

MudSim

Numerische Simulation von Flüssigschlick



BAW



WSA Emden



BAW



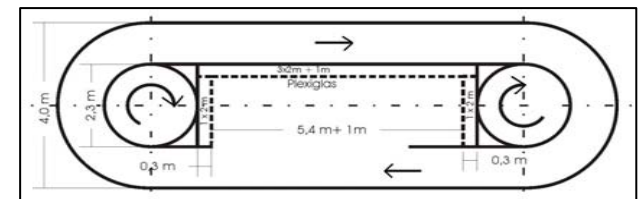
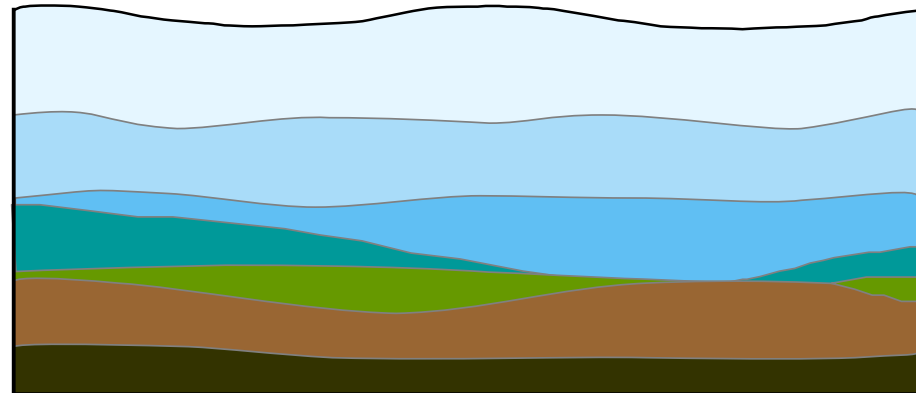
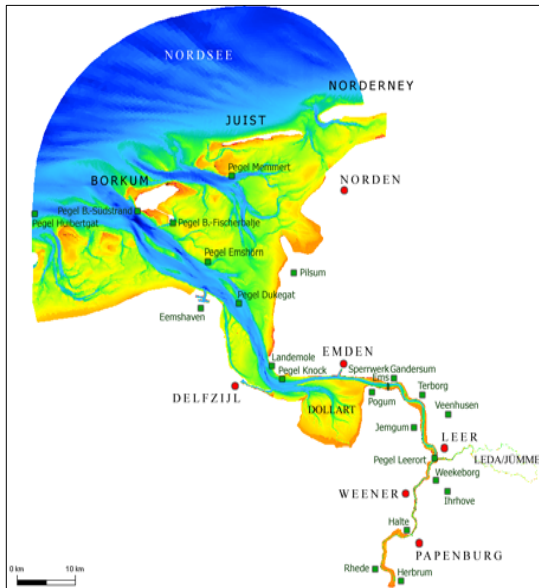
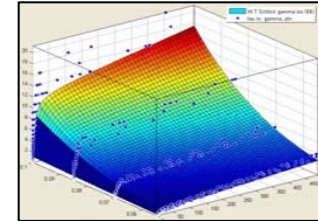
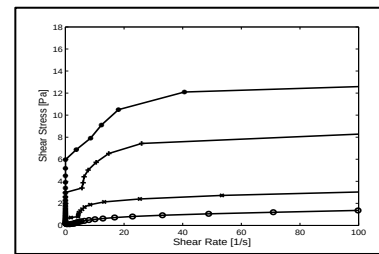
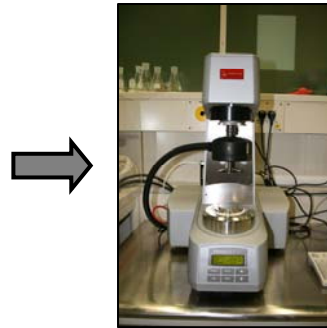
BAW



BAW

Andreas Malcherek
Denise Knoch
Hyunho Cha

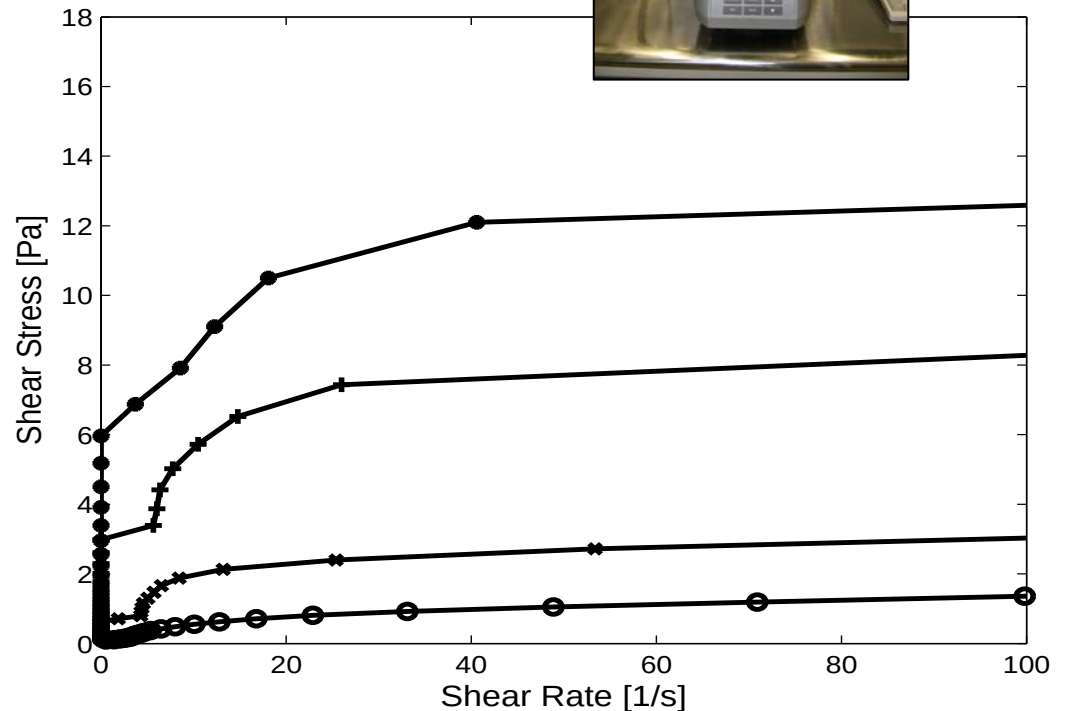
Das Ziel: Wasserbauliche Systemanalyse in Flüssigschlick



