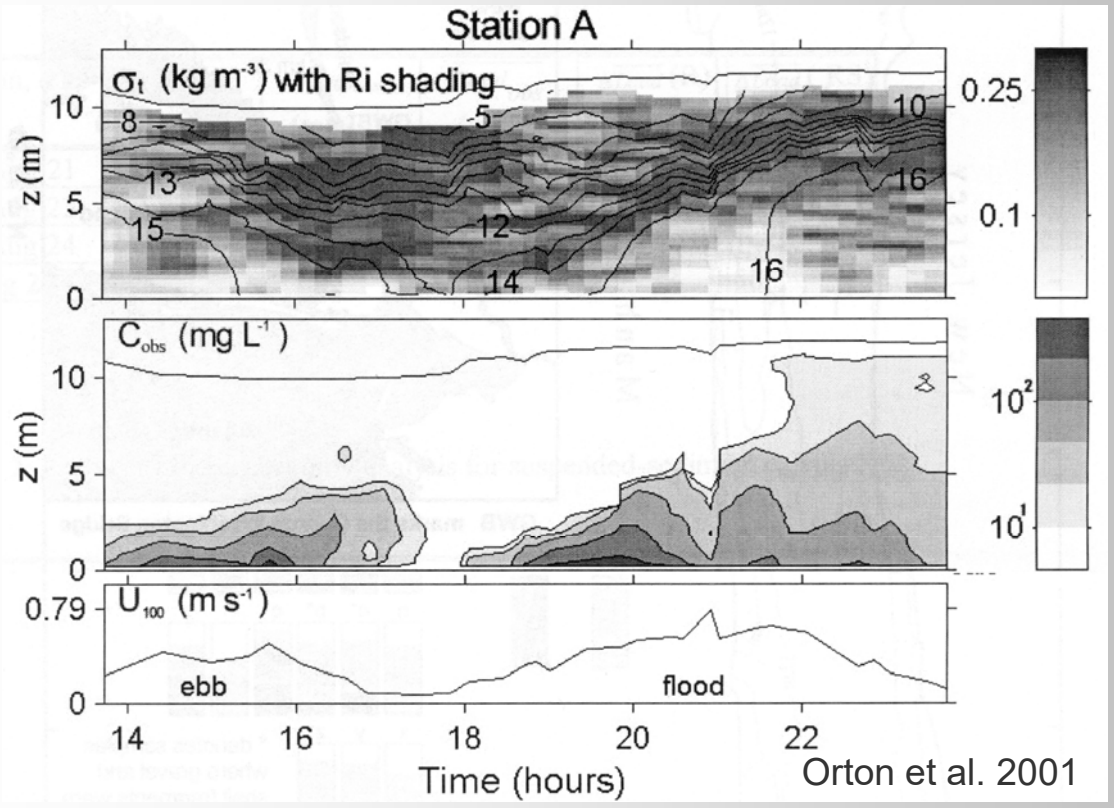
Geräte / Einbringungsmethoden

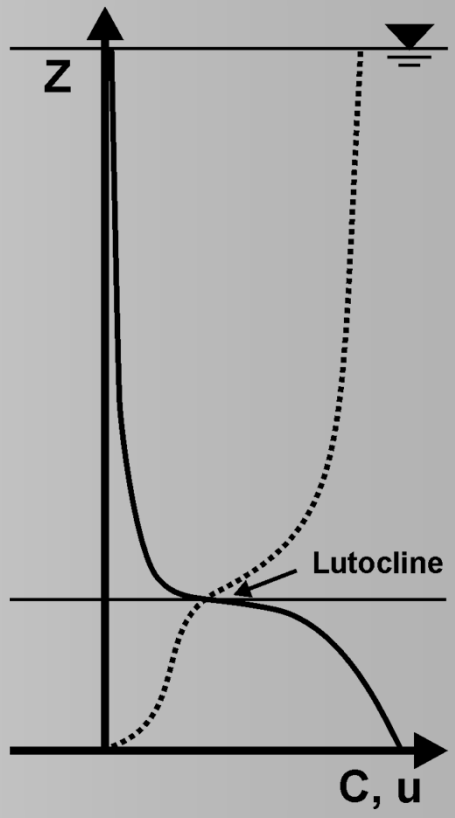
- Transport des Baggergutes mit Hoppergeräten oder Klappschuten
- Einbringung an der Umlagerungsstelle durch Bodentüren oder Klapprümpfe
- Art der Einbringung hat Einfluß auf die Transportprozesse im Nahfeld der Umlagerungsstelle

Schichtungseffekte

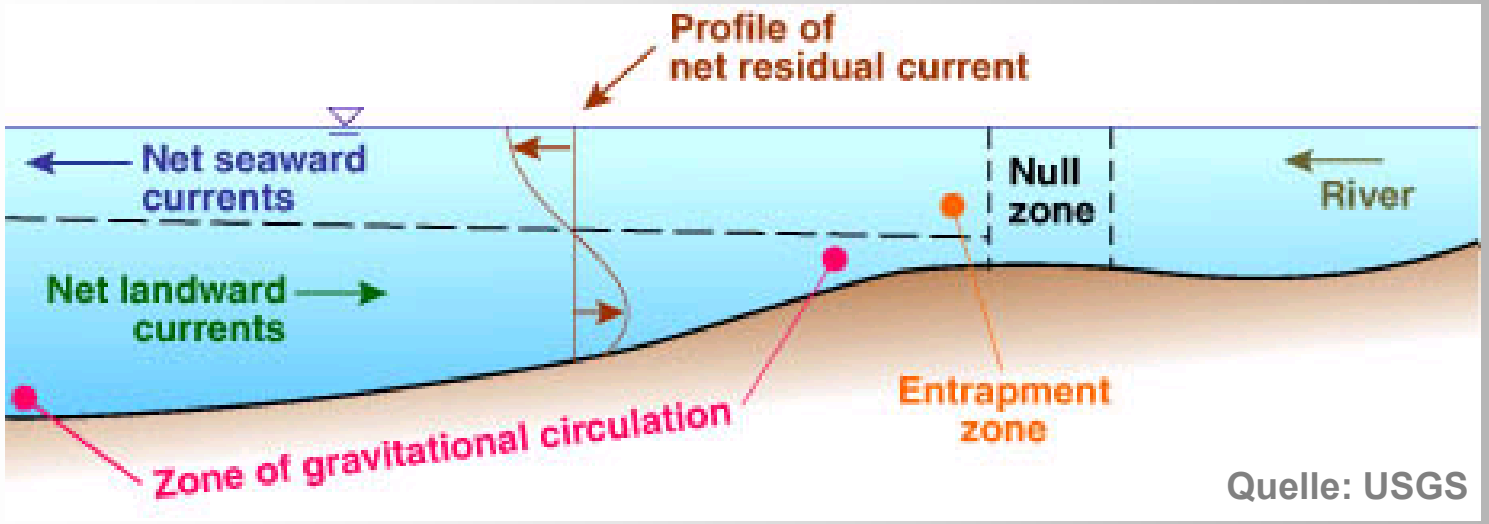
- Dichteschichtungen haben dämpfenden Einfluß auf die turbulente Durchmischung
- Schichtung ist möglich infolge Salinität und Suspension (und Temperatur)
- Kriterium für Stabilität einer Schichtung: Gradienten-Richardson-Zahl

$$Ri_g = \frac{-g(\partial\rho/\partial z)}{\rho_0(\partial U/\partial z)^2}$$





Großräumige barokline Zirkulation



- Die Mischung von Fluß- und Seewasser bewirkt eine vertikale Netto-Zirkulation im äußeren Ästuarbereich.
- Aufgrund von (lokaler) Entkopplung von Sohl- und Oberflächenströmung:
  - Intensivierte sohlnahe Strömung nach landeinwärts
  - Intensivierte oberflächennahe Strömung nach seewärts
- Auswirkungen auf den Sedimenthaushalt:
  - Netto nach stromauf gerichteter Sedimenttransport
  - Ausbildung einer Trübungszone

Anforderungen an das numerische Simulationsmodell

- Morphodynamisch-numerisches Simulationsmodell zur Abschätzung des Verbleibs von umgelagertem Baggergut

