

Wedel

Wasserbauliche Untersuchung der hydrodynamischen Verhältnisse im Bereich des Schulauer Hafens, des Anlegers am Willkomm-Höft sowie im Bereich des Strandbads Wedel

Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle, Roland Hesse M.Sc.
Institut für Wasserbau IWB
Technische Universität Hamburg TUHH

Fragestellungen

Welche Ursachen führen zur ...

- a) Erosion im Bereich des Strandbads Wedel ? (Messung in der Natur)
- b) Verlandung des Stadthafens Wedel / Schulauer Hafen ? (2D-HN-Modell)
- c) Verlandung im Bereich des Anlegers „Willkomm-Höft“ beim Schulauer Fährhaus ? (3D-VOF-Modell)



Inhalt

▪ Fragestellung

Messungen:

- **Erosion im Bereich des Strandbads (Messung in der Natur)**
 - Übersicht
 - Mögliche Ursachen der Erosion
 - Ausgewählte Ergebnisse
 - Fazit → Lösungsvorschlag

Modellierung:

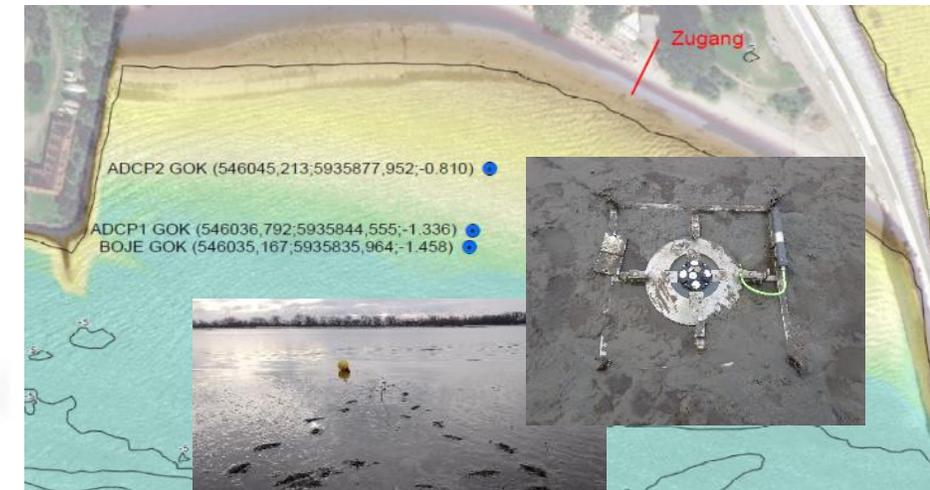
- **Verlandung des Stadthafens (2D-HN-Modell)**
 - Übersicht
 - Modellaufbau
 - Ausgewählte Ergebnisse
 - Sedimentdargebot Elbe
 - Fazit → Lösungsvorschlag
- **Verlandung im Bereich Willkomm-Höft (3D-VOF-Modell)**
 - Übersicht
 - Modellaufbau
 - Ausgewählte Ergebnisse
 - Fazit → Lösungsvorschlag

Messungen : a) Erosion im Bereich des Strandbads

➤ Beobachtete Erosion im Strandbad

- **Untersuchung auf Grundlage von Messungen**
 - ADCP- und Druckmessungen
 - Messprogramm über 4 Monate (Winter 2018/19)
 - Auswertung für verschiedene Einflussfaktoren
 - Potentielle Bedeutung für Erosion

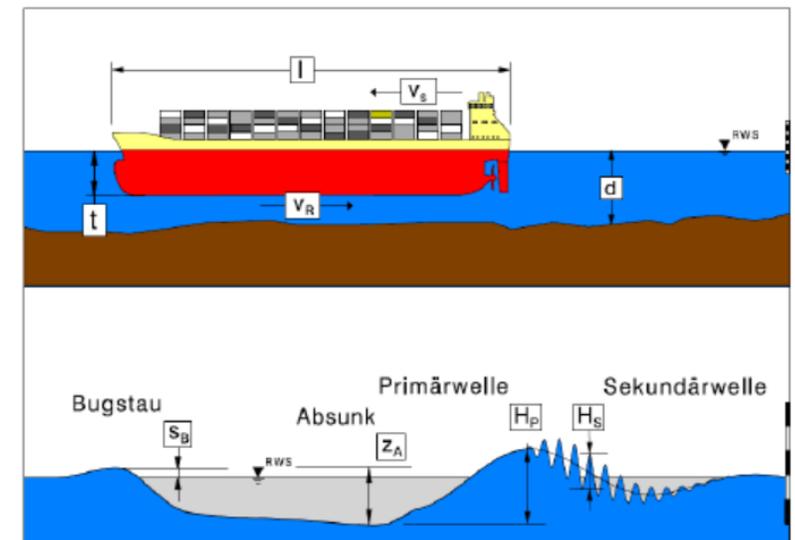
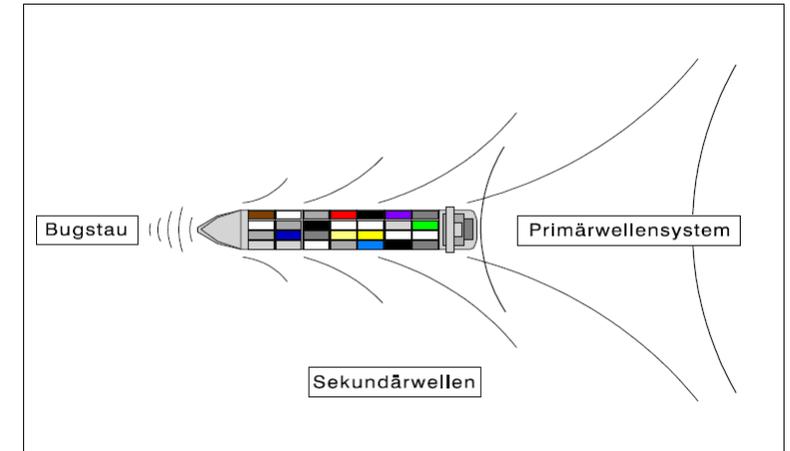
- **Auswertung von Vermessungen der Topographie / Bathymetrie**



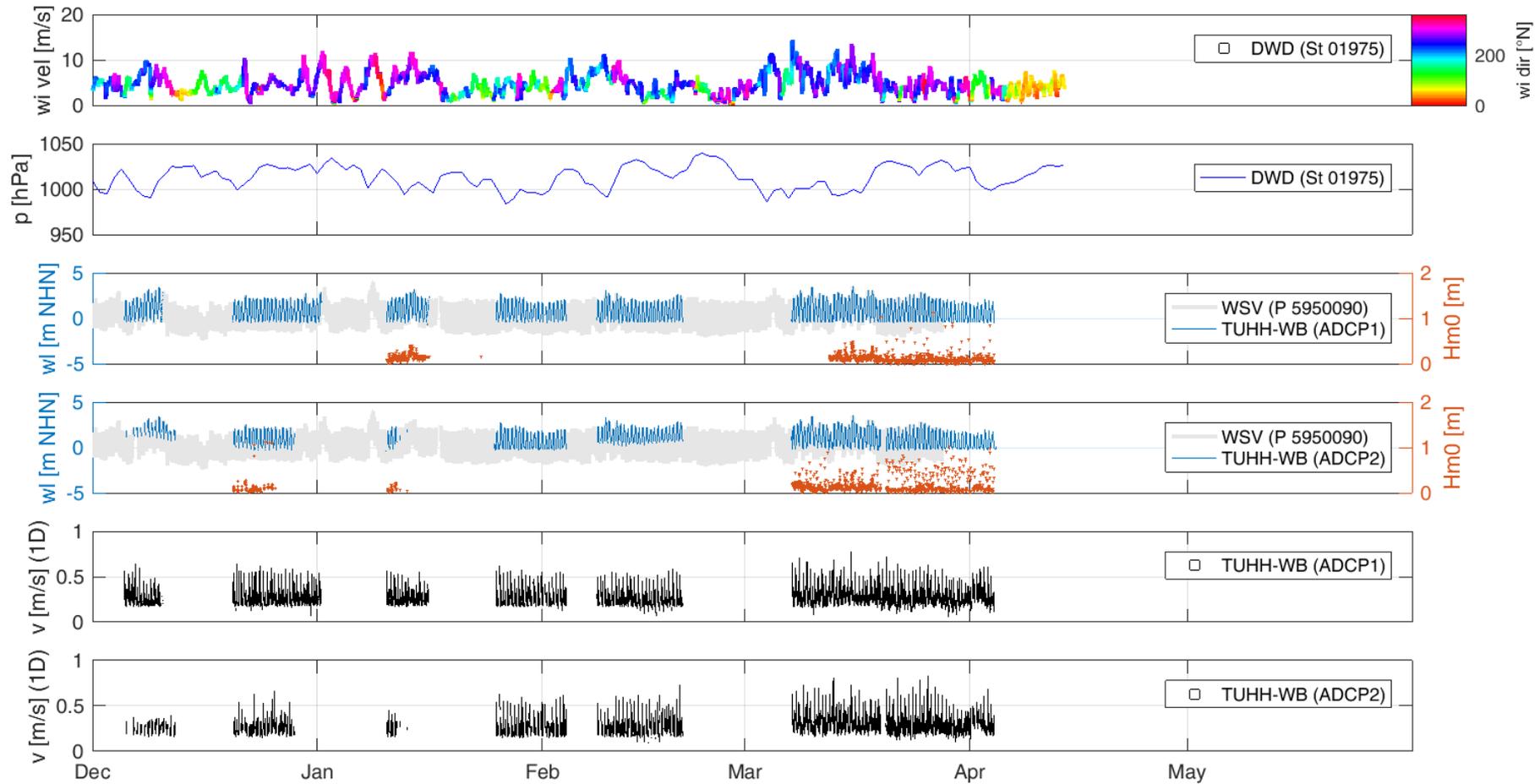
Messungen: **potentielle Erosionsursachen**

