

Wasserbauliche Maßnahmenstudie zur Unterstützung einer natürlichen Tidedynamik im Bereich der Elbinsel Krautsand

Michael Neumayer, Marion Dziengel, Sina Saremi, Marco Lomazzi und Almut Windmuller

Zusammenfassung

Mit der Zielsetzung Rückzugsorte für ästuartypische Lebensformen in den Nebenarmen der Tideelbe zu schaffen, wurde das Naturschutzgroßprojekt Krautsand durch den WWF Deutschland initiiert. In den Gewässern rund um die Elbinsel Krautsand soll wieder verstärkt eine natürliche Tidedynamik zugelassen werden. Aufbauend auf den Erkenntnissen einer umfangreichen Datenanalyse sowie auf erhobenen Messdaten erfolgte die Entwicklung wasserbaulicher Maßnahmen zur Wiederherstellung einer Tidedynamik in der Wischhafener Süderelbe, im Ruthenstrom Gewässersystem sowie in angrenzenden Prielen mit dem Ziel der Herstellung dauerhaft benässter Bereiche, unter gleichzeitiger Stärkung des tidedynamischen Gewässersystems, um der zunehmenden Sedimentation in der Nebeneelbe entgegenzuwirken. Die hydromorphologische Wirkungsweise der Maßnahmen wurde mittels eines 3D numerischen Modells untersucht. Basierend auf einer holistischen Betrachtung der Maßnahmenzenarien in Bezug auf die berücksichtigten Bewertungskriterien (u. a. Unterhaltungsaufwand, Entwässerungssituation für Landwirte und Siedlungen, Bewässerungssituation für Landwirte, Bedeutung der Maßnahmen für Erreichung der Naturschutzziele) überwiegen die positiven Auswirkungen der einzelnen Szenarien. Dabei hängt die Auswahl der umzusetzenden Maßnahmenzenarien von der Gewichtung der einzelnen Maßnahmenkriterien ab.

1 Hintergrund und Zielsetzung

Die Elbinsel Krautsand am Rand der Brackwasserzone der Tideelbe (Landkreis Stade, Niedersachsen) ist überwiegend durch von Gräben und Prielen durchzogene Grünlandflächen gekennzeichnet. Sie wird westlich von der Wischhafener Süderelbe (WSE) und vom Ruthenstrom (RS) umströmt und somit vom Elbufer getrennt. Infolge der Sturmflut im Jahr 1976 wurde die Elbinsel Krautsand eingedeicht (WWF, 2023), um diese durch die beiden 1978 in Betrieb gegangenen Sperrwerke „Wischhafen“ und „Ruthenstrom“ vor Sturmfluten zu schützen (NLWKN, 2023a; NLWKN, 2023b). Im Rahmen des 2020 gestarteten Naturschutzgroßprojektes Krautsand will der WWF Deutschland gemeinsam mit der NABU-Stiftung den Ästuar Lebensraum renaturieren, um diesen besonders schützenswerten ästuartypischen Lebensraum nachhaltig zu sichern und weiterzuentwickeln (WWF, 2023). Abb. 1 zeigt den ca. 2.800 ha großen, nordöstlich von Hamburg gelegenen Untersuchungsraum Krautsand einschließlich der beiden Sturmflutsperrwerke und den im Projektgebiet vorhandenen Sielbauwerken.

Im Rahmen der Planungsphase des Naturschutzgroßprojektes Krautsand war im Auftrag des WWF Deutschland eine wasserbauliche Maßnahmenstudie zu erstellen. Zielsetzung der Untersuchungen ist das Zulassen einer natürlichen Tidedynamik mit gleichzeitiger Herstellung dauerhaft benässter Bereiche auch bei Tideniedrigwasser, um die Elbinsel Krautsand in Bezug auf die Natur und die Biodiversität aufzuwerten. Die zentralen Herausforderungen im Zuge der Wiederanbindung an die Tide sind die hohe Sedimentationsneigung im Planungsraum und die Salzgehalte mit Sekundäreffekten für die Bewässerung der örtlichen Landwirtschaft. Zusätzlich wurde seitens der Anrainer zunehmend Problematiken bei der Entwässerung starker Niederschläge

beobachtet. Insbesondere die zugenommene Verschlickung der WSE führt neben der problematischen Binnenentwässerung auch bei der Schifffahrt zu Einschränkungen. So kann die WSE in ihrem Oberlauf nur noch sehr eingeschränkt bzw. teilweise nicht mehr befahren werden.

Im Zuge der Defizitanalyse (DHI, 2021a) erfolgte eine Grundlagenrecherche, um die derzeitige Gewässersituation einschließlich wasserwirtschaftlicher Nutzung auf Krautsand zu beschreiben und den Grundstein für die anschließende wasserbauliche Studie zu legen. Dabei identifizierte Lücken in der Datengrundlage für die wasserbauliche Studie wurden durch Gewässervermessungen sowie mittels einer in-situ-Messkampagne (Strömungsgeschwindigkeiten, Schwebstoffkonzentrationen) geschlossen. Mit Hilfe eines numerisch-hydromorphologischen 3D-Modells (MIKE 3 FM by DHI) wurden möglichst nachhaltige Maßnahmen mit Blick auf die Sedimentations- und Salzgehaltsproblematik entwickelt und geprüft. Die Ergebnisse der Modellierung und die darauf aufbauende Wirkungsanalyse dienen als Grundlage für den Pflege- und Entwicklungsplan (PEPL) und anschließend als Ausgangspunkt für die Genehmigungsplanung der Maßnahmen.