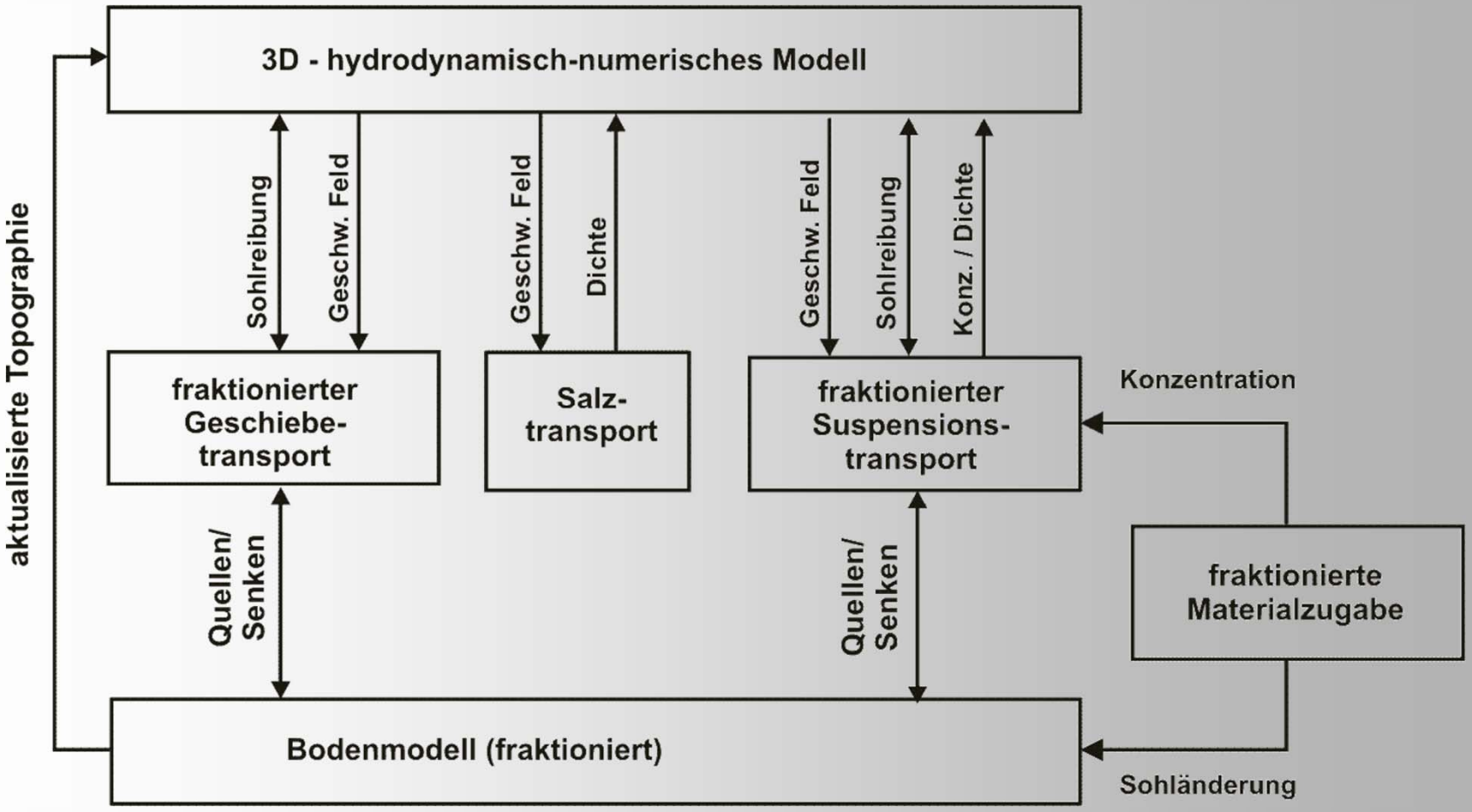
- Dreidimensionale Berechnung erforderlich wegen Dichte-/ Schichtungseffekten
  1. Barokline Zirkulation (großräumig wirksam)
  2. Umlagerungsinduzierte Dichteströme (Nahfeld der Umlagerung)

- Geeignete Formulierung des Einbringungsvorganges

- Bilanzierung des umgelagerten Materials zu jedem Zeitpunkt der Berechnung

- Da Prozesse auf wesentlich unterschiedlichen Zeitskalen involviert sind, ist möglichst performanter Code nötig.

