

Deutsche Bucht im Klimawandel

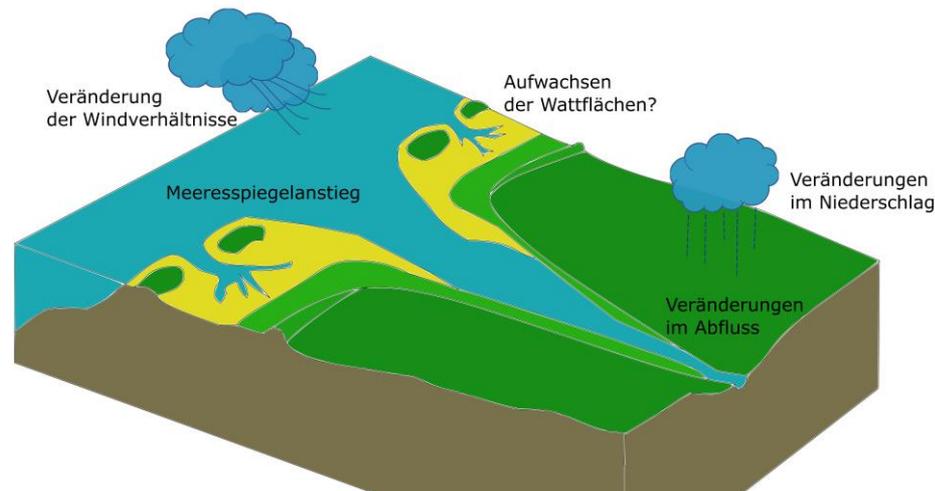
Ausgewählte Ergebnisse

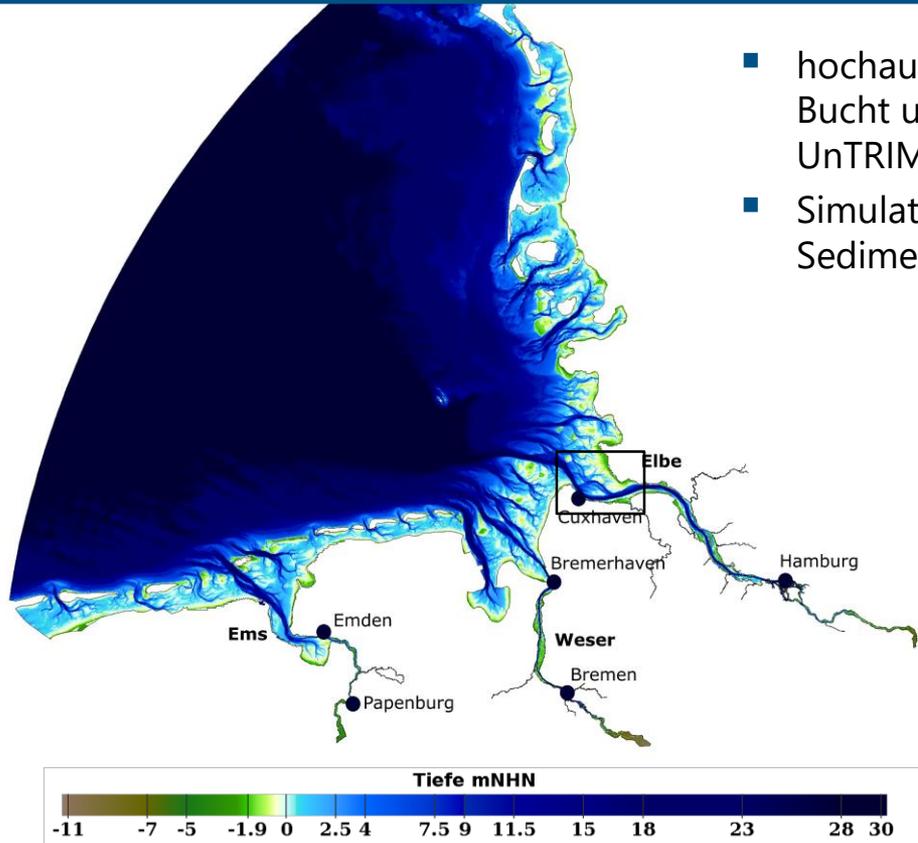
Caroline Rasquin, Benno Wachler,
Rita Seiffert, Elisabeth Rudolph,
Norbert Winkel, Annette Büscher,
Tara Mahavadi