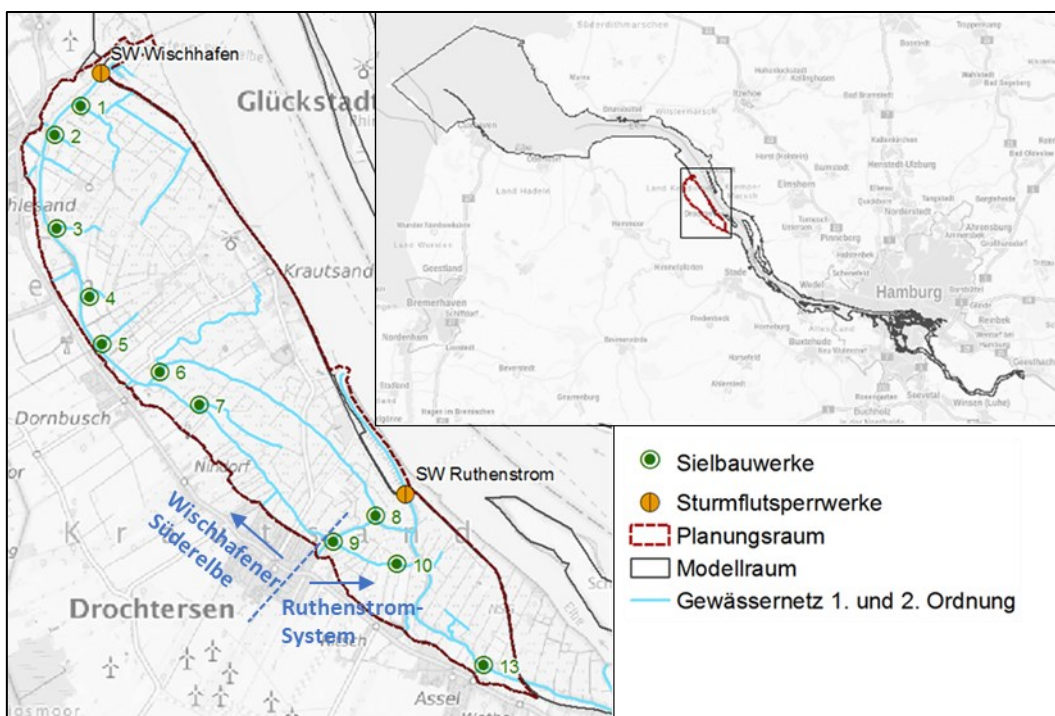


Abb. 1 Ausdehnung des Gesamtmodells (rechts oben) sowie Detaildarstellung des Untersuchungsgebiets Krautsand mit Sielbauwerken und Sturmflutsperrwerken (links) (DHI, 2023, verändert; Hintergrundkarte: <http://www.bkg.bund.de>)

2 Angewandte Modellsoftware MIKE3 FM MT

Die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Modellierungen wurden mittels der dreidimensionalen (3D) hydrodynamischen Softwareanwendung MIKE 3 Flow Model FM (DHI, 2023) sowie mittels des Feinsedimenttransportmoduls MIKE 3 Mud Transport MT (DHI, 2021b) durchgeführt. Diese werden im Folgenden kurz beschrieben.

2.1 3D hydrodynamische Softwareanwendung MIKE 3 Flow Model FM

Das MIKE 3-Programmsystem wurde speziell für die Modellierung von 3-dimensionalen (3D), instationären Strömungsprozessen in Ästuaren und Fließgewässern entwickelt. Die Software ba-

siert auf der Lösung partieller Differenzialgleichungen für inkompressible Flüssigkeiten mit wahlweise hydrostatischem (Flachwassergleichungen) oder nicht-hydrostatischem (Navier-Stokes-Gleichungen) Ansatz. Die räumliche Diskretisierung wird mit Hilfe der elementzentrierten Finite-Volumen-Methode vorgenommen. Die Topographie und Bathymetrie wird in der Ebene in ein unstrukturiertes Netz aus dreieckigen und viereckigen Elementen diskretisiert (Flexible Mesh). Die vertikale Auflösung erfolgt strukturiert nach der z -, σ - (vgl. Abb. 2) oder der kombinierten σ - z - Methode.

Für die Abbildung des Fließwiderstandes an der Sohle kann zwischen den empirischen Ansätzen des Chezy-Koeffizienten C , der Mannings' Rauheit n oder der Nikuradse Rauheit k_n bzw. der äquivalenten Sandrauheit k_s gewählt werden. Die Wirbelviskositäten ν_t können als konstanter Wert, als zeitveränderliche Funktion der lokalen Gradienten der Strömungsgeschwindigkeiten (Ansatz nach Smagorinsky) oder als Ergebnis eines gemischten k - ε -Modells (1D- k - ε -Modell in der Vertikalen und des Smagorinsky-Ansatzes in der Horizontalen) angegeben werden.