Modell SMOR3D

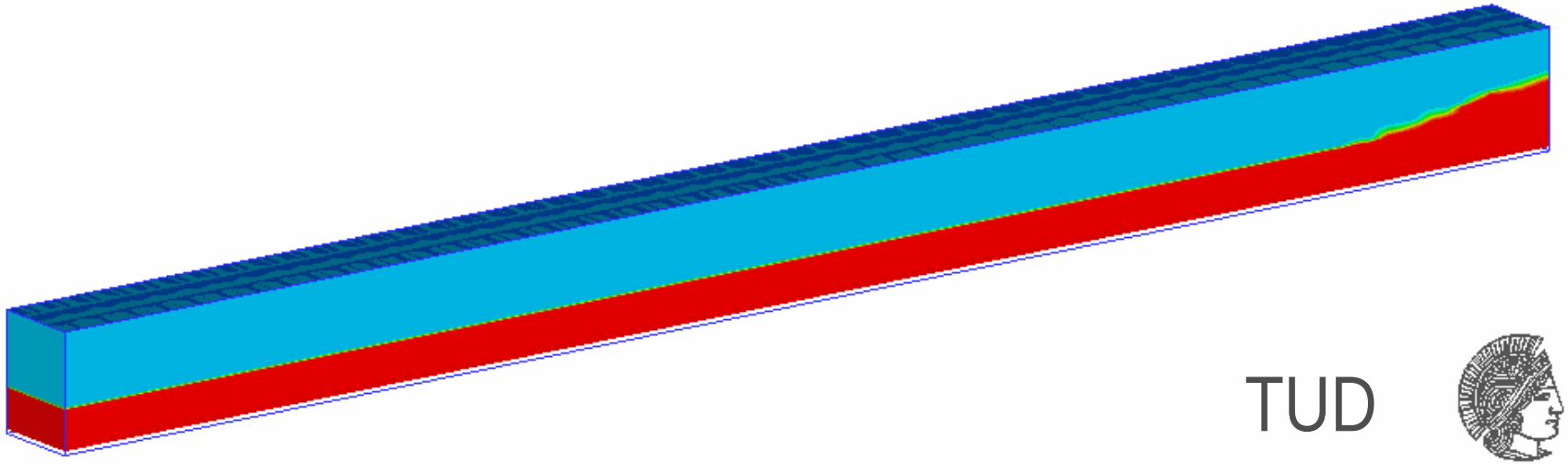


Verifikationsfall: Kinematik einer internen Grenzflächenwelle

- **Analytische Lösung nach STOKES:**

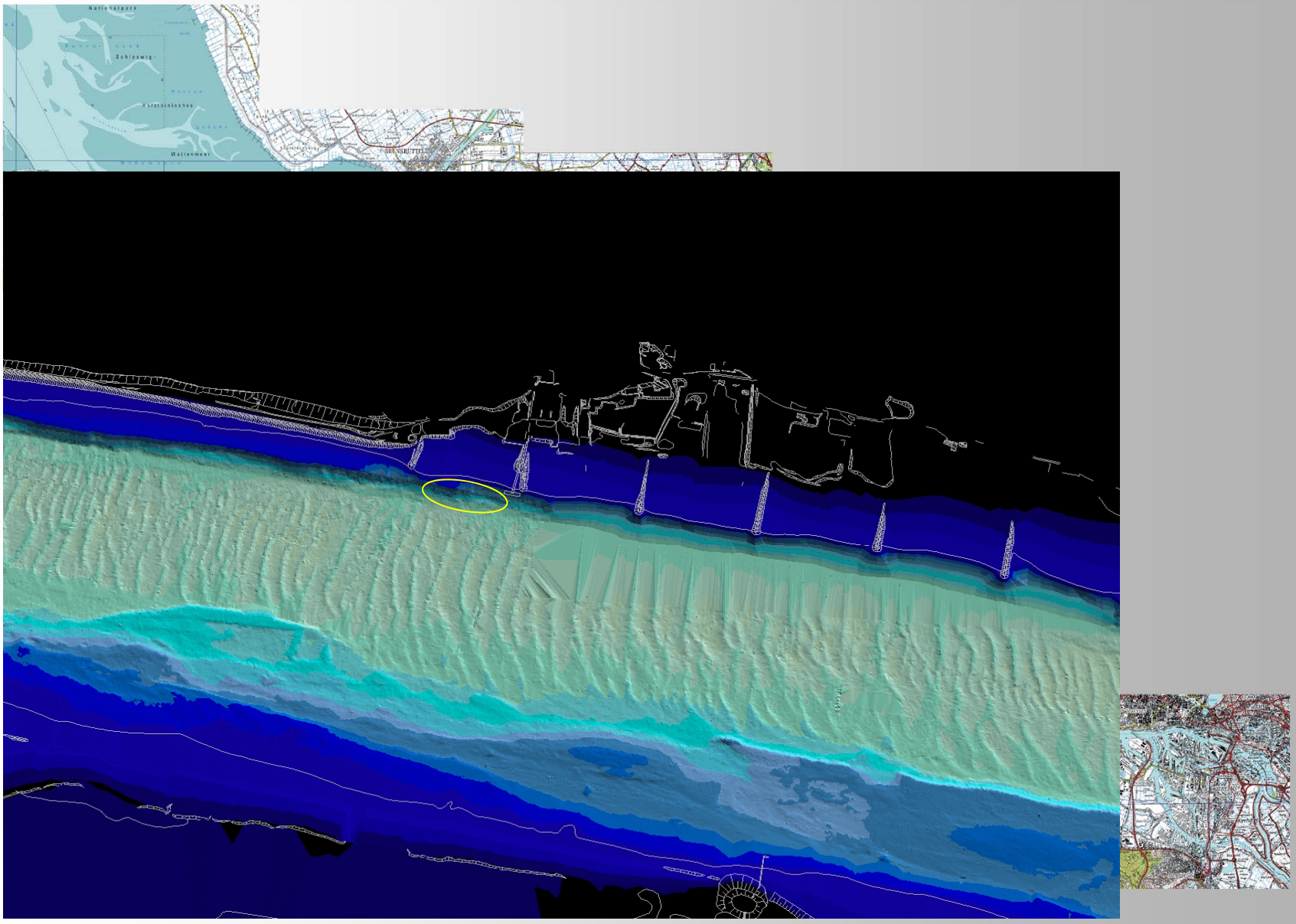
$$c = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \sqrt{\frac{g h_1 h_2 (\rho_1 - \rho_2)}{\rho_1 h_1 + \rho_2 h_2}}$$

- **Numerisch berechneter Fall:**
  - **Rechteckgerinne (1500m x 40m x 20m)**
  - **Anfangsbedingung: Schichtung mit cos-förmiger Störung, 5/25 Promille**
  - **Auflösung: horizontal 10m, vertikal: 0,5m**
  - **Analytische Lösung: c = 0,82 m/s**
    numerisch berechnet: c = 0,83 m/s

