

7. KFKI Seminar zur Küstenforschung

am 28. Oktober 2002 in Bremerhaven (Schifffahrtsmuseum)



Dr.-Ing. A. Matheja, Prof. Dr.-Ing. C. Zimmermann Dipl.-Ing. O. Stoschek, Dipl.-Ing. J. Geils



Verbundforschungsvorhaben

Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

(April 2000 bis März 2003)





Vorhaben: "Maßnahmen zur Minimierung der Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen"

Koordination: Prof. Dr.-Ing. C. Zimmermann Dr.-Ing. A. Matheja

Vorhaben:

"Hydrodynamische und morphologische Vorgänge in brackwasserbeeinflussten Vorhäfen"

> Prof. Dr.-Ing. H. Nasner, Hochschule Bremen



Gliederung des Vortrages

- Vorstellung der Untersuchungsgebiete
- Hydrodynamische 2D-Simulation (Regionalmodelle)
 - Bremerhaven (Weser)
 - Emden (Ems inkl. Dollart)
- Hydrodynamische 3D-Simulation (Regionalmodelle) und hochaufgelöste Detailmodelle
- Berechnung des Sedimenttransportes Parameterstudie
 - Abschätzung des Sedimenteintrags in die Häfen
 - Ursachen des Sedimenteintrags (z.B. Dichteströmungen)
- Abschließende Untersuchungen:
- Abschluss der Parameterstudie "Sedimenttransport in Vorhäfen"
- Untersuchung von Ma
 ßnahmen zur Minimierung der Sedimentation (z.B. CDW) am Beispiel von Bremerhaven



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen



Untersuchungsgebiete





Modellgebiete - Regionalmodelle



Lage der Messpunkte, Emden 1996



Pegel "Große Seeschleuse" (Daten vom WSA Emden)

Ausgewählter Messpunkt für Geschwindigkeitsmessungen (Daten vom WSA Emden)

Kalibrierung 2D-Modell - Emden



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

Wasserstandseichung am Pegel "Große Seeschleuse"



Kalibrierung 2D-Modell - Emden



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

Strömungsgeschwindigkeiten im Fahrwasser der Ems



8



Strömungsrichtungen im Fahrwasser der Ems



Kalibrierung 2D-Modell - Emden

9



Lage der Messpunkte, Bremerhaven 1990



Kalibrierung 2D-Modell - Bremerhaven









Strömungsgeschwindigkeiten im Fahrwasser der Weser (P 4)



12



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

Strömungsrichtungen im Fahrwasser der Weser (P 4)



Kalibrierung 2D-Modell - Bremerhaven



Ergebnisse 2D-Modell:

Ergebnisse integriert über die Tiefe:

 $\rightarrow v$



Messungen

Punktmessungen über der Sohle: v (z) Umrechnung zu \overline{v} Nach Formel van Rijn (1993)





In Situ Ems Ästuar

Variierender Salzgehalt und Dichte aufgrund von Oberwasserabfluss und Tide

→ Salzwasserkeil (Schichtung) während der Tide

Umrechnung der Geschwindigkeiten



Der Dichteeffekt beeinflusst das vertikale Geschwindigkeitsprofil maßgeblich.

Die Umrechnung von Punktmessungen ist daher mit Ungenauigkeiten behaftet.

Der Modellbetrieb mit zwei h-Rändern (Vernachlässigung des Impulseintrages) kann zu einer Phasenverschiebung (insbesondere bei hohem Oberwasser) führen.

Fazit:

Das regionale Strömungsverhalten kann jedoch mit Hilfe der 2-D Modelle nachvollzogen werden.

Fazit 2D-Regionalmodelle



Wasserstandseichung am Pegel "Große Seeschleuse"



Kalibrierung 3D-Modell - Emden



Strömungsgeschwindigkeiten im Fahrwasser der Ems



17



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

Salzgehaltsverteilung im Bereich des Emder Hafens



Kalibrierung 3D-Modell - Emden





05/25/96 03:00:00

Kalibrierung 3D-Modell - Emden



Randbedingungen



Kalibrierung 3D-Modell - Bremerhaven



Modellparameter Regionalmodell Bremerhaven

- Modellauflösung
- Grid-Auflösung: $\Delta x = 45 \text{ m}, \Delta y = 45 \text{ m}$
 - $\Delta z = 1 \text{ m und } 0,5 \text{ m}$
- Zellen:265 in y-Richtung