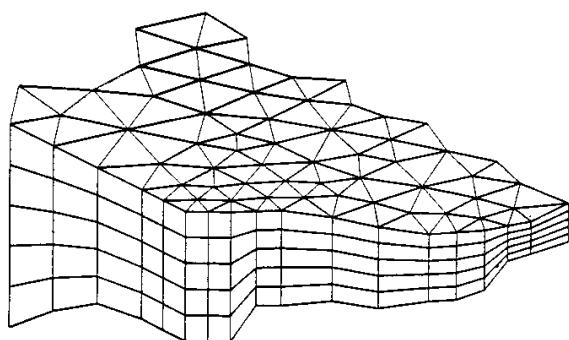


Abb. 2 Prinzip eines 3D-Netzes nach der σ -Methode: während die Anzahl der horizontalen Schichten im Wasserkörper gleichbleibt, passt sich die Dicke der Schichten automatisch an die Wassertiefe an. (DHI, 2022)

2.2 Feinsedimenttransportmodul MIKE 3 Mud Transport MT

Das Feinsediment-Transport-Modul (MIKE21/3 FM MT) dient zur numerischen Abbildung von kohäsiven und nicht-kohäsiven Sedimenttransportprozessen und der zugehörigen morphologischen Veränderung an der Gewässersohle. Neben dem advektiven und diffusiven Sedimenttransport in der Wassersäule, bildet das MT-Modul den vertikalen Austausch zwischen Sedimenten in der Wassersäule und an der Gewässersohle sowie die zeitliche Veränderung der Sedimente an der Gewässersohle mittels eines schichtenbasierten Evolutionsprozesses ab.

Für die hier vorliegenden sandigen und kohäsiven (schluffigen) Sedimente ist das MT-Modul besonders geeignet, da es sowohl sandige als auch mehrere kohäsive Fraktionen in ihrer Sediment- und Morphodynamik erfassen kann. Folgende physikalische Prozesse werden mit dem MT-Module berücksichtigt: Überlagerung strömungsinduzierter Schubspannungen, Sedimenttransport für mehrere Fraktionen, kohäsives und nicht kohäsives Sediment, Flockenbildung infolge der Schwebstoffkonzentration, Effekte infolge vertikaler Dichteschichtung, behindertes Absinken, morphologische Veränderung der Gewässersohle, Beschreibung der Sedimente an der Gewässersohle in mehreren Schichten, Konsolidierungsprozesse. Die zuvor beschriebenen physikalischen Prozesse dienen zur Abbildung morphodynamischer Prozesse in Küsten- oder Fließgewässern. Für eine detaillierte Beschreibung der zugrundeliegenden Berechnungsansätze wird an dieser Stelle auf die zugehörige Dokumentation (DHI, 2021b) verwiesen.

3 Modellierung der wasserbaulichen Maßnahmenszenarien

3.1 Ausgangsmodell - Istzustand

Das verwendete MIKE 3 FM MT Modell umfasst den tidebeeinflussten Bereich der Elbe vom Wehr Geesthacht bei Elbekilometer 586 (Oberstrom) bis zum Steinriff bei Elbekilometer 724 (Unterstrom) und besitzt eine Länge von 138 Flusskilometern (Modellausdehnung siehe Abb. 1). Für die vorliegende Studie wurde ein bei DHI vorliegendes, bestehendes Elbmodell im Bereich des Projektgebiets Krautsand erweitert. Abb. 3 zeigt exemplarische Detailausschnitte des verwendeten Berechnungsnetzes im Bereich des Untersuchungsgebiets der Elbinsel Krautsand. Zudem wurde eine betriebsplanmäßige Steuerung der beiden Sturmflutsperrwerke Wischhafen und Ruthenstrom (einschließlich Spülschließungen) im Modell implementiert.