BAW

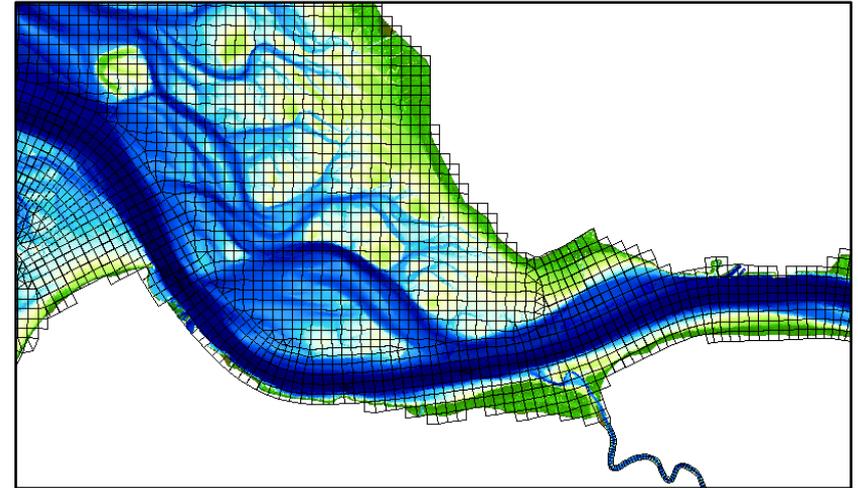


- Klimawandel verändert: Meeresspiegel, Abfluss, Wind
- Wie verändert sich:
 - die Tidedynamik (Wasserstände, Strömung) und der Salzgehalt?
 - der Sedimenttransport?
 - die Topographie/Bathymetrie im Küstenbereich und im Ästuar?



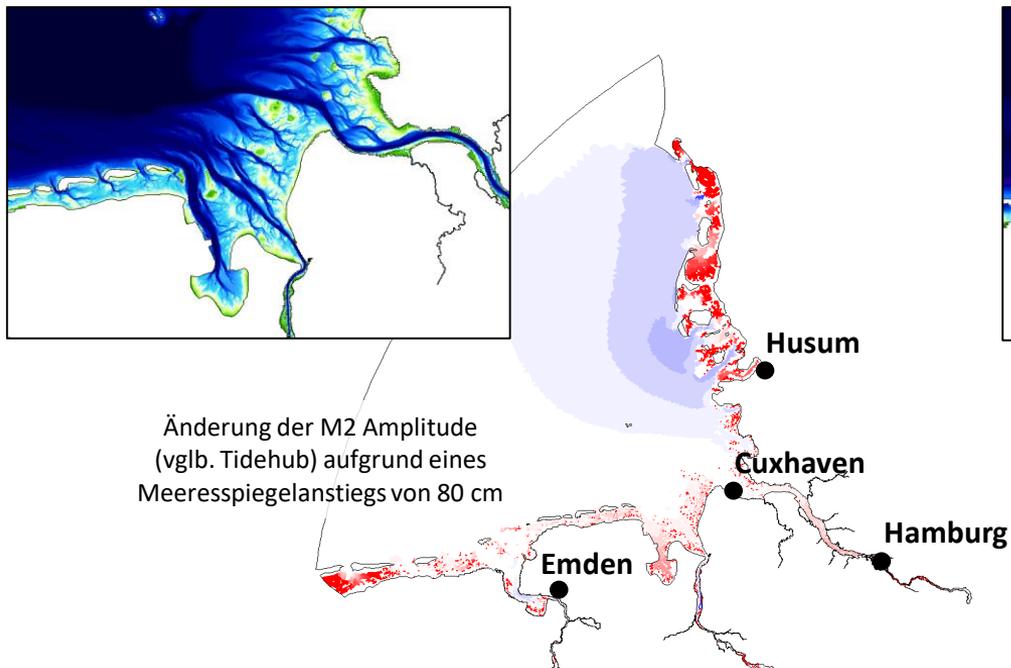


- hochauflösendes hydrodynamisches Modell der Deutschen Bucht und der Ästuarie von Elbe, Weser und Ems mit UnTRIM²
- Simulation der Tidedynamik, des Salzgehalts und des Sedimenttransports

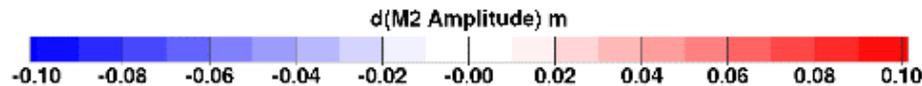
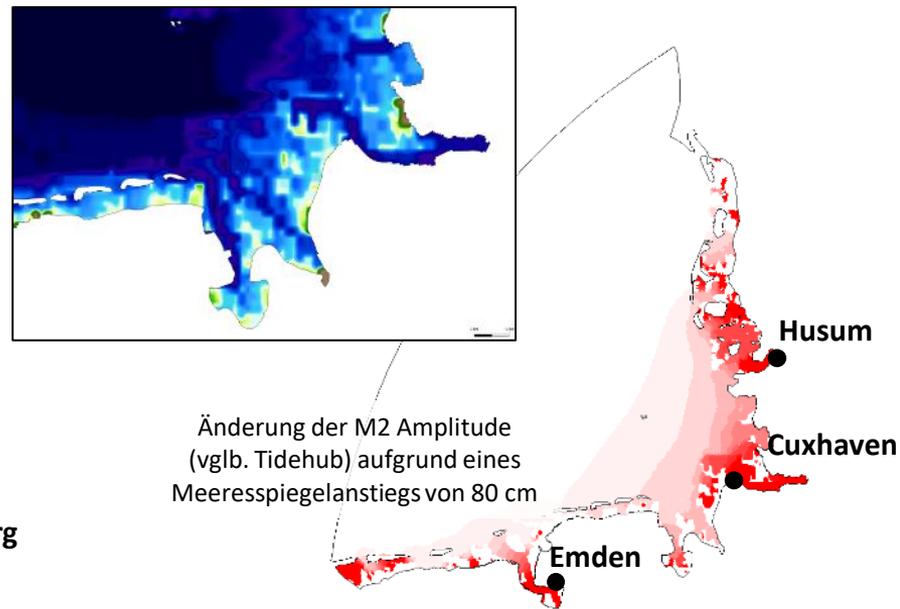


Einfluss der Modellauflösung

Feine Auflösung inkl. Ästuare

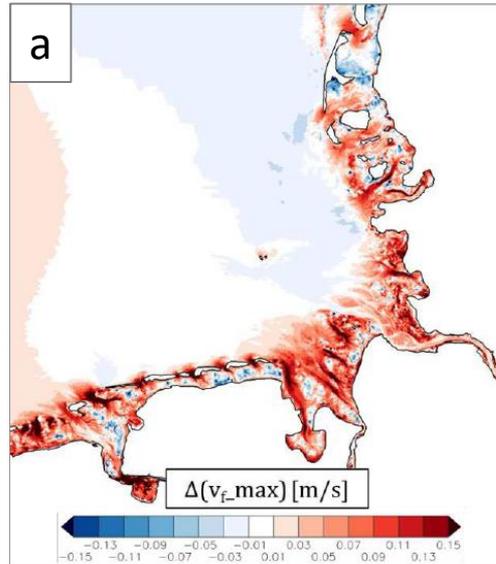


Grobe Auflösung ohne Ästuare

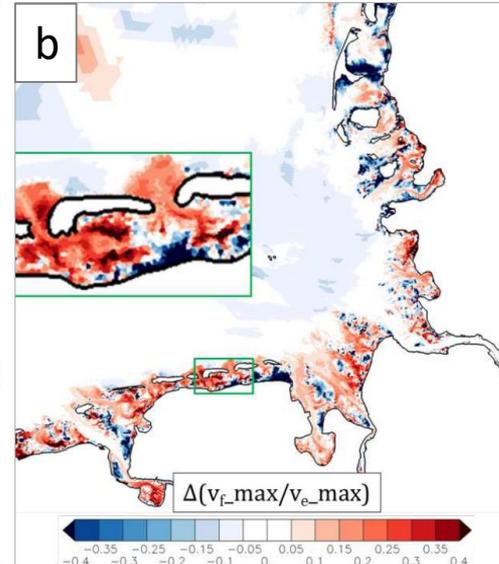


Rasquin et al. (2020) The significance of coastal bathymetry representation for modelling the tidal response to mean sea level rise in the German Bight, *Ocean Sci.*, 16, 31–44, <https://doi.org/10.5194/os-16-31-2020>

Änderung der max. Flutstromgeschwindigkeit bei Meeresspiegelanstieg von 80 cm



Änderung des Verhältnisses der max. Flutstromgeschwindigkeit zu max. Ebbsstromgeschwindigkeit



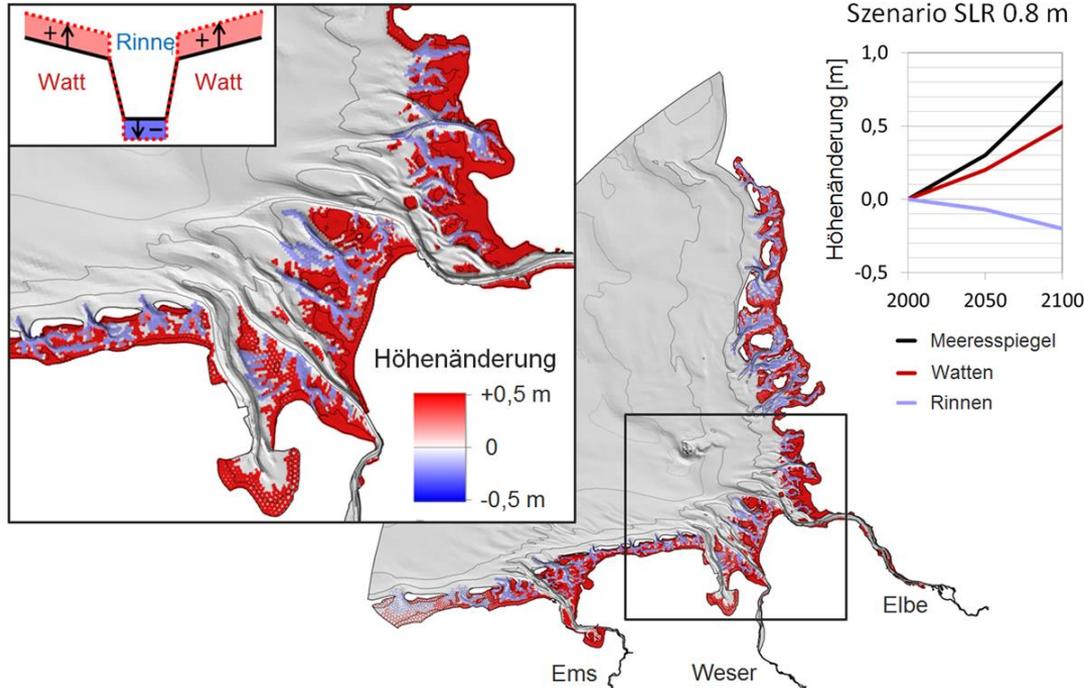
- Zunahme der Flutstromgeschwindigkeit in den Rinnen des Wattenmeers und der Ästuare
- Erhöhtes Verhältnis von Flut- zu Ebbsstromgeschwindigkeit
- Erhöhter Import von Feinsedimenten in die Ästuare.
- Falls sich die Wassertiefe aufgrund des erhöhten Sedimentimports stärker verringert als sie sich durch den Meeresspiegelanstieg vergrößert, muss mit erhöhten Baggermengen gerechnet werden.

Wachler et al. Tidal response to sea level rise and bathymetric changes in the German Wadden Sea. *Ocean Dynamics* 70, 1033–1052 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01383-3>



Foto: Bundesanstalt für Wasserbau

- Aufgrund des erhöhten Verhältnisses von Flut- zu Ebbstromgeschwindigkeit wird auch der Sedimenttransport ins Wattenmeer verstärkt, d.h. die Watten wachsen auf
- Voraussetzung ist eine ausreichende Sedimentverfügbarkeit.
- Morphologische Anpassungsfähigkeit ist jedoch begrenzt. **Bei beschleunigtem Meeresspiegelanstieg ist mit einem Verlust an Wattfläche zu rechnen.**



- Entwicklung vereinfachter Topographie-szenarien

Wirkung der angenommenen Topographie-änderungen im Bereich des Wattenmeers:

- Überwiegend eine Kompensation der Effekte des Meeresspiegelanstiegs in den Tiderinnen
- D.h. zum Beispiel verstärkte Flutstromdominanz wird wieder abgeschwächt

- Modellierung möglicher Szenarien für die nahe und ferne Zukunft
- Behördenübergreifende Erstellung der Randwerte
 - BfG: Abfluss
 - DWD/BSH: Meteorologie, Salz, Meeresspiegelanstieg
 - BAW: Topographie
- Unsicherheiten in allen Randwerten



Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Tidedynamik und Sedimenttransport in der Deutschen Bucht in Zeiten des Klimawandels – Behördenübergreifende Erstellung von Randbedingungen

Klimawirkungsanalysen – Grundlagen und Beispiele

Caroline Rasquin (BAW), Benno Wachler (BAW), Elisabeth Rudolph (BAW), Enno Nilson (BfG), Anette Ganske (BSH), Jens Möller (BSH)

Ansatz und Ziele

Die Seeschiffstraßen der Deutschen Bucht und der angrenzenden Ästuare haben eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Dieser Verkehrsträger unterliegt dem direkten Einfluss der Tidedynamik, welche Wasserstände, Strömungen und die Sedimentdynamik beeinflusst. Aus Klimawandelbedingten Änderungen der Tidedynamik ergeben sich direkte Folgen für die Unterhaltung und den Betrieb der Seeschiffstraßen. Für die Modellierung der natürlichen Wirkungsketten ist eine behördenübergreifende Erstellung von konsistenten Randbedingungen für Atmosphäre, ozeanischen Rand und Abfluss erforderlich.

Stand und Ausblick

Die Randbedingungen werden derzeit von BAW, BfG und BSH erarbeitet. Mit dem Deutsche-Bucht-Modell werden für repräsentative Jahre der nahen (2031–2060) und fernen Zukunft (2071–2100) mögliche Veränderungen der Tidedynamik und des Sedimenttransports untersucht. Die Ergebnisse gehen in die Klimawirkungsanalyse ein.

Meeresspiegelanstieg@BSH

Der Meeresspiegelanstieg setzt sich nach IPCC (2013) zusammen aus:

- Volumenänderungen: berechnet aus Temperatur- und Salzgehaltsänderungen z.B. von MPI-OM/REMO
- Massenänderungen: Abschätzungen des Abschmelzens von Eisschichten und Gletschern aus anderen Quellen

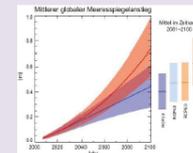


Abb. 1: Projizierter mittlerer globaler Meeresspiegelanstieg, basierend auf IPCC-Ergebnissen des AR5 (Abbildung SPM.9 aus IPCC 2013). RCP = Representative Concentration Pathways

Atmosphäre und Ozean@BSH

Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre beeinflussen z.B. Wasserstand, Salzgehalt und Temperatur.

- Randdaten (1951–2100) aus dem regional gekoppelten Ozean-Atmosphären-Klimamodell MPI-OM/REMO (Eitzalde et al., 2014) für die Szenarien RCP4.5 und RCP8.5
- Statistische Analyse der Windfelder zur Auswahl geeigneter Jahre

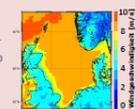
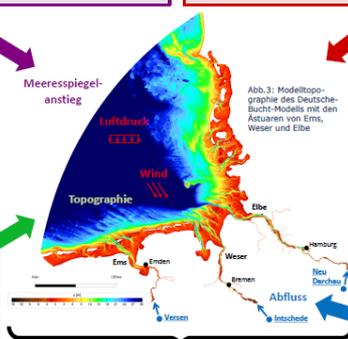


Abb. 4: Beispiel für Mittelwerte der Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe 1971–2000 aus MPI-OM/REMO



Topographie@BAW

Die topographische Entwicklung des Wattenmeers beeinflusst Wasserstand und Strömungsdynamik der Küstengewässer. Annahmen zu Topographieänderungen im Wattenmeer beruhen auf:

- Literatur zu hydromorphologischen Gleichgewichtsbeziehungen
- Ergebnissen aus morphodynamischen Modellstudien (z.B. Dissanayake et al. 2012)

Annahmen:

- Aufwachen der Wattflächen (rot)
- Vertiefung der Rinnen (blau)



Abb. 2: Wattgebiete mit veränderter Topographie

Klimawirkungsanalyse@BAW

- hydrodynamisch-numerisches Modell der gesamten Deutschen Bucht inklusive der Ästuare von Ems, Weser und Elbe (Abb.3)
- Simulationsergebnisse: Wasserstand, Strömungsgeschwindigkeit, Salzgehalt, Schwebstofftransport
- Flächenhafte Analyse und Interpretation der Ergebnisse, Beurteilung in Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur

Abfluss@BfG, Wassergüte@BfG

Das Wasser aus dem Binnenland beeinflusst den Wasserstand, die Strömungsdynamik, den Sedimenthaushalt, den Salzgehalt und die Temperatur der Küstengewässer. Die BfG liefert die entsprechenden binnenseitigen Randbedingungen in Form von simulierten Ganglinien des Abflusses, der Wassertemperatur und von Schwebstoffen an den Pegeln Versen (Ems), Intschede (Weser) und Neu Darchau (Elbe) für repräsentative Jahre.



Abb. 5: Wasserhaushaltsmodell LARSIM-ME

Kontakt

Caroline Rasquin, BAW
E-Mail: caroline.rasquin@baw.de



www.bmvi-expertennetzwerk.de

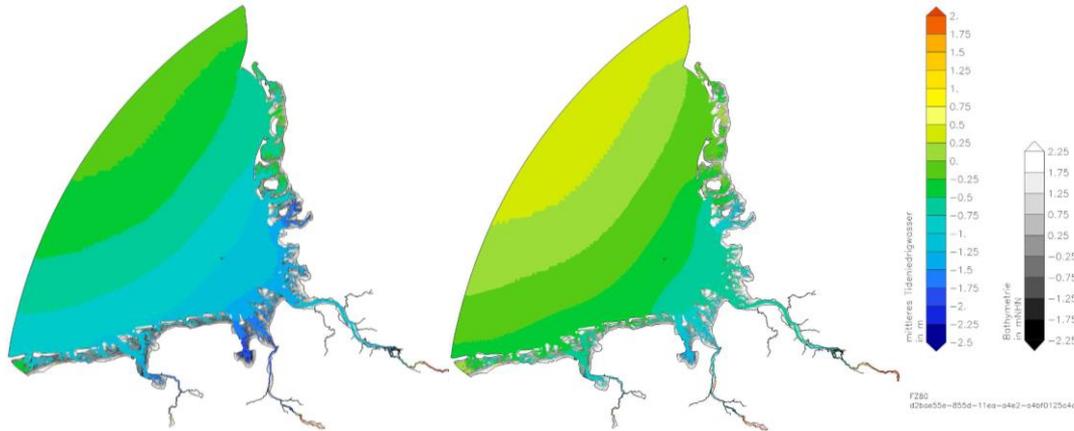
Literaturquellen

Dissanayake, D.M.S.K., et al., 2012: The morphological response of large tidal inlet/basin systems to relative sea level rise. *Climate Change*, 113, pp. 215–276.
 Eitzalde, A., et al., 2014: WIKOM-REMO: A Coupled Regional Model for the North Sea. *Klimawirkungsanalyse KLWAS-08/2014*.
 IPCC: 2013: Zusammenfassung der politischen Entscheidungsträger. In: *Klimawirkungsanalyse 2013: Naturwissenschaftliche Grundlagen, Beitrag der Arbeitsgruppe I zum Fünften Sachverständigenrat des Zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimawandlungs (IPCC)* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Kochinger, A. Nakae, Y. Xia, V. Bae and M. Wiedner (Hrsg.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Großbritannien und New York, NY, USA. Deutsche Übersetzung durch Deutsche IPCC-Koordinationsstelle, Österreichische Umweltbundesamt, ProClima, Bonn/Wien/Bern, 2014.

Mittleres Tideniedrigwasser

Gegenwart

Mögliche Zukunft



Bildatlas

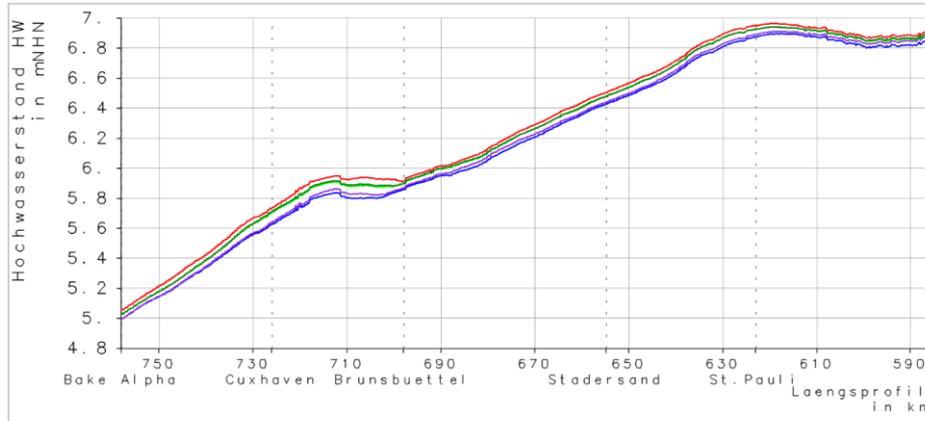
- Mittleres Tideniedrigwasser
- Mittleres Tidehochwasser
- Mittlerer Tidehub
- Mittlere Flutstromgeschwindigkeit
- Mittlere Ebbestromgeschwindigkeit
- Mittlerer Salzgehalt
- Mittlere Überflutungsdauer
- Verhältnis von mit. Flutstromgeschwindigkeit zu mit. Ebbestromgeschwindigkeit

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2020): BAWBildatlas. Darstellung möglicher Zukünfte im Klimawandel. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

<https://hdl.handle.net/20.500.11970/107308>

Beispiel: Sturmflut vom 6.12.2013 mit Meeresspiegelanstieg von 110 cm

Scheitelwasserstand entlang der Tideelbe

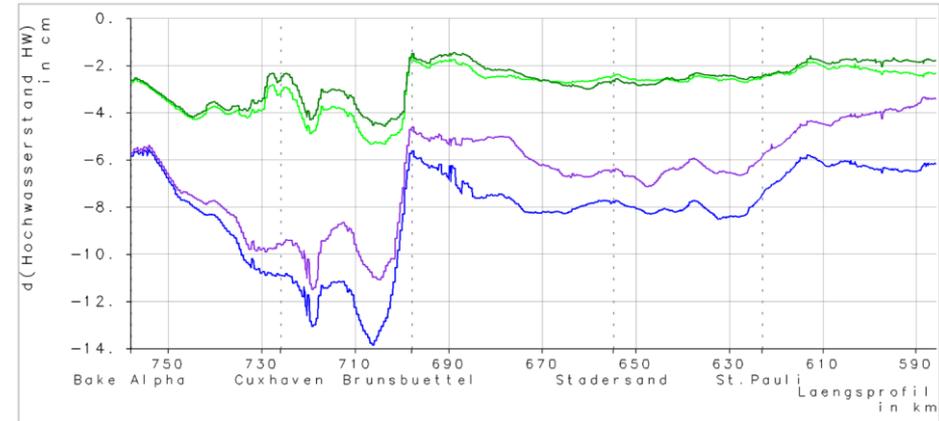


ohne Erhöhung der Watten

Erhöhung der Watten um 55cm

Erhöhung der Watten um 55cm inkl. Watten in der Tideelbe

Differenz der Scheitelwasserstände
im Vergleich zu keiner Erhöhung der Watten



Erhöhung der Watten um 110cm

Erhöhung der Watten um 110cm inkl. Watten in der Tideelbe

Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.) (2020): BAWBildatlas. Sturmflutereignisse in der Tideelbe. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau.

<https://hdl.handle.net/20.500.11970/107318>

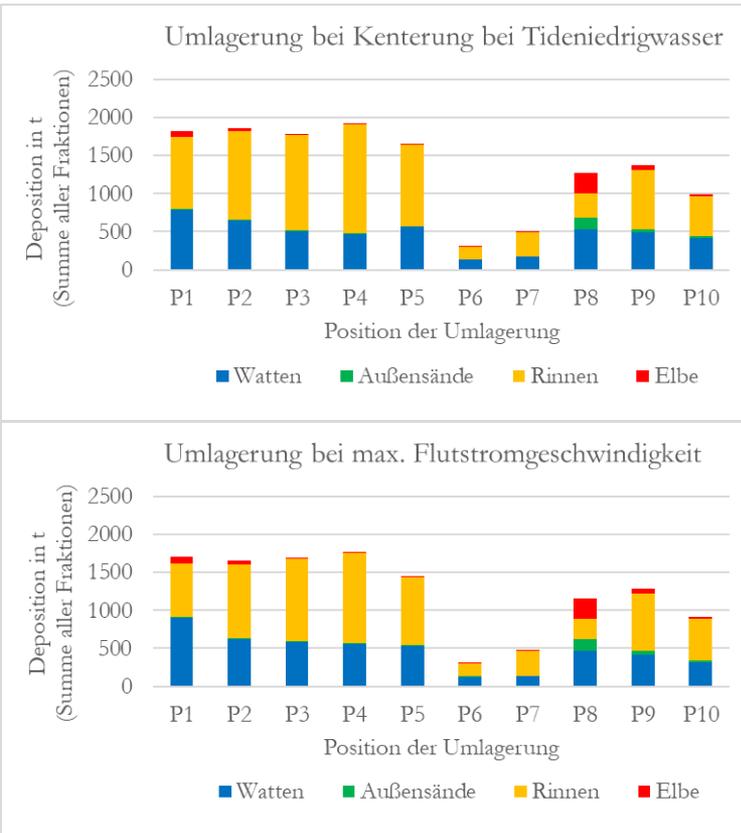
Ausblick und erste Ergebnisse Phase II: Anpassung durch Förderung des Wattwachstum (Modellierung)

- Wattgebiete haben einen dämpfenden Einfluss auf die Tidedynamik, die wiederum die Sedimentdynamik prägt.
- Ziel: Durch geeignetes Umlagern von Baggergut im Mündungsbereich Aufwachsen der Wattgebiete bei einem beschleunigten Meeresspiegelanstieg fördern

Verdriftungsstudie mithilfe numerischer Simulationen

Untersuchung verschiedener

- Verbringstellen (Positionen) in der Elbmündung
- Zeitpunkte (Tidephase)
- Korngrößenverteilungen



- Zukünftige Entwicklung des niedrigsten Tideniedrigwasserstands (NNTnw) in der Tideelbe
- Untersuchung eines extremen aber möglichen Ereignisses

Extremwerte Pegel St. Pauli
(Stand: 01.11.2019)

Tnw (seit 1901)

Rang	Wasserstand [m]	Datum	Bezeichnung
1.	- 3,64 m	18.03.2018	= NNTnw
2.	- 3,48 m	02.03.1987	
3.	- 3,46 m	01.03.2018	
4.	- 3,45 m	18.12.1997	
5.	- 3,41 m	18.03.2018	
6.	- 3,38 m	15.02.1994	
7.	- 3,38 m	01.03.2018	
8.	- 3,35 m	15.02.1994	
			⋮

Gewässerkundliche Information 2019 (HPA)

Tideelbe

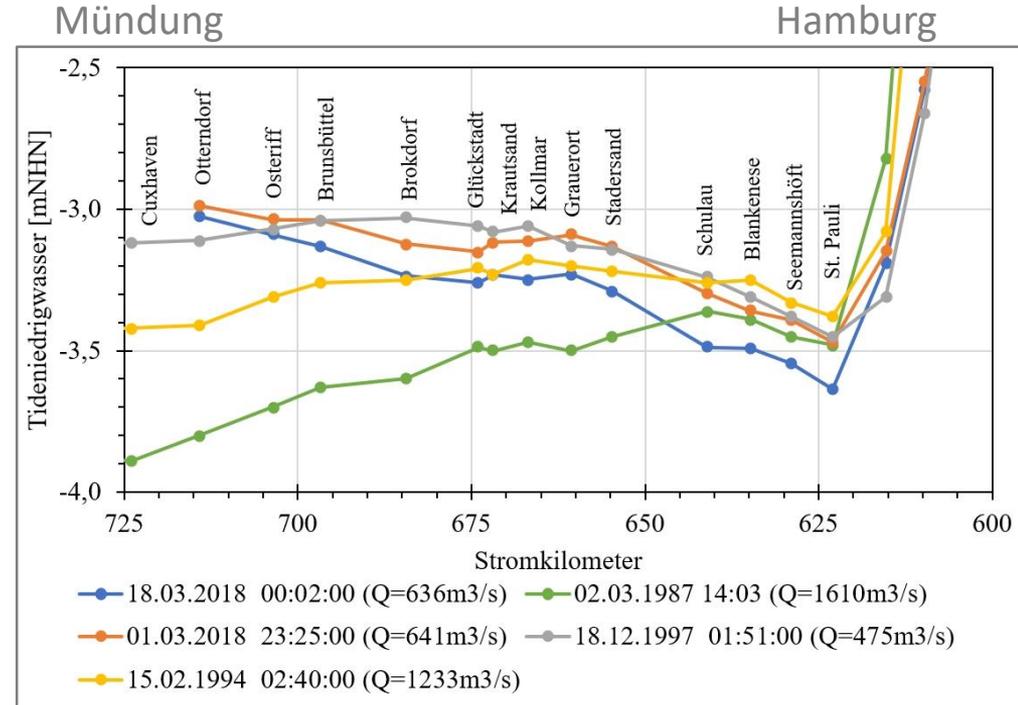


Bild: Hamburg Port Authority (HPA)

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

www.bmvi-expertennetzwerk.de