

Die Beeinflussung der Dynamik der Tideästuare durch Flüssigschlick (MudEstuary – 03KIS0112 & 03KIS0113)

Projektkoordinator/Teilprojektleiter A (03KIS0112): Prof. Dr.-Ing. Andreas Malcherek; Projektbearbeitung: Oliver Chmiel

Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen, Professur für Hydromechanik und Wasserbau, Werner-Heisenberg-Weg 3, 85577 Neubiberg

Teilprojektleiter B (03KIS0113): Holger Rahlf; Projektbearbeitung: Marie Naulin

Bundesanstalt für Wasserbau, Wedeler Landstr. 157, 22559 Hamburg

ZUSAMMENFASSUNG

1 MOTIVATION & ZIELSETZUNG

Die Ansammlung von Flüssigschlick in Ästuaren und angrenzenden Häfen kann zu einer Erhöhung der Unterhaltungsaufwendungen, zu einer Veränderung der Tidedynamik, sowie zum Versagen ganzer Ökosysteme führen. In Deutschland ist insbesondere das Emsästuar von hohen Schwebstoffkonzentrationen von bis zu 300 kg/m^3 und Flüssigschlickschichten bis zu einer Mächtigkeit von 2 m betroffen (Schrottke, 2006). Um die Auswirkungen der Verschlickung bezüglich hydrodynamischer, ökologischer und ökonomischer Fragestellungen verstehen zu können, sowie für zukünftige Ereignisse vorherzusagen zu können, ist die Weiterentwicklung dafür geeigneter numerischer Modelle nötig.

Die rheologische Beschreibung der Fließeigenschaften von Flüssigschlick, sowie die Beschreibung der Flüssigschlickdynamik erfolgte in vorangegangenen KFKI-Projekten: So wurde im Projekt MudSim (Wehr & Malcherek, 2012) ein numerischer Modellansatz entwickelt, der basierend auf einer isopyknischen Darstellung das komplexe nicht-newtonsche Verhalten von Flüssigschlick beschreiben kann (Wehr, 2012). Dafür wurden das scherverdünnende Fließverhalten von Flüssigschlick und die rheometrische Untersuchung der Fließgrenze untersucht (Malcherek und Cha, 2011). Dieses Modell beschreibt die komplexen rheologischen Eigenschaften der Schlickschicht, jedoch nicht die vertikale Interaktion einzelner Schichten.

Die Interaktion einzelner sich unterschiedlich bewegender Schichten wird über deren vertikale Impulsflüsse beschrieben. Dieser Prozess wird auch als Impulsdiffusion bezeichnet, wobei die Viskosität die Diffusionskonstante ist.

Le Hir et al., 2000 beschrieben einen numerischen Ansatz, um die vertikalen Interaktionen zwischen unterschiedlich konzentrierten Schichten kontinuierlich zu beschreiben. Dabei führten sie die kontinuierliche Viskosität als Summe der turbulenten und der rheologischen Viskosität ein.

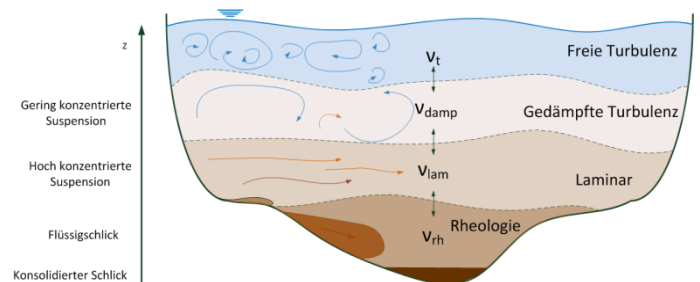


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Interaktion vertikaler Schichten und der jeweiligen kennzeichnenden Viskosität.

Auf der Grundlage des kontinuierlichen Modellansatzes und den Ergebnissen des KFKI-Forschungsprojekts MudSim, stellt sich nun die Frage, wie der Übergangsbereich zwischen rein turbulentem Fließen und rein rheologischem Fließen beschrieben werden kann (Abbildung 1).

Das Ziel des Forschungsprojekts MudEstuary ist es, eine Methode zur Beschreibung der Interaktion von Turbulenz und Flüssigschlick zu entwickeln. Dafür werden Laborversuche und numerische Simulationen durchgeführt, die diesen Übergangsbereich gezielt nachstellen.

