

CFD-basierte Vorhersage der Auskolkungsvorgänge bei den Forschungsplattformen FINO1 und FINO3

*Dr. Ing. Kai Graf
M. Eng. Janek Meyer
Fachhochschule Kiel*

Gliederung

- Definition Kolk und Auskolkungsvorgänge
- Besonderheiten FINO1 und FINO3
- Ansatz für die rechnerische Vorhersage
- URANS Strömungssimulation
- Feld-Messkampagne zur Validierung
- Ergebnisse
- Schlussbemerkung

Kolk und Auskolkungsvorgänge

Kolk: Auswaschen des Meeresbodens

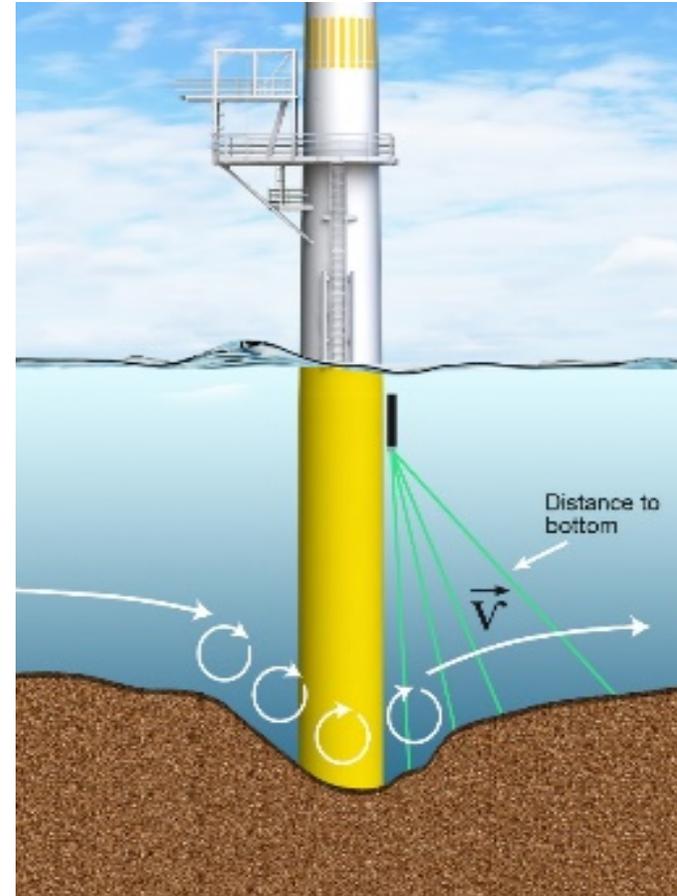
im Nahfeld einer Offshore-Anlagen-Gründung.

Kolkvorgänge sind Kostentreiber

bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen.

Ziel des Projektes: Vorhersage

der Auskolkungsvorgänge



Besonderheit FINO1 und FINO3

FINO1: 4-Bein-Jacket mit Mudplate, Auskolkung unter der Mudplate ca. 2m

FINO3: Monopile Durchmesser 4.75m am Meeresboden, sehr geringe Auskolkung



Ansatz für die rechnerische Vorhersage

▪ URANS-Strömungssimulation

- Lösen der instationären zeitgemittelten Navier-Stokes-Gleichungen
- Berücksichtigung der freien Wasseroberfläche und Oberflächenwellen (Seegang)
- Berücksichtigung des Sediments als zusätzliche Phase
- Finite Volumen Lösungsverfahren