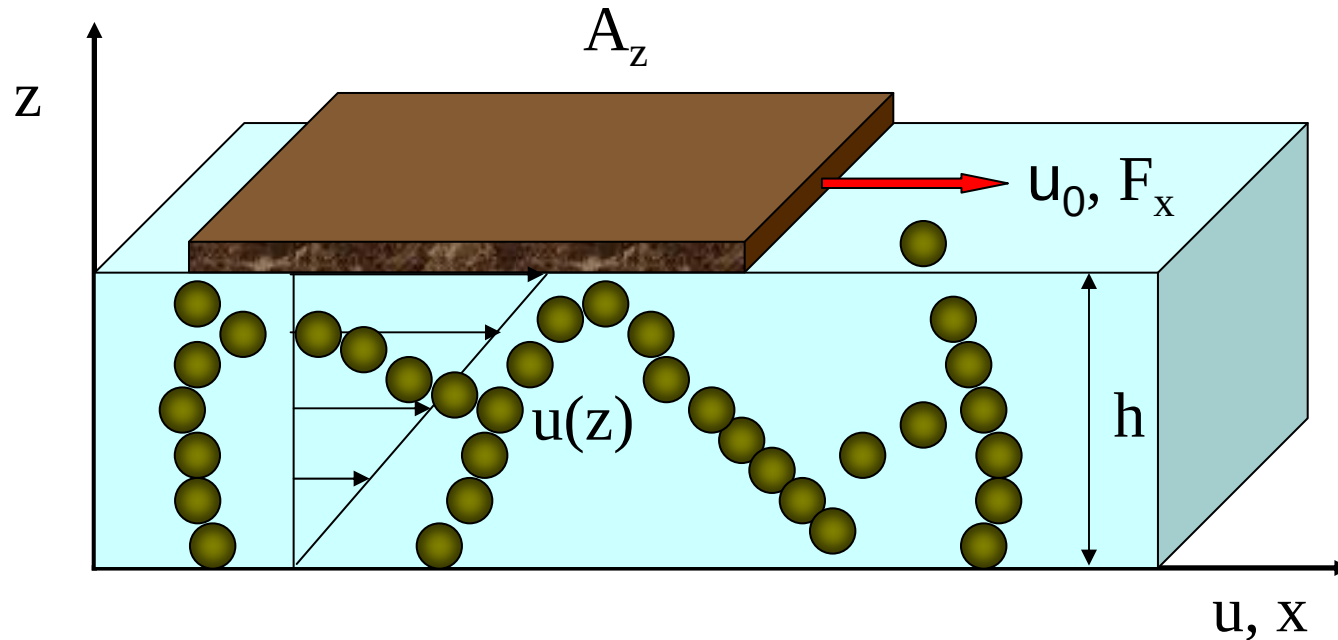
Analyse von Schlickproben



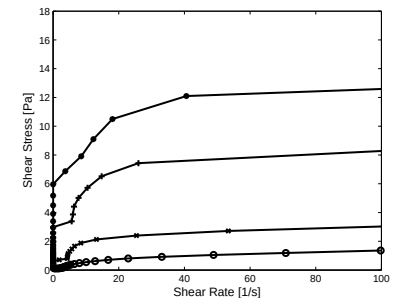
1. Probenahme
2. Aussiebung des $< 63 \mu\text{m}$ -Anteils
3. Korngrößenbestimmung
4. Herstellung von 4 Verdünnungsgraden (5.5, 7, 8.5, 10%)
5. CSS-Rheologie der Verdünnungen
6. Parametrisierung nach Worrall-Tuliani



Die Fließgrenze

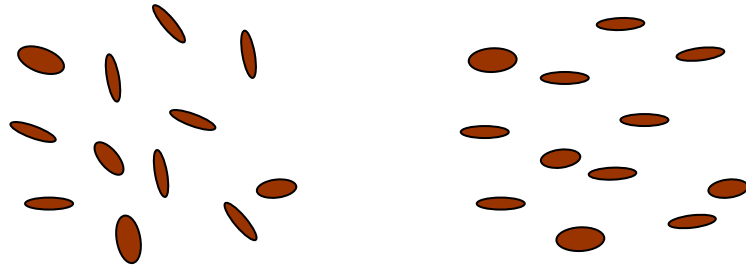


- Bildung von kettenartigen Strukturen
- Initialer Bewegungswiderstand



Strukturviskosität: Scherverdünnung

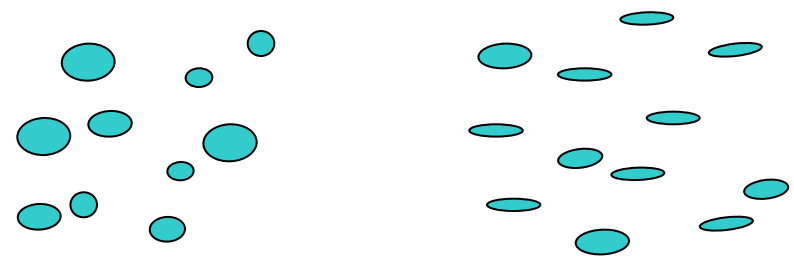
Orientierung



ohne

mit Scherung

Formänderung



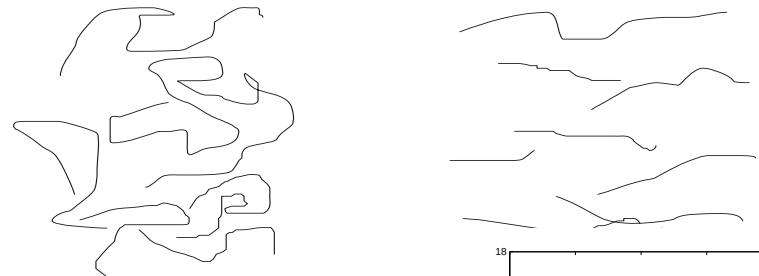
ohne

mit Scherung

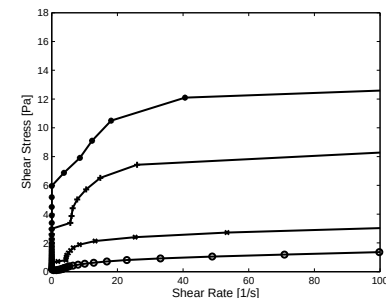
Zerbrechen von Flocken



Faserstreckung



Thixotropes Verhalten



Das rheologische Modell von Worrall-Tuliani

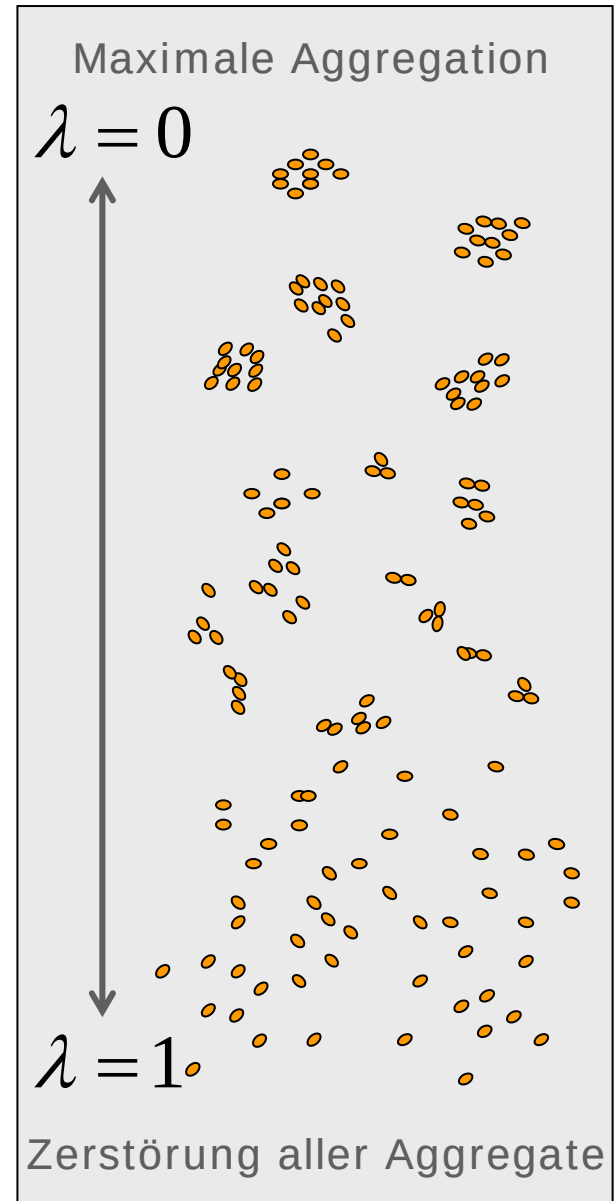
Aggregationsparameter:

$$\frac{d\lambda}{dt} = \underbrace{c_{floc}(1-\lambda)}_{\text{Flockenbildung}} - \underbrace{c_{break}\dot{\gamma}\lambda}_{\text{Zerstörung von Flocken}}$$

$$\lambda_{eq} = \frac{c_{floc}}{c_{break}\dot{\gamma} + c_{floc}} = \boxed{\frac{1}{\frac{c_{break}}{c_{floc}}\dot{\gamma} + 1}}$$

Zunahme der Viskosität durch Flockenbildung:

$$\mu = \frac{\tau_y}{\dot{\gamma}} + \mu_0 + \Delta\mu \boxed{\frac{1}{\frac{c_{break}}{c_{floc}}\dot{\gamma} + 1}}$$



Parametrisierungen

Fließgrenze:

$$\tau_y(\phi) = \tau_{y,0} \phi^n$$

Endviskosität:

$$\mu_0(\phi) = \mu_w \exp(A \phi)$$

Viskositätsänderung
durch Flockenbildung:

$$\Delta\mu = \Delta\mu_{\max} \phi$$

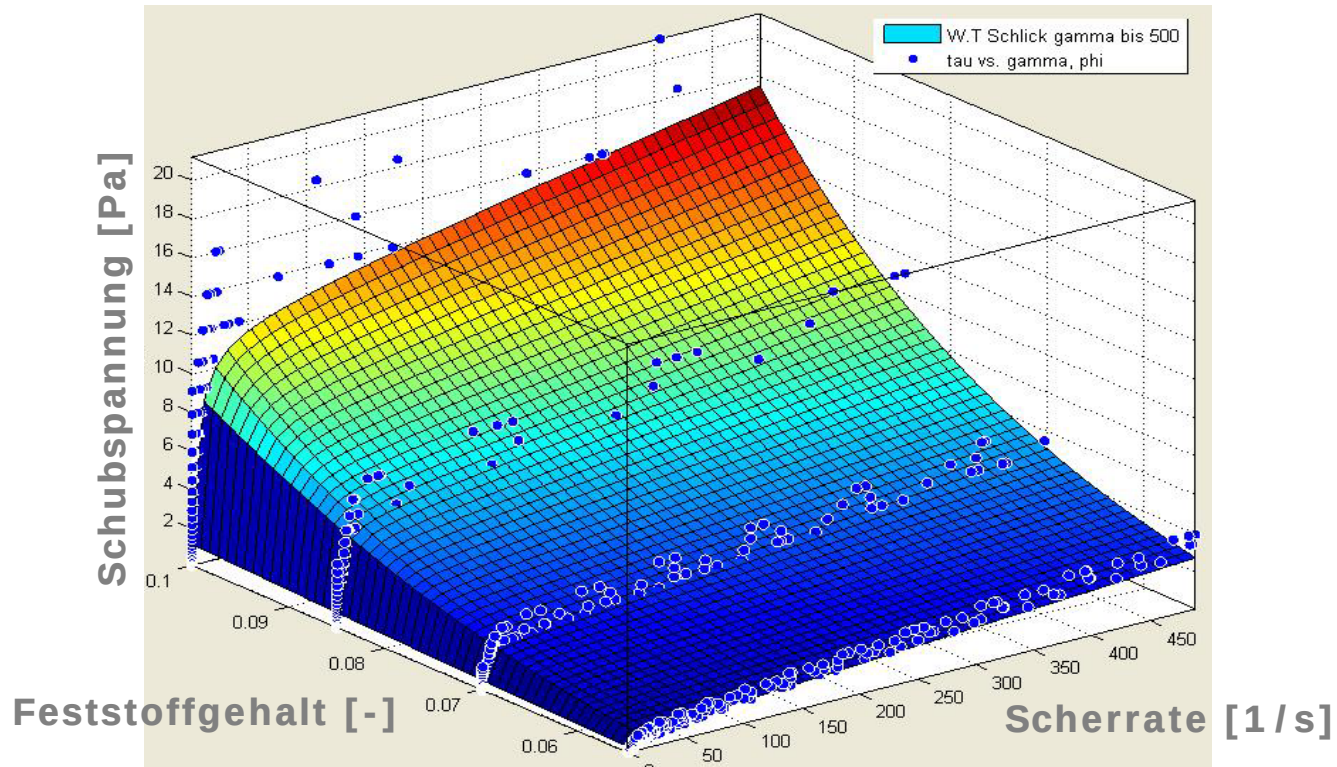
Flockendynamik:

$$\frac{C_{\text{break}}}{C_{\text{floc}}} = C_{\text{structure}} \phi^{-m}$$

$$\tau(\dot{\gamma}, \phi) = \tau_{y,0} \phi^n + \mu_w \exp(A \phi) \dot{\gamma} + \Delta\mu_{\max} \phi \frac{1}{1 + C_{\text{structure}} \dot{\gamma} \phi^{-m}} \dot{\gamma}$$

Wie bestimmt man $\tau_{y,0}$, n , μ_w , A , $\Delta\mu_{\max}$, $C_{\text{structure}}$, m ?

Das Surface Fitting Tool in MATLAB



$$\tau(\dot{\gamma}, \phi) = 7021 \text{ Pa } \phi^{4.245} + \mu_w \exp(14.69 \phi) \dot{\gamma} + 0.8358 \text{ Pa s } \phi \frac{1}{1 + 0.02193 \dot{\gamma} \phi^{-0.5808}} \dot{\gamma}$$

Die nautische Sohle

Anfahrwiderstand / Schubkraft eines Schiffes:

$$T \geq m_s a + c_p \tau_y A$$

PIANC1978: $\rho < 1200 \text{ kg/m}^3$

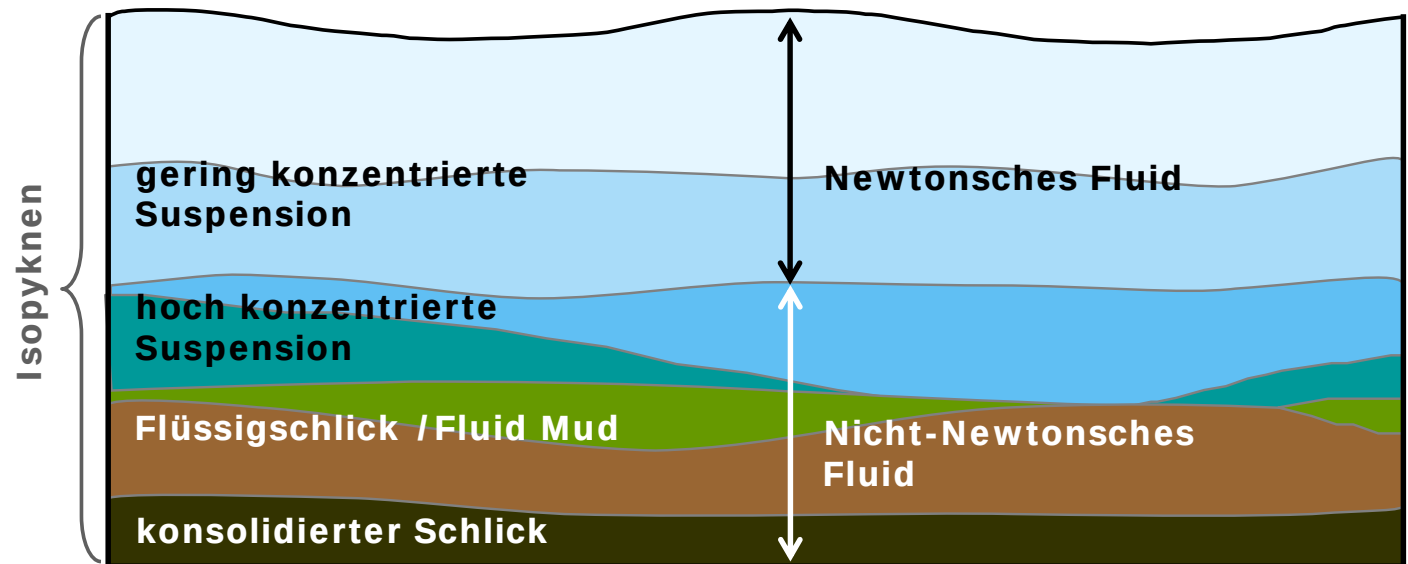
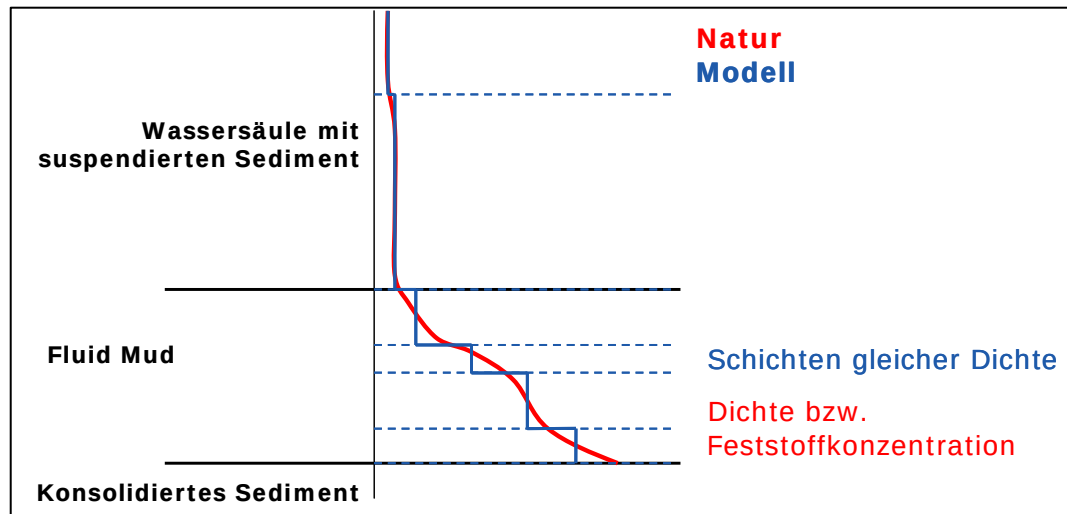
R. Wurpts: $\tau_y < 70 \text{ Pa}$



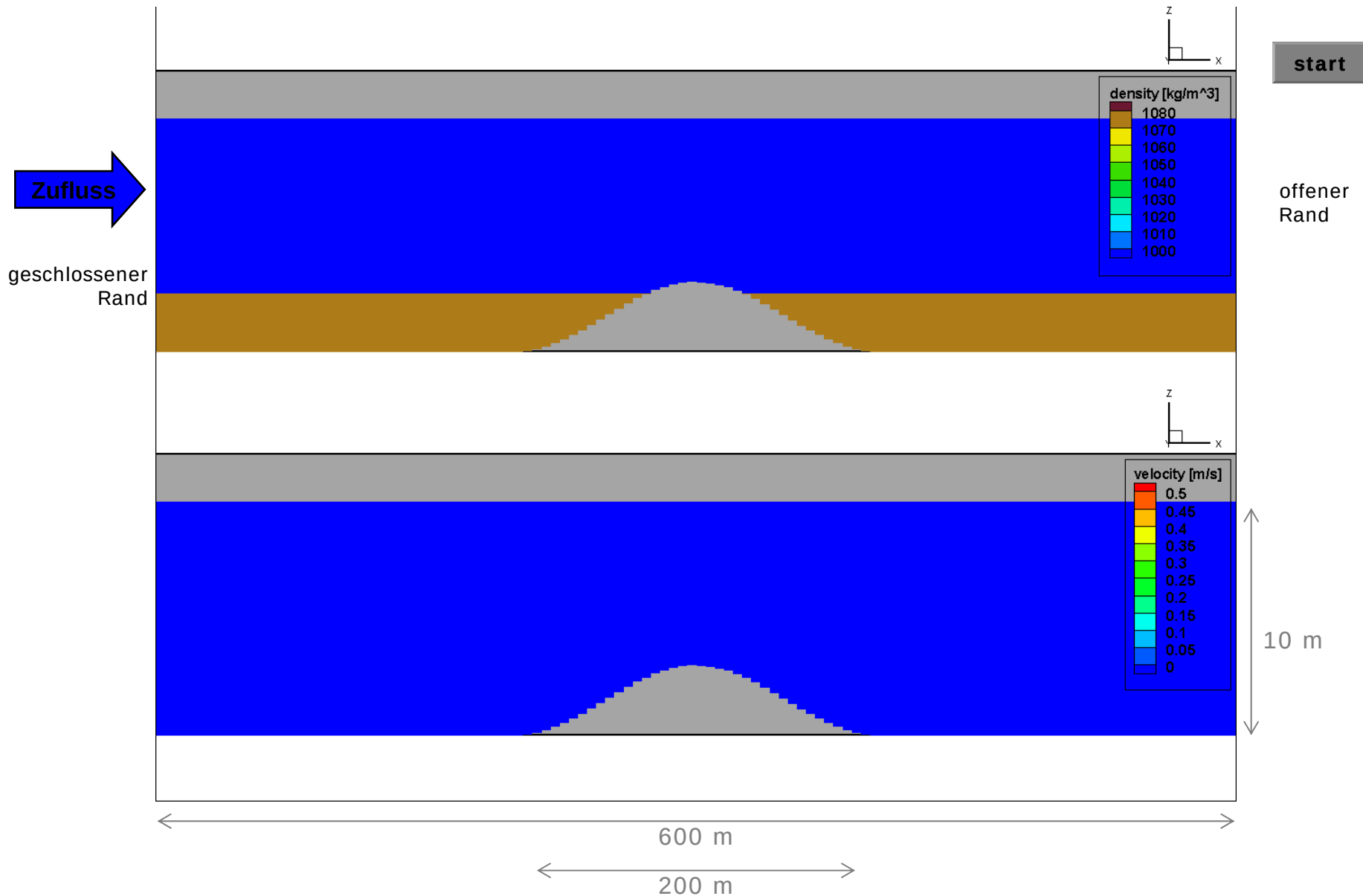
$$\tau_y = 7021 \text{ Pa} \phi^{4.245} < 70 \text{ Pa} \Rightarrow \phi < 0.33 \Rightarrow \rho < 1500 \text{ kg / m}^3$$