- **Strömungen durch Wellen (→ kritische Geschwindigkeiten)**
 - Windwellen ($T \approx 2...4 \text{ s}$)
 - Schiffsinduzierte Wellen
 - Sekundärwellen ($T \approx 3 \text{ s}$)
 - Primärwellen ($T \approx 3 \text{ min}$)
 - Tide(-welle) ($T = 12,25 \text{ h}$)
- } → **Unterschiedliche Perioden**
→ Auswertung durch Filter
- **Weitere lokale Effekte (untergeordnete Bedeutung)**
 - Ablaufendes Hochwasser
 - Störfaktoren (Altes Deckwerk, Bauwerke, etc.)
 - Wind

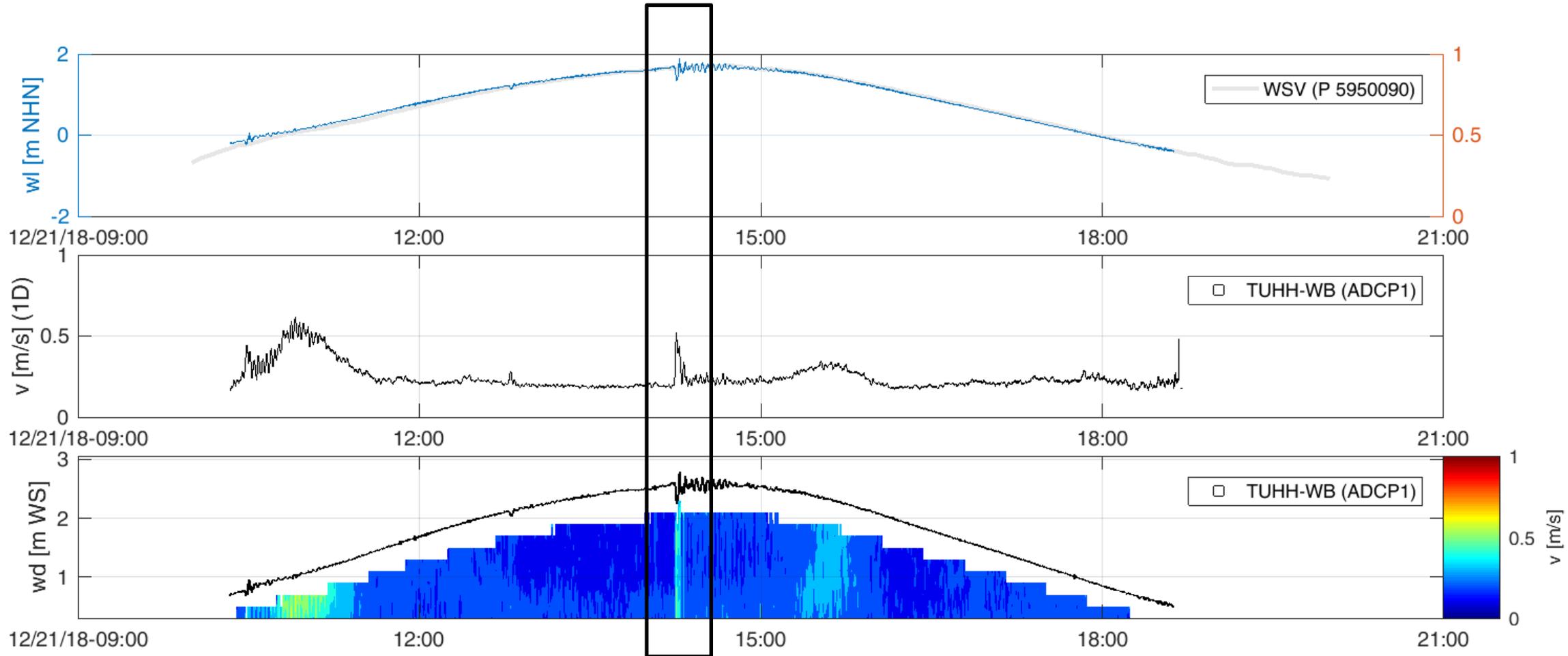
Definition von Schiffswellen:



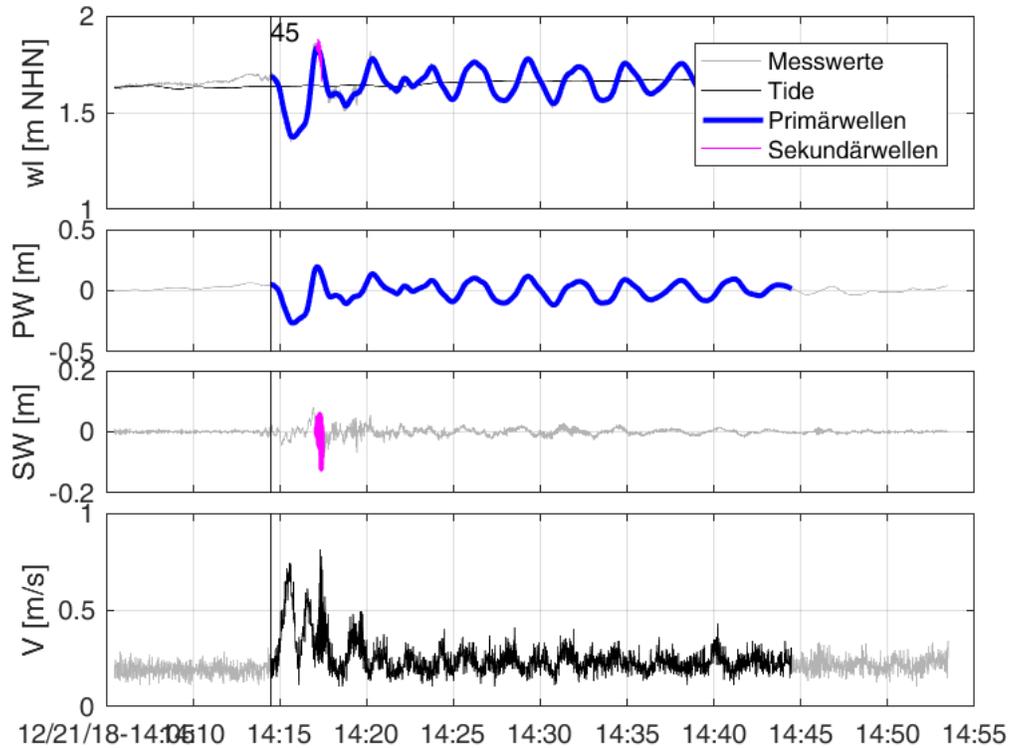
Messungen: Übersicht gesamter Messzeitraum (Dez. 2018 – Mär. 2019)



Messungen: Ausschnitt 21.12.018 (1 Tide)



Messungen: Schiffereignis: Primär (PW)- und Sekundärwellen (SW) am Beispiel der Passage eines Containerschiffs



→ insgesamt wurden 465 (ADCP1) bzw. 379 (ADCP2) vergleichbare Ereignisse identifiziert



14:12: Schiffspassage



14:15: Erster Absenk (Primärwelle)

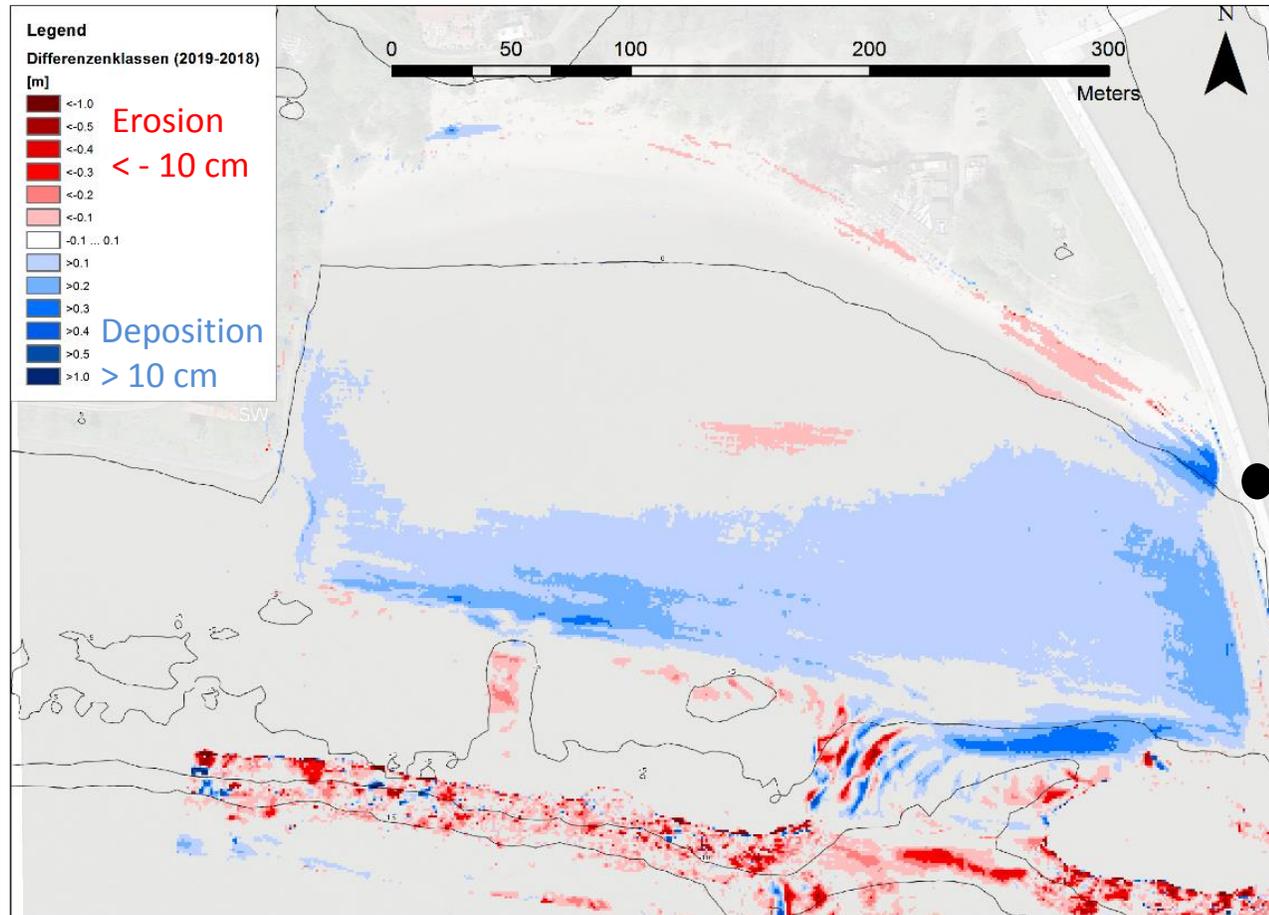


14:16: Erster Scheitel (Primärwelle)



14:18: Sekundärwellen

Messungen: **Vergleich topografische Änderung** (Vermessung: 13./16.05.2019 und 03./12.12.2018)



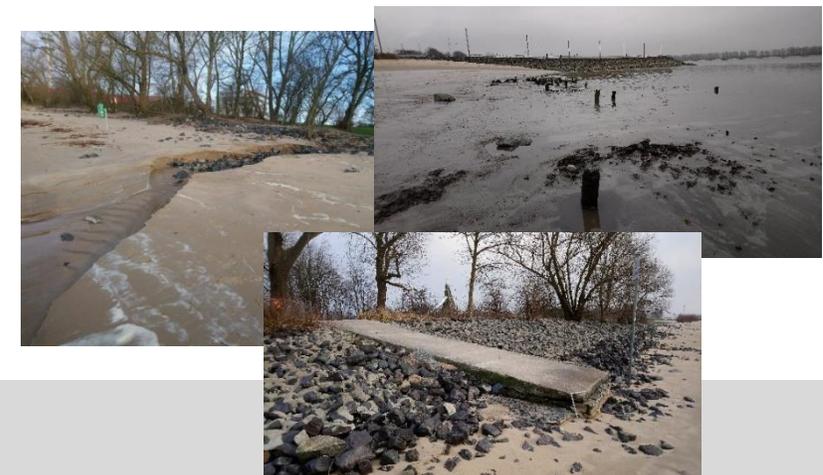
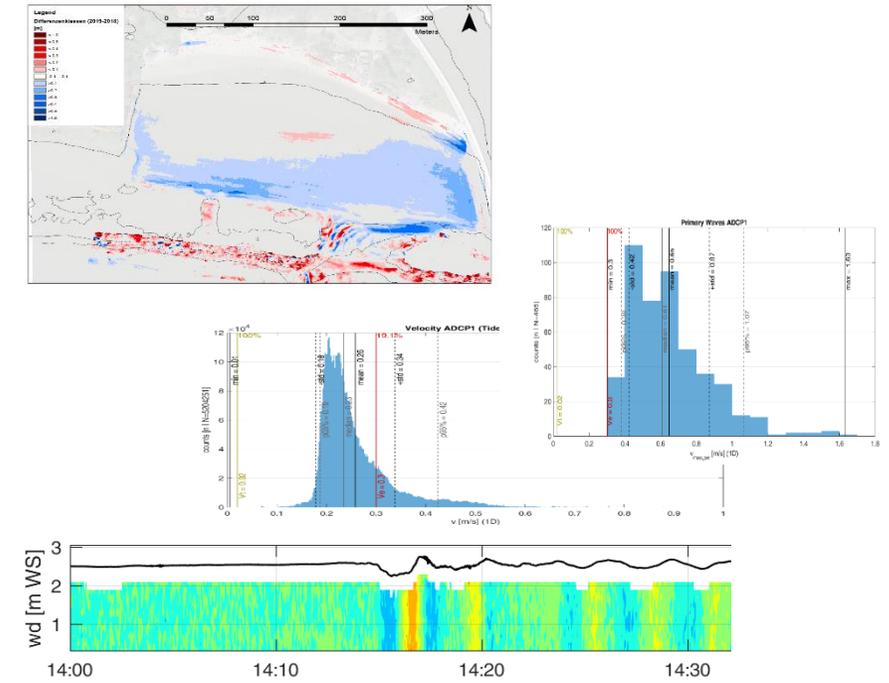
[Peilung & Datenquelle: Vermessungsbüro Nicola; Auswertung IWB-TUHH]

[Fotos: IWB-TUHH 2018/19]

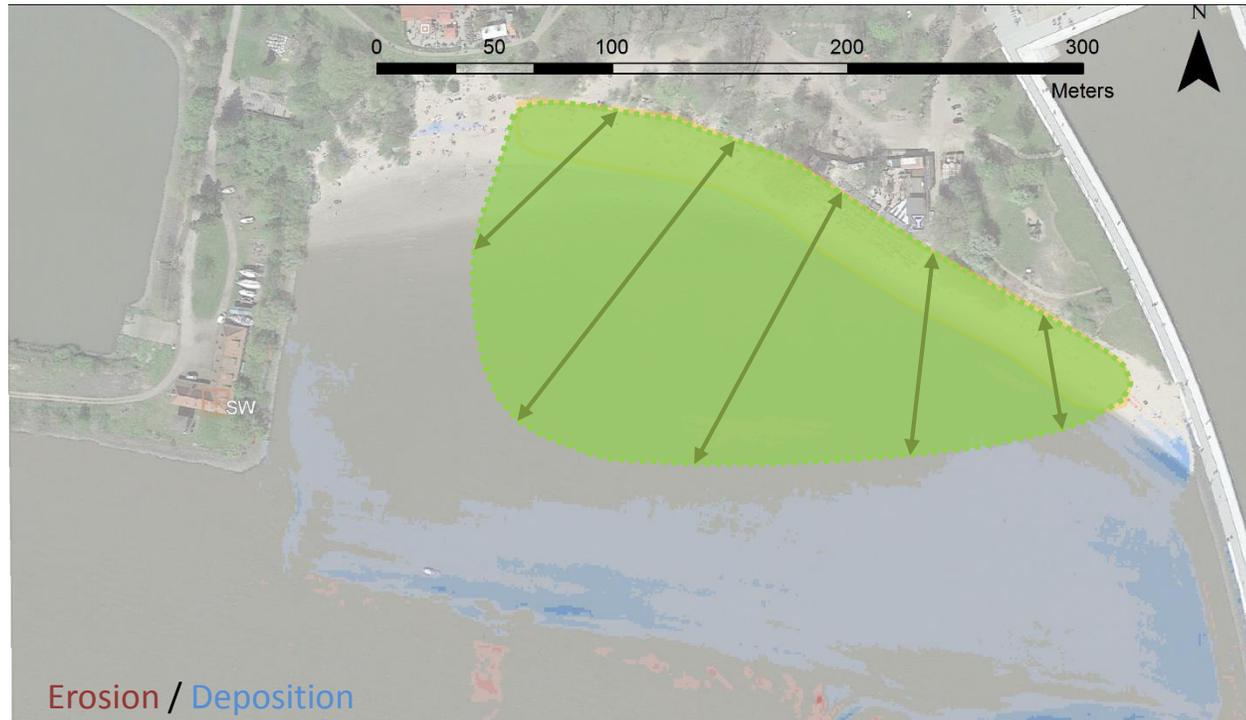
Messungen: Fazit

- Nur in bestimmten Bereichen des Strandbades findet Erosion statt.
- Ursachen für Erosion:
 - Höhere Tideströmungen
 - Schiffswellenereignisse
- Für Schiffswellen ergibt sich zudem ein schneller Wechsel der Strömungsrichtung
- Windwellen werden aufgrund der auftretenden geringen Wellenhöhen als nicht relevant angesehen
- Weitere lokale Ursachen (untergeordnet)
 - Lokale Störfaktoren (Altes Deckwerk, Pfosten)
 - Ablaufendes Wasser nach sehr hohen Wasserständen
 - Wind (direkte Einwirkung)

→ Lösungsvorschlag: großflächige Vorspülung / ggf. Depotvorspülung



Messungen: Technischer Lösungsvorschlag



[Luftbild: Google Earth; Datenquelle Peilung & : Vermessungsbüro Nicola]



- **Sandvorspülung:**
 - Großflächige Vorspülung deutlich vor dem Strand
 - Flaches Profil
 - Nicht nur lokal entlang des Strandes
- Alternative: Wellenschutz (sehr aufwendig)
- **Empfehlung:**
 - Wiederholte Vermessung
 - Beobachtung langfristige Entwicklung

2D-HN-Modell: b) Verlandung des Stadthafens Wedel

➤ Sedimentation im Hafenbecken

- **Untersuchung mit numerischem 2D-Modell**

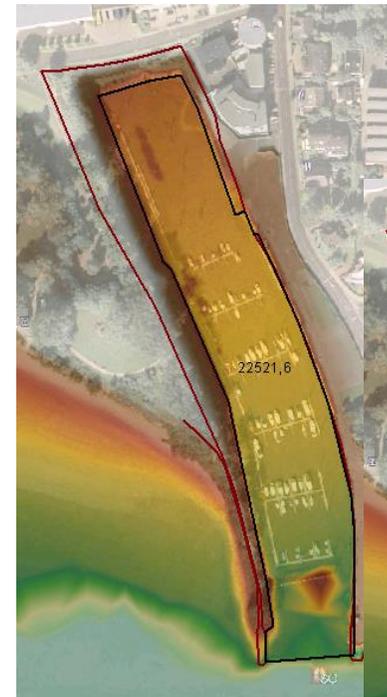
- Modellaufbau/ Anpassung
- Untersuchung für repräsentativen Zeitraum
 - Validierter Zustand 2006 (alter Zustand)
 - 1 Monat (Okt 2006) → Nipp-Spring-Zyklus
 - Zustände
 - 2006
 - 2016

→ **Bewertung der lokalen Strömungsbedingungen**

- **Zusätzlich Betrachtung: Sedimentdargebot Elbe**

→ **Potentielle Erklärungsansätze für Verlandung**

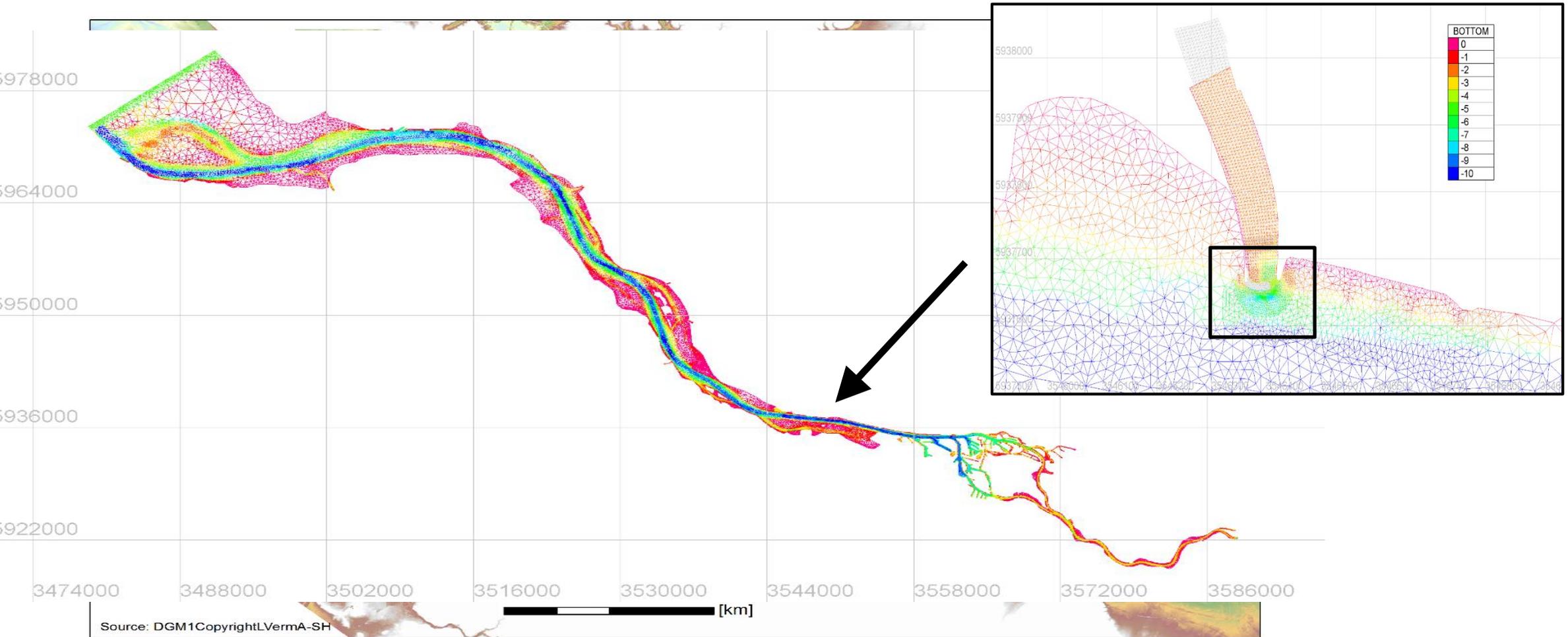
vor 2015 (2006)



seit 2015 (2016)

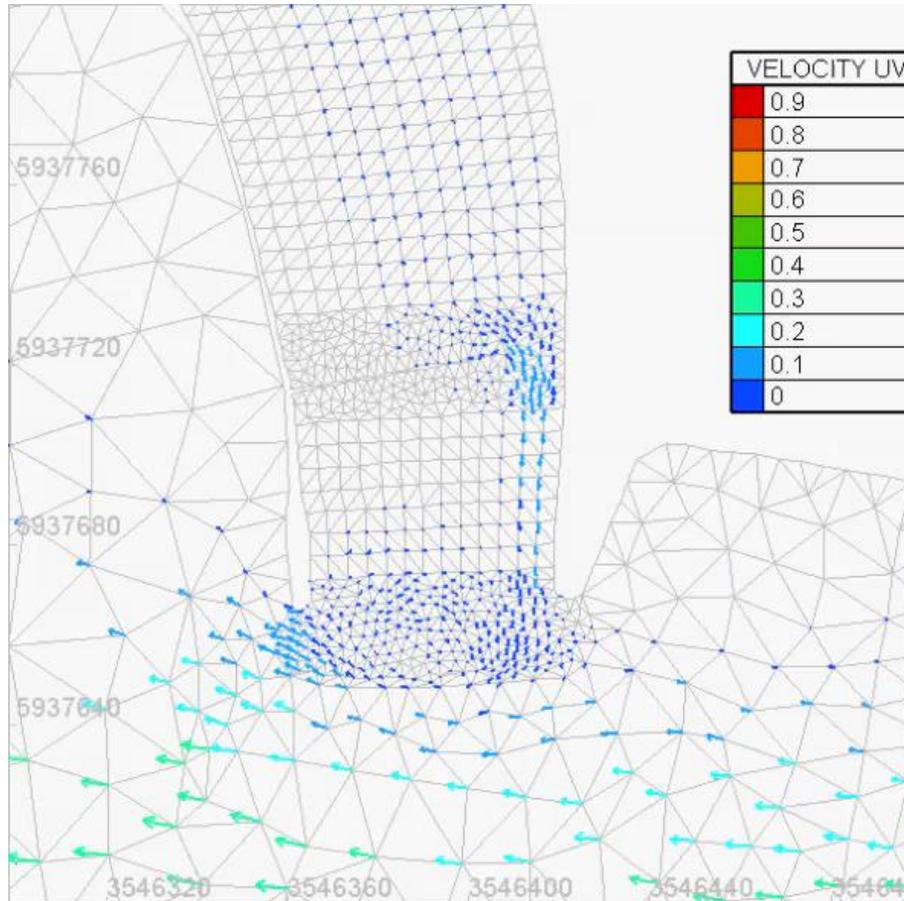


2D-HN-Modell: Ausdehnung und Rechengitter des Elbemodels des IWB

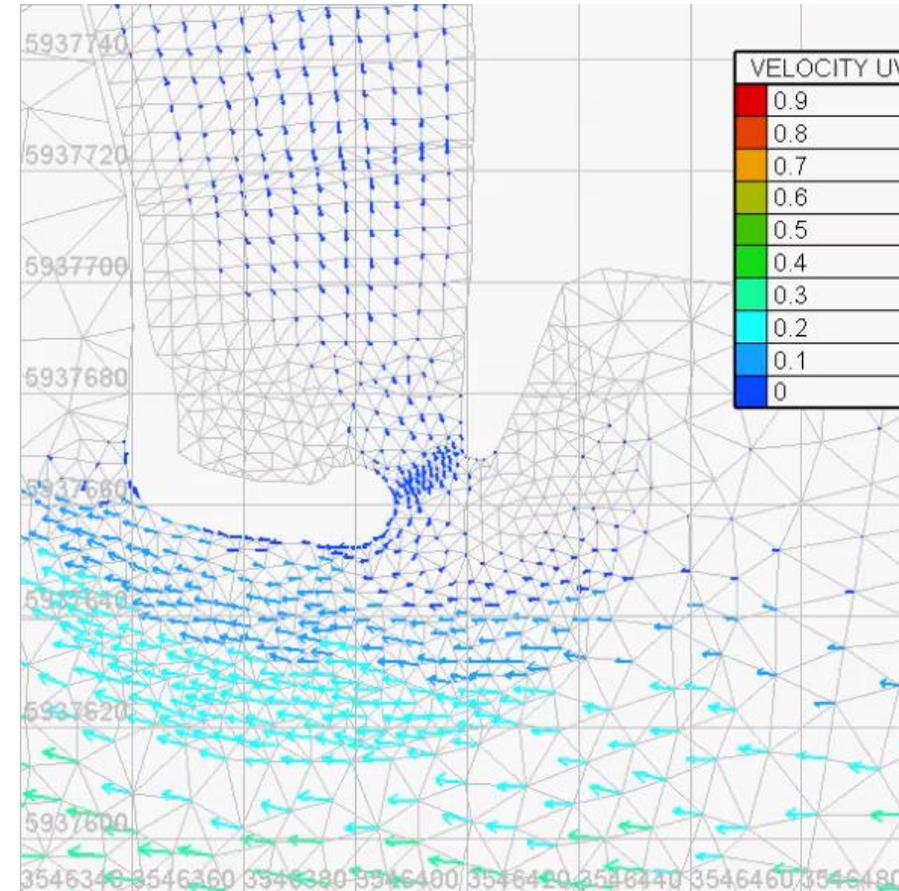


2D-HN-Modell: Strömungsfeld für Tideströmungen

Zustand 2006



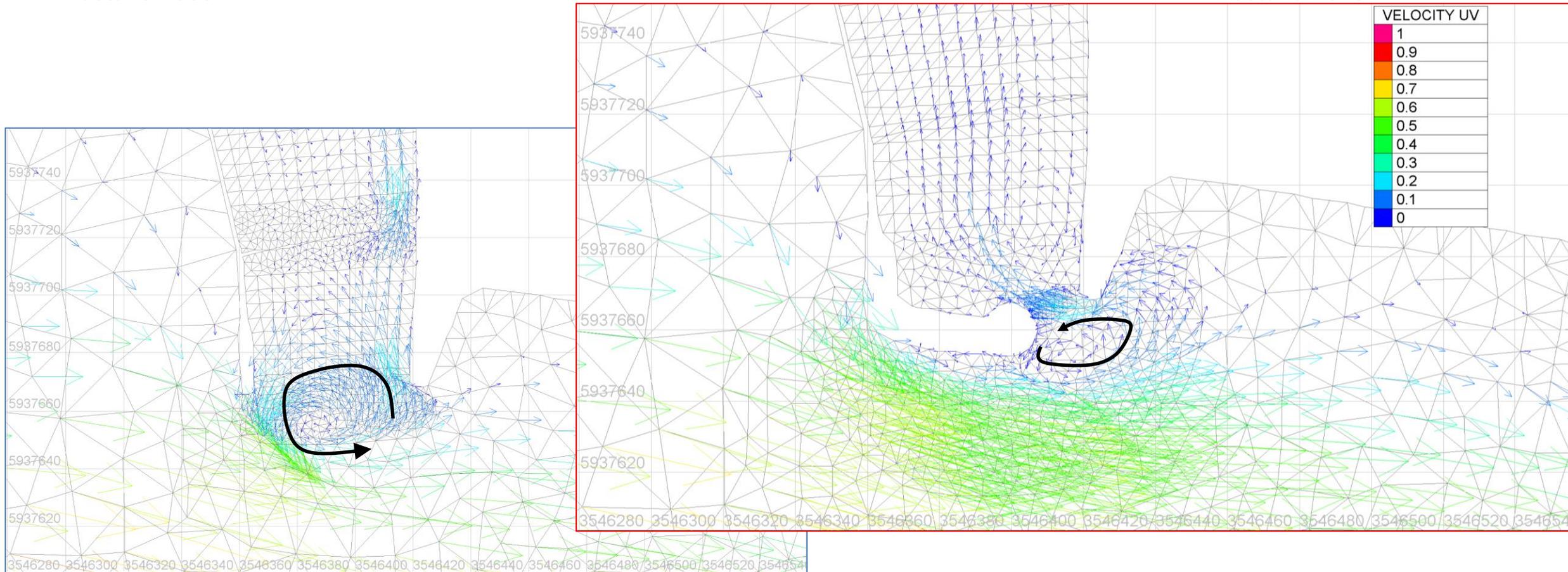
Zustand 2016



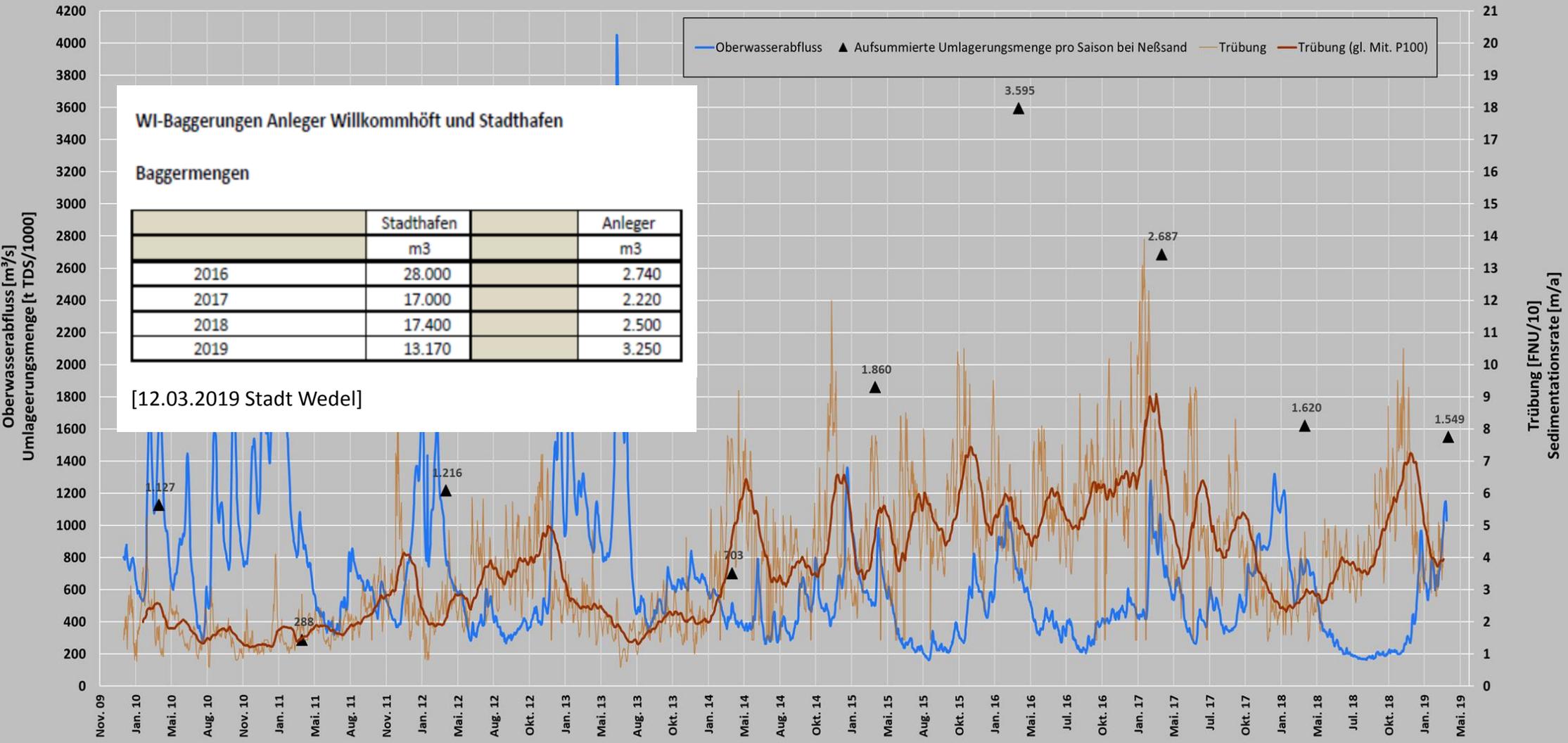
2D-HN-Modell: Strömungsfeld für Tideströmung (Ausschnitt: 12.10.2006 um 16:00 Uhr; Flut)

Zustand 2006

Zustand 2016



Oberwasserabfluss Neu Darchau, Trübung Seemannshöft und Umlagerungsmenge Neßsand



WI-Baggerungen Anleger Willkommhöft und Stadthafen

Baggermengen

	Stadthafen	Anleger
	m3	m3
2016	28.000	2.740
2017	17.000	2.220
2018	17.400	2.500
2019	13.170	3.250

[12.03.2019 Stadt Wedel]

[HPA, 2019]

2D-HN-Modell: **Fazit**

- Potentielle Erklärungen für die Verlandung des Stadthafens:

A. Neuer Ausbauzustand (2016)

- Strömungsmuster an Einfahrt sind ungünstig (Ausbildung Walze unmittelbar vor Einfahrt)
- Austauschvolumen größer für neuen Zustand 2016 (vollständig ausgebaggerter Zustand) als in 2006 (tatsächlicher Zustand: Verlandung im hinteren Teil des Hafens)

→ **Technischer Lösungsvorschlag: Strömungsleitwand vor Mole (Verringerung der Verlandung)**

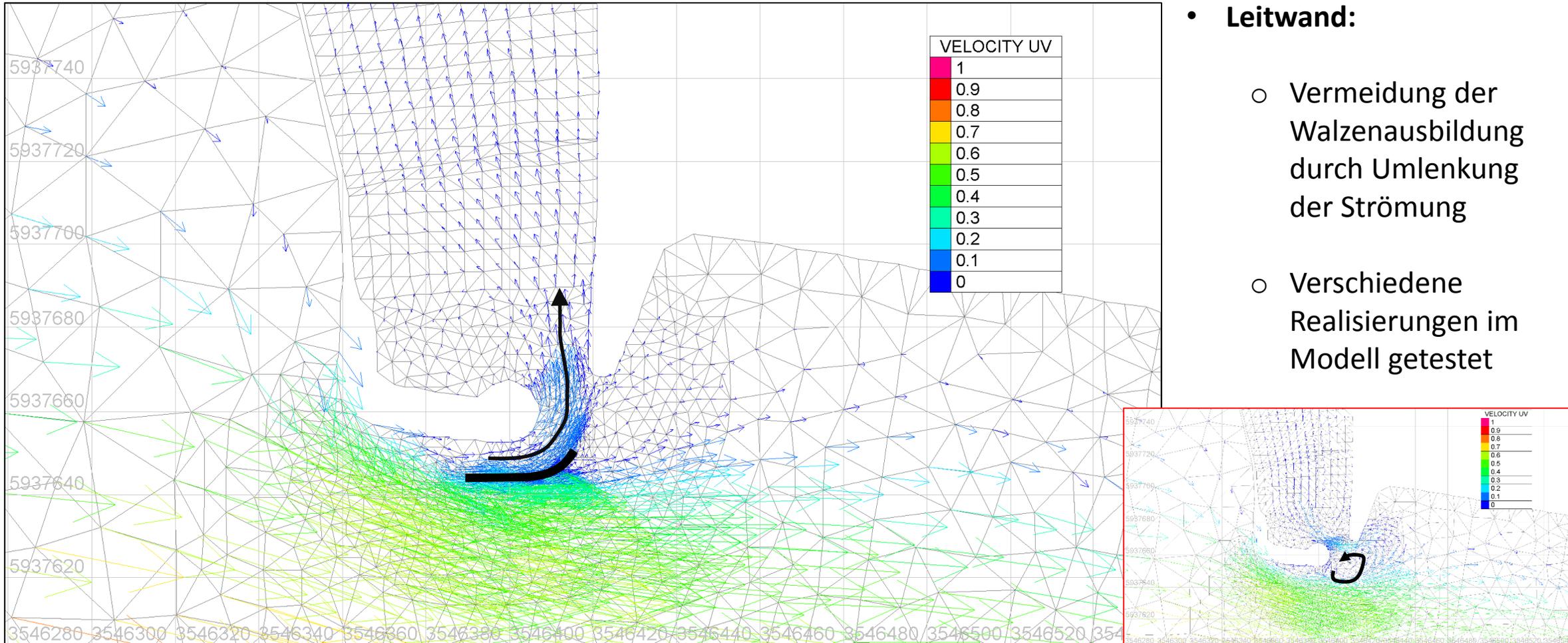
Alternative: Kontinuierliche Unterhaltungsbaggerungen

B. Sedimentdargebot in Elbe

- Deutlich erhöhte Trübung ab 2016/15 aufgrund sehr geringer Oberwasserabflüsse
- Ebenfalls sehr hohe Ablagerung im Hafen/ Umlagerungsaktivitäten

→ **Für Abnahme Sedimentdargebot ggf. Verbesserung der Situation im Stadthafen möglich.**

2D-HN-Modell: Technischer Lösungsvorschlag: Strömungsleitwand



- **Leitwand:**

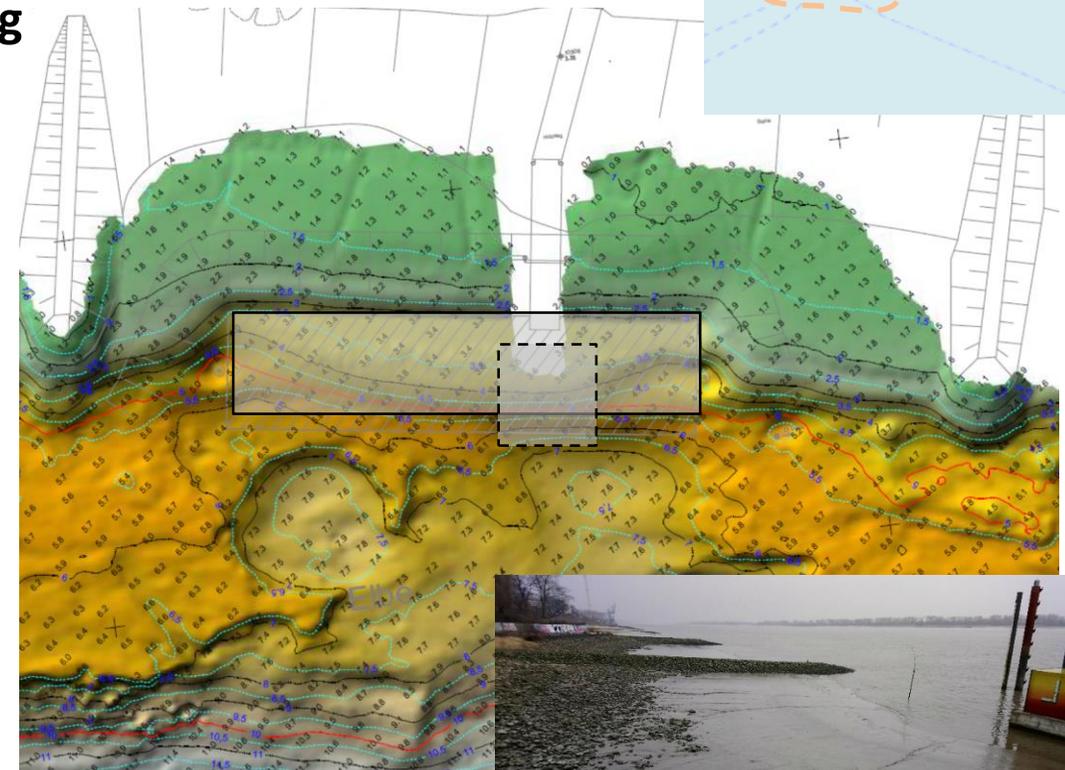
- Vermeidung der Walzenausbildung durch Umlenkung der Strömung
- Verschiedene Realisierungen im Modell getestet

3D-VOF-Modell: c) Verlandung im Bereich „Willkomm-Höft“

➤ Im Bereich des neuen Pontons kommt es zur Verlandung

• Untersuchung mit numerischem 3D-Modell:

- Modellaufbau
- Randwerte aus 2D-Modell (b)
- Untersuchung
 - Ausgewählte Tidephasen
 - Flut
 - Ebbe
 - Zustände
 - Großer Ponton
 - Kleiner Ponton
 - Ohne Ponton
 - Anpassung Bühnenfeld



[Nicola, 2018]



[IWB-TUHH, 2018]

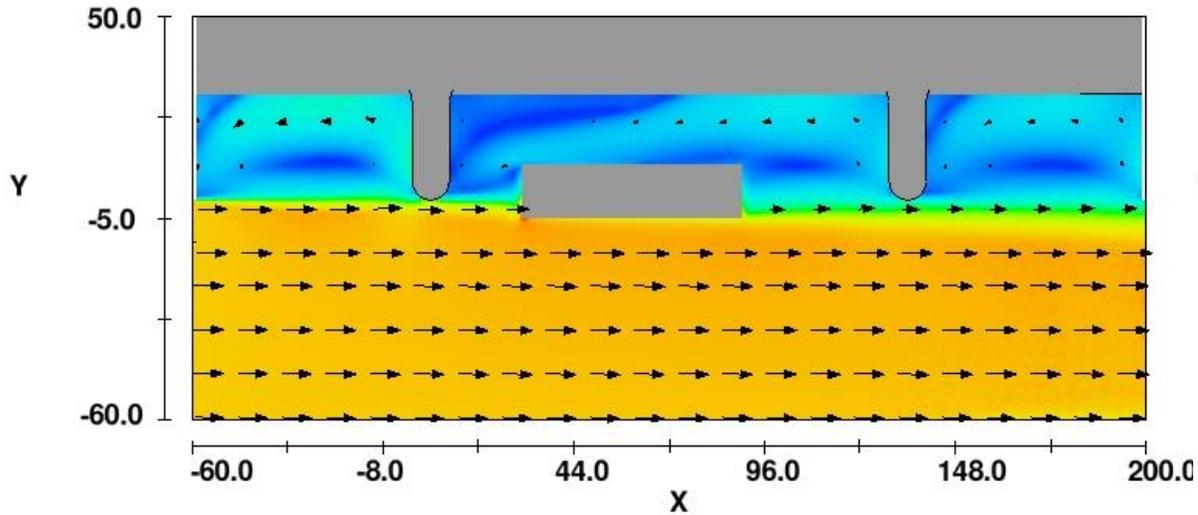
➔ Auswirkung der Zustände auf das lokale Strömungsfeld

3D-VOF-Modell: Strömungsfeld zur max Flutströmung

Großer Ponton

velocity magnitude and vectors

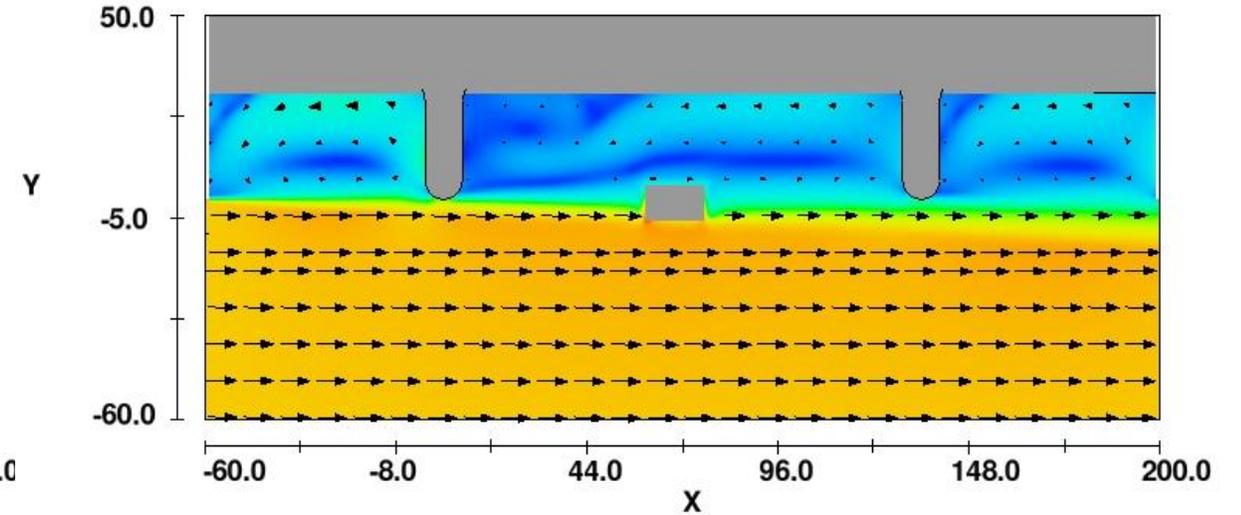
max= 5.62E-01



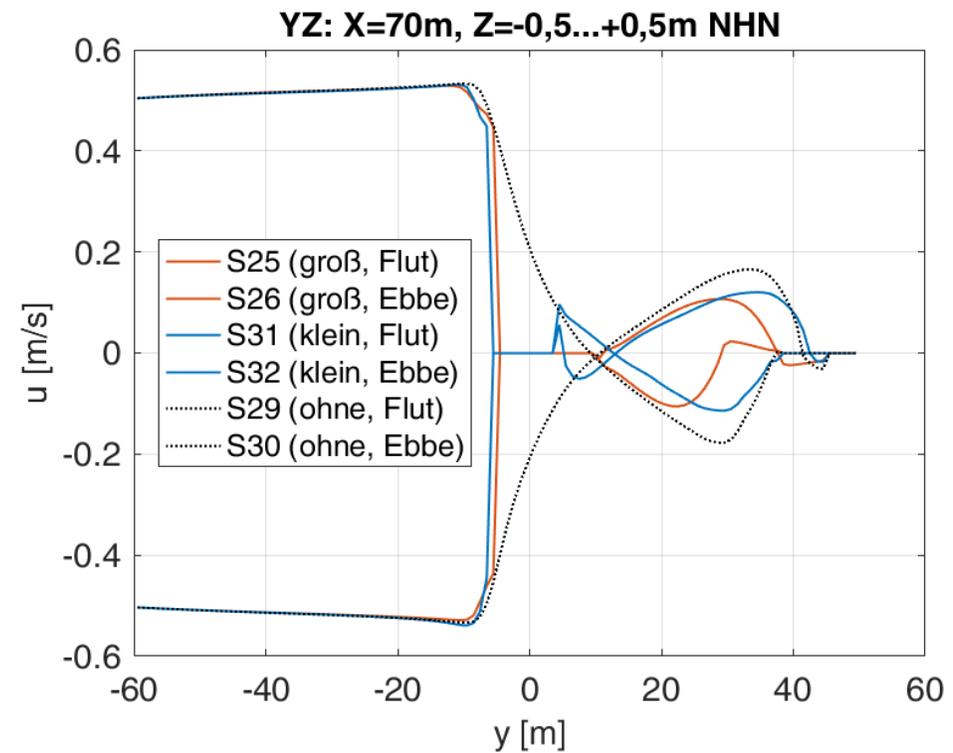
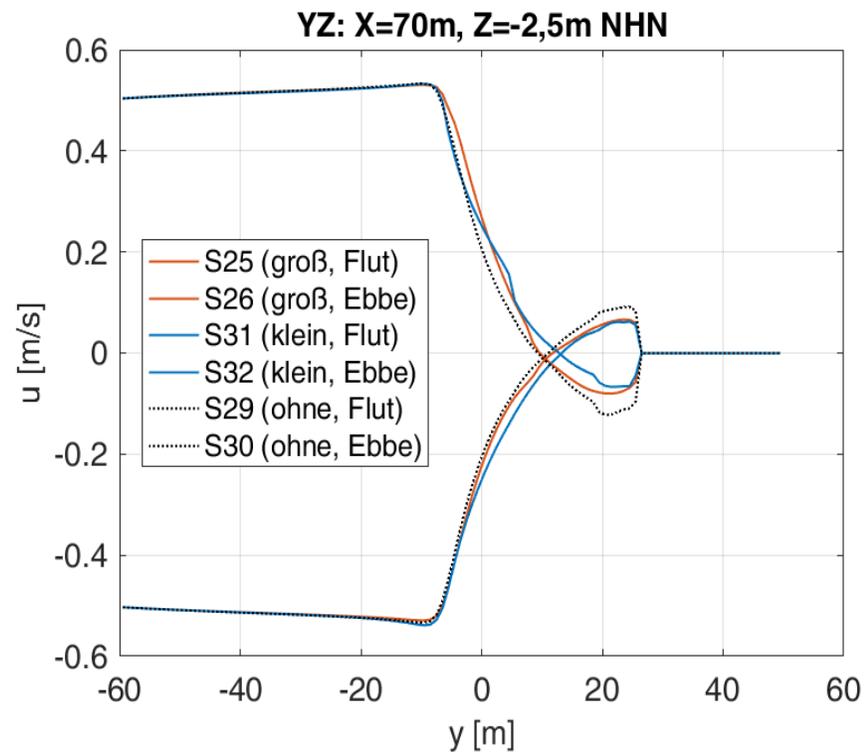
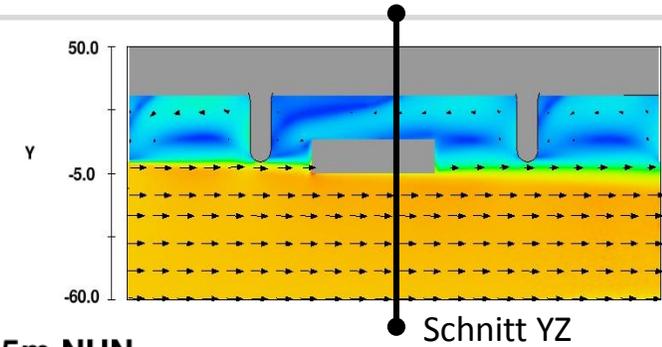
Kleiner Ponton

velocity magnitude and vectors

max= 5.56E-01

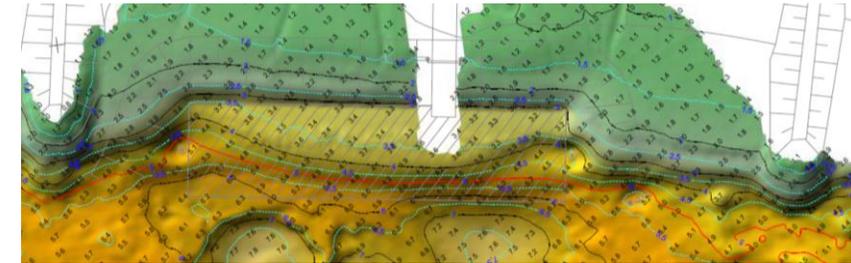


3D-VOF-Modell: Strömungsgeschwindigkeit im Querschnitt (YZ) in verschiedenen Tiefen (Z)



3D-VOF-Modell: **Fazit**

- Grundsätzlich ist Sedimentation im Bühnenfeld zu erwarten
→ möglicherweise verstärkt durch erhöhtes Sedimentdargebot in Elbe
- Strömung im 3D-Modell:
 - Ähnliche Ausprägung der Strömungsmuster
 - Keine wesentliche Auswirkung der Pontongeometrie
- Sedimentation im Bühnenfeld wird durch Pontongeometrie nicht signifikant verstärkt
- **Ursache für Problematik: Lage des Pontons im Bühnenfeld**
- **Technischer Lösungsvorschlag: Reduzierung Bühnenfeld**
Alternative:
 - Verlagerung Ponton in Richtung Fahrwasser
 - Kontinuierliche Unterhaltungsbaggerungen

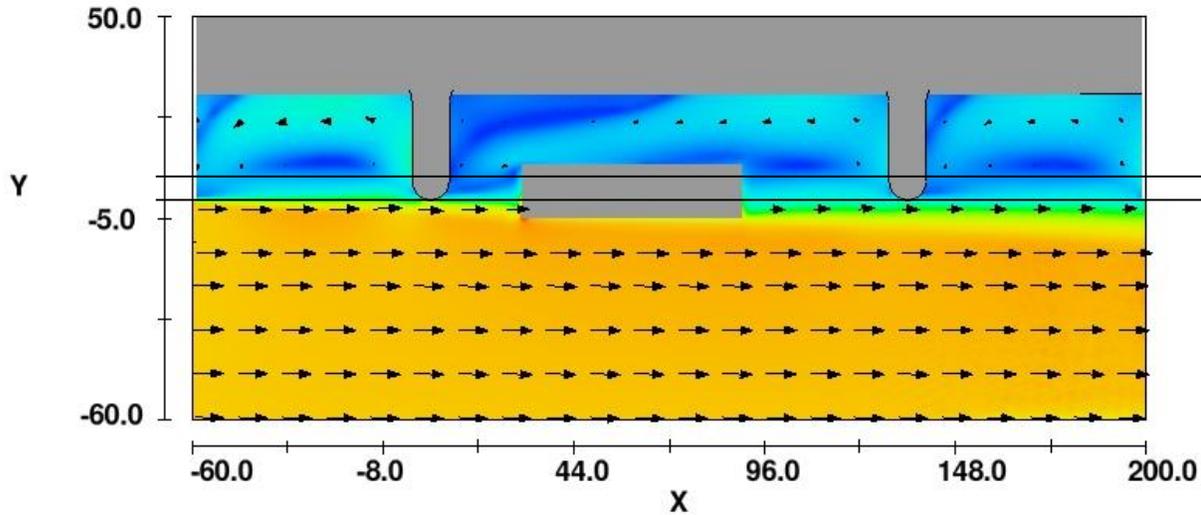


3D-VOF-Modell: Technischer Lösungsvorschlag: Reduzierung Bühnenfeld

Großer Ponton (Ist-Zustand)

velocity magnitude and vectors

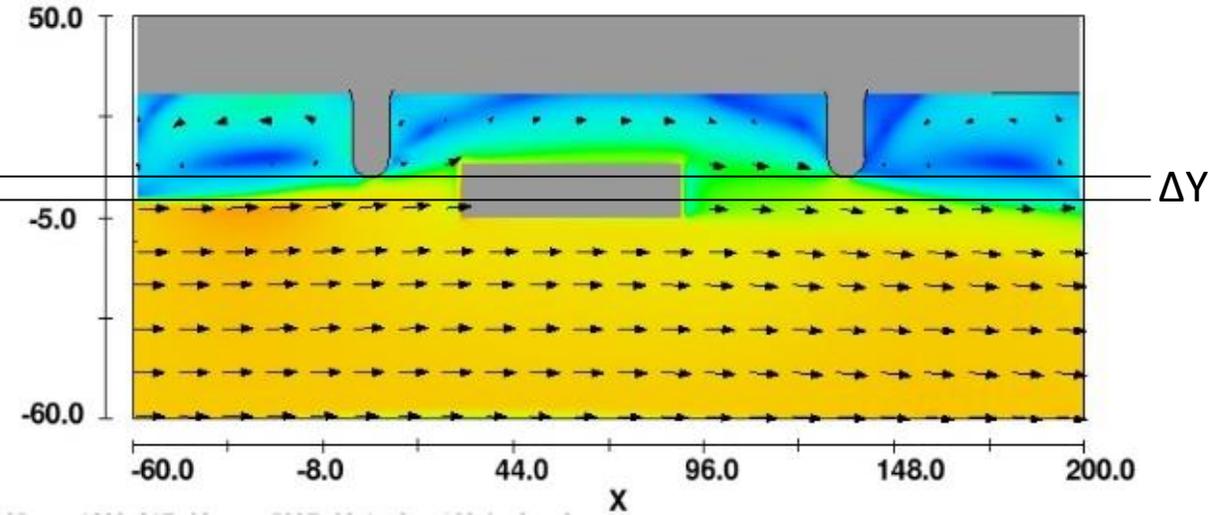
max= 5.62E-01



→ reduziertes Bühnenfeld

velocity magnitude and vectors

max= 5.45E-01



Zusammenfassung / Überblick:

Erosion im Bereich des Strandbads (Messung in der Natur):

- Wellenschutz (sehr aufwendig)
- Flächige Vorspülung von Sedimenten

Verlandung des Stadthafens (2D-HN-Modell):

- Strömungsumlenkung (aufwendig)

Verlandung im Bereich Willkomm-Höft (3D-VOF-Modell):

- Umbau Ponton (sehr aufwendig; kaum genehmigungsfähig)
- Reduzierung Bühnenfeld (aufwendig)

Ausgewählte Literatur

Uliczka, K.; Walter, CH. (1996): Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt. Ermittlung und Bewertung ausbaubedingter Änderungen der schiffserzeugten Belastung ; Schiffswellen und Strömungen. Hamburg: Bundesanstalt für Wasserbau Abteilung Küste.

Schwarze, Horst (1998): Untersuchungen in hydraulischen und numerischen Modellen zur Verminderung von Sedimentablagerungen in Häfen. In: Hydraulische und numerische Modelle im Wasserbau, Entwicklung, Perspektiven : 100 Jahre Hubert-Engels-Laboratorium ; Vorträge zum Wasserbaukolloquium vom 07.10.1998 bis 09.10.1998. Dresden: Inst. für Wasserbau und Techn. Hydromechanik, S. 107–116.

van Maren, D. S.; Winterwerp, J. C.; Decrop, B.; Wang, Z. B.; Vanlede, J. (2011): Predicting the effect of a Current Deflecting Wall on harbour siltation. In: *Continental Shelf Research* 31 (10, Supplement), S182-S198. DOI: 10.1016/j.csr.2010.12.005.