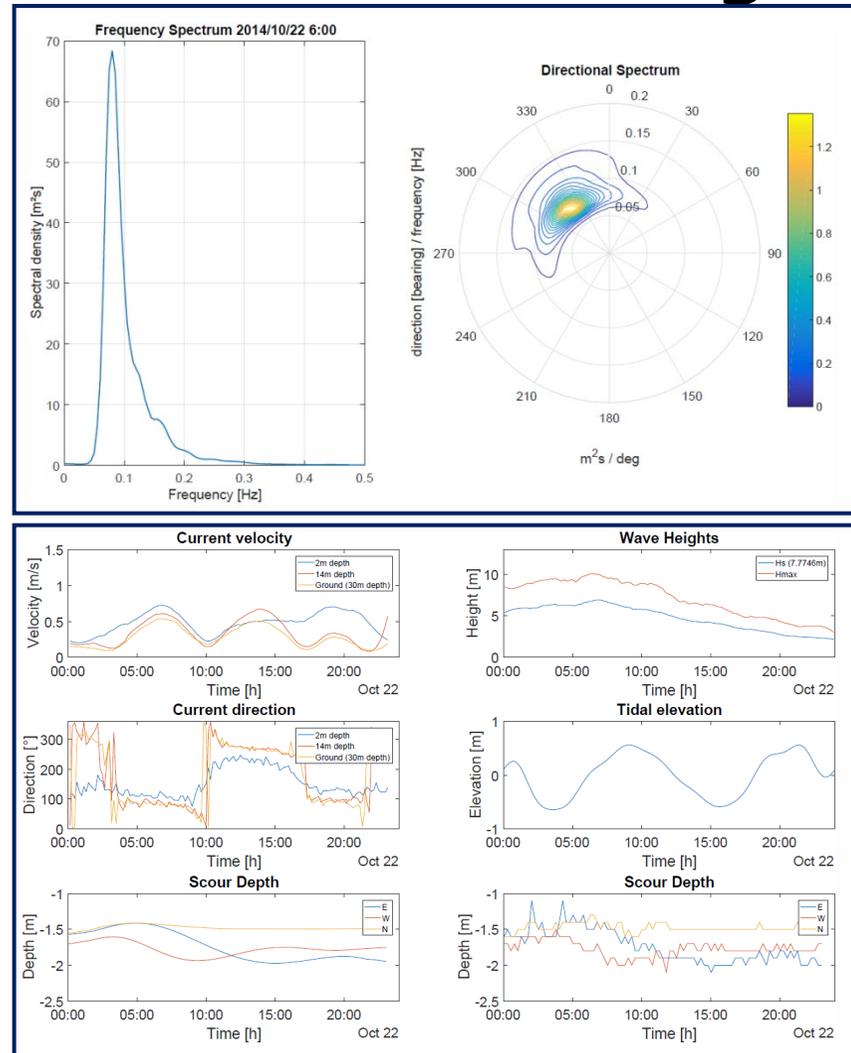
▪ 3-Phasen-Fluid mit *Volume of Fluid* – Ansatz

URANS-Simulationen

- **Eigenentwicklung auf der Basis des Frameworks *OpenFOAM* ©**
- *Instationäre räumliche Strömungen, finite Volumen Verfahren, Wirbelviskositätsansatz und $k-\omega$ -SST Turbulenzmodell*
- Mehrphasenmodell mit *Volume-of-Fluid*-Ansatz
- Verbesserung der Behandlung freier Oberflächen (Wellenbildung)
 - *Implementierung neuer Diskretisierungsschemata für den konvektiven Term der VOF-Gleichung (BICS/BRICS)*
 - *Skalierungsfreies Wellendämpfungsverfahren*
 - *Druckrekonstruktion*
- *Bingham-Methode für die Berücksichtigung von Sediment*
 - *Sediment -> hochviskoses Fluid*
 - *Pseudo-Wandfunktion am Wasser-Sediment-Interface*
- *Diskretisierungsgitter mit ca. 3.5 - 10 Mio. Gitterzellen*
 - *Compute-Cluster-Erweiterung*

