

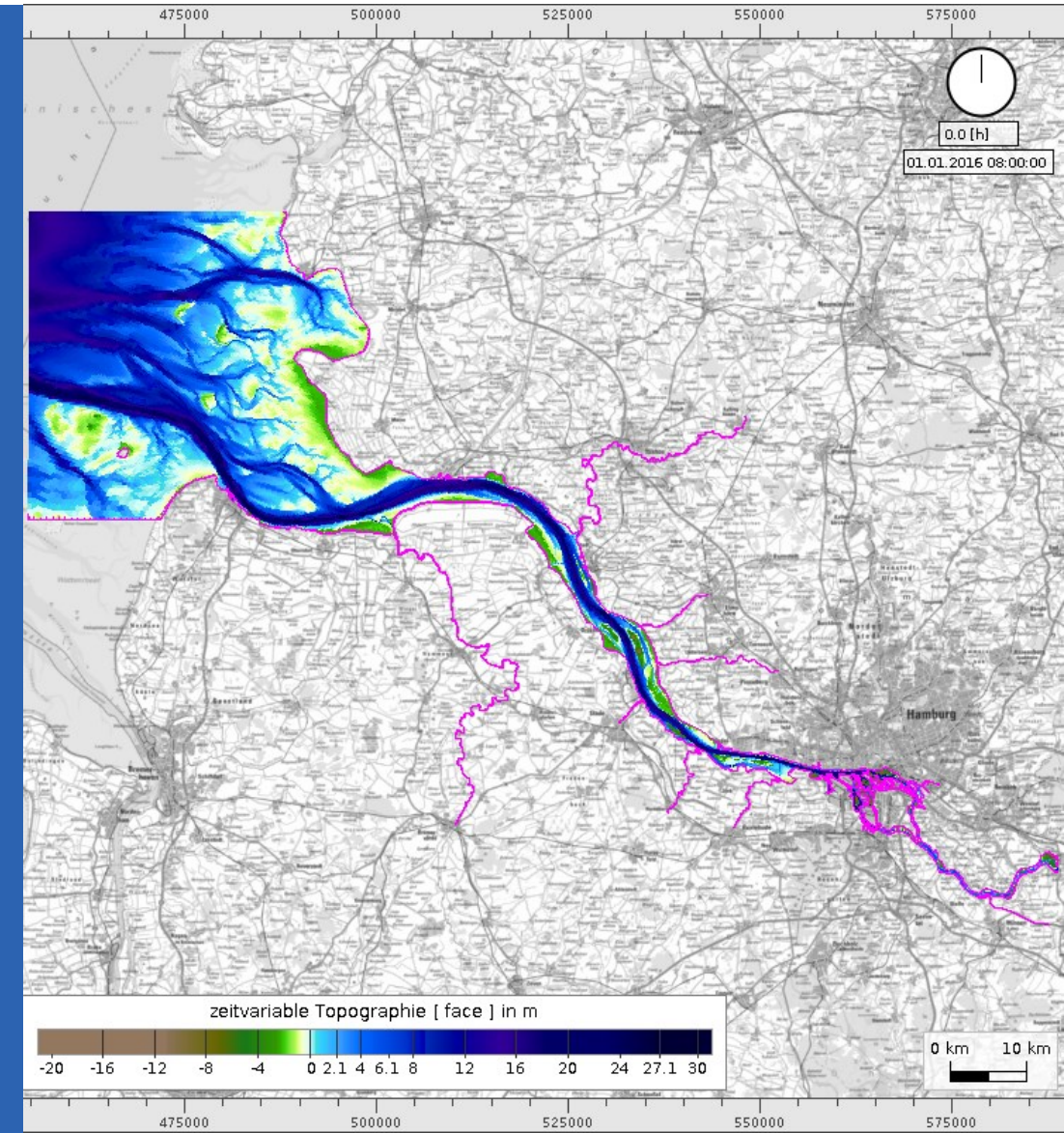


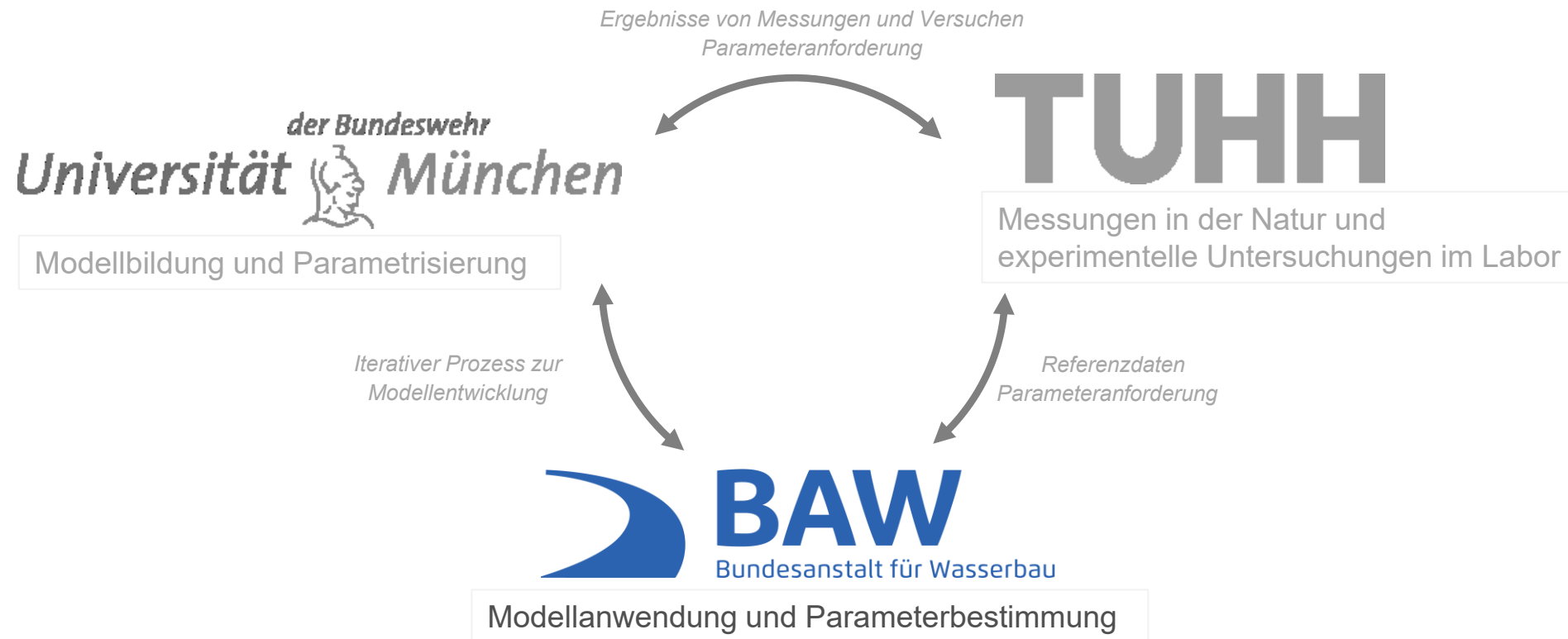
Elin Schuh
Sebastian Fürst
Holger Weilbeer
Jessica Kelln

Modellanwendung und Parameterbestimmung

ELMOD-B

Hamburg, 19.11.2024





Ziele und Relevanz für die BAW

Übergeordnete Ziele:

Auslösende Prozesse für die **Entwicklung der Tideelbe** im Zeitraum zw. **2013-2018** identifizieren und analysieren

Prognosefähigkeit des hydro- und **morphodynamischen Modells verbessern** (Fokus Feinsedimentdynamik)

Relevanz für die BAW: Anforderungen an Gutachten steigen (mehrjährige Modelluntersuchungen + umweltrechtliche Fragestellungen)

→ Verbesserung von Methoden:

- Modellierung der Feinsedimentdynamik
- Modellierung von Unterhaltungsbaggermaßnahmen

→ Verbesserung von Beratungsleistungen:

- Verständnis Systemverhalten Tideelbe
- Sedimentmanagement

Verbesserungspotential von Modellbausteinen bzgl. der Feinsedimentdynamik

■ Verbesserungspotential:

- Geringe **Variabilität** in der **vertikalen Verteilung** der Schwebstoffkonzentration
- Feinsedimente **resuspendieren** ...
... **zu stark** in den Bereichen von Baggerschwerpunkte mit hoher Strömungsgeschwindigkeit
... **zu gering** in strömungsberuhigten Nebengebieten

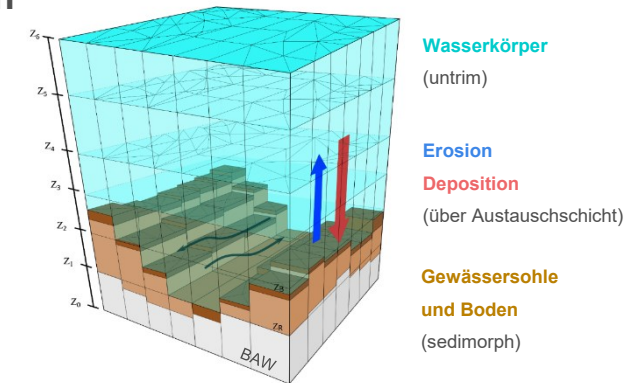


■ Modellansätze im Fokus:

- **Absinkverhalten** von Feinsedimenten (Sinkgeschwindigkeit vs. vertikale Turbulenz)
- **Erosionsverhalten** von Feinsedimenten (frisch deponiert vs. konsolidiert)

■ Herausforderung:

- **Kontinuierlicher** Übergang von Absink-/Depositions-/Konsolidierungsprozessen in der Natur vs. **Diskretes Modell aus Sub-Modulen**



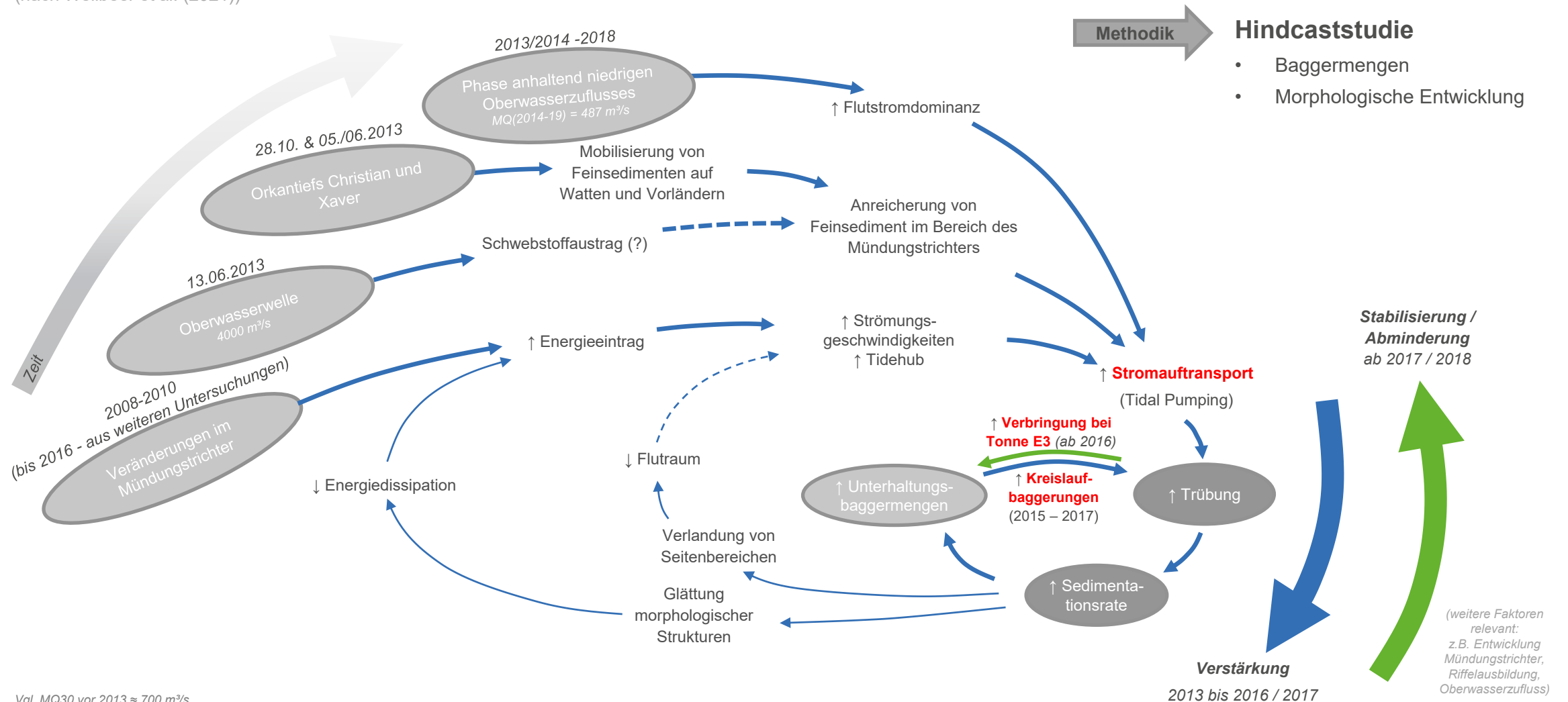
■ Modellbildung (UniBW):

- **Prozessübergreifende Modellansätze** mit einer durchgängigen Parametrisierung
- **Reduktion** von Kalibrierparametern



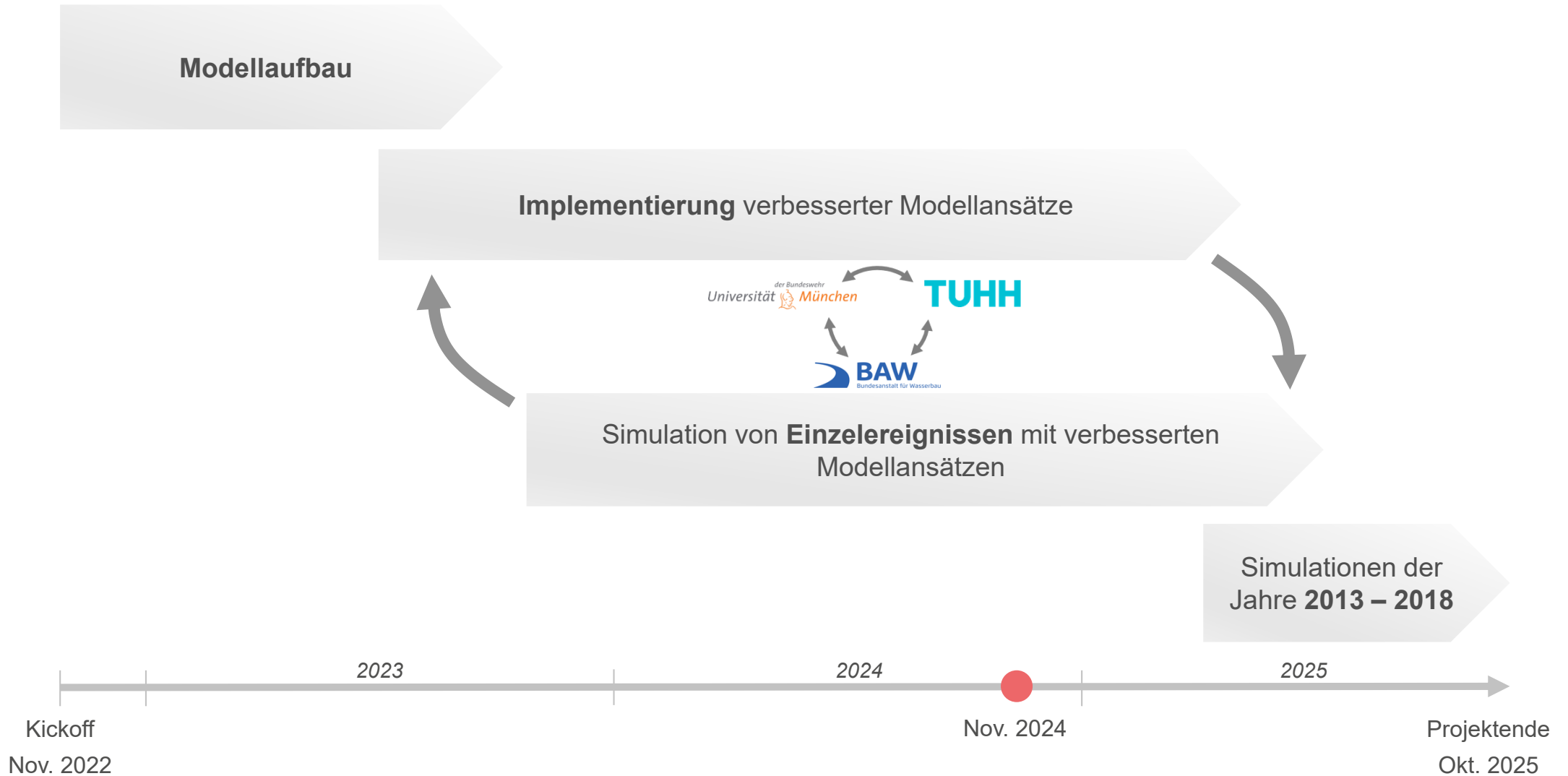
Erkenntnisse und Hypothesen zum Systemverhalten der Tideelbe (2013-2018)

(nach Weilbeer et al. (2021))

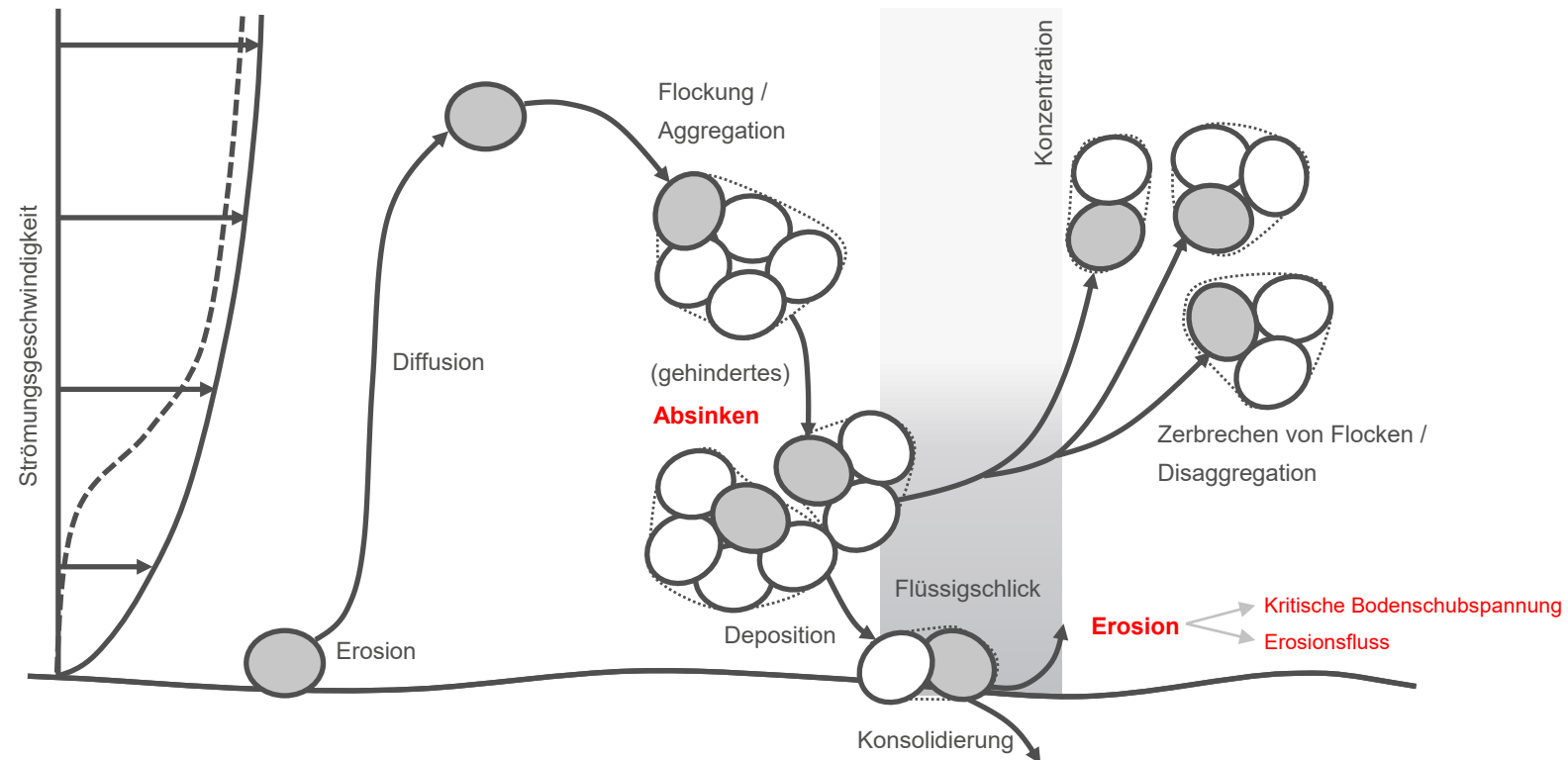


Vgl. MQ30 vor 2013 $\approx 700 \text{ m}^3/\text{s}$

Zeitplan



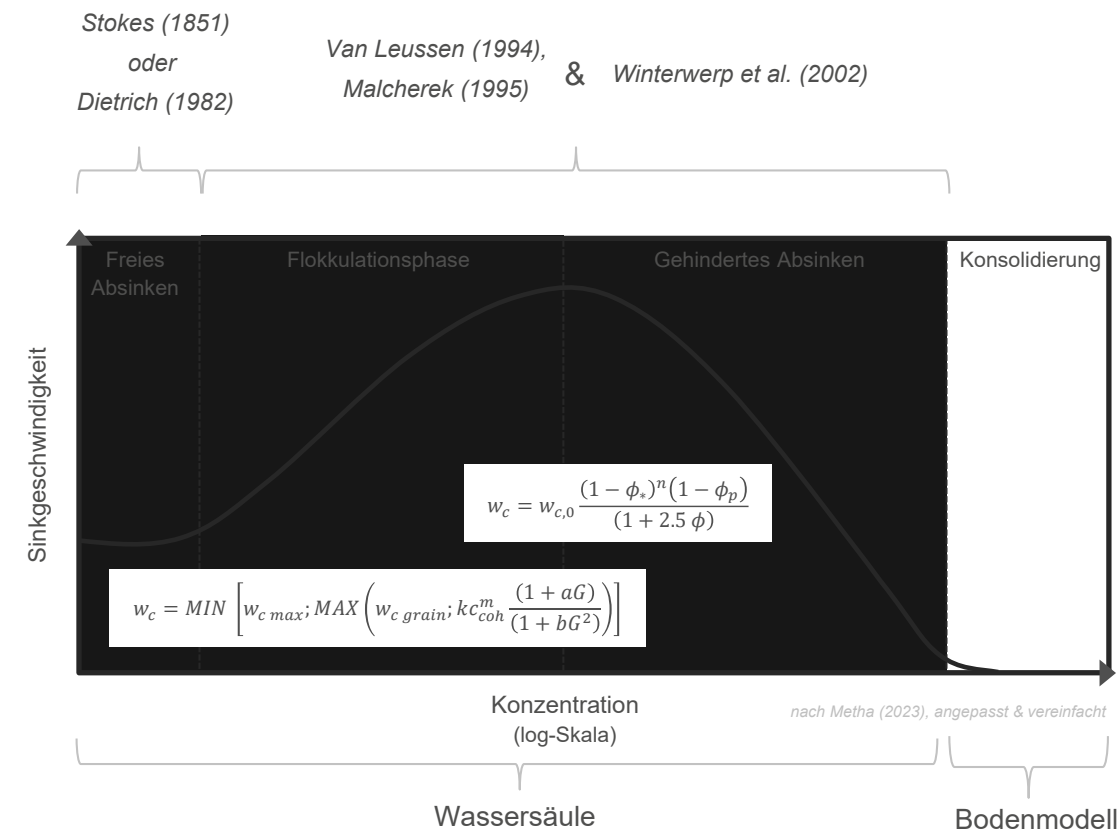
Modellansätze aktuell im Fokus



Nach Metha et al. (2023), angepasst nach Hesse (2020), Kurtenbach et al. (2020), Kühn (2007), Patzke et al. (2019), van Ledden (2003)

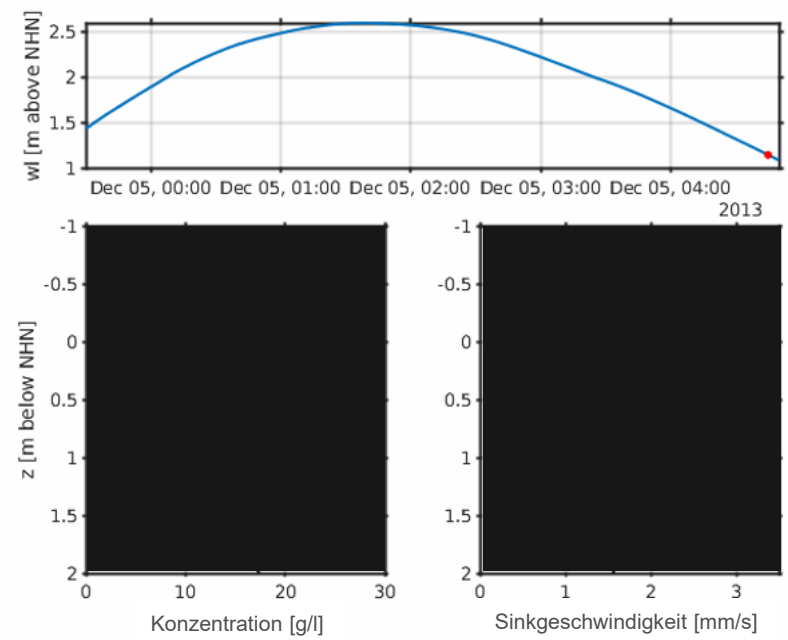
Sinkgeschwindigkeit

Kombinierter Modellansatz:



Sichtbar im Modell:

(hier: ohne Turbulenzabhängigkeit in Van Leussen (1994) und Malcherek (1995))



(elm13_13_105f4c4)

Kritischen Bodenschubspannung = Bewegungsbeginn

Kritische Bodenschubspannung:

Shields (1936):

$$\tau_{cr} = f(\rho_s, \rho_w, g, \nu, d)$$

Chen et al. (2021)



$$\tau_{cr} = f(\rho_s, \rho_w, g, \nu, d, \mathbf{d_{mc}}, \mathbf{p_m}, \phi_s)$$

τ_{cr} Kritische Bodenschubspannung [N/m²]

ρ_s Korndichte [kg/m³]

ρ_w Wasserdichte [kg/m³]

g Gravitationsbeschleunigung [m/s²]

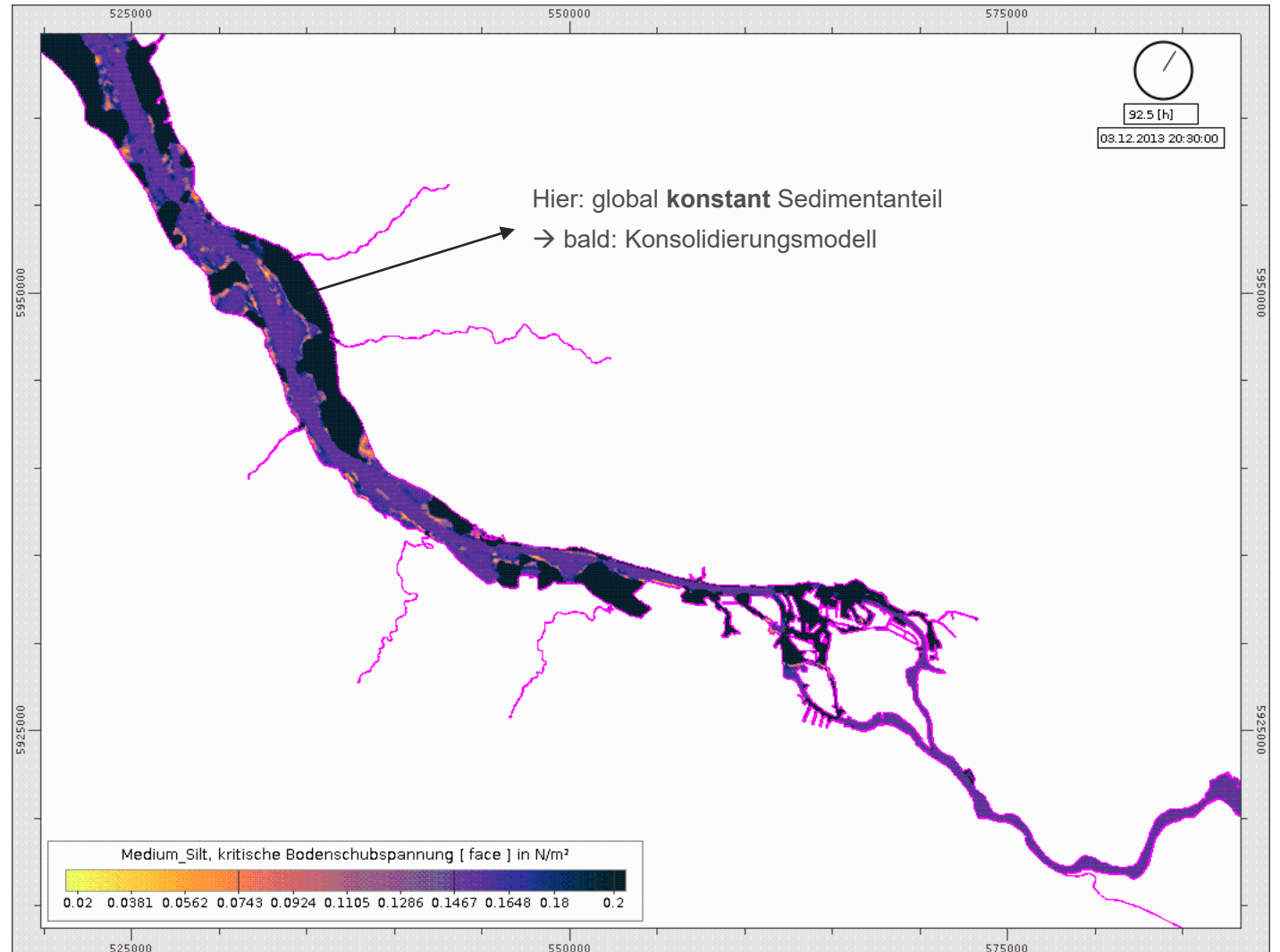
ν Kinematische Viskosität [m²/s]

d Korndurchmesser [m]

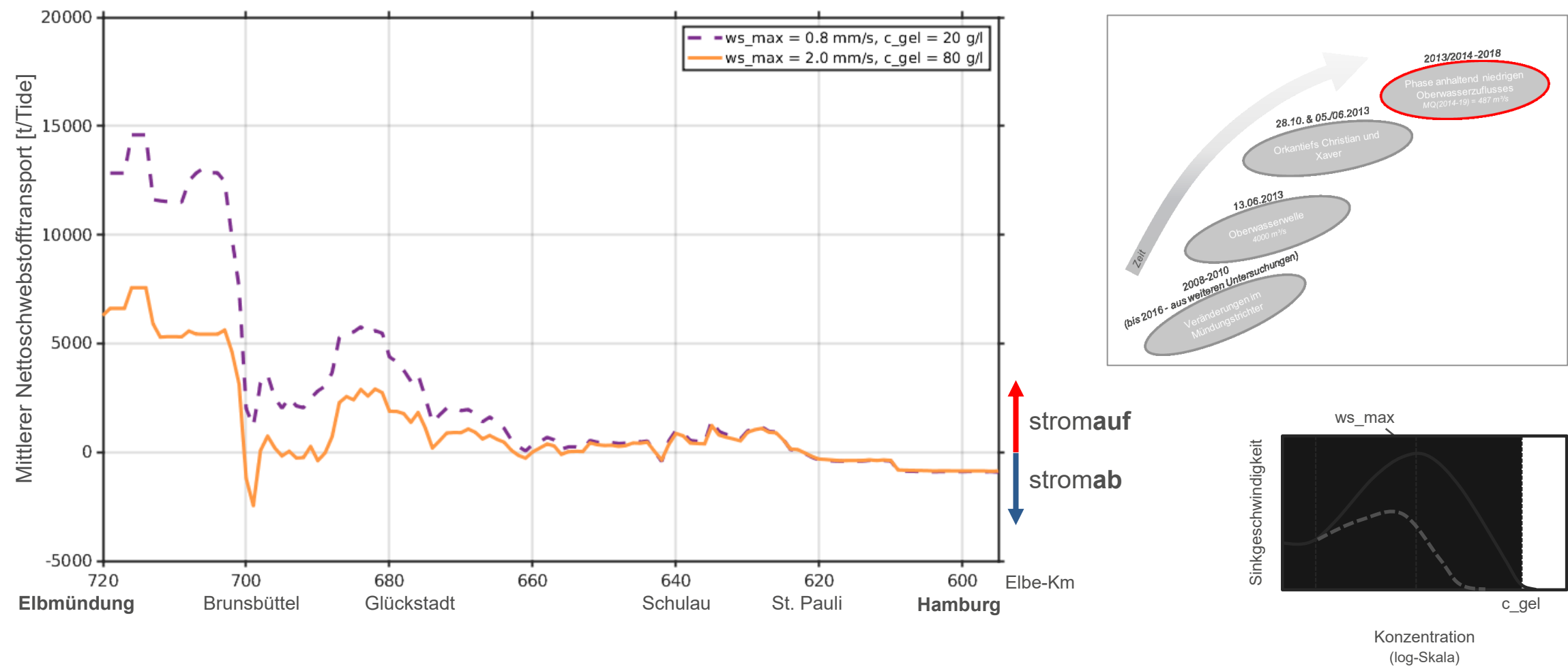
d_{mc} Mittlerer kohäsiver Korndurchmesser [m]

p_m Anteil des kohäsiven Sediments [-]

ϕ_s Sedimentanteil im Boden (Porosität: $\phi = 1 - \phi_s$)

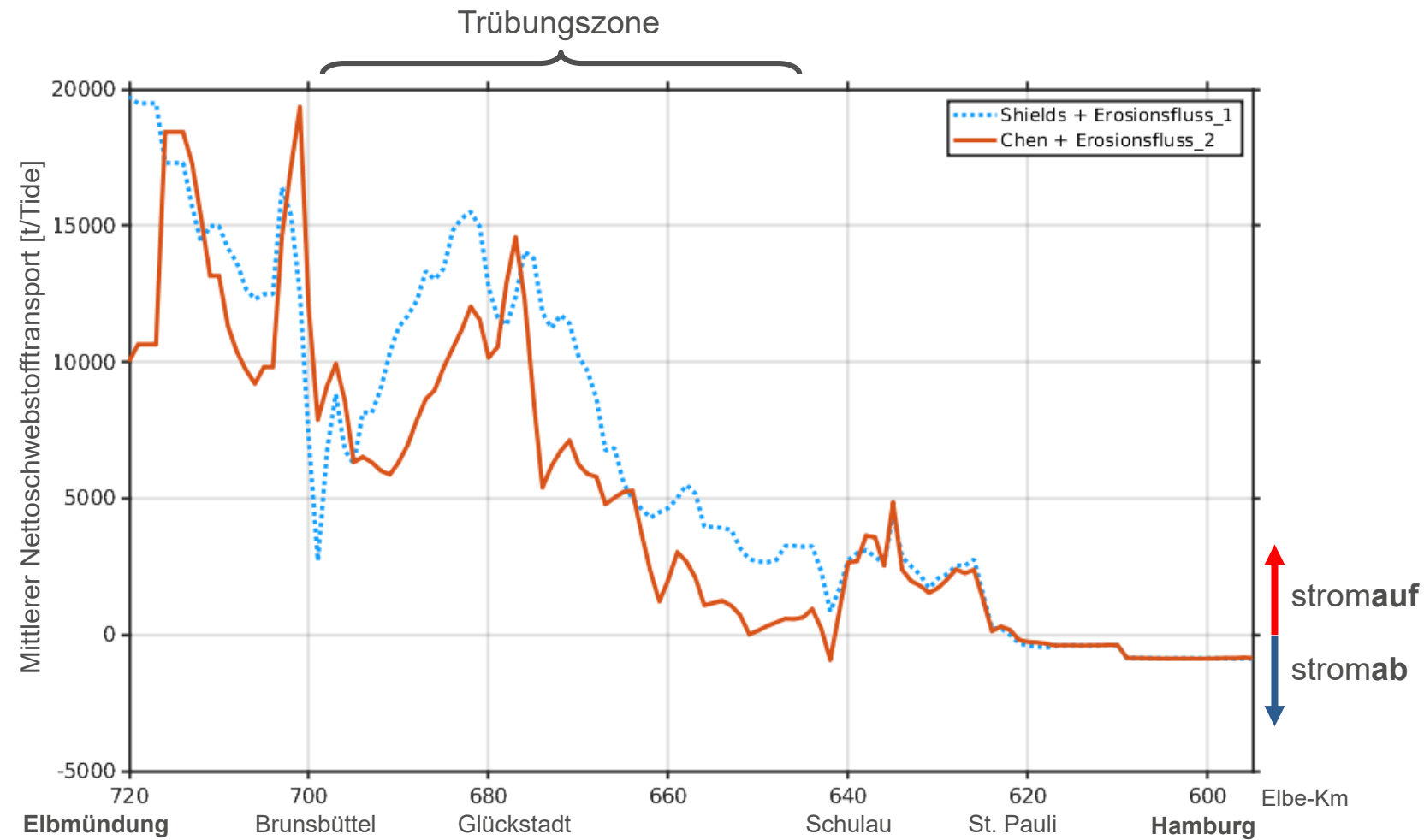


Mittlerer Nettoschwebstofftransport – Einfluss von Sinkgeschwindigkeitsparametern



(2013, SNZ24, nach Orkantiefs Christian und Xaver)

Mittlerer Nettoschwebstofftransport – Einfluss des Erosionsverhalten

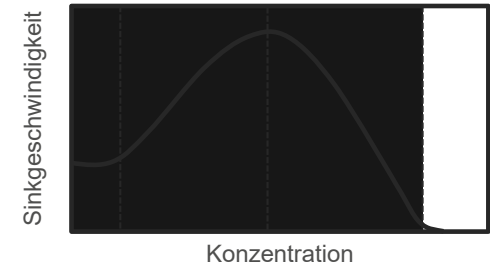


(2013, SNZ24, nach Orkantiefs Christian und Xaver)

Fazit

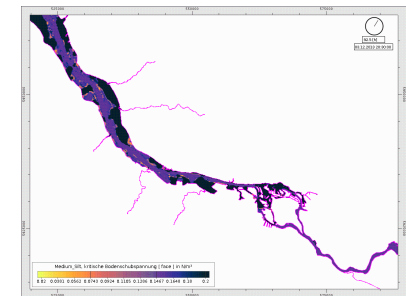
- Der **kombinierte Sinkgeschwindigkeitsansatz** ...

- ... ermöglicht eine Verstärkung der Variabilität in der **vertikalen Verteilung des Schwebstoffgehalts**
- Systemverhalten: Sensitivität bzgl. der Parameterwahl



- Mit dem **Chen-Ansatz** ...

- ... erreichen wir eine höhere Variabilität im Erosionsverhalten: $\tau_{cr} = f(\dots, d_{mc}, p_m, \phi_s)$
- Zusammen mit Konsolidierungsmodell: Potential zur Verbesserung des **Resuspensionsverhalten von Feinsedimenten**
- Systemverhalten: bereits ohne Konsolidierungsmodell schon größerer Einfluss im Bereich der Trübungszone



Ausblick

- Weiterhin im **iterativen Prozess** der **Einführung neuer Modellansätze**

- *Kritische Bodenschubspannung*
- *Konsolidierungsmodell*
- *Erosionsmodell*
- *Sinkgeschwindigkeiten*
- *Rheologische Viskosität*
- *Anpassungen am Turbulenzmodell*



- Sukzessive Verlängerung der Simulationszeit bis hin zu **Langzeitsimulationen** für den Gesamtzeitraum (2013-2018)

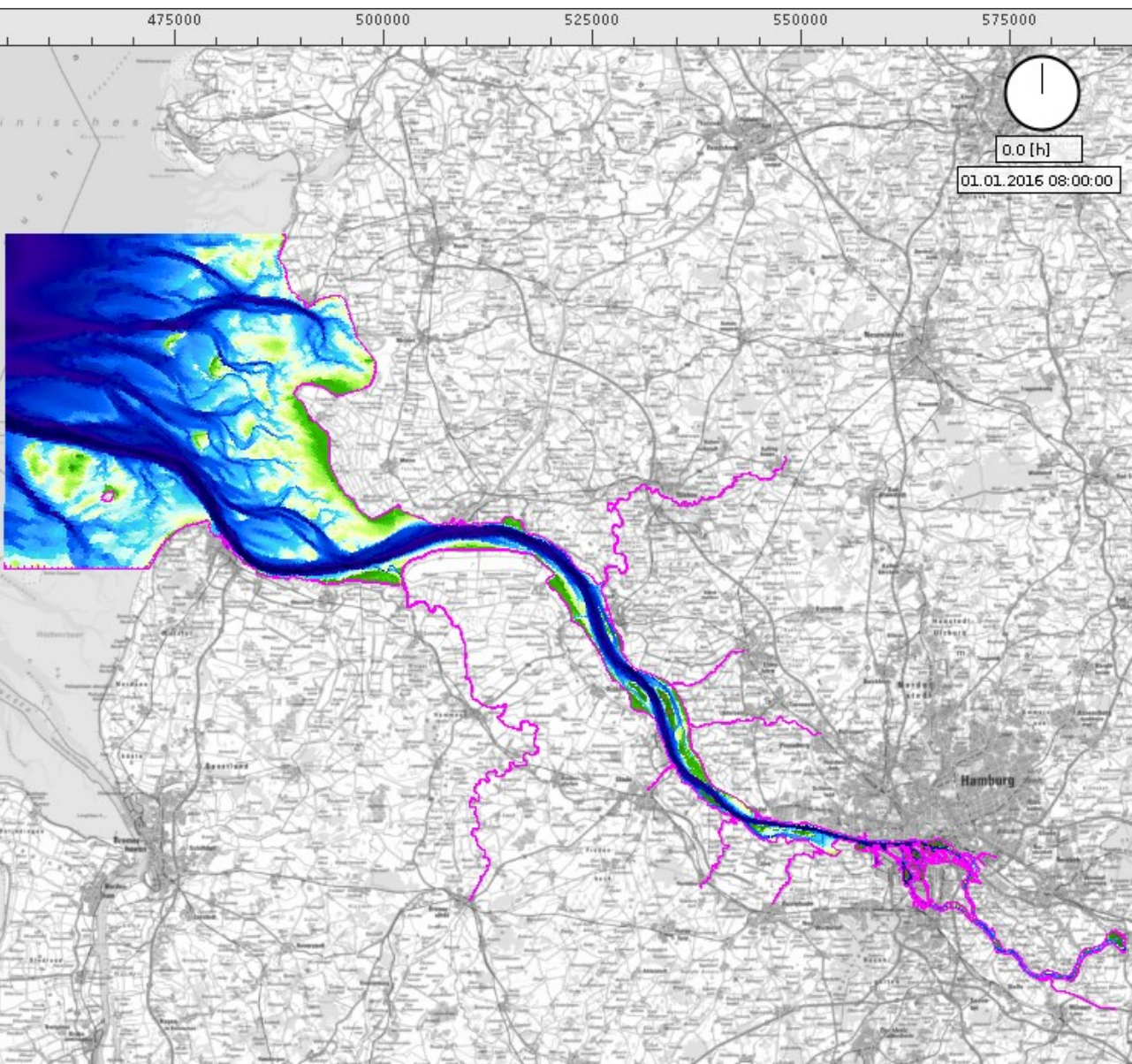
→ Integrierung von Baggermaßnahmen

- **Validierung** der neu implementierten Modellansätze auch anhand der Baggermengen

- Verifizierung und ggf. Ergänzung der Erkenntnisse und Hypothesen aus Weilbeer et al. (2021) zur **Entwicklung der Tideelbe** im Untersuchungszeitraum

Referenzen

- Chen, Dake; Zheng, Jinhai; Zhang, Chi; Guan, Dawei; Li, Yuan; Wang, Yigang (2021): Critical Shear Stress for Erosion of Sand-Mud Mixtures and Pure Mud. In: Front. Mar. Sci. 8, Artikel 713039. DOI: 10.3389/fmars.2021.713039.
- Dietrich, William E. (1982): Settling velocity of natural particles. In: Water resources research 18 (6), S. 1615–1626.
- Hesse, Roland (2020): Zur Modellierung des Transports kohäsiver Sedimente am Beispiel des Weserästuars. Dissertation. TUHH. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg.
- Kaveh, Keivan; Malcherek, Andreas (2024): Theoretical approximation of gelling concentration: Application to the characterization of consolidation processes in coastal sediment environments. In: Ocean Engineering 313, S. 119558. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2024.119558.
- Kurtenbach, A.; Bierl, R.; Schorer, M.; Eisold, B.; Symader, W.; Gallé, T. (2010): Kohäsive Feinpartikel in fluvialen Systemen: einige Gedanken zu Erkenntnissen und Forschungsdefiziten. In: Environ Sci Eur 22 (6), S. 631–644. DOI: 10.1007/s12302-010-0168-8.
- Malcherek, A. (1995): Mathematische Modellierung von Strömungen und Stofftransportprozessen in Ästuaren. Dissertation. Universität Hannover. Institut für Strömungsmechanik und Elektron. Rechnen im Bauwesen.
- Mehta, Ashish J. (2023): An introduction to hydraulics of fine sediment transport. Second edition. New Jersey, London, Singapore, Beijing, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai, Tokyo: WORLD SCIENTIFIC (Advanced series on ocean engineering, volume 56).
- Patzke, Justus.; Fröhle, Peter; Nehlsen, Edgar (2019): FAUST Abschlussbericht Teil I (Stand des Wissens). For an Improved Understanding of Estuarine Sediment Transport. Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg.
- Shields, Albert (1936): Anwendung der Aehnlichkeitsmechanik und der Turbulenzforschung auf die Geschiebebewegung. PhD Thesis. Technical University Berlin. Preussische Versuchsanstalt für Wasserbau.
- Stokes (1851): On the effect of the internal friction of fluids on the motion of pendulums. In: Transactions of the Cambridge Philosophical Society 9, S. 8–106.
- van Ledden, Mathijs (2003): Sand-mud segregation in estuaries and tidal basins. In: Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, Artikel 03-2.
- van Leussen, W. (1994): Estuarine Macroflocs and their Role in Fine-Grained Sediment Transport. Ph.D. Thesis. University of Utrecht, Niederlande.
- Weilbeer, Holger; Winterscheid, Axel; Strotmann, Thomas; Entelmann, Ingo; Shaikh, Suleman; Vaessen, Bernd (2021): Analyse der hydrologischen und morphologischen Entwicklung in der Tideelbe für den Zeitraum von 2013 bis 2018. 73. DOI: 10.18171/1.089104.
- Winterwerp, J. C. (2002): On the flocculation and settling velocity of estuarine mud. In: Continental Shelf Research 22 (9), S. 1339–1360. DOI: 10.1016/S0278-4343(02)00010-9.



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!

Bundesanstalt für Wasserbau
22559 Hamburg

www.baw.de