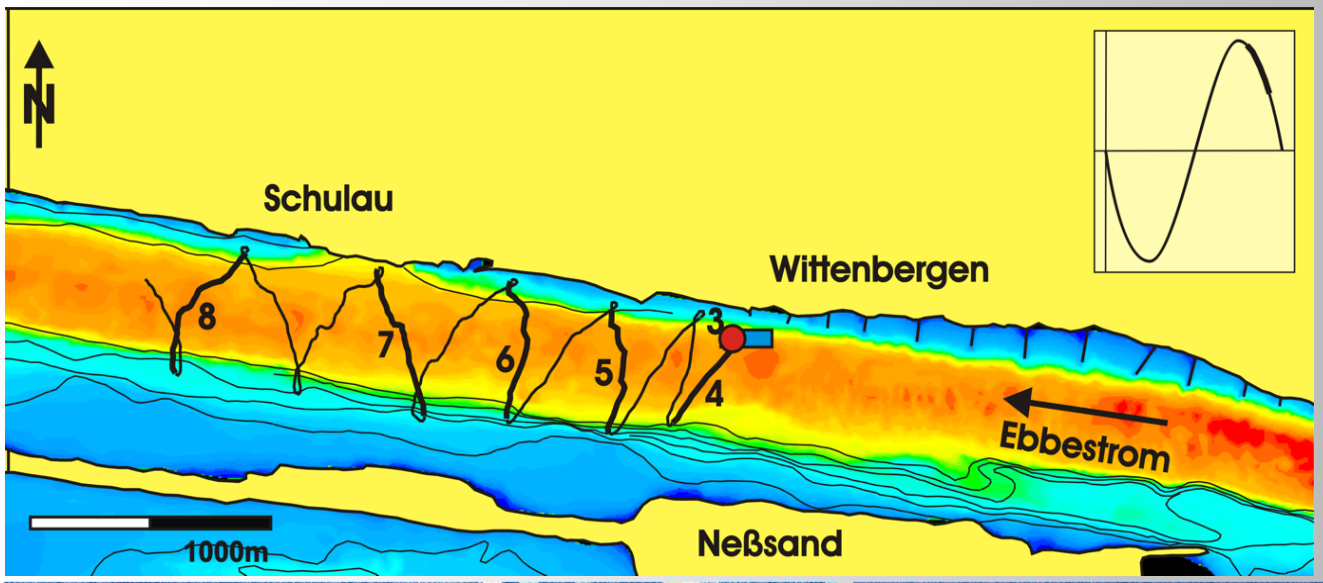


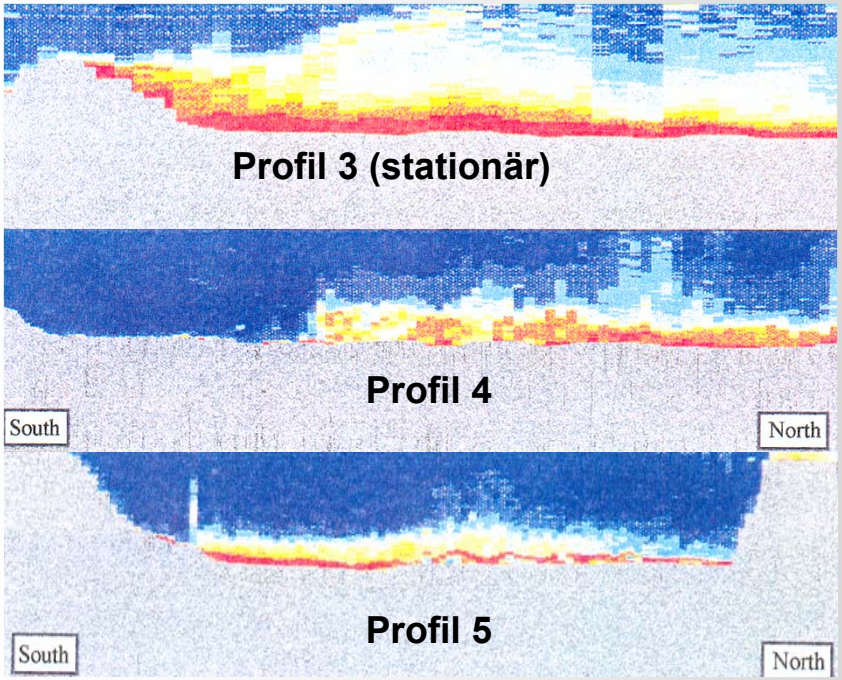
TUD

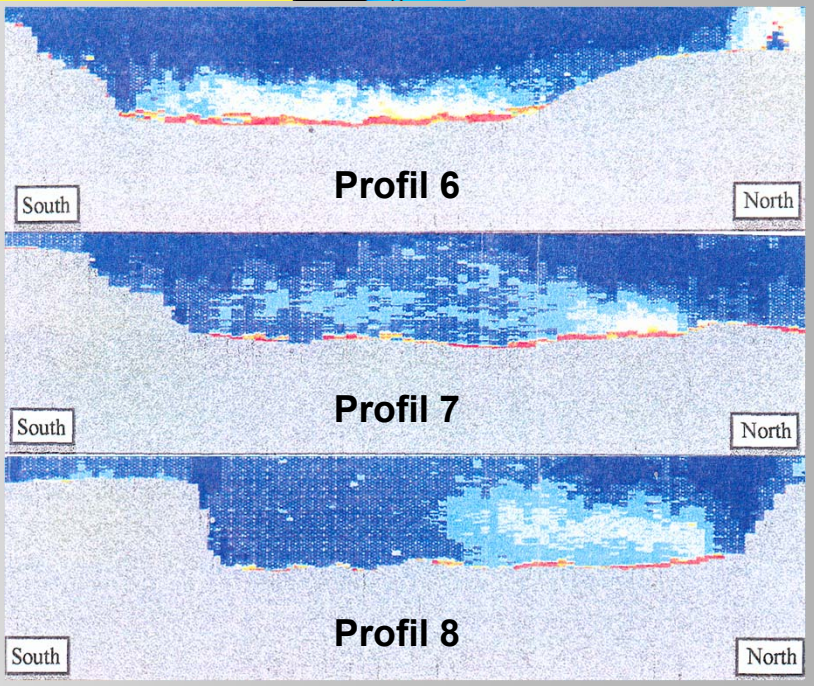
Elbe - Gebietsübersicht



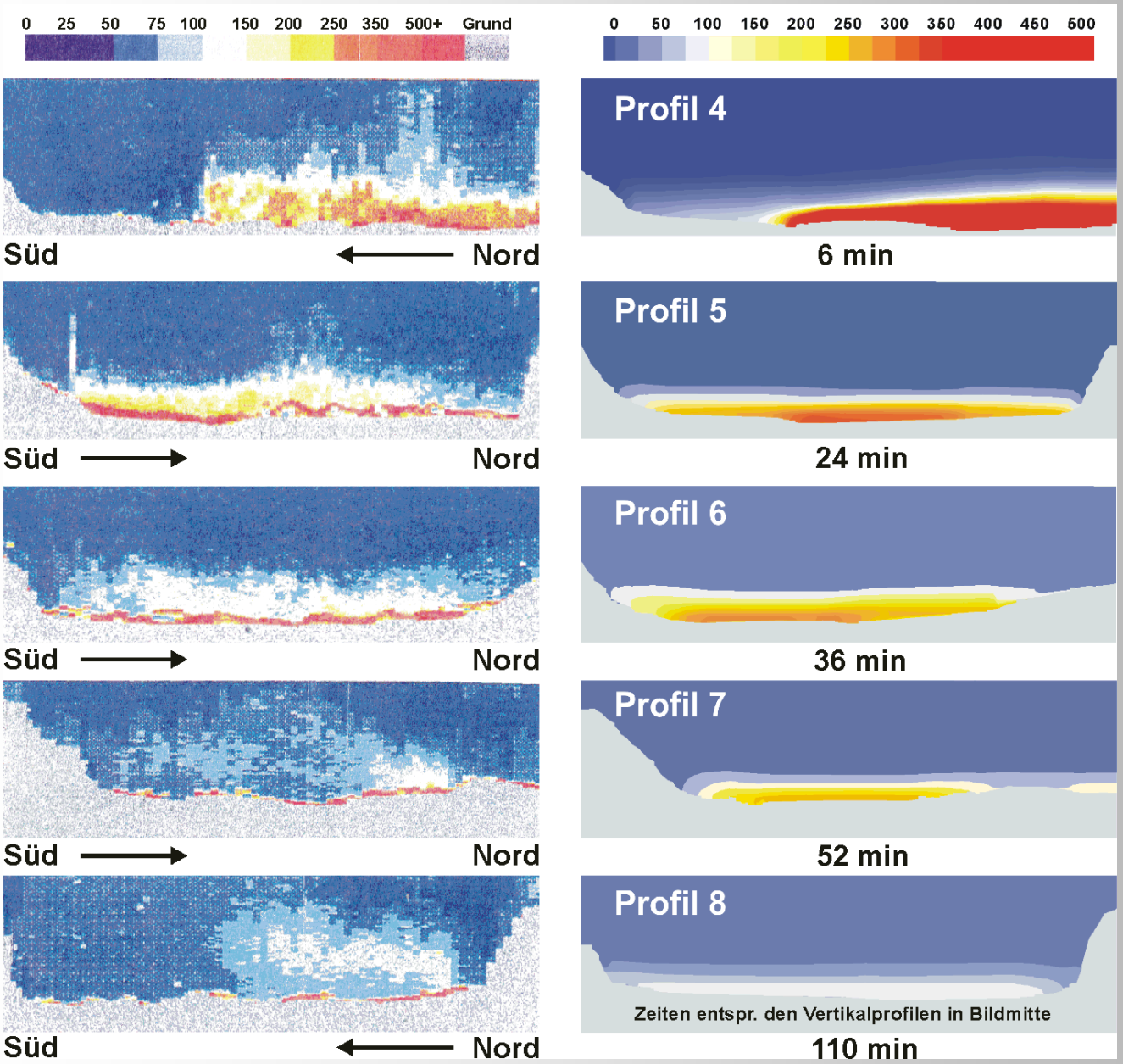
Messung Baggergutumlagerung Tideelbe 11/95