Gemeinsam mit der numerischen Turbulenzmodellierung und der rheologischen Beschreibung der Schlickdynamik, führen die erwünschten Ergebnisse zu einer Weiterentwicklung der ganzheitlichen Beschreibung der Morphodynamik von Tideästuaren.

2 METHODEN

Im wasserbaulichen Labor des Instituts für Wasserwesen der Universität der Bundeswehr München wurde ein Versuch aufgebaut, in dem der Übergangsbereich zwischen Turbulenz und Rheologie künstlich hergestellt werden konnte. In einem 30m langen Gerinne wurden Quarzmehlsuspensionen unterschiedlicher Konzentration hergestellt (Abbildung 2). Mit moderner ADV-Messtechnik wurden zeit- und ortsgleich vertikale Geschwindigkeits-, Konzentrations- und Turbulenzprofile gemessen. Insbesondere die akustische Konzentrationsmessung ermöglicht es, den Einfluss der Konzentration auf die

Abstract

Entwicklung der Fließgeschwindigkeit und der Turbulenz, ohne zeitliche oder räumliche Verzerrung zu untersuchen. Die Messergebnisse lassen die Auswertung der turbulenten Viskosität, sowie der turbulenten Diffusivität zu. Der Zusammenhang dieser beiden Prozesse wird durch die turbulente Schmidt-Zahl beschrieben. In numerischen Modellen ist die turbulente Schmidt-Zahl oftmals unbekannt und wird daher als Parameter zur Modellkalibrierung genutzt.

Die Ausbildung der Konzentration, sowie die vertikale Diffusivität von Schlick sind maßgeblich von der Flockengröße und der Stärke der kohäsiven Kräfte abhängig. Organische Bestandteile und die Salinität haben erheblichen Einfluss auf die Flockenbildung von Suspensionen. Hinzu kommt die Turbulenz, die sowohl flockenbildend, wie auch flockenzerstörend wirken kann. Der Einfluss der Salinität auf die Flockenbildung und die dynamische Sta-

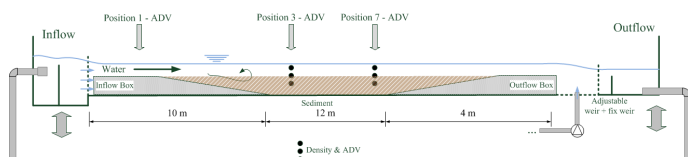


Abbildung 2: Schematischer Längsschnitt des Versuchsgewinns. Zwischen dem Ein- und dem Auslaufbereich befindet sich die Messstrecke (Quarzmehl).

bilisierung von Dispersionen wird im Projekt MudEstuary mit Hilfe von unbelasteten Schlickproben aus Binnengewässern rheometrisch untersucht.

In weiteren Arbeitspaketen werden die Erkenntnisse aus den Laborversuchen in numerische 3D-Modelle der Ems implementiert und mit Naturmessungen validiert.

Darüber hinaus werden mit den gewonnenen Erkenntnissen historische Zustände der Ems simuliert, um dadurch die Ursachen der Emsverschlickung analysieren zu können.

REFERENCES

- Malcherek, A. & Cha, H (2011). Zur Rheologie von Flüssigschlick: Experimentelle Untersuchungen und theoretische Ansätze. Projektbericht, Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen.
- Le Hir, P. et al. (2001). Application of the continuous modeling concept to simulate high-concentrated suspended sediment in a macrotidal estuary. In: McAnally W.H. and A.J. Mehta (Hg.): Coastal and Estuarine Fine Sediment Processes, 3: Elsevier Science, 229-247.
- Schrottke, K. (2006). Dynamik fluider Schlicke im Weser und Ems Ästuar – Untersuchungen und Analysen zum Prozessverständnis. BAW/BfG-Kolloquium Nov. 2006.
- Wehr, D (2012). *An Isopycnal Numerical Model for the Simulation of Fluid Mud Dynamics*. PhD Thesis. Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen.

Wehr, D. & Malcherek, A. (2012): Numerical Simulation of Fluid Mud Dynamics – The isopycnal Model MudSim. *Die Küste*, 79, 1-52.