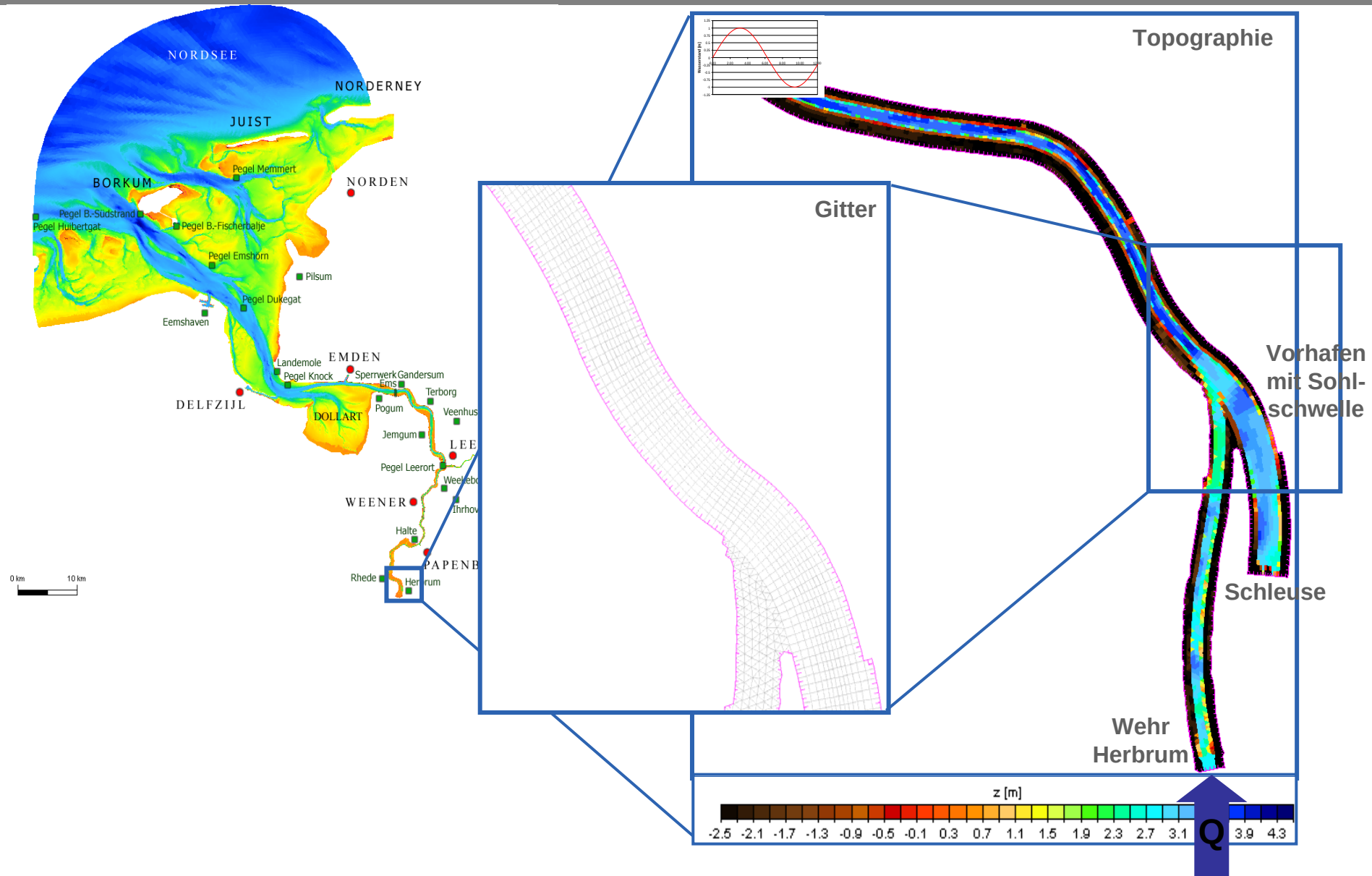
Isopyknisches numerisches Modell



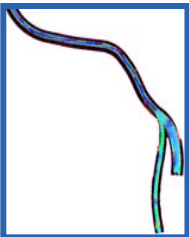
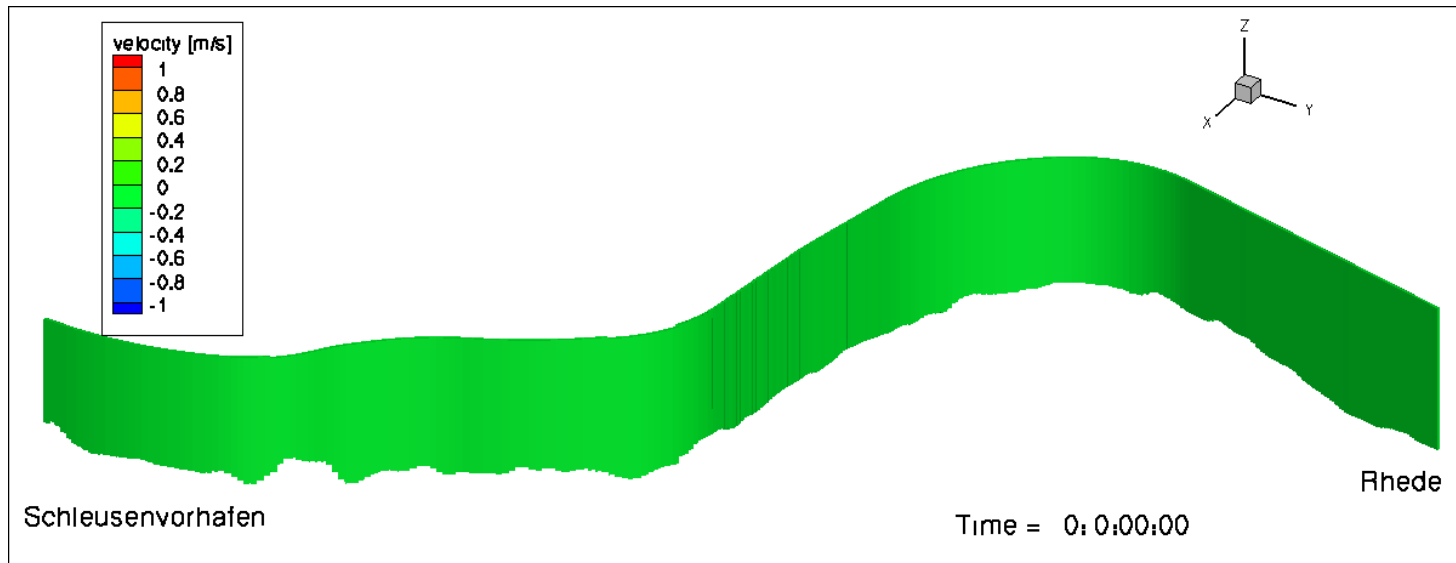
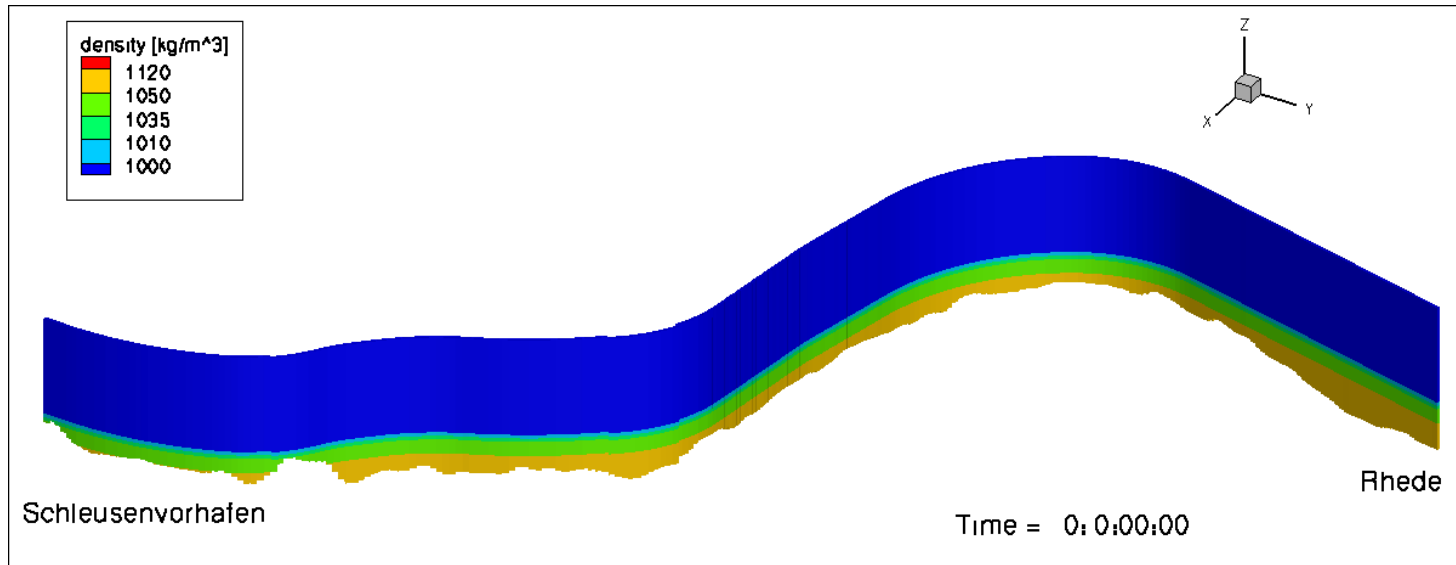
Mobilisierung von Fluid Mud an einer Sohlschwelle