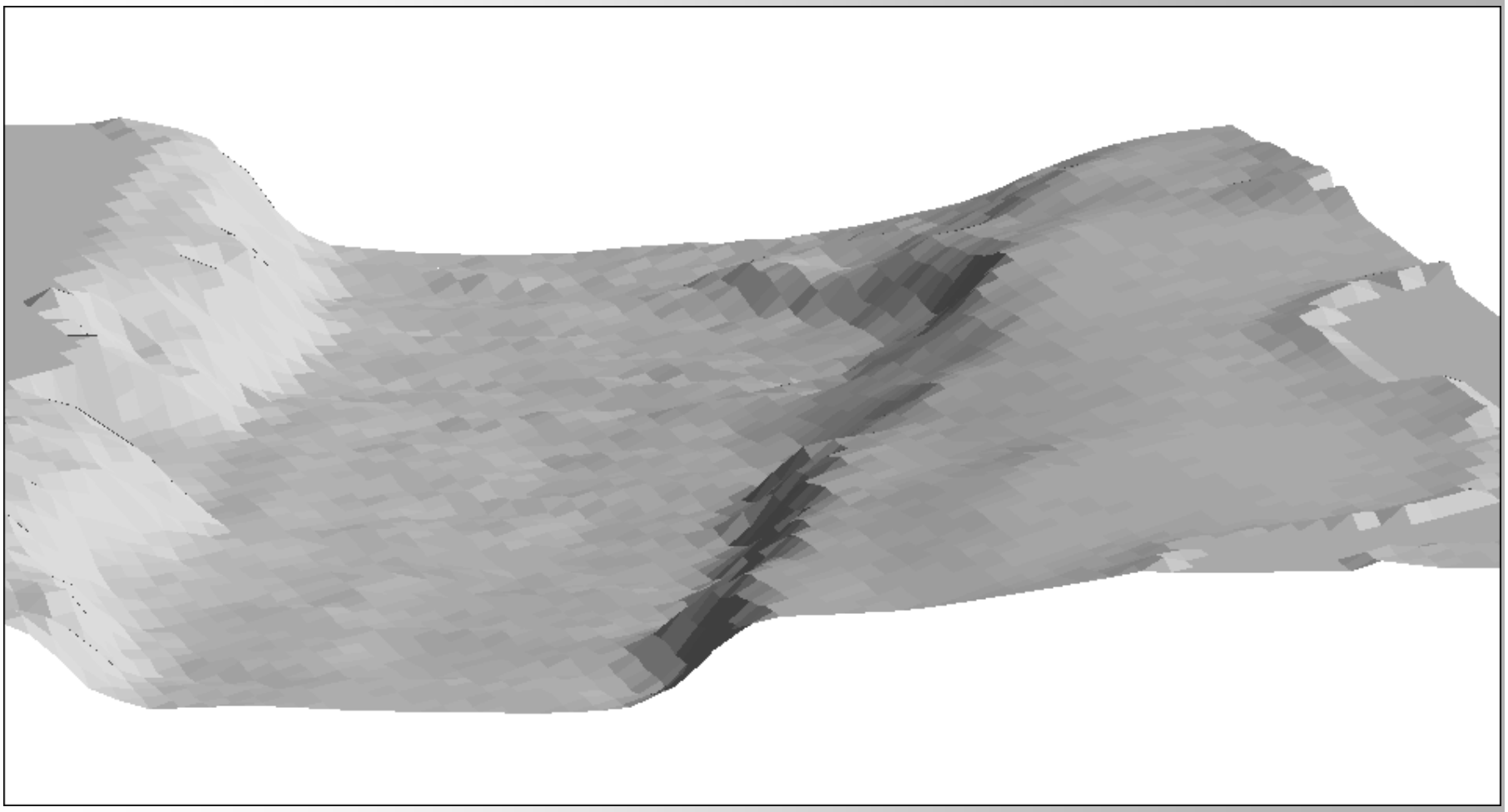




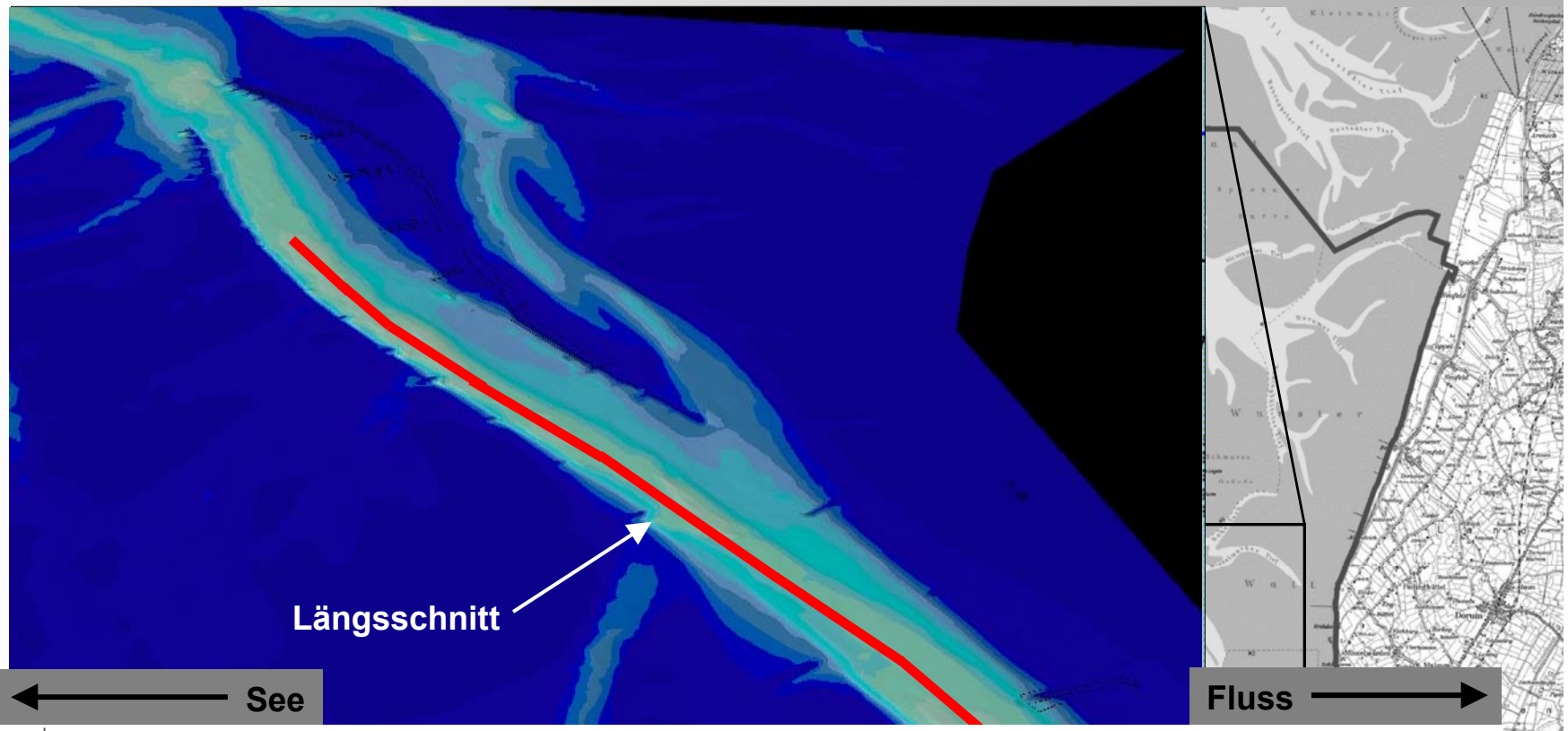
Tideelbe – Vergleich Messung-Rechnung entlang Meßpfad