 450 in x-Richtung
 maximal Layer 30 in z-Richtung
 insg. ca. 162.926 aktive Zellen bei Δz = 1 m
 insg. ca. 288.000 aktive Zellen bei Δz = 0,5 m
- konstante Rauhigkeit: Manning n = 0,05
- Turbulenzmodell: Mixed Smagorinsky/k-ε Modell

Empirische Konstanten für das k- ϵ vertikal Modell

| с | c ₁ | c ₂ | σ_k | σ |
|------|----------------|----------------|------------|-----|
| 0.09 | 1.44 | 1.92 | 1 | 1.3 |



Kalibrierung 3D-Modell - Bremerhaven







Kalibrierung 3D-Modell - Bremerhaven





3-D Berechnung

ADCP-Messung





3-D Berechnung

ADCP-Messung





Visualisierung der Ergebnisse – Zeitraum der Videos





Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen



Oberflächenströmung

Sohlnahe Strömung

0-0.05







Salzgehalt [‰]

Kalibrierung 3D-Modell - Bremerhaven





ADCP-Spur



- Punkt der gemessenen Geschwindigkeiten mit ADCP, variable z-Koordinate in Abhängigkeit vom Tidewasserstand
- Gitterpunkt (MIKE3) der verschiedenen Layer, ortsfest während der gesamten Simulationszeit

DATA-Tool: Vergleich von ADCP Messungen mit 3D-Modellergebnissen





- Aufbau eines synthetischen 3D-Modells im "Naturmaßstab"
- Auflösung 9m/3m/1m
- Modellierung von Dichteströmungen im Nahbereich der CDW



Weitere Untersuchungen



- Anzahl der Schichten
- Startbedingung: Dicke der Schichten, Startkonzentration im Modellgebiet)
- Dispersionsparameter Proportionalitätsfaktor, Limit)
- Randbedingungen: Eintrag von suspendiertem Material, Quellen
- Dichte der susp. Sedimente und deren Auswirkung auf die Viskosität
- Absetzverhalten: Sinkgeschwindigkeit, Dissipation, Ausflockung, Materialbeiwerte
- Deposition: Konzentration, Schubspannung für partielle und vollständige Deposition
- Erosion: kritische Schubspannung für Erosion
- Sohlparameter: Trockendichte der jeweiligen Schicht, Transferparameter zwischen den Schichten



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

Universität Hannover Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen



Parameterstudie zur Modellierung des Sedimenttransportes



Weitere Untersuchungen



Sedimentation im Bereich brackwasserbeeinflusster Vorhäfen

Universität Hannover Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen

Schwebstoffdynamik des ausgewählten Sedimentes in der Wesermündung



Sedimentbeschaffenheit hat großem Einfluss auf die Schwebstoffdynamik – es existieren jedoch z.Zt. keine systematischen Untersuchungen bzgl. sedimentologischer Parameter.

Weitere Untersuchungen



HD-Modelle:

- Der Dichteeffekt beeinflusst das vertikale Geschwindigkeitsprofil maßgeblich. Die Umrechnung von Punktmessungen ist daher mit Ungenauigkeiten behaftet.
- Modellbetrieb mit Wasserstandsrändern an beiden Modellgrenzen bedingt Vernachlässigung des Impulseintrages und kann zu einer Phasenverschiebung (insbesondere bei hohem Oberwasser) führen.
- Bremerhaven: Eintrittszeiten der Kenterungen, Wasserstände und Strömungsgeschwindigkeiten und –richtungen sind zutreffend.
- Emden: Wasserstände und Strömungsrichtungen mit Δt, daher Differenzen sowohl beim 2D als auch 3D-Modell.
- Über die Tiefe konstant eingesteuerte Salzgehalte/Schwebstoffgehalte vernachlässigen Gradienten über die Tiefe an den Modellrändern. Daher werden die gemessenen Maximal- und Minimalwerte im Untersuchungsgebiet nicht richtig wiedergegeben.

Sedimenttransportmodelle:

- Der Sedimenteintrag ist bisher messtechnisch nur schwer erfassbar. Daher ist der Aufbau von Ästuarmodellen und geeigneter Messprogramme notwendig.
- Der Einfluss der unterschiedlichen sedimentologischen Parameter bedarf weiterer Untersuchungen.

Zusammenfassung

33