Modellgebiet - Ausschnittsmodell

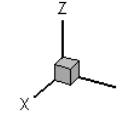
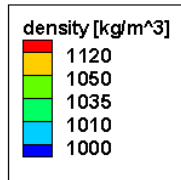


Simulation – Profil in 3D-Ansicht



Simulation – Profil in 3D-Ansicht

erhöhte Mobilisierung von Fluid Mud



start

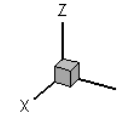
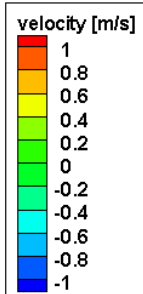
$Q = 45\text{m}^3/\text{s}$
am Wehr
Herbrum

Schleusenvorhafen

Time = 0: 0:00:00

Rhede

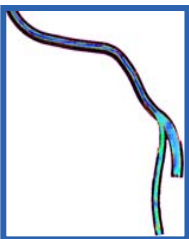
synthetische
Tidewelle
 $T_{hb} = 2\text{ m}$
Schlick-
schichten:
 $T_{hb} = 1\text{ m}$



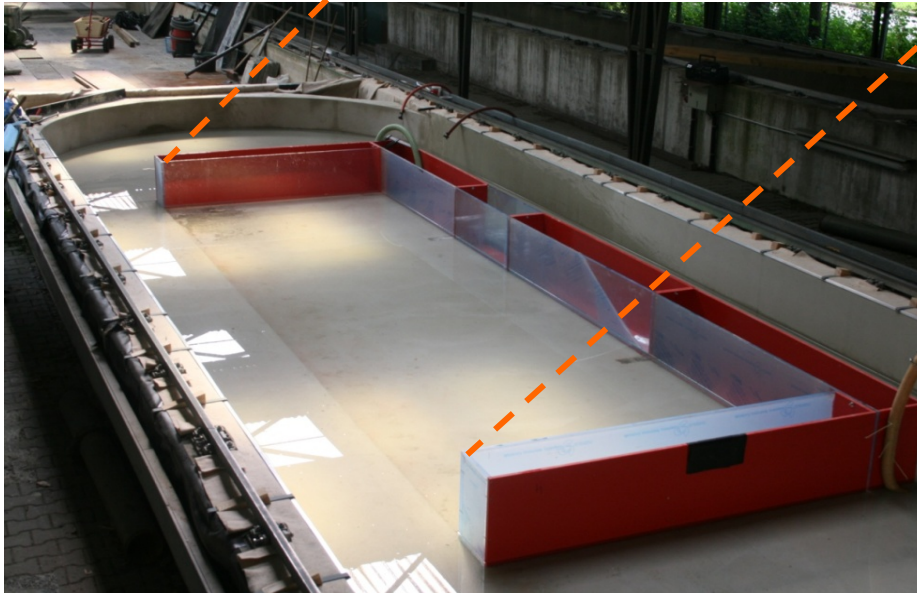
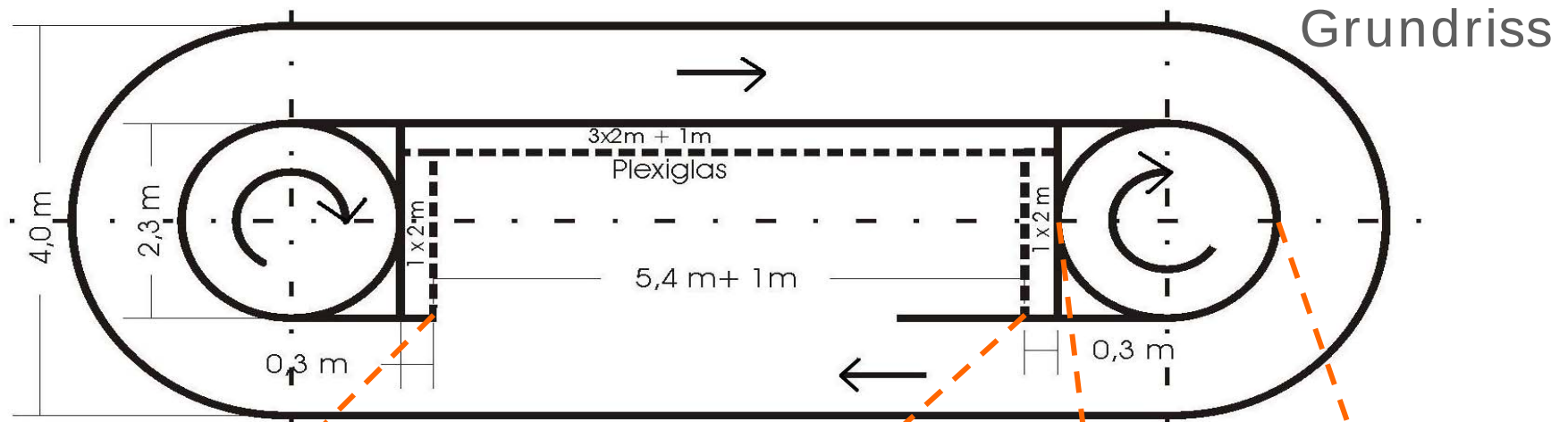
Schleusenvorhafen

Time = 0: 0:00:00

Rhede



Laborhafenmodell



Messtechnik

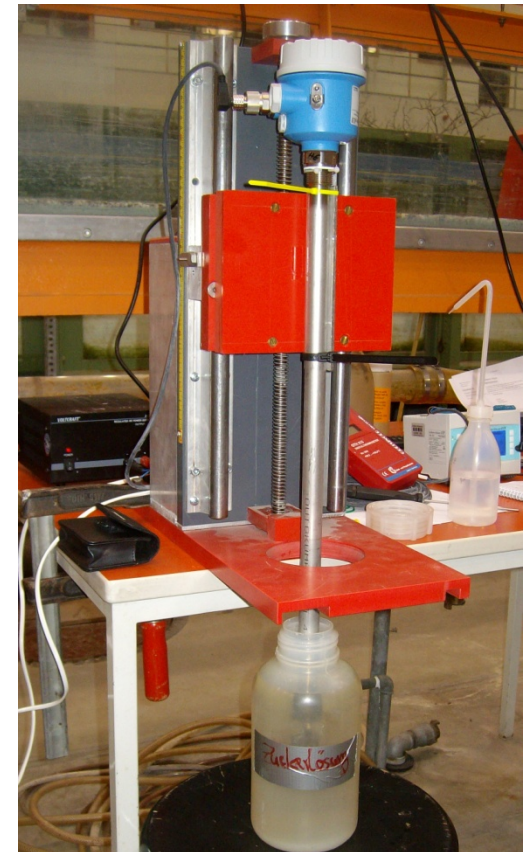
Strömungsmessung
ADV-Sonde (200 Hz)



Schwebstoffkonzentration
Trübungs-Sonde (BTG)

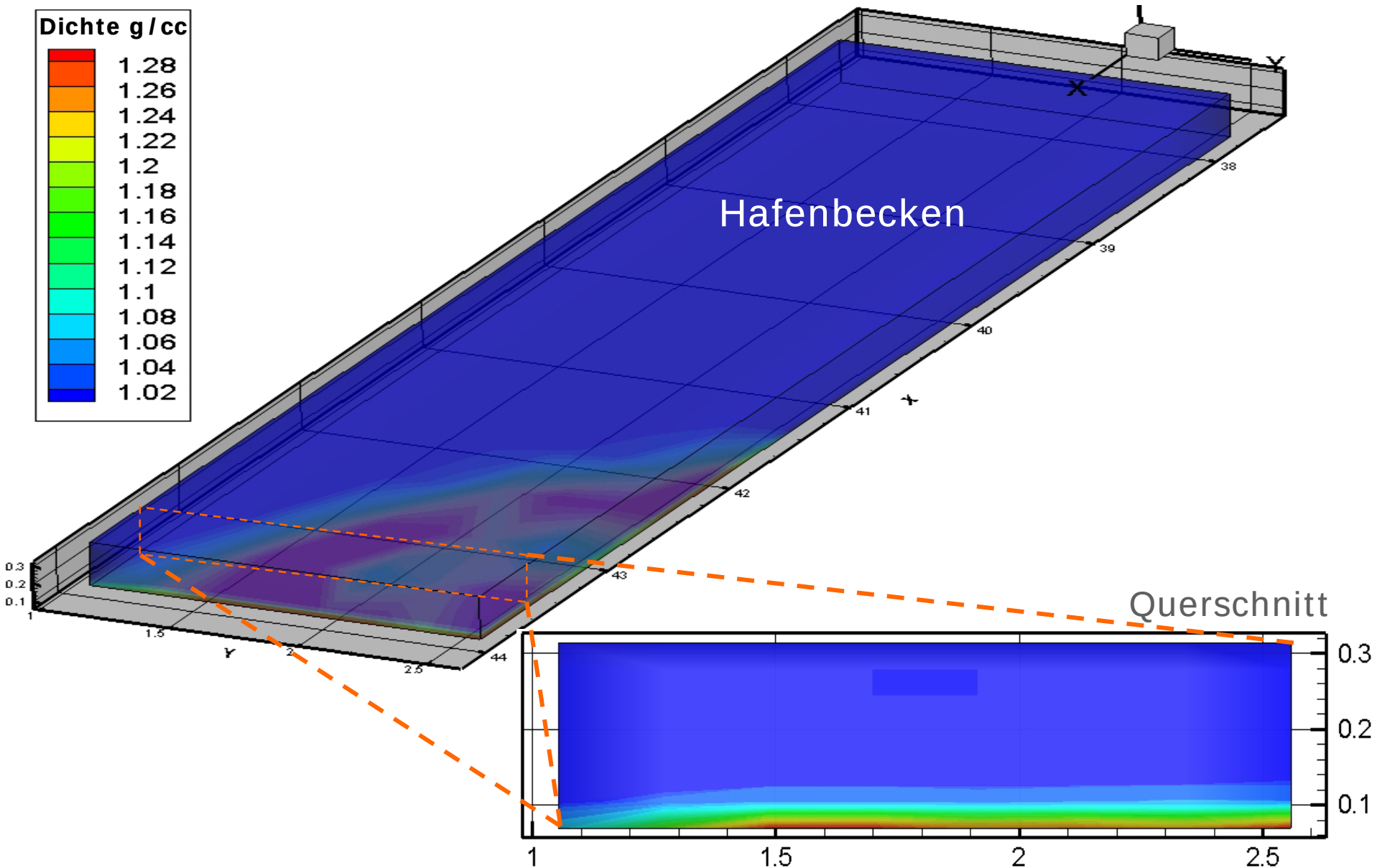


Dichtemessung
Dichtesonde (Liquiphant)
+ Probenahme



Erfassung von abgelagerten Material

Gemessene Dichteverteilung nach 5h

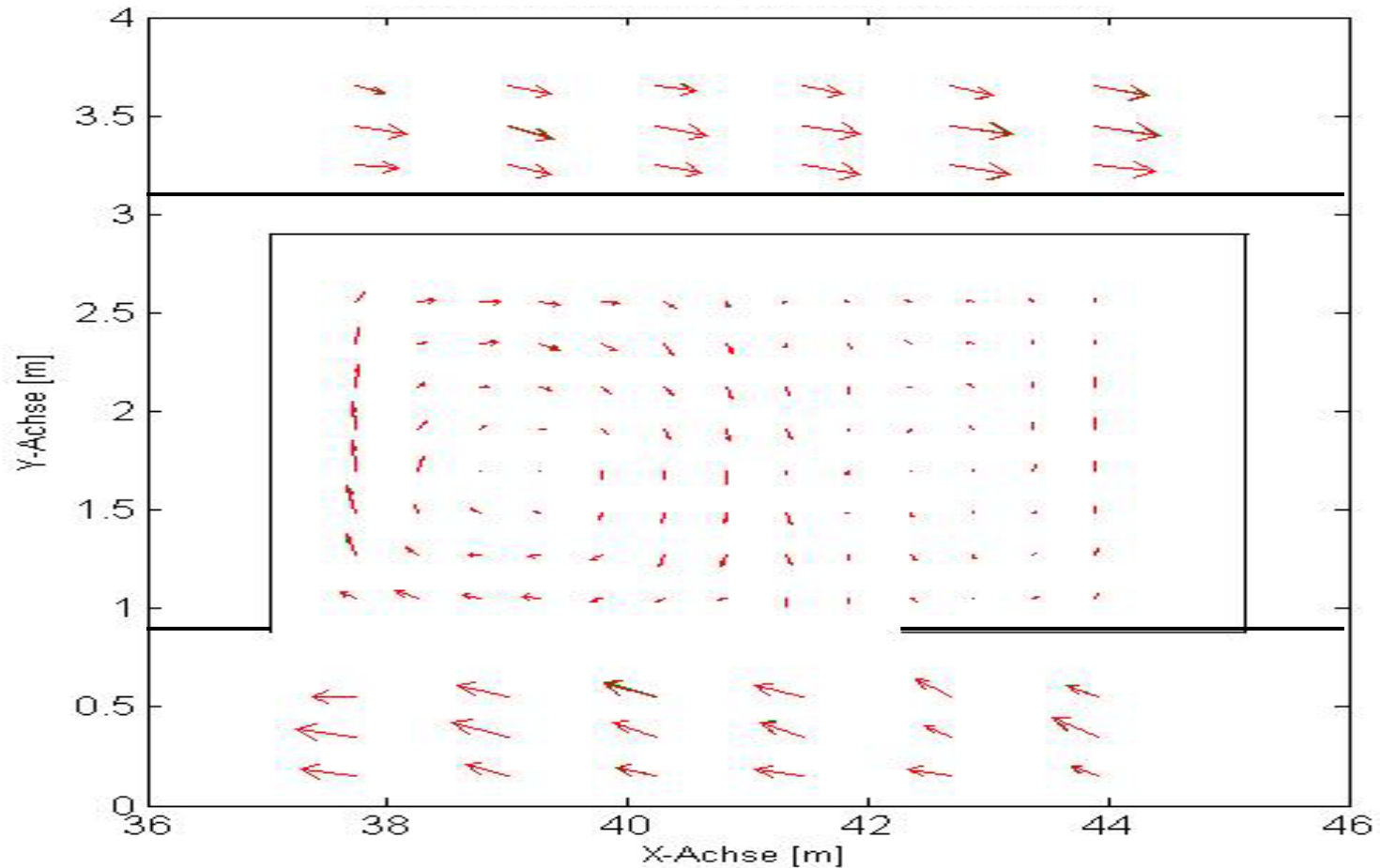


Strömung im Hafenbecken

Strömungsgeschwindigkeit

minimal $v = 0,0001 \text{ m/s}$

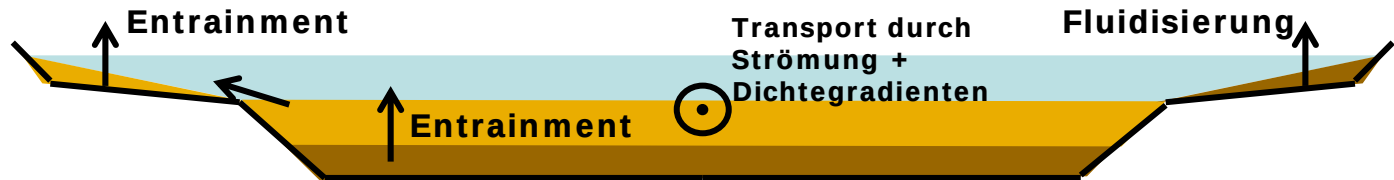
maximal $v = 0,1802 \text{ m/s}$



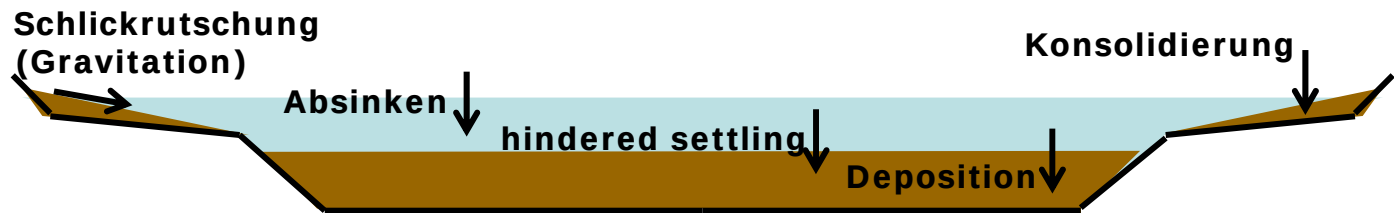
Schlickdynamik im Querschnitt

in Abhängigkeit von den Tidephasen

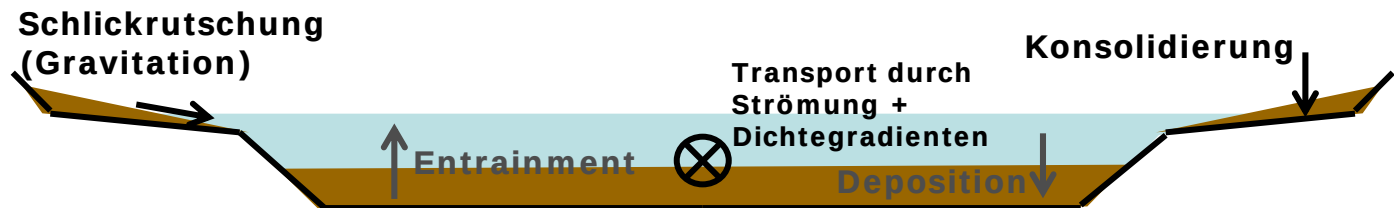
Flutströmung



Kenterung



Ebbeströmung



- mechanischer Einfluss (Schiffsbewegungen, schiffserzeugte Wellen)
→ Grundbruch, instabile Schichtung

Zusammenfassung

- Vorgehensmodell Schlickanalyse
- Isopyknisches Modell zur Flüssigschlickdynamik (Stand alone)
- Reproduktion der Prozesse Fließen, Fluidisierung, Konsolidierung, Schichtung und interne Wellen
- Kopplung zu Turbulenzmodellierung, Salzgehalt, Seegang fehlt
- Simulation der Schlickdynamik in der Ems
- Validierung am Hafenmodell



Ocean Dynamics

Volume 1 / 1948 - Volume 60 / 2010

A numerical model for simulation of fluid mud with different rheological behaviors

Denise Knoch and Andreas Malcherek

Online First™, 5 October 2010

http://www.springerlink.com/content/1616-7341/preprint/?sort=p_OnlineDate&sortorder=desc

Ausblick

- Einbindung der Flüssigschlick-Simulationstechnik in die BAW-Modellfamilie
- Anwendung auf das Weser-Ästuar
- Weiterentwicklung des Emsmodells
- Veröffentlichungen: Abschlussbericht, Die Küste