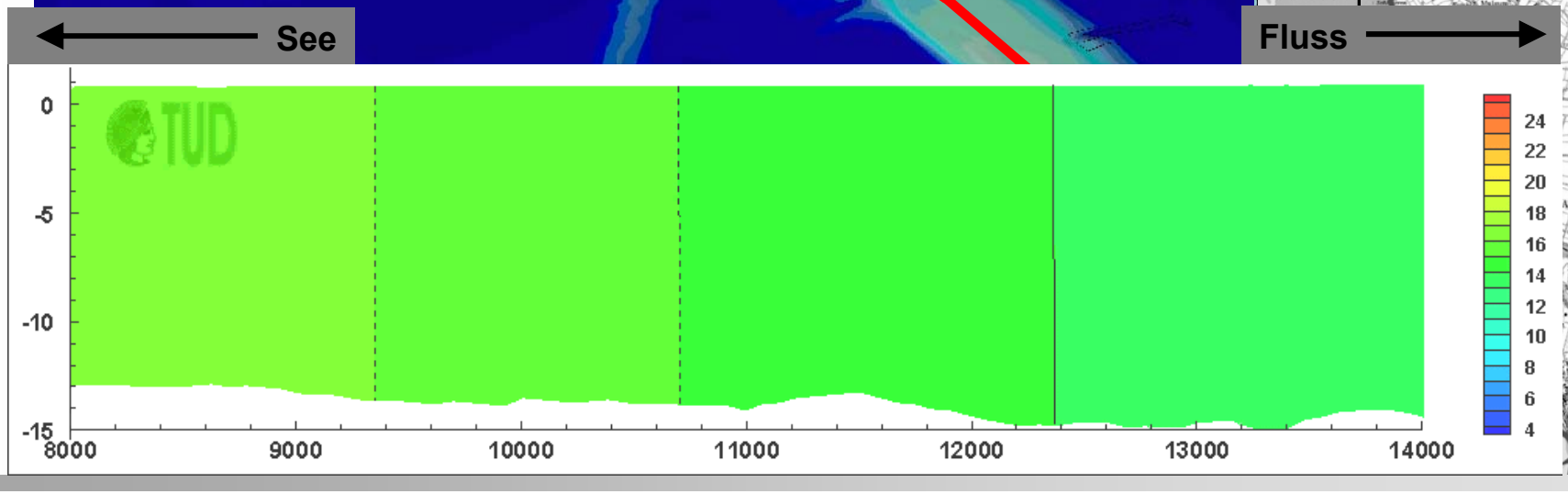


Tideelbe – Räumliche Isoflächendarstellung

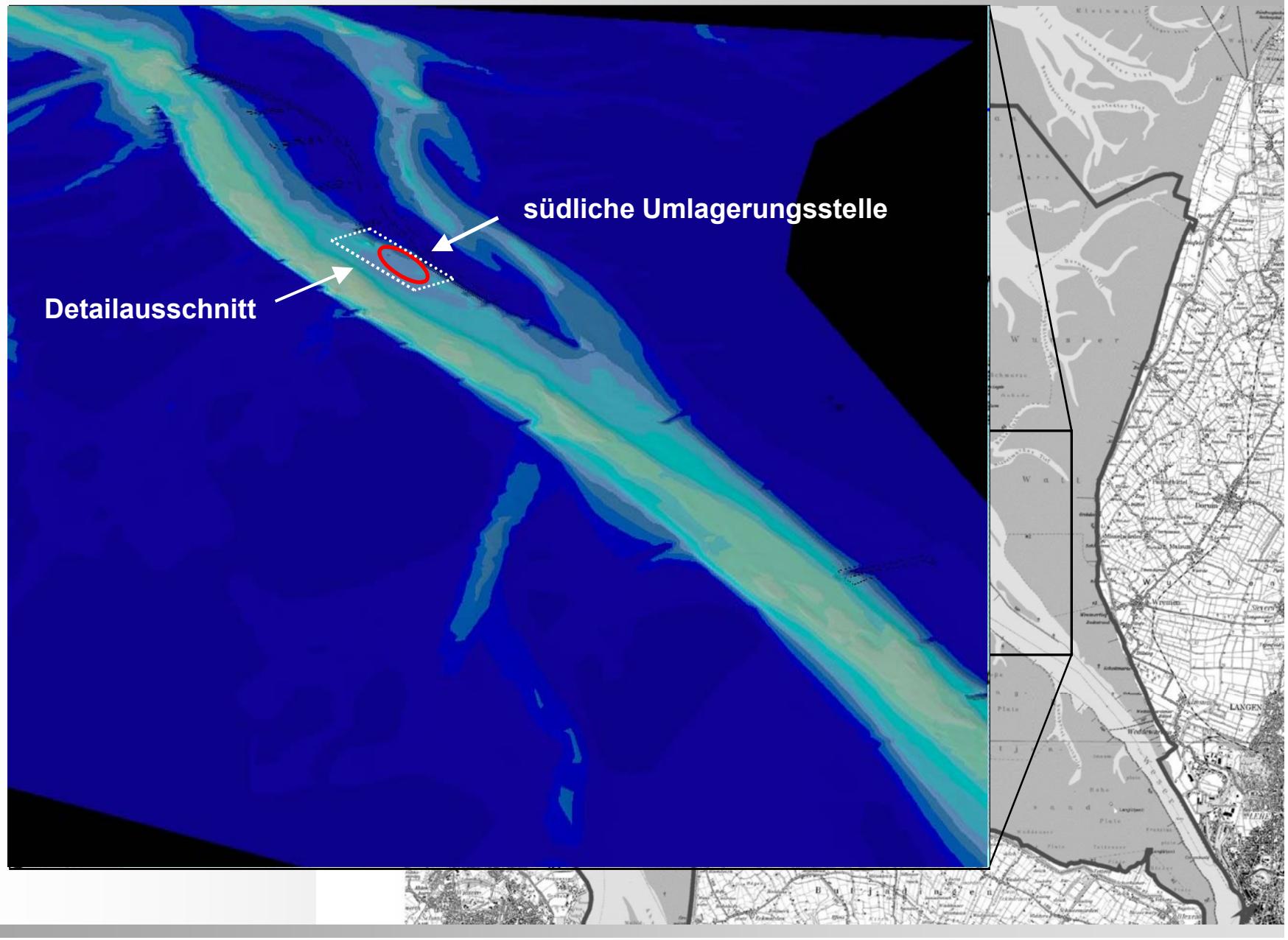


Außenweser – Gebietsübersicht

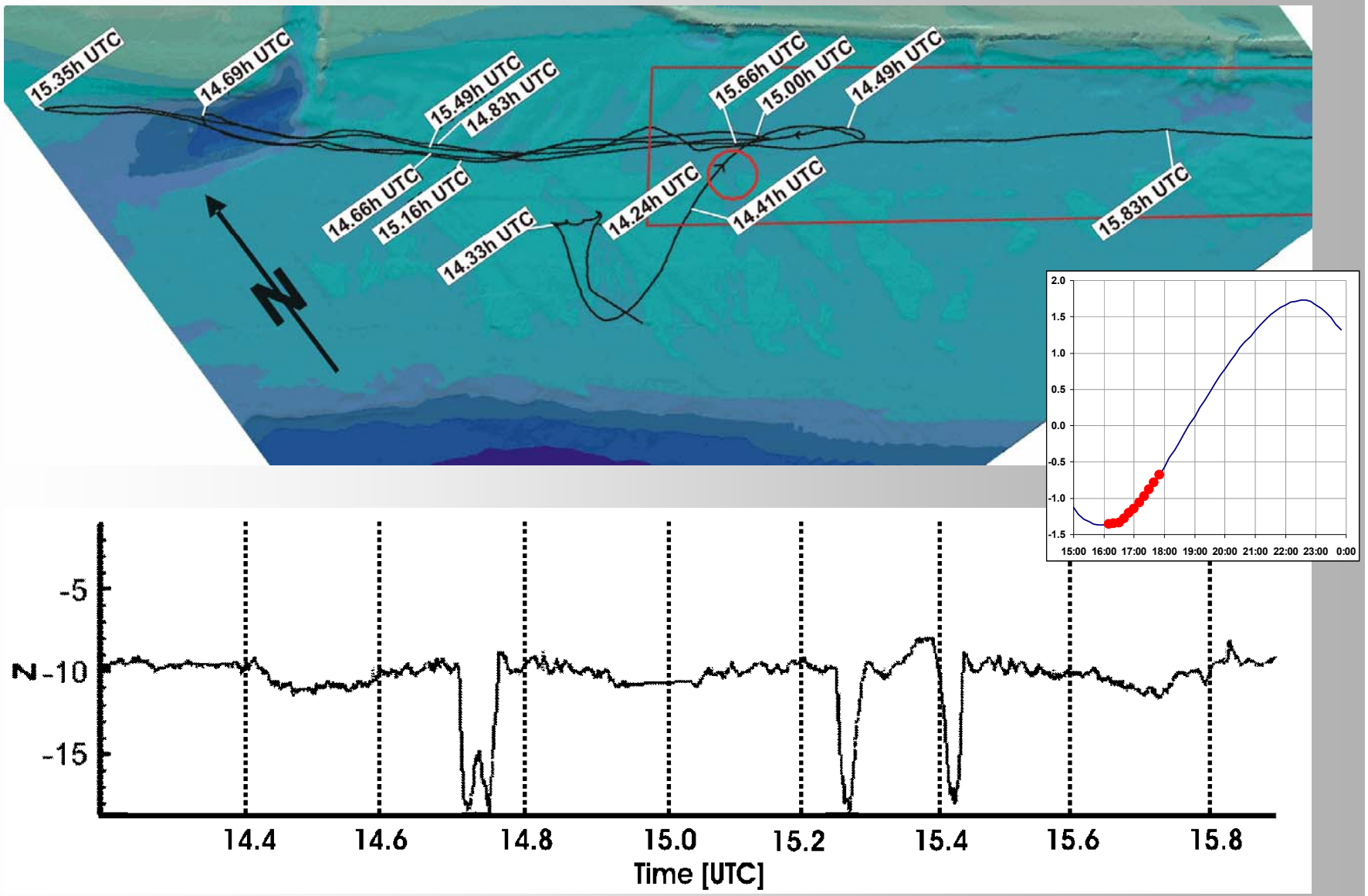




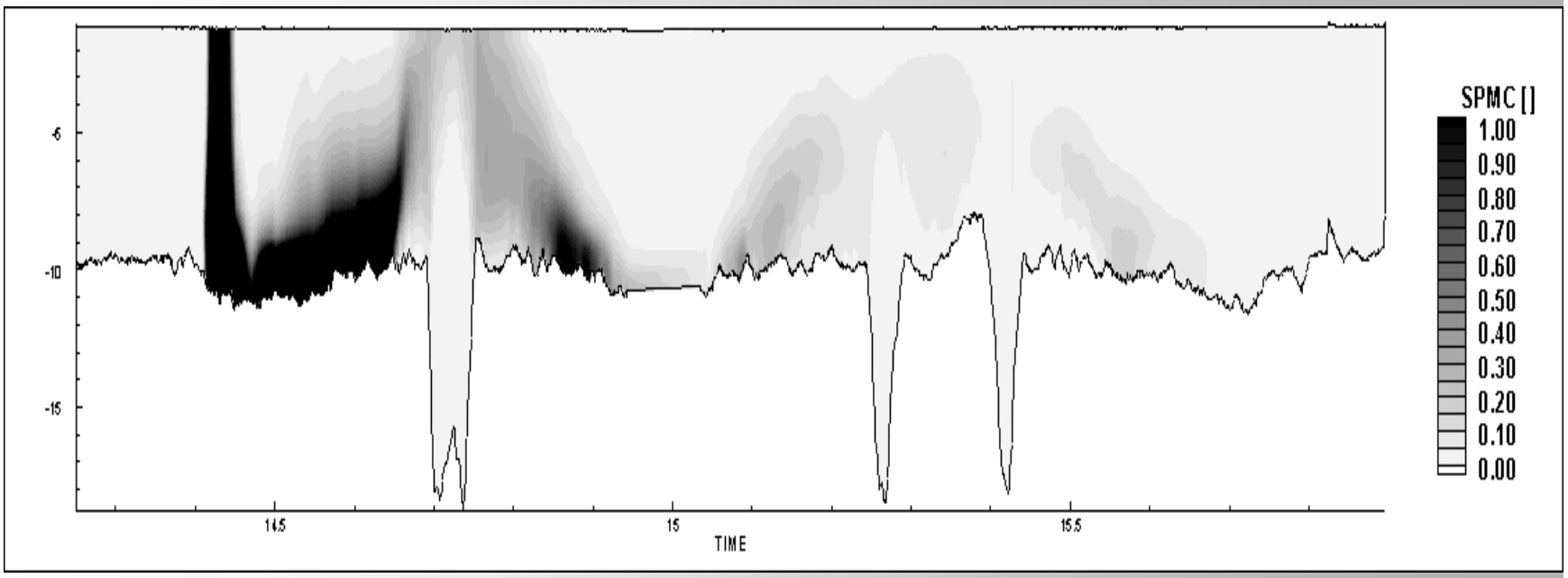