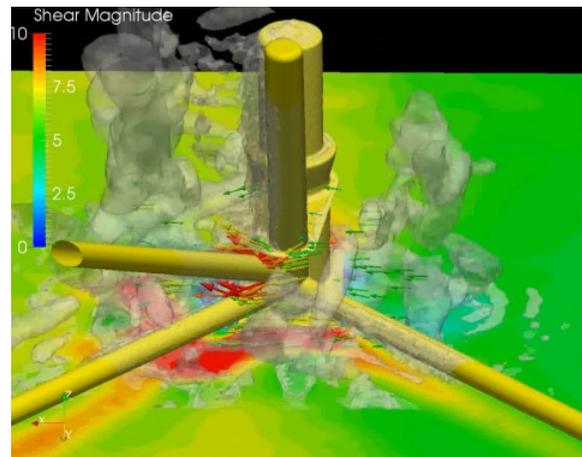
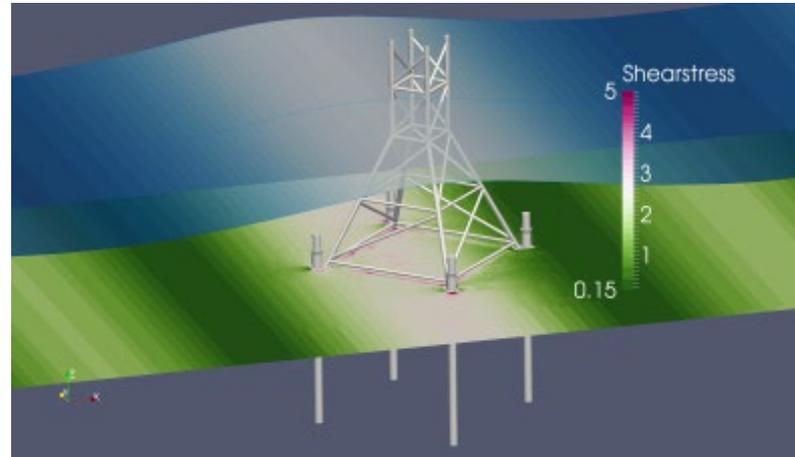
Feld-Messkampagne zur Validierung

- Messtechnische Erhebung von Umwelteinflüssen bei FINO1 und FINO3
 - Wellenspektrum (Wellenhöhe, Periode und Laufrichtung)
 - Strömung / Tide
- Kolk-Monitoring
- Ziel: Ermittlung der Korrelation



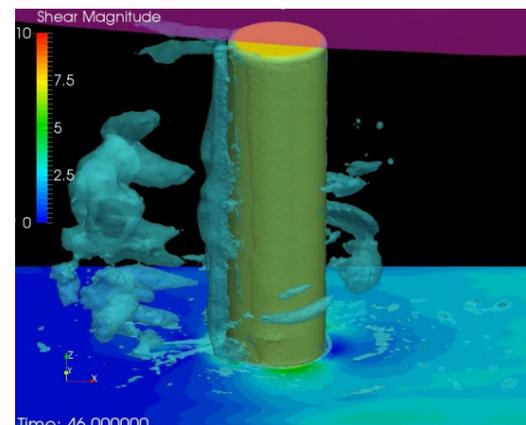
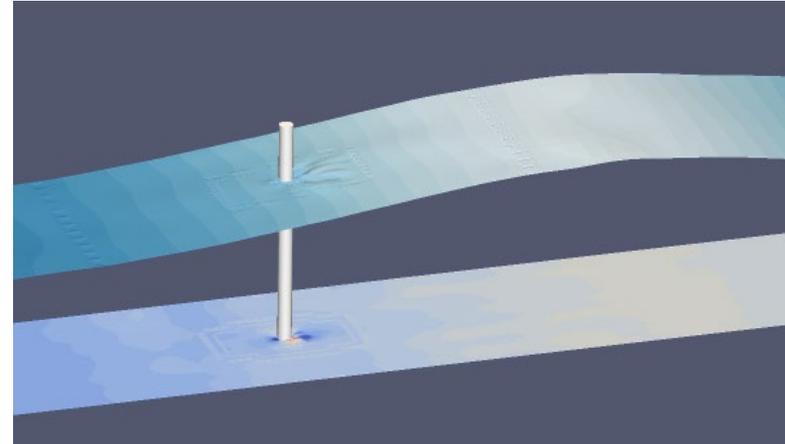
Ergebnisse FINO1: Schubspannungen am Gewässerboden

- Welleninduzierte Bodenschubspannungen
- Bodenschubspannung und Q-Kriterium



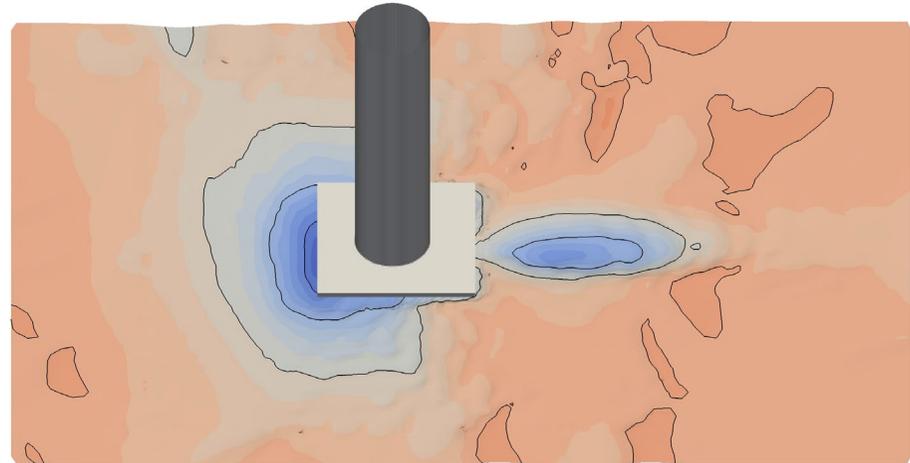
Ergebnisse FINO3: Schubspannungen am Gewässerboden

- Welleninduzierte Bodenschubspannungen
- Bodenschubspannung und Q-Kriterium



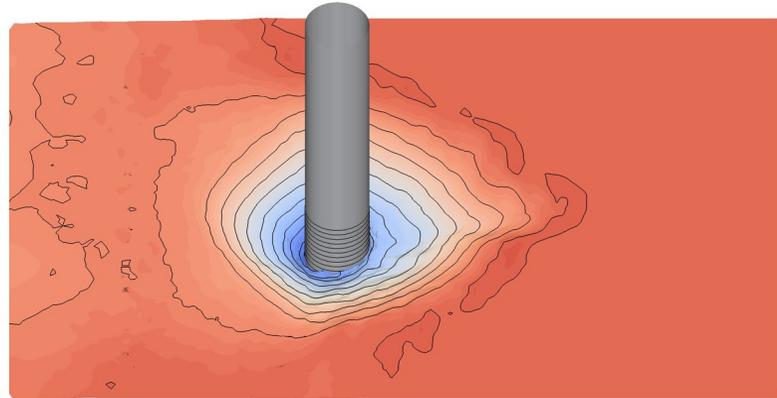
Ergebnisse FINO1: Auskolkung Jacket-Bein mit Mudplate

- Auskolkung durch konstante Anströmung
- $\approx 2\text{m}$
- Ca. 500 s Simulationszeit



Ergebnisse FINO3: Auskolkung Monopile ohne Mudplate

- Auskolkung durch konstante Anströmung
- $\approx 2\text{m}$
- Ca. 500 s Simulationszeit



Dieses Resultat widerspricht der aktuellen Beobachtung an FINO3

Ergebnisse Zusammenfassung

- Messkampagne FINO1
 - Wetter-Event-Auswertung
 - Seegang erzeugt Auskolkung, aber auch Backwashing.
 - Konstante Strömung erzeugt Kolk
 - Nachhaltige Auskolkung durch Kombination.
- Simulationen
 - Keine Auskolkung durch harmonischen Seegang.
 - Auskolkung durch konstante Strömung.
 - Auskolkung tritt mit und ohne Mudplate auf.

Fazit

- Die Wettersensorik an beiden Plattformen ist geeignet, Kolkvorgänge zu beobachten und zu analysieren
- Kolk wird durch eine Kombination von Mobilisierung durch Seegang und konstanter (Tiden-)Strömung erzeugt
- Grad der Auskolkung skaliert mit dem Durchmesser
- Simulationen:
 - 3-Phasen-Strömungsmodell ist geeignet, Kolkvorgänge zu simulieren
 - Der Grad der Auskolkung wird nicht zuverlässig vorhergesagt.

Dieses Untersuchungsvorhaben wurde gefördert vom

**Ministerium für Energiewende, Landwirtschaft, Umwelt,
Natur und Digitalisierung**

Im Rahmen des Vorhabens wurde eine kooperative Promotion in Zusammenarbeit mit der *Christian Albrecht Universität* Kiel angefertigt.