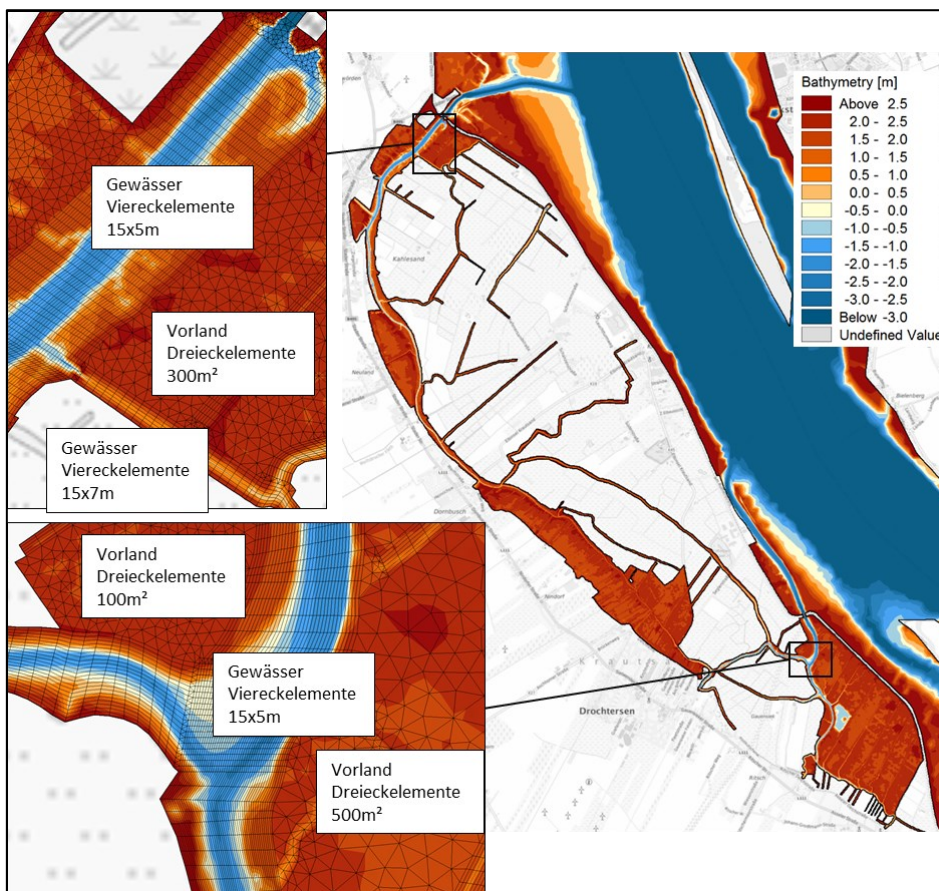


Abb. 3 Berechnungsnetz im Bereich der Elbinsel Krautsand
(Hintergrundkarte: <http://www.bkg.bund.de>)

In der vorliegenden Studie wurde ein hydrostatischer Berechnungsansatz mit einer vertikalen Diskretisierung nach der σ -Methode in 8 Schichten gewählt (vgl. Abbildung 2). Dabei wurde die Rauheit mittels der räumlich variablen Rauheit nach Nikuradse (k_n) definiert, wobei das k - ε -Turbulenzmodell in der Vertikalen und ein Smagorinsky-Ansatz in der Horizontalen für die Berücksichtigung der Wirbelviskosität genutzt wurde.

Zur Verbesserung der Modellgenauigkeit wurde eine Multiparameterkalibrierung durchgeführt. Dabei wurden jeweils gemessene Wasserstände, Strömungen, Salz- und Schwebstoffgehalte an verschiedenen Punkten in der Elbe sowie im Projektgebiet Krautsand den modellierten Größen gegenübergestellt. Die Sedimentparametrisierung wurde ebenfalls auf Basis der Erkenntnisse

und Erfahrungen vorangegangener Untersuchungen sowie neuer Messdaten zur Schwebstoffkonzentration und zur Sohländerung definiert. Dabei wurden die Fraktionsgruppen Mittel- und Feinsand unter der Fraktion „Sand“ sowie Grobschluff bis Feinschluff unter der Fraktion „Schluff“ zusammengefasst, siehe Tab. 1.

Tab. 1 Im Modell berücksichtigte Sedimentfraktionen und Schichten („Layer“)

Parameter	Wert
Fraktionen	Fraktion 1: Sand Fraktion 2: Schluff
Berücksichtigte Layer (inkl. Fraktionsverteilung)	Layer 1: 30 % Sand, 70 % Schluff Layer 2: 70 % Sand, 30 % Schluff
Layerdicke	Layer 1: 0,005 bis 0,1 m Layer 2: 0,01 m

3.2 Simulationszeitraum

Für die Modellierung der im nächsten Abschnitt beschriebenen wasserbaulichen Maßnahmen-szenarien wurde ein Simulationszeitraum von ca. 25 Tagen im Sommer 2020 gewählt (9.7.2020 bis 3.8.2020). Abb. 4 verdeutlicht den berücksichtigten Modellierungszeitraum mit repräsentativ auftretenden Tide- und Abflussverhältnissen sowie die zugehörigen hydrodynamischen Randbedingungen in Form der angesetzten Wasserspiegellagen am unteren Modellrand sowie den Abfluss der Elbe, welcher am oberen Modellrand als Zufluss dient.

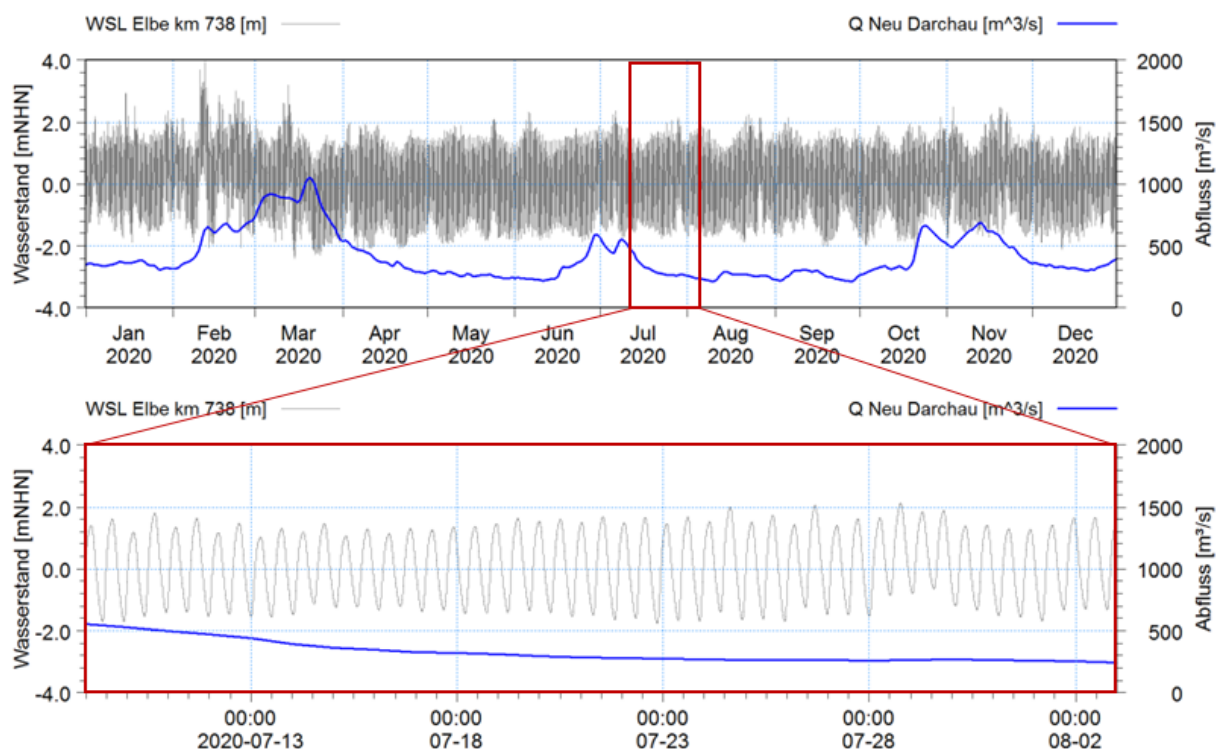


Abb. 4 Randbedingungen für den unteren (WSL-Ganglinie) und den oberen Modellrand (Q-Ganglinie) unter Hervorhebung des Modellierungszeitraums (unten) (DHI, 2023)

3.3 Wasserbaulichen Maßnahmen-szenarien

Wie in der vorangegangenen Defizitanalyse (DHI, 2021) beschrieben, besteht aufgrund einer vor einigen Jahren angelegten Barre im Oberlauf der WSE derzeit keine durchgängige Verbindung

zwischen dem Gewässersystem der WSE und dem Gewässersystem des RS. Zudem führt die sehr starke Verschlickung der WSE zu problematischen Auswirkungen bzgl. der Binnenentwässerung sowie zu einer beeinträchtigten bzw. unmöglichen Schiffbarkeit in ihrem Oberlauf. Aus diesem Grund beinhaltet die Mehrheit der nachfolgend vorgestellten Maßnahmenszenarien in bestimmten Fließgewässerabschnitten eine initiale Solltiefenherstellung.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Entwicklung wasserbaulicher Maßnahmenszenarien, um die Elbinsel Krautsand für die Natur und Biodiversität aufzuwerten. Durch geeignete Maßnahmen soll der zu erwartende Unterhaltungsaufwand der Gewässer reduziert bzw. möglichst geringgehalten werden. Die zentralen Herausforderungen im Zuge der Wiederanbindung an die Tide, die (Wieder-) Herstellung von Gewässerlebensräumen und die Wiederanbindung der WSE an das RS-System sind die hohe Sedimentationsneigung im Planungsraum und die Salzgehalte mit Sekundäreffekten für die Bewässerung. Dabei soll durch erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten sowie einem Entgegenwirken gegen die Tideasymmetrie die Sedimentationssituation im Planungsraum verbessert werden. Insgesamt wurden folgende fünf wasserbaulichen Maßnahmenszenarien in Absprache mit fachlichen Arbeitskreisen im Rahmen des Naturschutzgroßprojektes Krautsand entwickelt und untersucht:

Szenario 1: (Re-) Aktivierung der Tidedynamik

- Gewässeranpassung in der WSE und im RS West im Zuge der Herstellung der Solltiefe
- Wiederherstellung der Verbindung zwischen WSE und RS-Gewässersystem
- Einrichtung eines gesteuerten Bereichs in der WSE durch Implementierung von zwei Steuerbauwerken mit optimierter Steuerung

Szenario 2: (Wieder-) Anbindung Kahlesand-Priel mit Steuerung

- Gewässeranpassung in Teilen der WSE im Zuge der Herstellung der Solltiefe
- (Wieder-)Herstellung eines durchgängigen Priels („Kahlesand-Priel“) zwischen Sielbauwerk 1 und 3 an der WSE (vgl. Abb. 1)
- Anschluss des Kahlesand-Priels an die Tidedynamik mittels optimierter Steuerung der Sielbauwerke 1 und 3

Szenario 3: Anlage von Tidepoldern

- Gewässeranpassung in Teilen der WSE im Zuge der Herstellung der Solltiefe
- Anlage von zwei Tidepoldern an der WSE und einem Tidepolder am RS

Szenario 4: Öffnung eines seitlich angeschlossenen Priels ohne Steuerung

- Öffnung des Sielbauwerks 2 an der WSE (vgl. Abb. 1), um die Kahlesand-Räthe an die natürliche Tidedynamik anzuschließen

Szenario 5: Kumulierte Betrachtung Szenario 1 und 3

- Kumulierte Betrachtung der Maßnahmen in Szenario 1 und 3 (siehe Abb. 5)

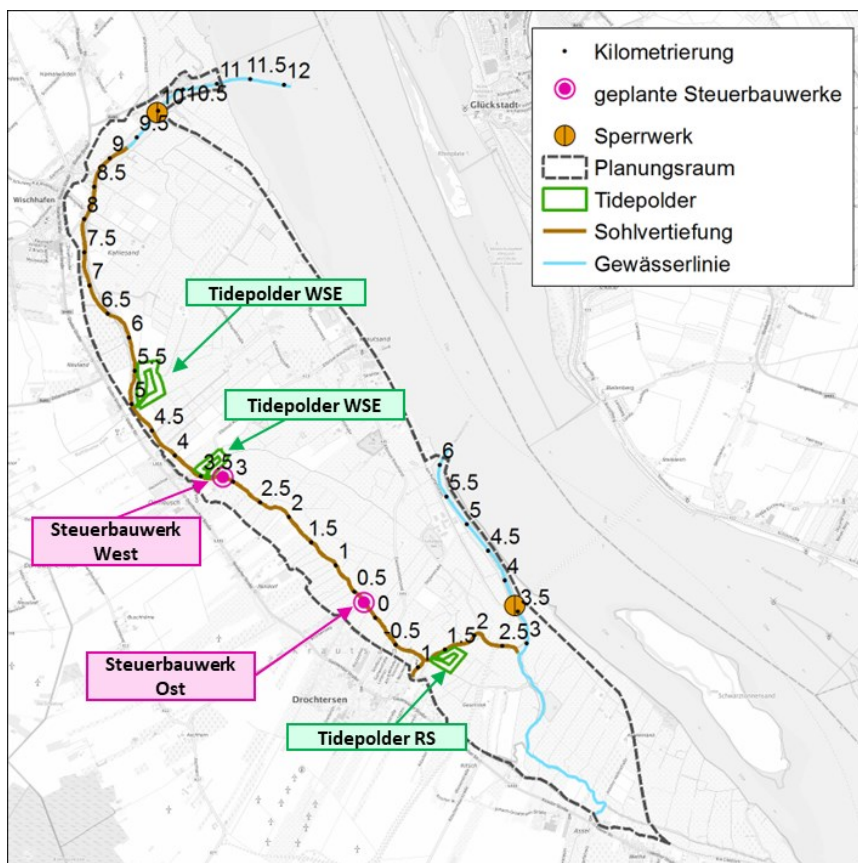


Abb. 5 Übersichtskarte zu den Maßnahmen des Szenario 5 (kumulierte Betrachtung Szenario 1 und 3) (DHI, 2023, verändert; Hintergrundkarte: <http://www.bkg.bund.de>)

4 Modellierungsergebnisse der wasserbaulichen Maßnahmen Szenarien

Um eine fundierte Bewertung der verschiedenen Maßnahmen Szenarien vornehmen zu können, erfolgte die Analyse der Modellierungsergebnisse anhand einer umfassenden Tidekennwertanalyse (u. a. statistische Auswertung der Tidehoch- und -niedrigwasserstände, der Tidemittelwasserstände, des Tidehubs, der mittleren Wassertiefen, der maximalen und mittleren Flut- und Ebbstromgeschwindigkeiten) entlang der Gewässermittelachsen sowie durch Betrachtung der im morphodynamischen Modell resultierenden Sohlagenänderungen.

Die großräumigen Szenarien 1, 3 und 5 weisen eine deutliche Beeinflussung der Strömungsverhältnisse im Planungsraum auf, wodurch in weiten Teilen des Gewässersystems eine ästuarische Tidedynamik erreicht wird. Abb. 6 stellt beispielhaft die durch die Maßnahmen in Szenario 3 (Anlage von Tidepoldern) veränderten maximalen Flut- und Ebbströmungen denen des Istzustands gegenüber. Hinsichtlich des Sedimentmanagements weisen insbesondere Szenario 3 und Szenario 5 durch die geplanten Tidepolder eine merkliche Verbesserung der Sedimentationsproblematik im Gewässersystem auf. Abb. 7 stellt exemplarisch die am Ende des Simulationszeitraums aufgetretenen Differenzen in den Sohlagen zwischen Szenario 5 und dem Istzustand dar, wobei die grün-bläulichen Bereiche eine größtenteils niedrigere resultierende Sohlage im Szenario gegenüber dem Istzustand erkennen lassen. Allerdings deuten die Szenarien mit geplanten Tidepoldern (Szenario 3 und 5) auf einen zu erwartenden Unterhaltungsaufwand infolge einer unterschiedlich stark ausgeprägten Sedimentation innerhalb der einzelnen Tidepolder hin. In Szenario 1 konnte ein ähnlich positiver Effekt in abgeschwächter Form mit einigen wenigen Sedimentationsbereichen entlang des untersuchten Gewässersystems beobachtet werden.

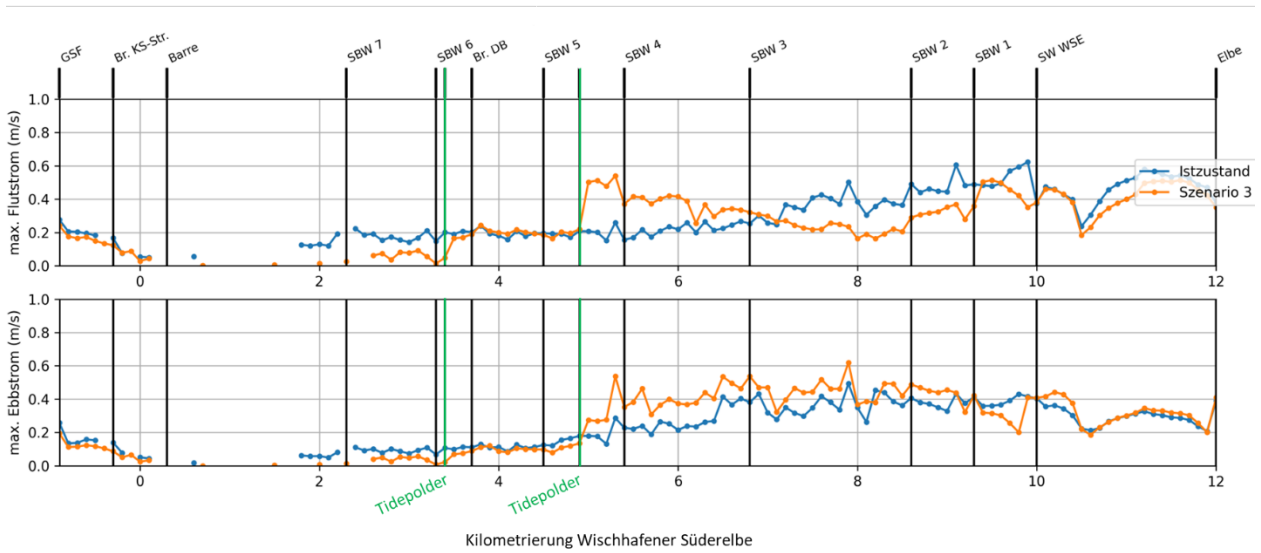


Abb. 6 Maximale Flut- und Ebbströmungen des modellierten Szenarios 3 im Vergleich zum Istzustand entlang der WSE (DHI, 2023, verändert)

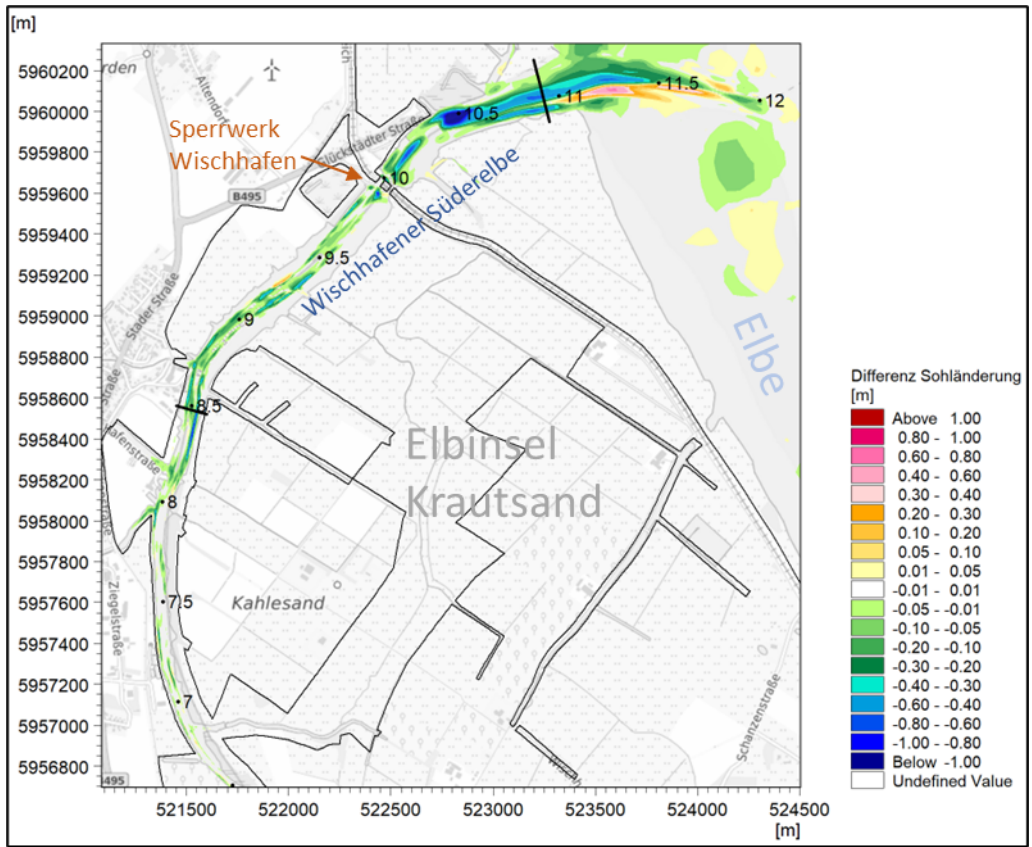


Abb. 7 Differenz der Sohländerung zwischen Szenario 5 und dem Istzustand im nördlichen Abschnitt der WSE (positive Werte: höhere resultierende Sohlage im Szenario; negative Werte: geringere Sohlagen im Szenario) (DHI, 2023, verändert; Hintergrundkarte: <http://www.bkg.bund.de>)

Szenario 2 zeigt die Möglichkeit der Wiederanbindung eines zweifach angebundenen Priels, bei welchem durch eine optimierte Steuerung der Einlauf- und Auslaufbauwerke nur wenige punktuelle Unterhaltungsaufwände zu erwarten sind. Darüber hinaus wurden in Szenario 4 die Sedimentationsprozesse infolge einer in einen Priel frei ein- und ausschwingenden Tide untersucht, wobei im Rahmen des untersuchten Simulationszeitraums vergleichsweise geringe Sedimentations- und Erosionsprozesse festgestellt wurden. Hier könnte ein längerer Simulationszeitraum oder ein überwachter Feldversuch die Abschätzung der längerfristigen Sedimentations- bzw. Erosionssituation verbessern.

5 Zusammenfassende Bewertung der wasserbaulichen Maßnahmen-szenarien

Insgesamt betrachtet, unterstützen alle untersuchten Maßnahmen die Aufwertung der Natur sowie der Biodiversität der Elbinsel Krautsand. Basierend auf einer holistischen Betrachtung der Maßnahmen-szenarien in Bezug auf alle berücksichtigten Bewertungskriterien (Nachhaltigkeit / Unterhaltungsaufwand, Entwässerungssituation für Landwirte und Siedlungen, Bewässerungssituation für Landwirte, Bedeutung der Maßnahmen für Erreichung der Naturschutzziele) überwiegen die positiven Auswirkungen, wodurch die Umsetzung eines jeden Szenarios empfohlen werden kann (siehe Tab. 2).

Tab. 2 Zusammenfassende Bewertung der untersuchten wasserbaulichen Szenarien für jedes betrachtete Kriterium (DHI, 2023, verändert)

Kriterium	Sz. 1d opt.: Tidedynamik	Sz. 2: Wieder-anbin- dung Priel ge- steuert	Sz. 3 opt.: Tidegewässer	Sz. 4: Wieder-anbin- dung Priel unge- steuert	Sz. 5: Kombi- nation Sz. 1 & Sz. 3
Nachhaltigkeit / Unterhaltungsaufwand	(+)	(+)	+++	o	++
Entwässerungssituation	+++	+++	(+)	<i>(kein Vergleich zum Istzustand)</i>	+
Bewässerungssituation	++	<i>(kein Vergleich zum Istzustand)</i>	-	<i>(kein Vergleich zum Istzustand)</i>	o
Naturschutz	+++	+++	+++	++	++++

Dabei hängt die Auswahl der umzusetzenden Maßnahmen-szenarien von der Gewichtung der einzelnen Maßnahmenkriterien ab. Abschließend wird zudem empfohlen, die zu erwartenden Kosten der einzelnen Maßnahmen in die Entscheidungsfindung mit einzubeziehen. Dabei wird empfohlen die unterschiedlichen Auswirkungen aller untersuchten Maßnahmen-szenarien bei einer Umsetzung mittels geeigneter Monitoringmaßnahmen zu überprüfen.

Literatur

- DHI (2021a). Entwicklung von Renaturierungsmaßnahmen im Naturschutzgroßprojekt Krautsand - Wasserbauliches Vorplanungskonzept. Bericht zur Defizitanalyse, DHI WASY GmbH, Berlin.
- DHI (2021b). MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM - Mud Transport Module - Scientific Documentation. DHI A/S headquarters, Hørsholm, Dänemark.
- DHI (2022). MIKE 3 Flow Model FM - Hydrodynamic and Transport Module - Scientific Documentation. DHI A/S headquarters, Hørsholm, Dänemark.
- DHI (2023). Entwicklung von wasserbaulichen Maßnahmenszenarien zur Aufwertung der Natur und der Biodiversität der Elbinsel Krautsand - Wasserbauliche Maßnahmenstudie. Bericht (unveröffentlicht), DHI WASY GmbH, Berlin.
- NLWKN (2023a). Sperrwerk Wischhafen – Technische Daten. URL: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/landeseigene_anlagen/sperrwerke/sperrwerk_wischhafen/sperrwerk-wischhafen-41840.html (aufgerufen am 03.02.2023), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Norden.
- NLWKN (2023b). Sperrwerk Ruthenstrom – Technische Daten. URL: https://www.nlwkn.niedersachsen.de/startseite/hochwasser_kustenschutz/landeseigene_anlagen/sperrwerke/sperrwerk_ruthenstrom/Sperrwerk%20Ruthenstrom-40334.html (aufgerufen am 03.02.2023), Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Norden.
- WWF (2023). Naturschutzgroßprojekt Krautsand - Die Vielfalt der Tideelbe bewahren, URL: <https://www.wwf.de/themen-projekte/projektregionen/tideelbe/naturschutzgrossprojekt-krautsand> (aufgerufen am 02.02.2023), WWF Deutschland, Berlin.

Anschrift der Verfasser

Dr.-Ing. Michael Neumayer, DHI WASY GmbH
Dingolfingerstrasse 15, D-81673 München
mne@dhi.com

Marion Dziengel, DHI WASY GmbH
Volmerstraße 8, D-12489 Berlin
mky@dhi.com

Dr.-Ing. Marco Lomazzi, DHI S.r.l.
c/o Via Bombrini 11/12, I-16154 Genova, Italia
mlo@dhi.com

Dr.-Ing. Sina Saremi, DHI A/S
Agern Allé 5, DK-2970 Hørsholm, Denmark
ss@dhi.com

Almut Windmuller, ehemals DHI WASY GmbH
Wätjenstr. 53, D-28213 Bremen
a.windmuller@gmx.de