Berechnete Nahfeldverdriftung

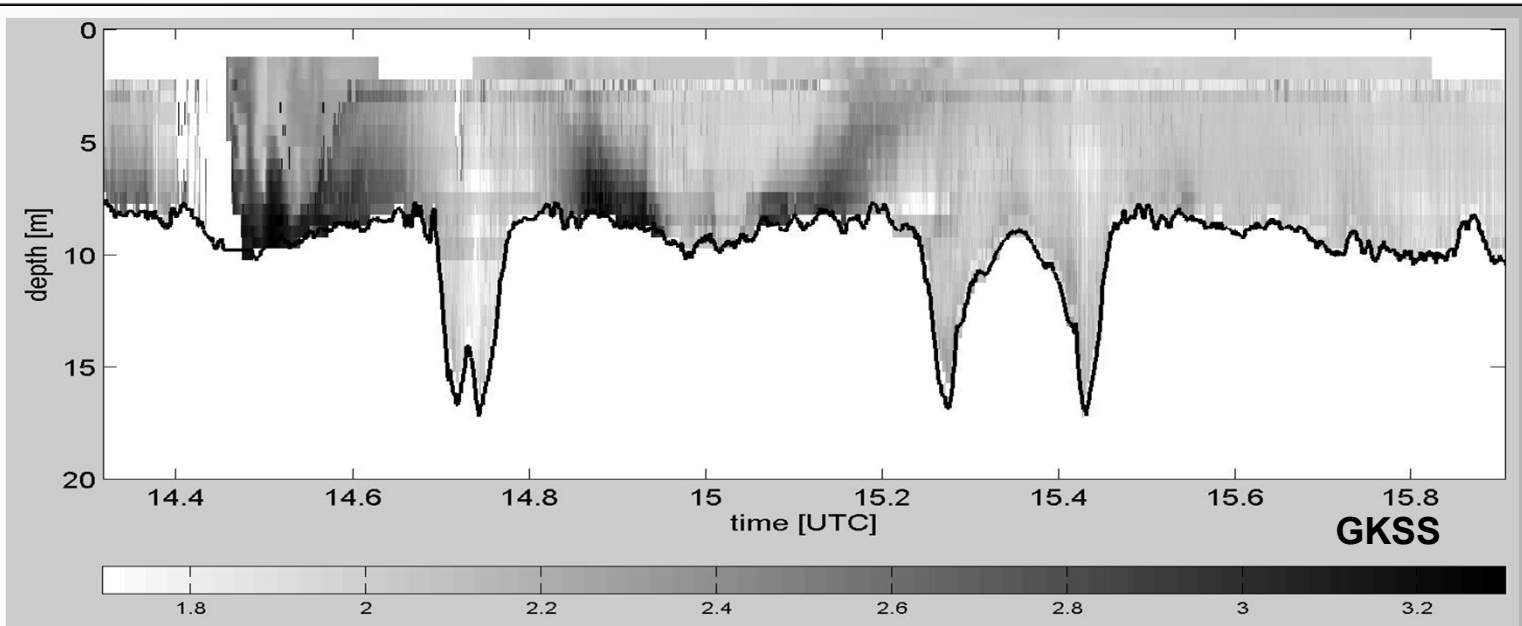


Außenweser - Messung der umlagerungsbedingten Vertrübung

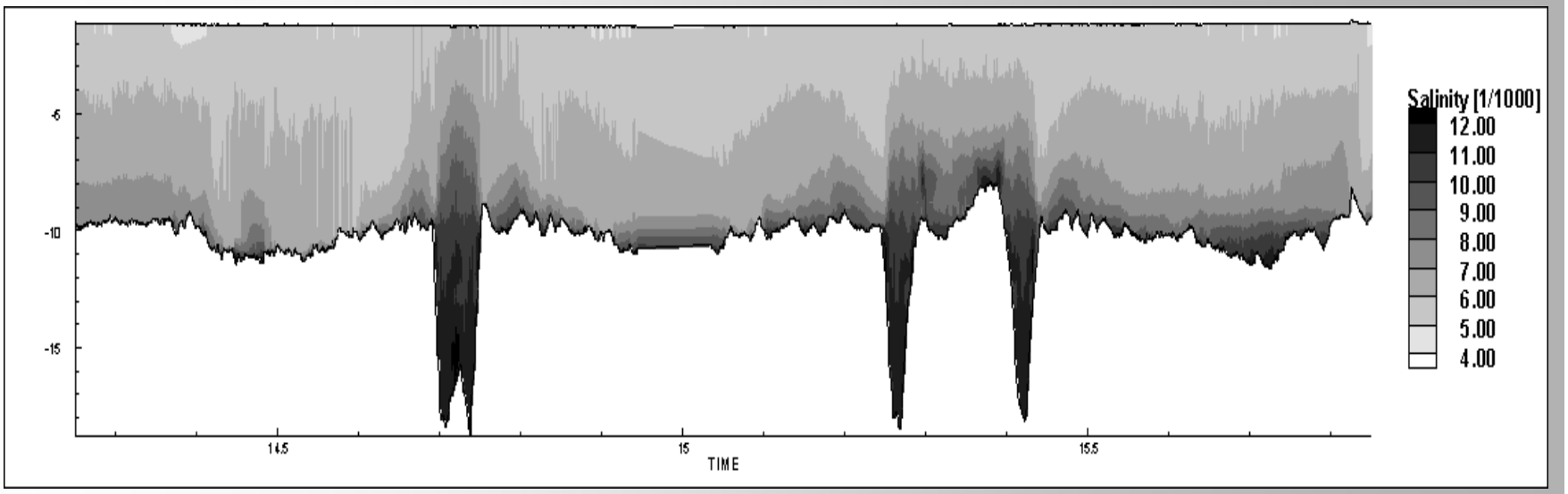


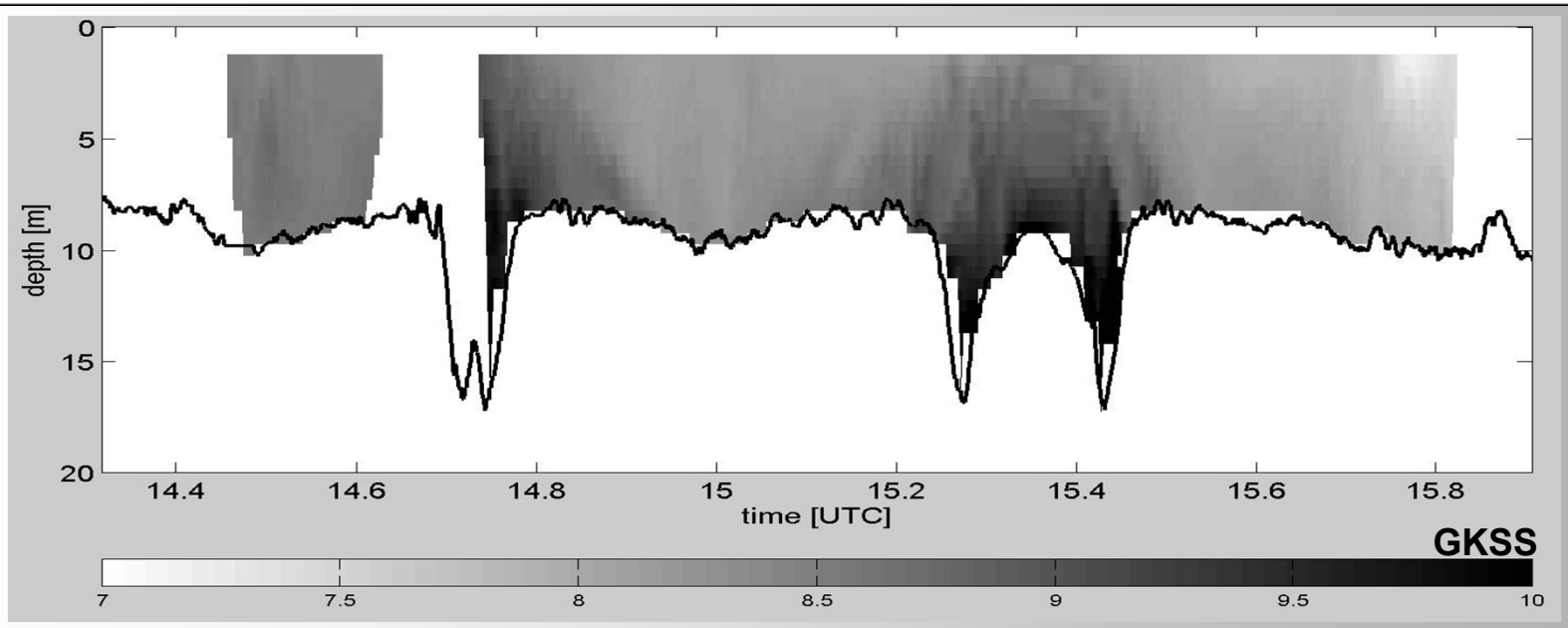
Vertikalprofile – Vergleich der Suspensionskonzentration



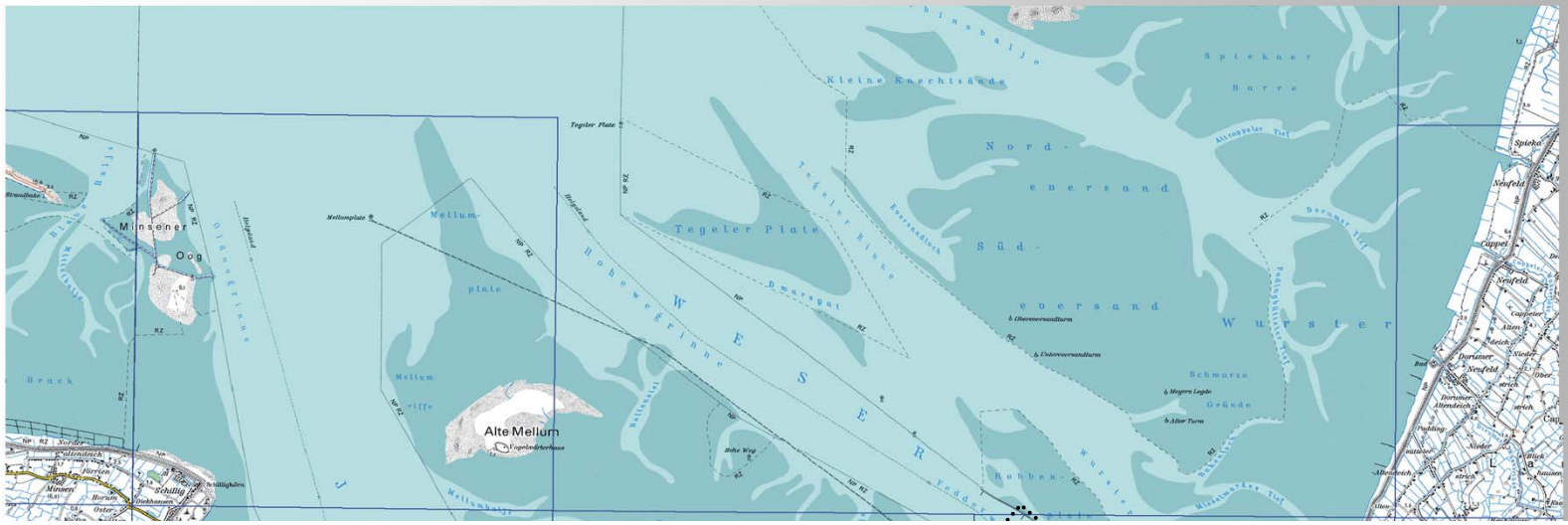


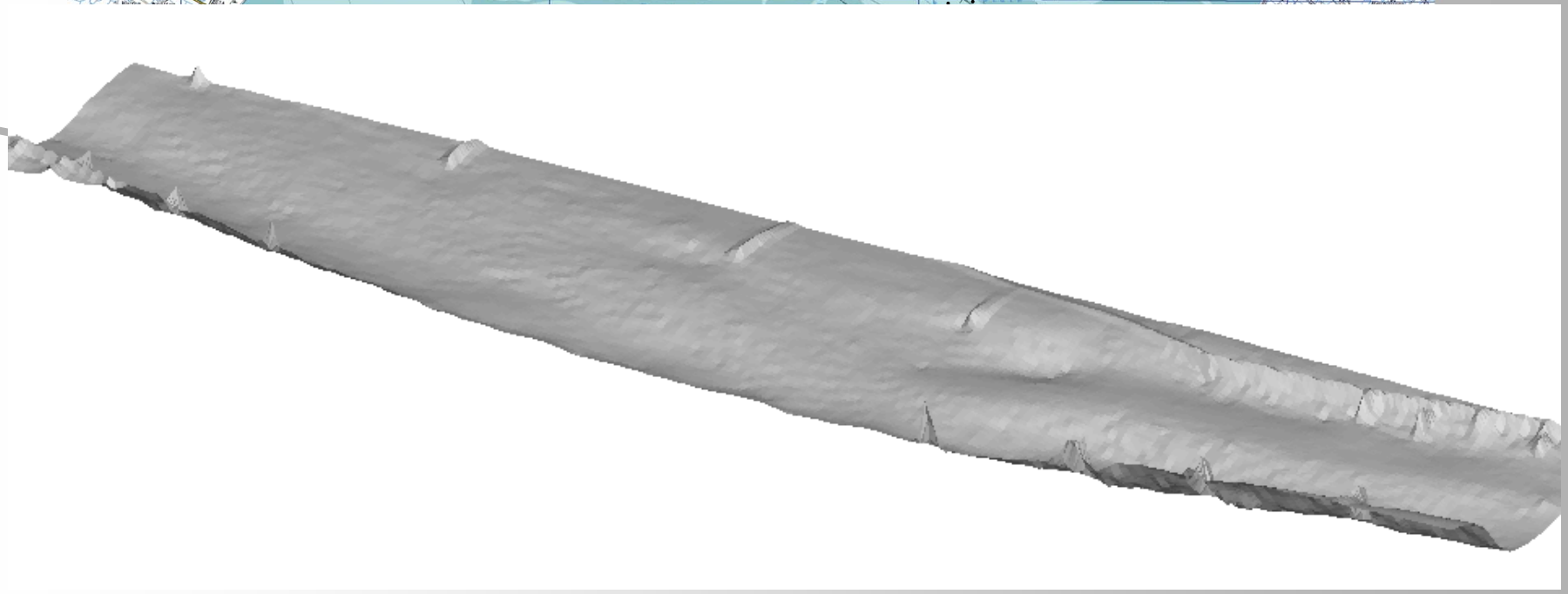
Comparison of Vertical Salininty-Distributions





Außenweser - Vertrübungswolke mit Stromkenterung





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit