

# Abschlussbericht zum Monitoring der Buhnenfelder der Unteren Tideelbe vor Ost-Krauel im Bezirk Bergedorf, Hamburg 2022 - 2025

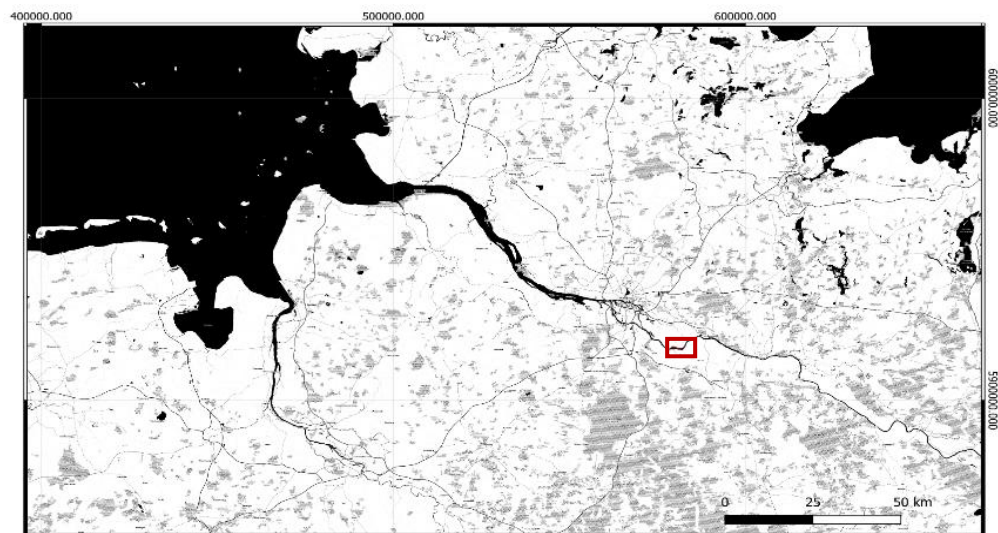


Abbildung 1: Lage des Untersuchungsgebietes an der unteren Tideelbe bei Geesthacht (rot).

Bearbeitung



Institut für Geoökologie  
Abteilung Landschaftsökologie und Umweltsystemanalyse  
Langer Kamp 19c  
38106 Braunschweig  
Telefon | +49 (0) 531 391 5631

Braunschweig, den 20.04.2026

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 Hintergrund und Zielsetzung.....                                            | 1  |
| 2 Untersuchungsgebiet .....                                                   | 1  |
| 3 Methoden, Ergebnisse und Auswertung.....                                    | 2  |
| 3.1 Teilbereich Morphologie.....                                              | 2  |
| 3.1.1 Datenerhebung.....                                                      | 2  |
| 3.1.2 Datenverarbeitung .....                                                 | 3  |
| 3.1.3 Ergebnisse.....                                                         | 3  |
| 3.1.2 Zusammenfassung der beobachteten morphologischen Veränderungen.....     | 10 |
| 3.2 Teilbereich Makrozoobenthos .....                                         | 12 |
| 3.2.1 Datenerhebung.....                                                      | 12 |
| 3.2.2 Ergebnisse.....                                                         | 15 |
| 3.2.3 Zusammenfassung der beobachteten Veränderungen des Makrozoobenthos..... | 21 |
| 3.4 Teilbereich Vegetation.....                                               | 21 |
| 3.4.1 Datenerhebung.....                                                      | 23 |
| 3.4.2 Biotischer Zustand – Biotoptypen in der Uferzone .....                  | 23 |
| 3.4.3 Ergebnisse.....                                                         | 24 |
| 3.4.3 Zusammenfassung der beobachteten Veränderungen der Vegetation.....      | 29 |
| 4 Integration der Beobachtungen und Gesamtbewertung .....                     | 29 |
| 5 Literaturverzeichnis.....                                                   | 31 |
| 5.1 Verwendete Bestimmungsliteratur Makrozoobenthos.....                      | 31 |
| 6.2 Literatur.....                                                            | 31 |

## 1 Hintergrund und Zielsetzung

Im Januar 2023 wurde von der Stiftung Lebensraum Elbe das Projekt *Aufwertung von Bühnenfeldern* durch Bühnenkerbung in der Tideelbe vor der Gemarkung Ost - Krauel durchgeführt. Durch die Kerbung sollten die Strömungsmuster in Bühnennähe diversifiziert und Abflussmenge sowie Fließgeschwindigkeit zwischen den Bühnenfeldern erhöht werden, sodass abgelagertes Sediment umlagert werden kann. Auf diese Weise sollen *dauerhaft, ökologisch wertvolle Flachwasser - Habitate in den Bühnenfeldern* geschaffen werden.

Die hier beschriebene Untersuchung ist Teil der wissenschaftlichen Begleitung des Projektes durch das Geoökologische Institut der TU Braunschweig. Dabei soll der Einfluss der Baumaßnahme auf die Lebensraumstrukturen für Flora und Fauna im Einflussbereich der Bühnen erfasst werden. Der Bericht fokussiert auf die Dynamik von Vegetation und Makrozoobenthos als biologischer, sowie auf geometrische Veränderung der Ufermorphologie als strukturellen Indikator, um den Erfolg der Maßnahme zu bewerten. Das Monitoring erstreckte sich über einen Zeitraum von vier Jahren, beginnend mit einer Erstaufnahme vor der Maßnahme im Jahr 2022. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchungen gefolgt von einer abschließenden Vergleichsanalyse der Jahre 2022 bis 2025 dargestellt. Abschließend wird die Entwicklung der Bühnenfelder im Monitoringzeitraum zusammengefasst und eine Gesamtbewertung des Erfolgs der Maßnahme vorgenommen.

## 2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im limnischen Bereich der Tideelbe zwischen Stromkilometer 594,5 und 594,7 (Abb. 2). Die Elbe beschreibt an dieser Stelle eine Rechtskurve, sodass sich die angrenzenden Uferbereiche am strömungsgeminderten Gleithang befinden. Der Bereich unterliegt dem Tideeinfluss, wodurch sich die Wasserstände zwischen mittlerem Tidehochwasser (MThw) und mittlerem Tideniedrigwasser (MTnw) regelmäßig verändern und ein periodischer Wechsel der Strömungsrichtung im Tidezyklus erfolgt.

Der auf einer Länge von 1200 Metern beprobte Uferabschnitt liegt vor der Gemarkung Ost-Krauel, an welchem das Ufer stromnah durch Steinschüttungen und in den Strom ragende Bühnen verbaut ist.

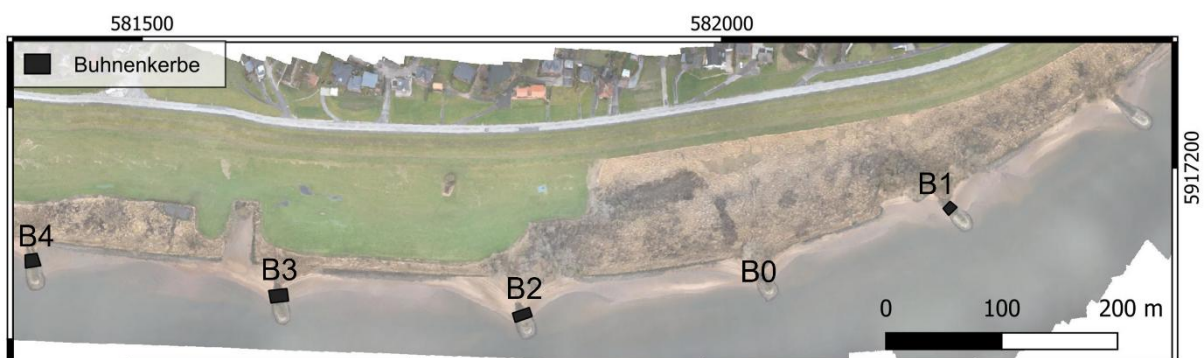


Abbildung 2: Ansicht des untersuchten Uferabschnittes und Ausweis der Kerbbühnen im Gebiet Krauel.

Auf und hinter dem Deckwerk befindet sich ein dünner Streifen krautiger Uferfluren, der von Hochstaudensäumen und Auenwäldern abgelöst wird. Die Bühnenfelder sind als FFH-

Lebensraumtyp Flusswatt ohne Vegetation (FWO) gekennzeichnet und nach §30 BNatSchG geschützt.

Die in einem Abstand von 200 m errichteten Buhnen erhöhen die Fließgeschwindigkeit in der Flussmitte und verringern sie in der Uferzone. So konnten sich durch die Flut transportierte und durch Erosionsprozesse in der Fahrrinne gelöste feinkörnige, auch schlickige Sedimente in den Buhnenfeldern ablagern. Im strömungsgeminderten Buhnennahbereich haben sich mit anoxischem Schlamm überzogene Flächen gebildet, welcher teilweise größere Mengen an unzersetztem Detritus enthält.

Über die Jahre sind weite Teile des Eulitorals verlandet, was zu einem Verlust biologisch wertvoller Flachwasserzonen geführt hat. Heute sind vier der fünf Buhnen im Untersuchungsgebiet gekerbt, um durch Erhöhung der Hydrodynamik Sedimentumlagerungen in den Buhnenfeldern zu ermöglichen. Die Maßnahme wurde im Januar 2023 im Auftrag der Stiftung Lebensraum Elbe durchgeführt.

### 3 Methoden, Ergebnisse und Auswertung

Vor Beginn der Maßnahme wurden für jeden der drei untersuchten Teilbereiche Morphologie, Makrozoobenthos und Vegetation die relevanten Eigenschaften des Gebietes charakterisiert und Hypothesen zu deren Veränderung nach Durchführung der Maßnahme aufgestellt. Zusätzlich wurden in den Jahren 2023-2024 Sedimentproben zur geochemischen Analyse entnommen. Im Folgenden werden die Methoden zur Auswertung und deren Ergebnisse dargestellt.

#### 3.1 Teilbereich Morphologie

**Charakterisierung:** Die Buhnenfelder sind stark aufgesandet. Die Flächen sind plan und enthalten keine Senken, Riffel oder Pools.

**Hypothese:** Durch die Kerbung der Buhnen und die Veränderungen im Strömungsregime entstehen in den Buhnenfeldern variable Strukturen wie kleine Priele, Abbruchkanten und Pools.

##### 3.1.1 Datenerhebung

Die Messkampagnen für die genaue Einmessung der Buhnenfelder fanden für den Ausgangszustand im Winter 2022/2023 statt und für den Zustand nach der Buhnenkerbung im August 2024 und 2025 (siehe Tab. 1). Die Einmessung fand mit dem Laserscanner Riegl VZ400i (Abb. 3) statt und basiert auf der Entfernungsmessung durch die Messung der Laufzeit von Laserimpulsen. Pro Buhnenfeld wurden etwa 6 Scanpositionen gewählt um eine gleichmäßige Erfassung zu ermöglichen. Zur Erfassung wurde die Auflösung „Panorama 20“ gewählt, was einer Auflösung von etwa einem Punkt alle 7 mm in 20 m und einem Punkt alle 17 mm in 50 m Entfernung entspricht. Für eine spätere Registrierung (also eine Verbindung der einzelnen gemessenen Punktwolken) wurden Reflektoren zwischen den Buhnenfeldern aufgebaut und auf Basis von Satellitennavigationssystemen (GPS und Galileo) und den Korrekturdiensten SAPOS oder AXIO auf wenige cm genau eingemessen. Die Messung begannen jeweils kurz vor



Abbildung 3: Laserscanner Riegl VZ400i im Einsatz.

Niedrigwasser. Im August 2024 und 2025 wurden zusätzlich Luftbildaufnahmen mit einer Drohne vom Typ DJI Mavic 3 erstellt.

Tabelle 1: Erfassungsdaten für die Laserscans der Bühnenfelder.

| Bühnenfeld | Erfassungsdatum<br>Erstuntersuchung | Erfassungsdatum<br>Folgeuntersuchung I | Erfassungsdatum<br>Folgeuntersuchung II |
|------------|-------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|
| B0B1       | 06.12.2022                          | 19.08.2024                             | 20.08.2025                              |
| B2B0       | 23.01.2023                          | 19.08.2024                             | 20.08.2025                              |
| B3B2       | 23.01.2023                          | 20.08.2024                             | 21.08.2025                              |
| B4B3       | 23.01.2023                          | 20.08.2024                             | 21.08.2025                              |

### 3.1.2 Datenverarbeitung

Die Punktwolken wurden zunächst in der Software RiSCAN Pro der Firma Riegl registriert (*Automatic registration 2*) und zu einer großen Punktwolke zusammengefasst (Abb. 4 - links).

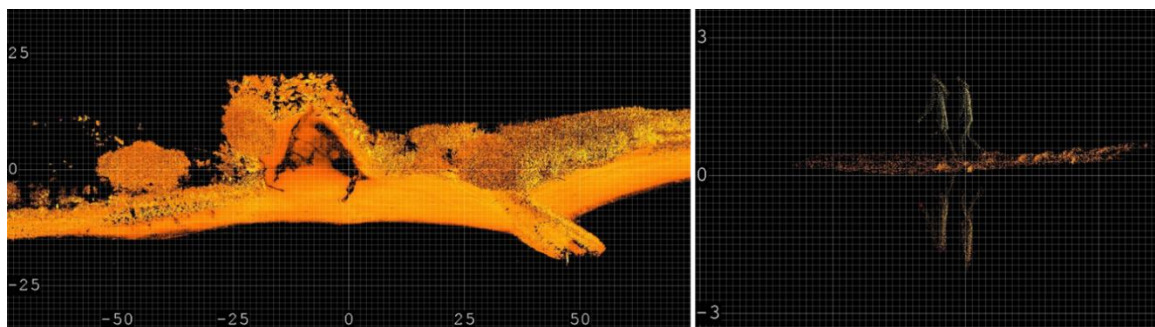


Abbildung 4: links – Punktwolke im Rohzustand. rechts – Personen und ihre Spiegelung in der Punktwolke. Solche Fehler mussten händisch bereinigt werden.

Anschließend wurden die gemessenen Koordinaten der Reflektoren eingelesen und für eine genaue Registrierung der Punktwolken herangezogen (*Block adjustment*). Im nächsten Schritt wurden einzelne Abschnitte zwischen den Bühnen in Punktwolken exportiert und von Artefakten bereinigt. Hierzu zählen Spiegelungen, Spaziergänger, Vögel und andere fehlerhaft erfasste Punkte (Abb. 4 - rechts). Nach Abschluss der Bereinigungen wurden die Punktwolken als sogenannte LAS Dateien exportiert. Die jeweiligen Vorher-Nachher-Zustände wurden anschließend in der Software CloudCompare noch einmal feinregistriert, sodass die räumliche Genauigkeit abschließend bei unter 5 cm lag. Für den Vergleich der aufbereiteten Punktwolken wurden die LAS-Dateien in die Software R eingelesen (Funktion *readLAS* des Pakets *lidR*) und in ein Geländemodell umgewandelt (Funktion *rasterize terrain*). Aus der Differenz der Geländemodelle wurden abschließend die Veränderungen des Geländes abgeleitet.

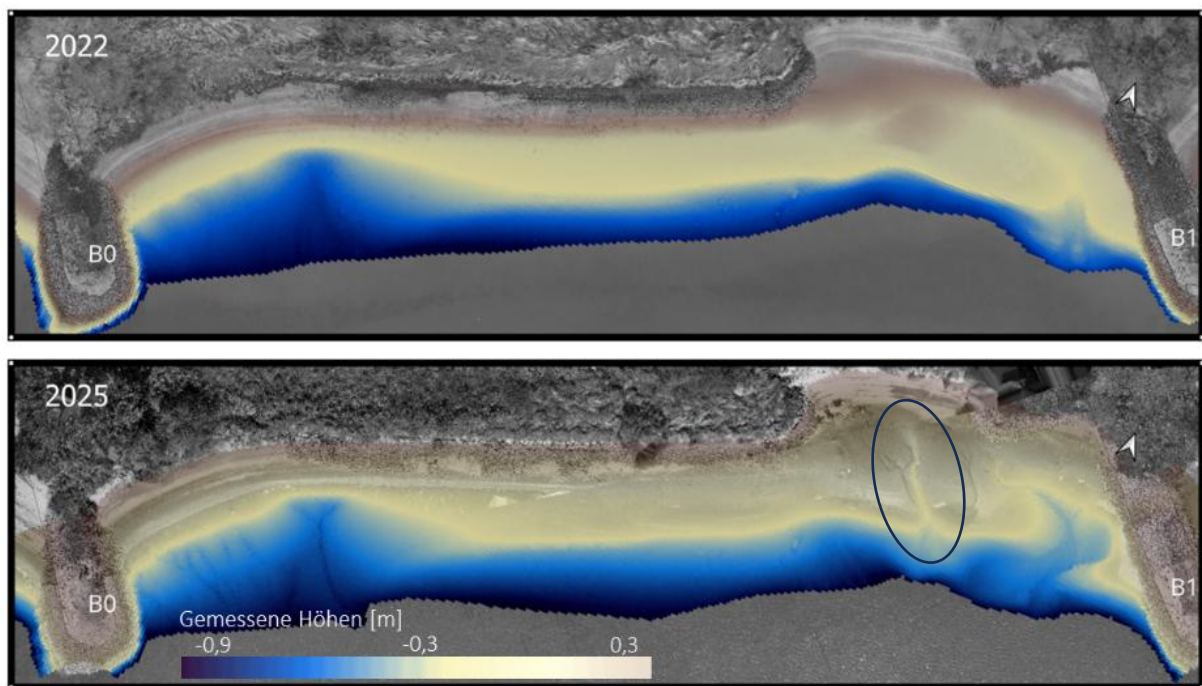
### 3.1.3 Ergebnisse

Im Folgenden wird im Detail auf die mit terrestrischem Laserscanning erfassten Veränderungen der Bühnenfelder kurz vor der Bühnenkerbung vom Winter 2022/23 mit den Nachfolgemessungen der Jahre 2024 und 2025 eingegangen. Dabei wird die Dynamik zunächst im Buhnennahbereich mit Hilfe von Transekten im interannuellen Vergleich erörtert und schließlich flächenhaft anhand von Veränderungskarten analysiert. Abschließend wird durch

die Differenzbildung zwischen dem digitalen Höhenmodell des Bildfluges vom Januar 2021 (übergebene Daten des WSA) und dem Höhenmodell der Laserscan-Kampagne 2025 die vierjährige Entwicklungstendenz ermittelt.

#### *Buhnenfeld B1B0*

Das Buhnenfeld B1B0 liegt zwischen Kerbbuhne B1 und der ungekerbten Buhne B0 am Ost-Kraueler Bogen bei Flusskilometer 594,5. Das stromab gesehen erste Buhnenfeld, welches unter dem Einfluss einer Kerbung liegt, befindet sich im Gleithang einer Rechtskurve des Flusslaufes. Als kurveninneres Ufer ist die Strömungsgeschwindigkeit am Gleithang charakteristisch verringert. Durch die in Richtung Fahrrinne ausgerichteten Buhnen wird die Strömung zusätzlich reduziert, wodurch Sedimentationsprozesse begünstigt werden.



*Abbildung 5: Digitales Höhenmodell des Buhnenfeldes B1B0 aus 2022 (oben) und 2025 (unten). Im Buhnennahbereich zeigt sich eine weitere Eintiefung vorhandener Rinnenstrukturen, die zur Ausbildung flächenhaft tieferliegender Bereiche geführt hat. In circa 40 m Abstand von Buhne B1 hat sich eine neue Struktur gebildet (siehe Markierungen).*

Im aktuellen digitalen Höhenmodell (DGM) des Buhnenfeldes B1B0 aus der Monitoringkampagne 2025 (Abb. 5, unten) sind zwei deutlich ausgeprägte Rinnenstrukturen erkennbar, die jeweils in einem Abstand von etwa 40 m zur ungekerbten Buhne B0 bzw. zur gekerbten Buhne B1 verlaufen.

Im Vergleich zum Jahr 2022, in dem noch eine weitgehend gleichmäßige Gerinneform vorlag, zeigen sich im Jahr 2025 deutlich stärker ausgeprägte und räumlich differenzierte Rinnenstrukturen im gesamten Buhnenfeld (vgl. Abb. 5 oben und unten). Im unmittelbaren Nahbereich der Buhne B1 haben bestehende Strukturen eine weitere Eintiefung erfahren.

Die im Höhenmodell identifizierte, in Abb. 5 durch eine Ellipse markierte Rinnenstruktur im Bereich der Buhne B1 ist als neu entstandene Struktur zu bewerten. Im Vergleich zu den weiterentwickelten Bestandsstrukturen weist sie jedoch eine geringere Eintiefung auf.

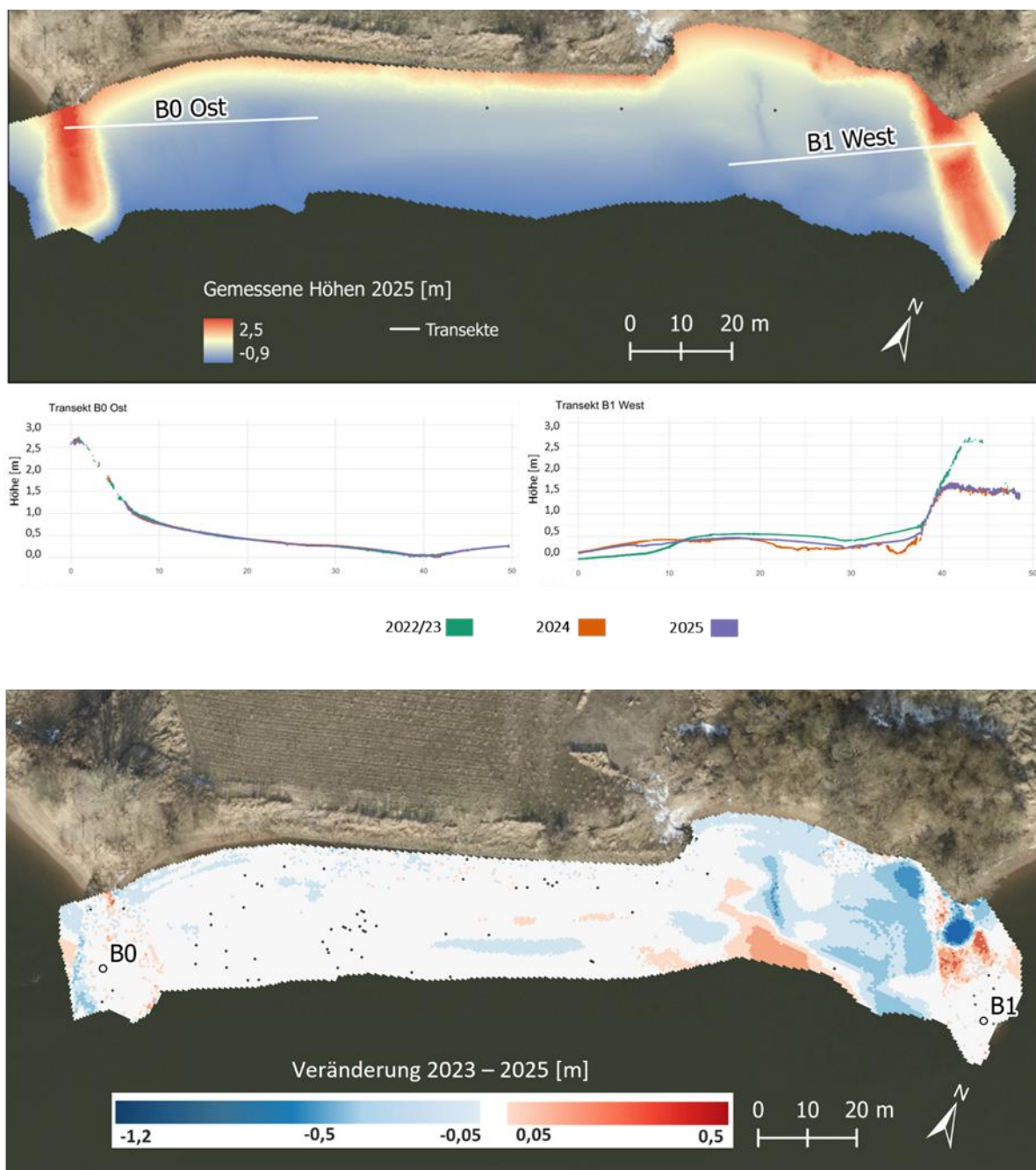


Abbildung 6: Ergebnis aus dem Laserscanning 2023 – 2025 im Bühnenfeld B1B0. (Oben) Geländehöhe 2025 mit Transekten stromab bei Buhne B1 und stromaufwärts bei Buhne B0. (Unten) Höhenlinien entlang der Transekte aus den Jahren 2022/23, 2024 und 2025. Morphologische Veränderungen im Bühnenfeld B1B0 im Zeitraum 2023–2025. Dabei kennzeichnen Blautöne Bereiche mit Sedimentabtrag, Rottöne Bereiche mit Sedimentauftrag.

In den entlang des Bühnenfußes verlaufenden, etwa 50 m langen Transekten zeigt sich ein deutlicher Unterschied der Morphodynamik innerhalb des Bühnenfeldes (Abb. 6, Mitte). Stromab der gekerbten Buhne B1 wurden Sedimentumlagerungen und -abträge mit mittleren Höhenänderungen von etwa 0,25 m festgestellt, während stromaufwärts der ungekerbten Buhne B0 keine signifikanten Höhenänderungen erkennbar sind.

Die Veränderungskarte (Abb. 6, unten) bestätigt diese räumlichen Unterschiede und weist im gesamten Nahbereich der Buhne B1 eine ausgeprägte, überwiegend erosionsgeprägte

Dynamik auf. Mit zunehmender Entfernung von der Kerbbuhne B1 nimmt die Sedimentdynamik deutlich ab; ab einem Abstand von etwa 60 m bis zur Buhne B0 sind keine signifikanten Höhenänderungen mehr nachweisbar.

#### Buhnenfeld B0B2

Das Buhnenfeld B0B2 beginnt bei Stromkilometer 594,5 mit der ungekerbten Buhne B0, welche als Referenz für einen unbeeinflussten Zustand dient.

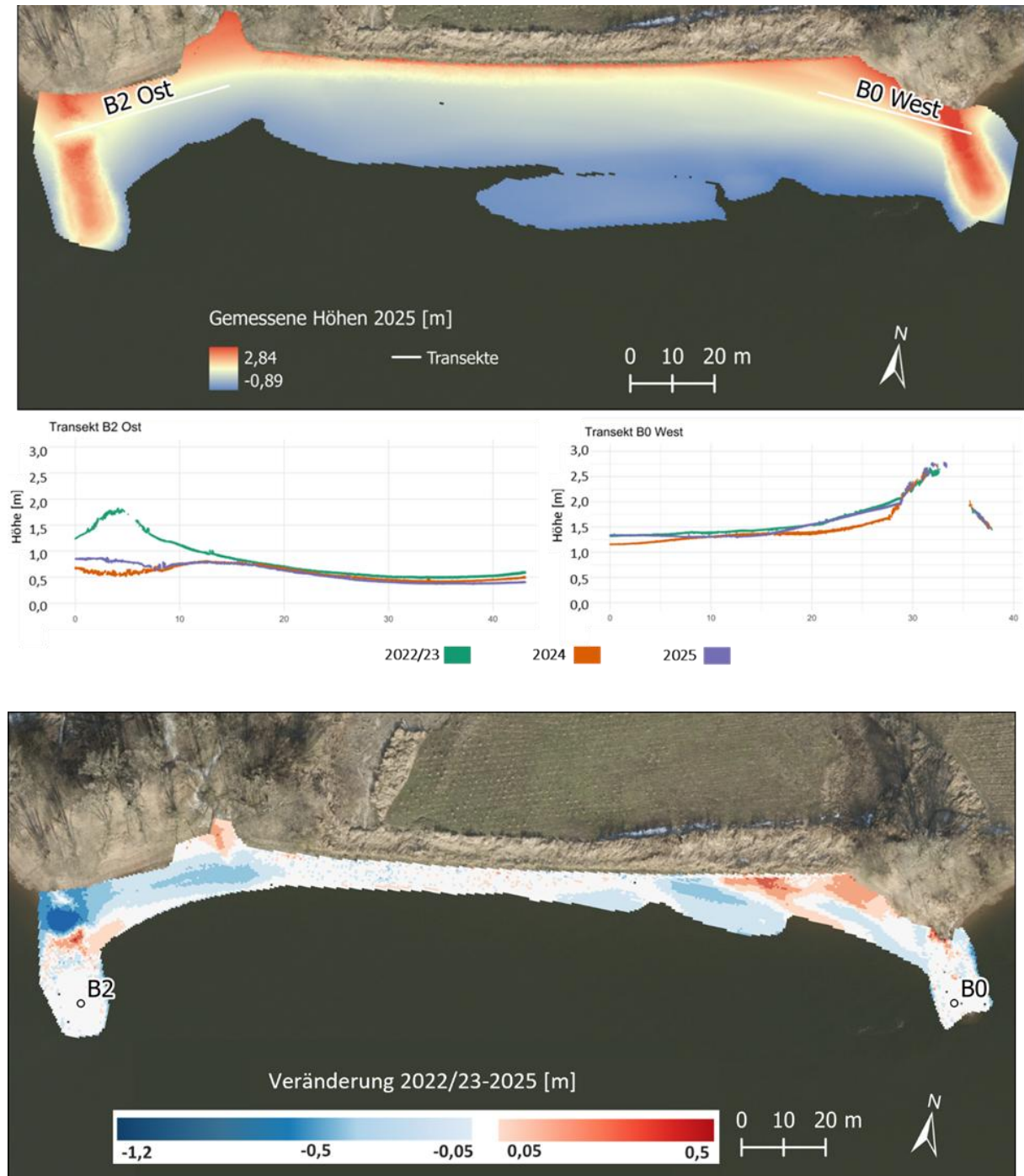


Abbildung 7: Ergebnis aus dem Laserscanning 2023 - 2025 im Buhnenfeld B0B2. (Oben) Geländehöhe 2025 mit Transekten stromab bei Buhne B0 und stromaufwärts bei Buhne B2. (Mitte) Höhenlinien entlang der Transekte aus den Jahren 2023, 2024 und 2025. (Unten) Morphologische Veränderungen im Buhnenfeld B2B3 im Zeitraum 2023–2025. Dabei kennzeichnen Blautöne Bereiche mit Sedimentabtrag, Rottöne Bereiche mit Sedimentauftrag.

Aufgrund der Lage des Bühnenfelds im Gleithang ist die Strömungsgeschwindigkeit reduziert, wodurch Sedimentationsprozesse begünstigt werden. Ein Hinweis darauf ist der deutlich aufsedimentierte Bereich, der sich vom Bühnenfuß der ungekerbten Buhne B0 in Richtung Vegetationsgrenze erstreckt (siehe DGM von BOB2 2025 in Abb. 7, oben). Das Transekt durch das Vorfeld von Buhne B0 nach Westen (Abb. 7, Mitte rechts) mit den zugehörigen Geländehöhen der Jahre 2023, 2024 und 2025 zeigt, dass Sediment umgelagert wurde. Insgesamt blieb das Profil jedoch morphologisch stabil, da sich kleinräumige Auf- und Abtragsprozesse weitgehend ausgleichen. Der Schnitt durch das Vorfeld von Buhne B2 nach Osten zeigt, dass Sediment im Bereich der Kerbung abgetragen wurde, wodurch die Geländehöhe um bis zu 0,25 m sank. Zwischen 2023 und 2025 setzte sich die Absenkung flächenhaft und kontinuierlich fort (Abb. 7, unten).

### *Bühnenfeld B3B2*

Bühnenfeld B3B2 liegt am Ende einer Rechtskrümmung des Flusslaufs der Elbe. Sowohl Buhne B2 als auch Buhne B3 sind gekerbt, so dass die hydrodynamische Variabilität bei auf- und ablaufender Tide als erhöht angenommen werden kann, da - im Unterschied zu einseitig gekerbten Bühnenfeldern - eine beidseitige Durchströmung des Bühnenfeldes möglich ist.

Nach Durchführung der Bühnenkerbung wurde stromab von Buhne B2 ein deutlicher Sedimentabtrag festgestellt. Wie das Transekt durch das Vorfeld von Buhne B2 in westlicher Richtung zeigt (Abb. 8, Mitte rechts), traten Abtragungen von bis zu 0,5 m im Vergleich zur vor der Maßnahme im Jahr 2023 erfassten Geländehöhe auf. Stromaufwärts im Vorfeld von Buhne B3 waren sowohl das Ausmaß als auch die räumliche Ausdehnung der Abtragungen deutlich geringer. Bis zu einer Entfernung von etwa 10 m wurde ein Sedimentabtrag von bis zu 0,25 m verzeichnet; der daran anschließende Bereich blieb weitgehend stabil (Abb. 8, Mitte links).

Die flächenhafte Auswertung der Messungen im Bühnenfeld B2B3 zeigt insgesamt ein räumlich differenziertes Muster aus Abtrags- und Auflandungsbereichen (Abb.8, unten). Die größten morphologischen Veränderungen traten unmittelbar stromab von Buhne B2 auf. Dort ist eine zusammenhängende Erosionszone mit Werten bis etwa  $-0,35$  m ausgebildet; randlich schließen kleinere Auflandungsbereiche an. Im ufernahen Bereich dominieren geringe Höhenänderungen im Bereich von  $-0,05$  bis  $+0,05$  m, die lokal durch Auflandungen von  $+0,15$  bis  $+0,30$  m überlagert werden.

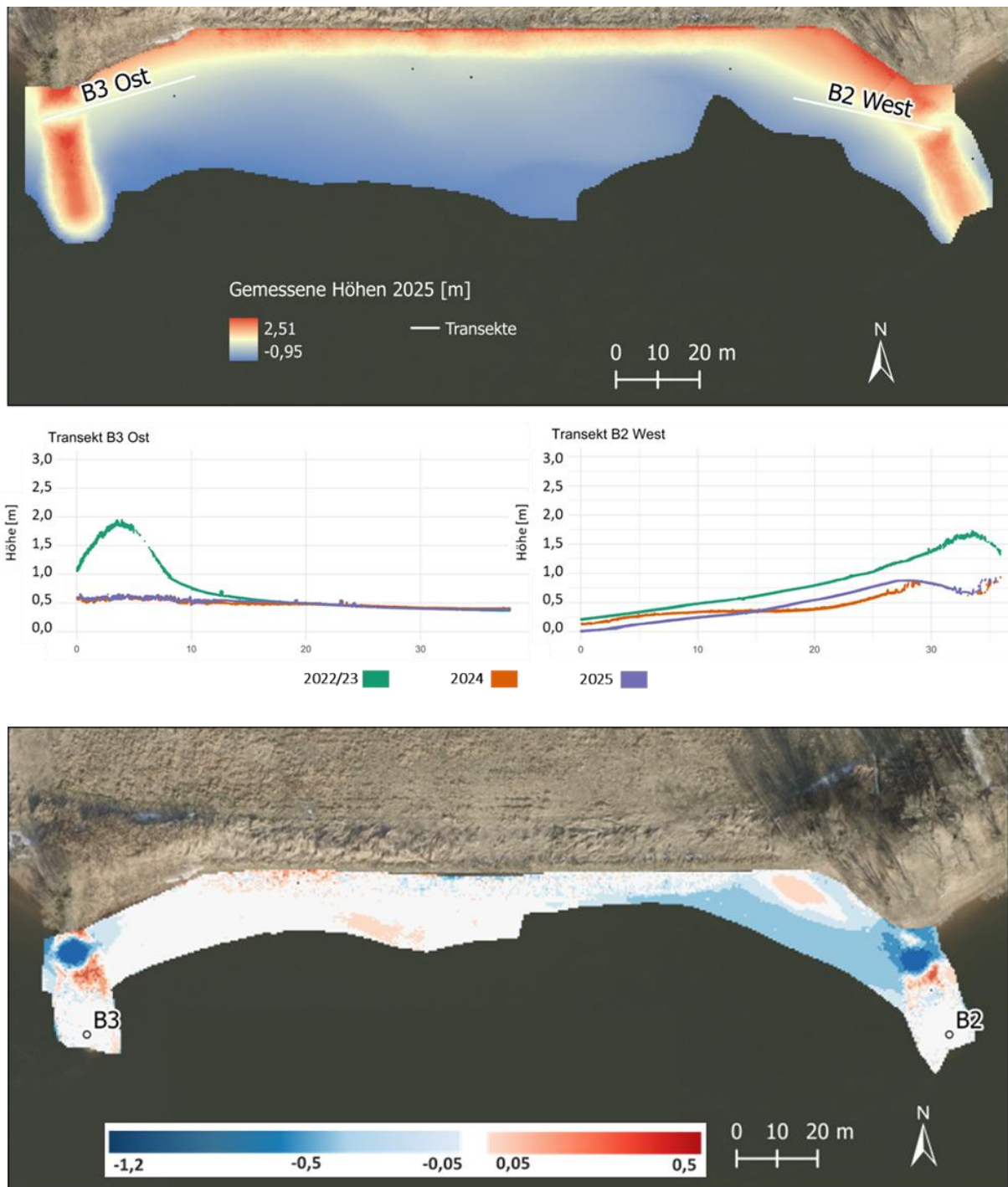


Abbildung 8: Ergebnis aus dem Laserscanning 2023 - 2025 im Buhnenfeld B2B3. (Oben) Geländehöhe 2025 mit Transekten stromab bei Buhne B2 und stromaufwärts bei Buhne B3. (Mitte) Höhenlinien entlang der Transekte aus den Jahren 2022/23, 2024 und 2025. (Unten) Morphologische Veränderungen im Buhnenfeld B2B3 im Zeitraum 2023–2025. Dabei kennzeichnen Blautöne Bereiche mit Sedimentabtrag, Rottöne Bereiche mit Sedimentauftrag.

#### Buhnenfeld B3B4

Buhnenfeld B3B4 ist ebenso wie B3B2 von zwei Kerbbuhnen begrenzt. Hinter Buhne B3 ist ein ehemaliger Ewerhafen vorhanden, der sich landseitig im Uferbereich abzeichnet und als bauliche Reststruktur erkennbar ist. Nach der Buhnenkerbung wurde stromab von Buhne B3 Sediment abgetragen und verlagert. Das Transekt durch das westliche Vorfeld der Buhne B3 (Abb. 9, Mitte rechts) zeigt Abtragungen von bis zu 0,30 m innerhalb eines Abstands von etwa

40 m zur Buhne. Stromaufwärts im Vorfeld von Buhne B4 gab es abgesehen von den baulichen Veränderungen Abtragungen von Sediment in einer ähnlichen Größenordnung, aber weitaus geringerer Reichweite (Abb. 9, Mitte links).

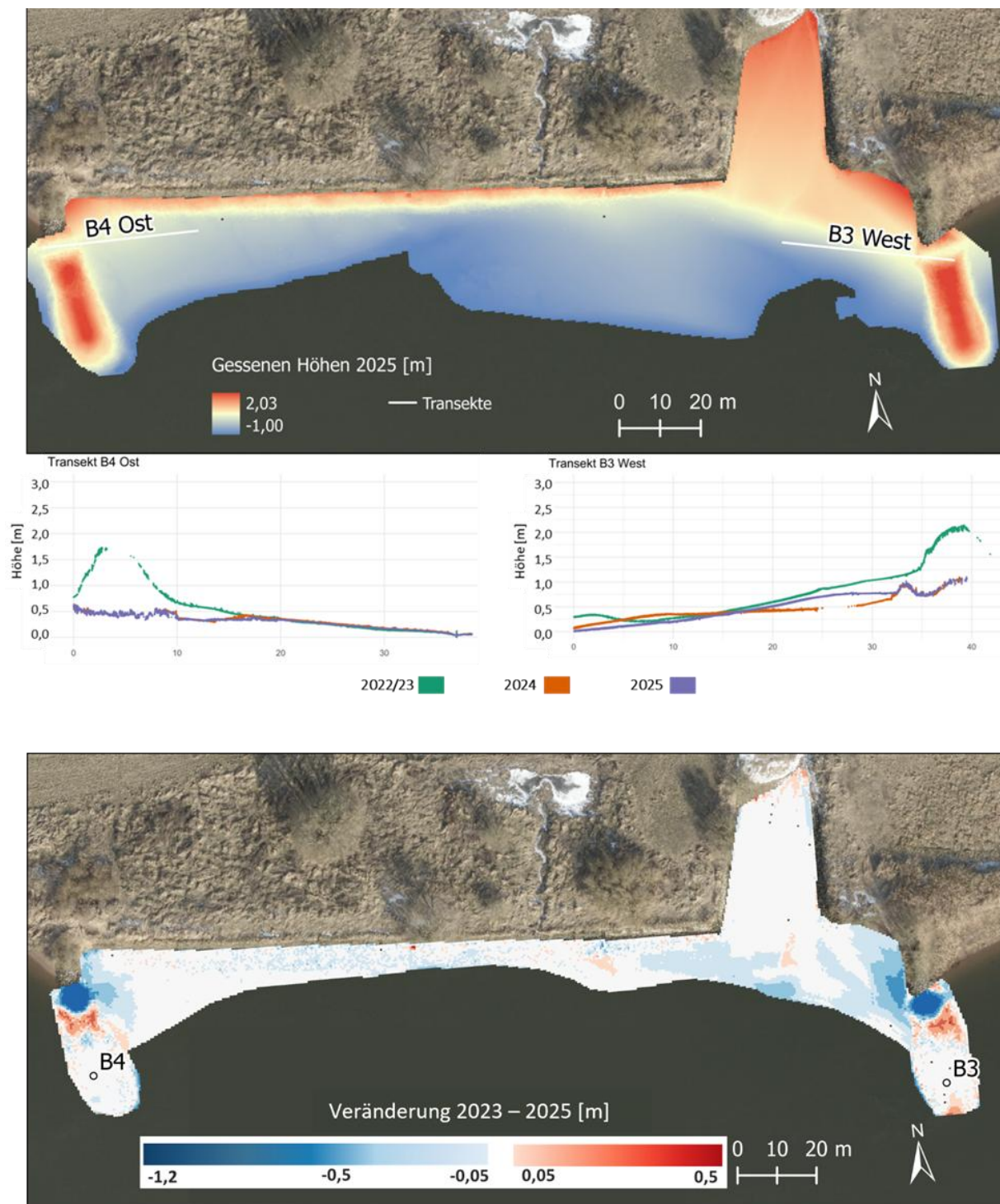


Abbildung 9: Ergebnis aus dem Laserscanning 2023 - 2025 im Bühnenfeld B3B4. (Oben) Geländehöhe 2025 mit Transekten stromab bei Buhne B3 und stromaufwärts bei Buhne B4. (Mitte) Höhenlinien entlang der Transekte aus den Jahren 2022/23, 2024 und 2025. (Unten) Morphologische Veränderungen im Bühnenfeld B3B4 im Zeitraum 2023–2025. Dabei kennzeichnen Blautöne Bereiche mit Sedimentabtrag, Rottöne Bereiche mit Sedimentauftrag.

Abbildung 9 unten zeigt die flächenhaften morphologischen Veränderungen im Bühnenfeld B3B4 zwischen 2023 und 2025. Die größten Veränderungen treten im Nahbereich der Bühnenkerben auf, wo Absenkungen von bis zu -0,5 m gemessen wurden. Dabei sind diese Effekte stromab stärker und flächenhafter beobachtbar, ähnlich wie im Bühnenfeld B3B2. Im zentralen Bereich des Bühnenfeldes dominieren geringere, jedoch flächenhaft verbreitete Absenkungen im Bereich von -0,05 bis -0,15 m, stellenweise bis etwa -0,30 m. Aufhöhungen sind hier nur untergeordnet vertreten. Im ufernahen Bereich überwiegen geringe Veränderungen. Insgesamt zeigt die Darstellung eine Konzentration stärkerer Höhenänderungen in den Nahbereichen der Bühnen sowie eine verbreitete, wenn auch betragsmäßig geringere Absenkung im Feldinneren.

### 3.1.2 Zusammenfassung der beobachteten morphologischen Veränderungen

Aus den Veränderungskarten der einzelnen Bühnenfelder zwischen Winter 2022/23 und 2025 (Abb. 6-9), insbesondere den Profilschnitten, wird eine ausgeprägte interannuelle morphodynamische Aktivität ersichtlich. Die größten Veränderungen mit einer differenzierten und strukturreichen Oberflächenmorphologie traten stromabwärts der Bühnen B1 und B3 auf. Im Nahbereich von Bühne B1 bildeten sich zudem eine rinnenartige Struktur sowie eine großflächige Absenkzone aus.

Für den Zeitraum 2021 bis 2025 lässt sich aus den digitalen Geländemodellen eine übergeordnete Entwicklungstendenz ableiten (Abb. 10), die auf einen erhöhten Sedimentabtransport infolge der Bühnenkerbung hinweist. Stromabwärts der Kerbbühnen B1-B3 wurden Sedimentabträge von bis zu 0,50 m festgestellt. Demgegenüber zeigt der Bereich stromab von Bühne B0, an der keine baulichen Veränderungen vorgenommen wurden, einen heterogenen morphologischen Trend mit überwiegend sedimentationsgeprägten Verhältnissen im Bühnennahbereich.

In den stromaufwärts gelegenen Bereichen der gekerbten Bühnen B2-B4 treten auch überwiegend negative Höhendifferenzen auf, die jedoch räumlich weniger stark ausgeprägt sind. An der wasserseitigen Grenze der Bühnenfelder ist zudem eine bandförmige Erosionszone erkennbar.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in den Bühnenfeldern eine erhöhte morphodynamische Aktivität vorliegt, die mit verstärkten Erosionsprozessen einhergeht. Diese steht plausibel im Zusammenhang mit veränderten hydrodynamischen Bedingungen, da die gekerbten Bühnen sowohl bei auflaufender als auch bei ablaufender Tide durchströmt werden und sich fluss- sowie tideinduzierte Strömungsprozesse überlagern.

Hinsichtlich der Bewertung des Einflusses der Kerbgeometrie ist anzumerken, dass die Kerben gemäß dem Entwurfsplan (2021) in unterschiedlicher Tiefe hergestellt wurden. Drei Jahre nach der Maßnahme konnten bei den Höhenmessungen jedoch keine Unterschiede festgestellt werden, was darauf hindeutet, dass die Abstufung zu gering war, um messbare Unterschiede im Sedimentationsverhalten zu bewirken.

Veränderungskarte (2021–2025) auf Grundlage von Befliegungs- und Lasermessdaten



Abbildung 10: Übersicht über morphologische Veränderungen der Geländehöhe im vegetationslosen Watt an der Elbe vor West- Krauel. Datengrundlage ist das Digitale Geländemodell aus dem Bildflug (ALS) im Januar 2021 und die Ergebnisse aus dem TLS – Monitoring.

### 3.2 Teilbereich Makrozoobenthos

**Charakterisierung:** Die Bühnenfelder von der Uferböschung bis zur Niedrigwasserlinie zeichnen sich durch eine Gemeinschaft mit geringen Abundanzen weniger Arten aus. Im Weichsubstrat konnten nur im unteren Eulitoral Individuen aufgefunden werden, die Funde auf Hartsubstraten beschränkten sich auf strömungsärmere Bereiche.

**Hypothese:** Die Bühnenkerbung wird durch die Veränderung der Strömung die Flächenstruktur und Substratzusammensetzung der Bühnenfelder verändern. So entstehen neue Mikrohabitate und es kann davon ausgegangen werden, dass sich hierdurch die Besiedlungsstruktur des Makrozoobenthos diversifiziert und die Individuenzahlen ansteigen.

#### 3.2.1 Datenerhebung

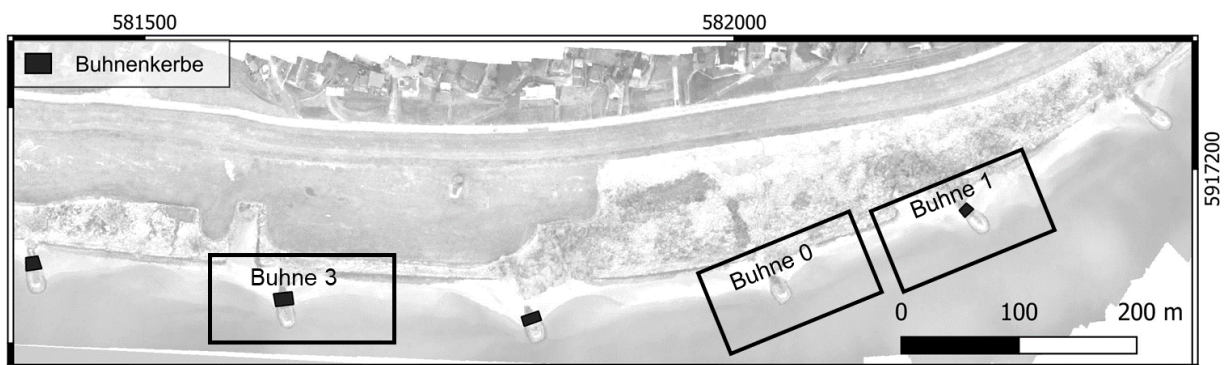


Abbildung 11: Die Rechtecke begrenzen die Probenpunkte, welche zur jeweiligen Nachbarschaftskonfiguration gehören.

Die Untersuchungen der Lebensgemeinschaft des Makrozoobenthos fanden jeweils im August der Jahre 2022, 2023, 2024 und 2025 statt. Um eine detaillierte Untersuchung des Einflusses der Bühnenkerben auf die Makrozoobenthos Besiedlungsstruktur zu erreichen, wurde das Beprobungsdesign hierarchisch gegliedert. Zunächst wurden drei Probeflächen ausgewählt, die sich hinsichtlich der Konfiguration von Bühne und Buhnennachbarn unterscheiden.

In jeder dieser Probeflächen wurden vorherrschende Habitattypen identifiziert und pro Habitattyp zwischen einer und drei Teilproben entnommen. Bei den Habitattypen handelt es sich um Sedimente in direkter Umgebung zur Bühne (Sand BU), Totholz, die aquatischen Lebensräume in und an der Steinschüttung der Bühne (Stein StS) sowie zum Vergleich die Sedimente in der Mitte des Bühnenfelds (Sand BfM). In Abbildung 12 sind die vorgefundenen Habitattypen exemplarisch dargestellt.

Das sandige, teils schlickige Weichsubstrat entlang der Niedrigwasserlinie und im mittleren Eulitoral wurde an mehreren Stellen auf einer Fläche von je (25x25) cm mit einem 500 µm Sieb beprobt. An weiteren Stellen wurden Hartsubstrate auf einer entsprechenden Fläche mit einer Pinzette abgesammelt.

Weitere Proben wurden den aquatischen Lebensräumen zwischen und neben den unbeweglichen Steinen der Bühnen entnommen. Dabei wurden die Steine abgebürstet und mithilfe eines einfachen Handnetzes mit einer Maschenweite von 500 µm und einer Kantenlänge von 25 cm mit 4 Kescherzügen beprobt. Für alle Habitattypen wurde zunächst eine Lebensortierung durchgeführt und schließlich ausreichend viele Individuen zur weiteren Bestimmung ins Labor mitgenommen.



Abbildung 12: Beprobte Habitate v.l.n.r. Sand, Totholz, Wassersäule der Steinschüttungen im Buhnennahbereich.

### Nachbarschaftskonfiguration Buhne 1

Buhne 1 ist die von Geesthacht aus gesehen erste der vier Kerbbuhnen. Sie liegt auf Höhe des Flusskilometers 594.5 am Ost-Kraueler Bogen. Bei dieser handelt es sich um eine gekerbte Buhne mit jeweils ungekerbten Buhnen als direkten Nachbarn. Die Elbe zieht an dieser Stelle eine Rechtskurve, so dass sich die angrenzenden Buhnenfelder am Gleithang, also dem kurveninneren Ufer befinden.

Die Strömungsgeschwindigkeit ist hier durch die Richtung Fahrrinne ausgerichteten Buhnen verringert, was wiederum Sedimentationsprozesse begünstigt. Das Ufer fällt in Richtung Niedrigwasserlinie schwach ab, wodurch das periodische Trockenfallen des unteren Eulitorals nur von sehr kurzer Dauer ist.

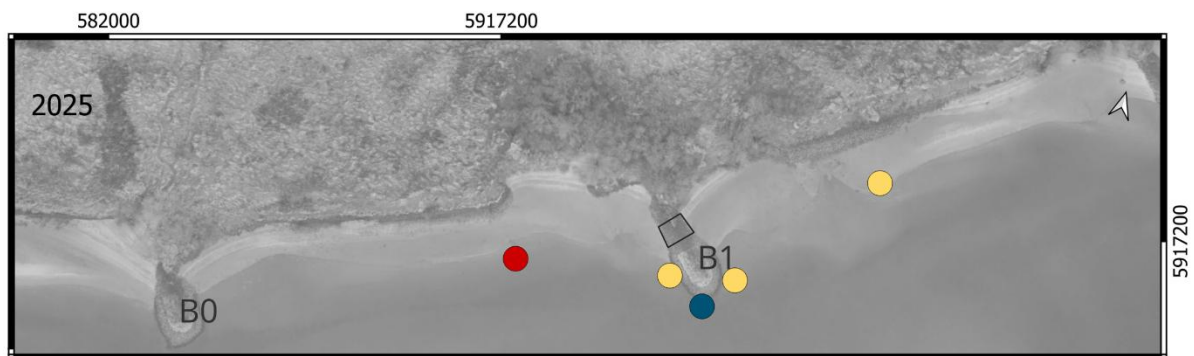


Abbildung 13: Probestellen um Buhne B1. Konfiguration: Buhne gekerbt mit benachbarten, ungekerbten Buhnen. Blau: Keschprobe, Rot: Totholz, Gelb: Sedimentprobe.

Zur Untersuchung des Makrozoobenthos wurden zwei Sedimentproben links und rechts der Buhne 1 sowie im östlich angrenzenden Buhnenfeld genommen. Zudem wurde links der Buhne Totholz beprobt und um die Buhne Keschproben genommen.

### *Nachbarschaftskonfiguration Buhne 0*

Als nächste Probefläche wurde die Umgebung von Buhne B0 ausgewählt. Diese liegt stromabwärts links von Kerbbuhne B1 und ist als ungekerbte Buhne mit zwei gekerbten Nachbarn konfiguriert.

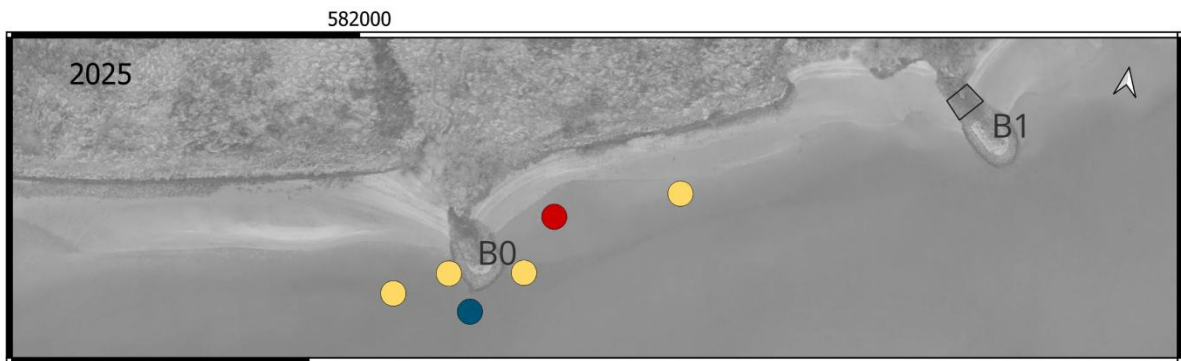


Abbildung 14: Probestellen um Buhne 0. Konfiguration: Ungekerbbte Buhne mit benachbarten Kerbbuhnen. Blau: Keschprobe, Rot: Hartsubstrat, Gelb: Sedimentprobe.

In dieser Konfiguration wurden Sedimentproben in der Mitte des Buhnenfeldes B0B1 und an der Buhne B0 genommen. Rechts der Buhne wurde ein Totholzhabitat untersucht und zudem die Steinschüttung mit dem Kescher beprobt.

### *Nachbarschaftskonfiguration Buhne 3*

Eine weitere Beprobung an der Niedrigwasserlinie wurde im Bereich der gekerbten Buhne B3 durchgeführt. An dieser Stelle hat der Fluss die Rechtskurve abgeschlossen und verläuft gerade, so dass hier die Buhnen selbst den größten Einfluss auf Hydrodynamik und Sedimentation im Buhnenfeld haben.

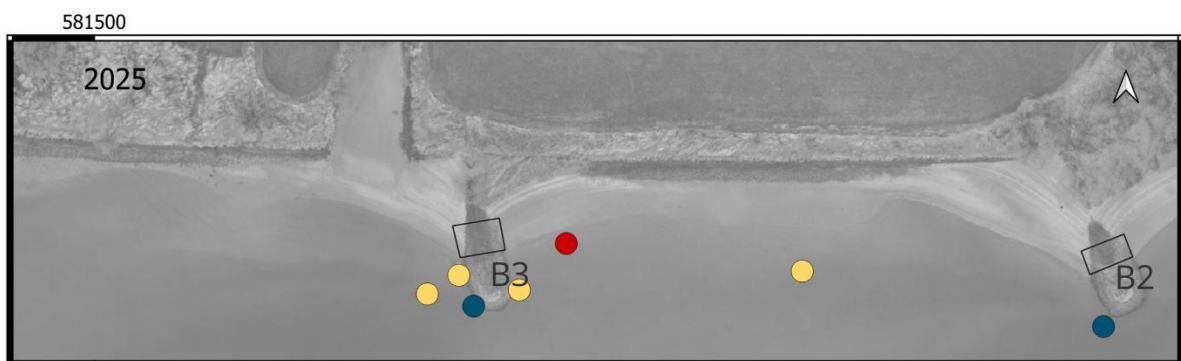


Abbildung 15: Probestellen um Buhne 3. Konfiguration: Buhne gekerbt mit benachbarten Kerbbuhnen. Blau: Keschprobe, Rot: Hartsubstrat, Gelb: Sedimentprobe.

Da beide begrenzenden Bühnen gekerbt wurden, wird die Wahrscheinlichkeit einer messbaren Veränderung der Strömungsverhältnisse im Bühnenfeld als erhöht angenommen. Um diese Annahme zu überprüfen, wurden drei Sedimentproben rund um Bühne 3 genommen, sowie eine weitere in der Mitte des Bühnenfeldes B2B3. Des Weiteren wurde rechts der Bühne 3 Totholz und ein Torfballen (Abb. 16) beprobt und der aquatische Lebensraum um die Bühnen B2 und B3 bekeschert.



Abbildung 16: Torfballen im Bühnenfeld B2B3, Lebensraum für zahlreiche Flohkrebse.

### 3.2.2 Ergebnisse

Die aufgefundenen Individuen wurden zunächst im Labor unter dem Binokular untersucht, mit bis zu 80-facher Vergrößerung photographisch aufgenommen und vorsortiert (Abb.17). Die sklerotisierten Köpfe der Dipterenlarven sowie die Oligochaeten und Nematoden wurden auf Objektträger gegeben und in Euparal eingeschlossen. Die Bestimmung auf Art-, im Falle der Oligochaeten auf Familienebene, wurde mit einer bis zu 400-fachen Vergrößerung mit dem Mikroskop durchgeführt, die Nematoden wurden lediglich gezählt. Zur Vergleichbarkeit mit anderen Standorten und Beprobungen wurden die Abundanzen der Individuen auf einen Quadratmeter hochgerechnet. In Abbildung 18 wird ein Überblick über die Ergebnisse des Makrozoobenthos – Monitorings der Habitattypen in den verschiedenen Bühnen-Nachbarschaftskonfigurationen für den Beobachtungszeitraum 2022 bis 2025 gegeben.



Abbildung 17: Von Links nach Rechts: Oben – *Potamopyrgus Antipodarum*, *Dreissena polymorpha*, *Chelicorophium robustum*. Unten – *Lipiniella araenicola*, Oligochaet.

Bei der Erstbeprobung im August 2022 waren alle Bühnen ungekerbt und damit im Sinne des Beprobungsdesigns gleich konfiguriert. Damals wurden alle vorkommenden Habitattypen nur in der Umgebung von Bühne 1 sowie in den Bühnenfeldern zwischen Bühnen 1 und Bühne 0 beziehungsweise Bühne 2 und Bühne 3 beprobt.

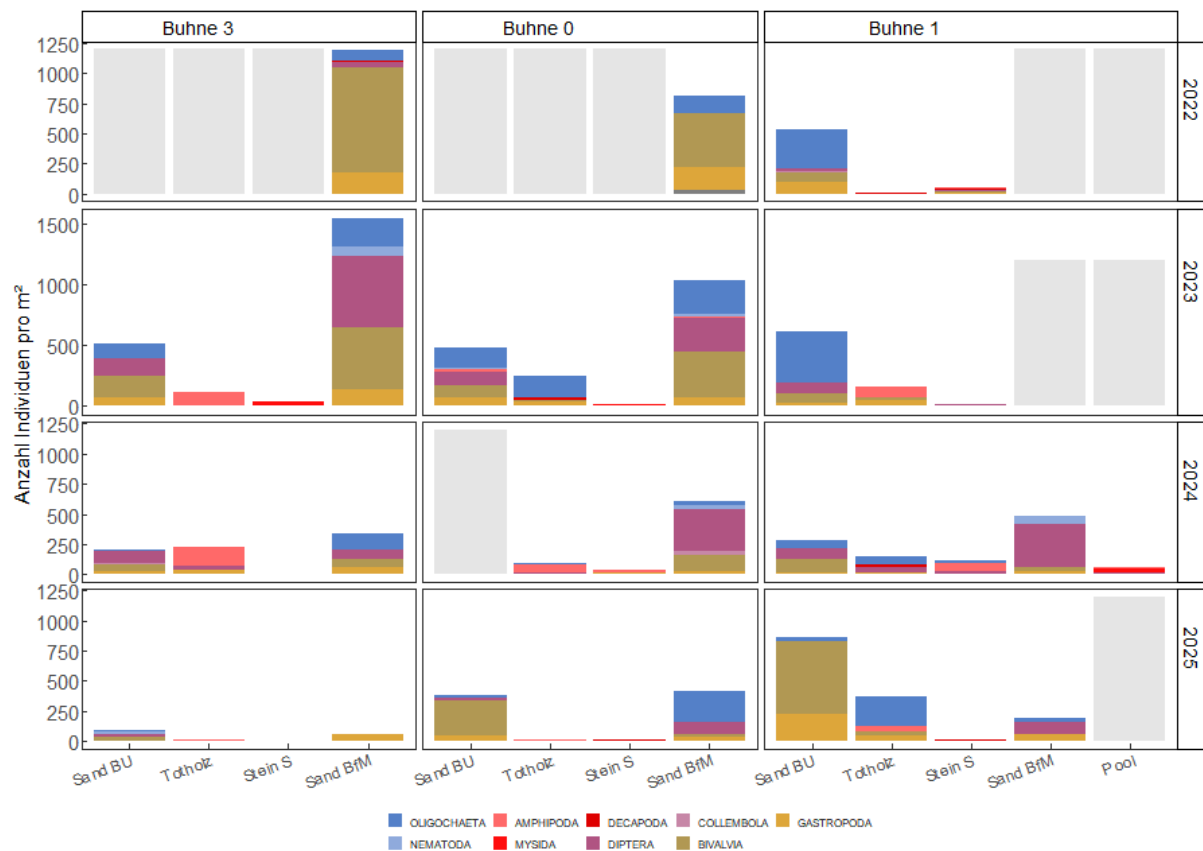


Abbildung 18: Individuenhäufigkeiten (Abundanzen) an den Probestellen (2022–2025), differenziert nach Bühnenkonfiguration und Habitattypen. Dargestellt sind die Entwicklungen in sandigen Habitaten in Bühnennähe (Sand BU), in der Bühnenfeldmitte (Sand BfM), am/im Bühnenkörper (Stein S) sowie auf Totholz. Grau markierte Felder kennzeichnen Probestellen ohne Beprobung.

Durch die Kerbung der Bühnen kommt es zu veränderten Strömungen, die zu größeren Strömungsdiversitäten führen können. Diese Veränderungen bewirken, dass strömungsintolerante Arten, die zuvor in diesem Bereich ein Refugium gefunden hatten, in ihrer Häufigkeit zurückgehen können. Gleichzeitig werden sie durch Arten mit höherer Strömungstoleranz ersetzt. Die Etablierung dieser neuen Artgemeinschaft benötigt jedoch Zeit und kann 10–15 Jahre in Anspruch nehmen, was der Grund sein könnte, dass wir in den letzten beiden Probejahren (2024 und 2025) zunächst einen Rückgang in allen sandigen Bereichen feststellen konnten (siehe Abb. 19).

Im Jahr 2024 entwickelte sich bei Bühne B1 ein Tideniedrigwasser-Pool, welcher im Folgejahr 2025 jedoch wieder verschwunden war. Dies zeigt, dass die Strömungen im Bühnenfeld divers sind und sich immer wieder wertvolle Mikrohabitate bilden, die jedoch bisher kurzweilig sind. Ob es sich dabei um Einflüsse der Bühnenkerbung handelt, lässt sich daher nicht sicher feststellen.

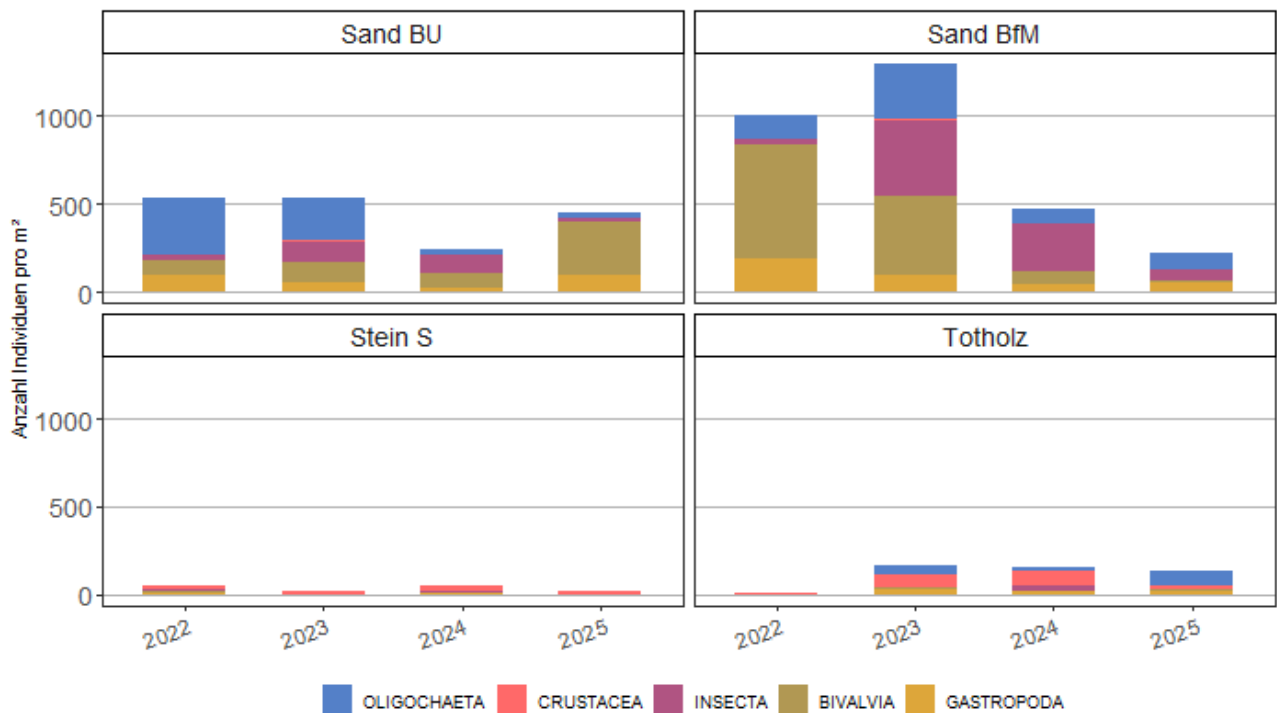


Abbildung 19: Veränderungen der Abundanzen in verschiedenen Habitattypen (2022–2025), aufgeschlüsselt nach taxonomischen Großgruppen. Die Analyse umfasst sandige Habitats in Bühnennähe (BU) und in der Bühnenfeldmitte (BfM), sowie Totholz und steinige Hartsubstrate.

Bivalven (Muscheln) und Gastropoden (Schnecken) wurden überwiegend in Form leerer Schalen und Gehäuse in den sandigen Habitats in Bühnennähe (Sand BU) und Bühnenfeldmitte (Sand BfM) vorgefunden. Ihr Vorkommen liefert daher vor allem Hinweise auf Strömungsverhältnisse und Sedimentablagerungen. Im sandigen Habitat im Bühnennahbereich

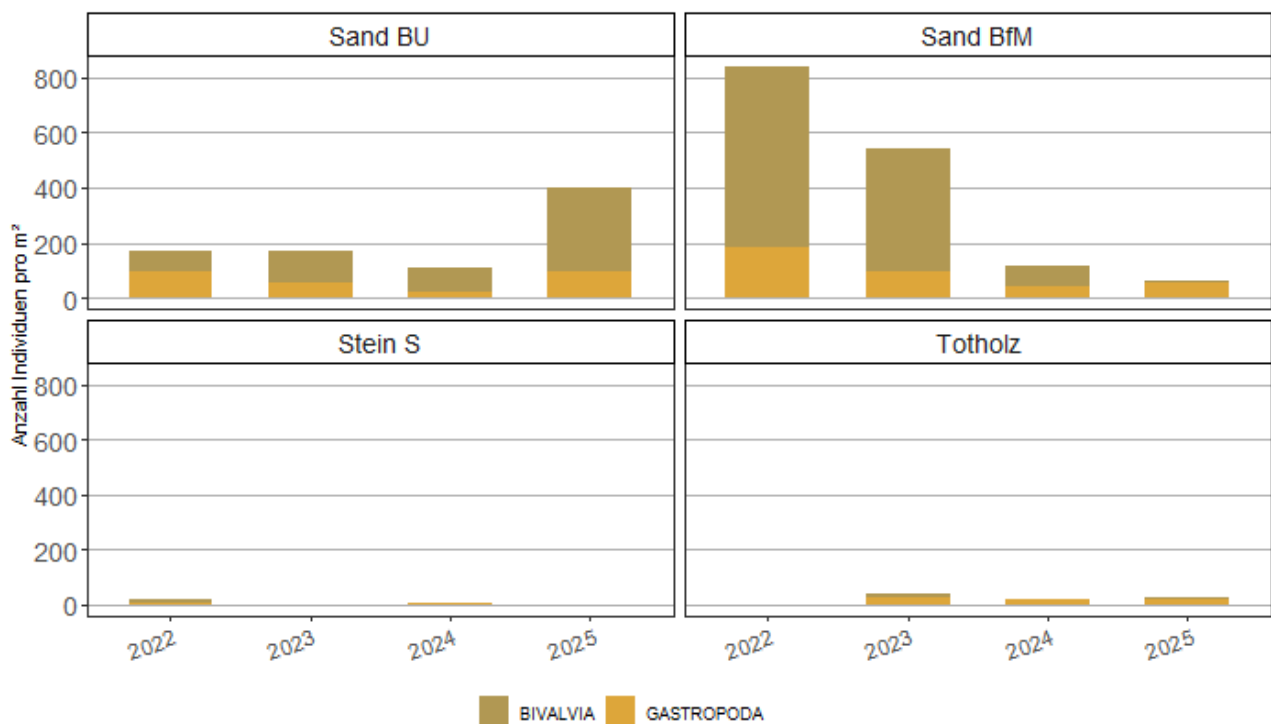


Abbildung 20: Vergleich der Häufigkeiten aufgefundener Bivalven und Gastropoden über die Probejahre in den jeweiligen Habitattypen.

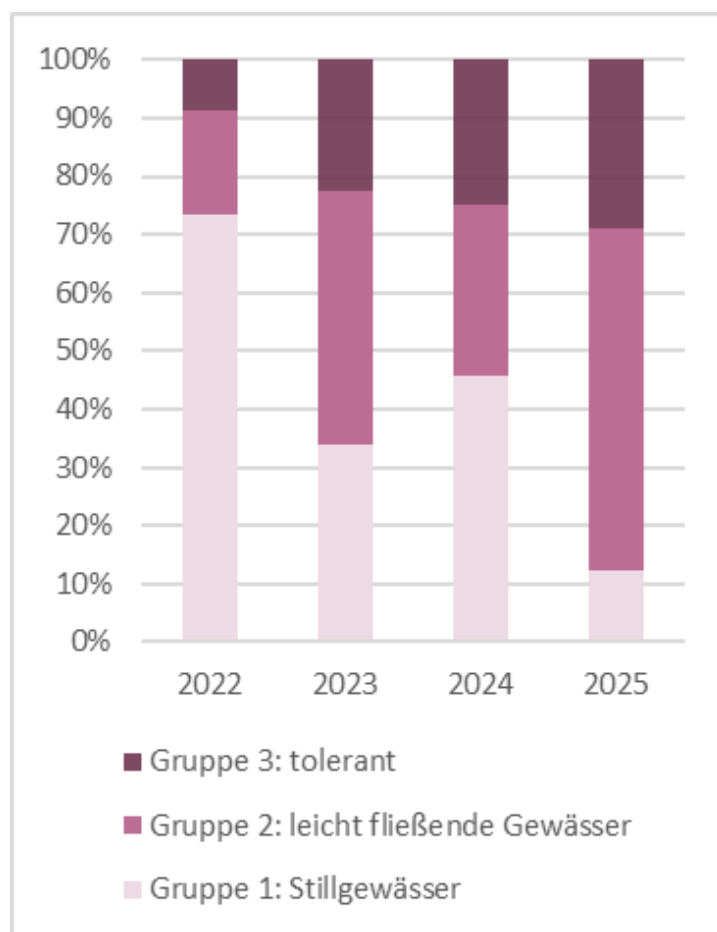
(Sand BU) zeigt sich ein deutlicher Anstieg der Individuenhäufigkeit im Jahr 2025, was auf beruhigtere Strömungsbedingungen in diesem Bereich hindeuten könnte.

In den Habitaten der Bühnenfeldmitte (Sand BfM) wurden vor der Bühnenkerbung 2022 besonders viele Schalen und Gehäuse gefunden, die in den Folgejahren stetig zurückgingen (Abb.20). Dies kann als Hinweis auf erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten gewertet werden. In den steinigen Habitaten (Stein S) und auf Totholz blieben die Individuenhäufigkeiten durchgehend sehr gering.

Im Folgenden wird auf einige Eigenschaften der im Untersuchungsgebiet dominanten Großtaxa, Chironomiden, Oligochaeten und Gammariden, eingegangen und ihre Habitatpräferenzen beschrieben, mit dem Ziel, von der Kerbung induzierte Veränderungen der Besiedlung abzuleiten.

#### *Besiedlung durch Chironomiden im Vergleich*

Chironomiden besiedeln eine Vielzahl unterschiedlicher Gewässertypen. Ein Vergleich der Ökologie der häufig vorkommenden Arten kann Aufschluss über die Veränderungen des untersuchten Gebietes geben. Die erfassten Arten lassen sich nach ihrer Fließtoleranz in drei Kategorien einteilen (Gandouin et al. 2006, Möller 1991, Namayandeh et al. 2024, Rossaro et al., 2022):



#### **Kategorie I:**

Arten aus sehr langsamen bis stehenden Gewässern

#### **Kategorie II:**

Arten, die leichte Fließgeschwindigkeiten tolerieren

#### **Kategorie III:**

Strömungstolerante Arten

Mit Hilfe dieser Kategorien lassen sich die Untersuchungsjahre gut vergleichen (Abb.21). Im ersten Jahr machten Stillgewässer-Arten (Kategorie I) den Großteil der Individuen aus. Bis 2025 ist ihre Häufigkeit deutlich zurückgegangen, während sowohl die Arten der leichten Strömung (Kategorie II) als auch die hoch toleranten Arten (Kategorie III) zugenommen haben. Dieser Trend deutet auf eine verstärkte Strömungsdynamik und veränderte

Abbildung 21: Anteile nach Fließtoleranz kategorisierter Chironomiden in den Proben der Jahre 2022 bis 2025.

Lebensraumbedingungen im untersuchten Elbestromabschnitt hin.

Folgende Vertreter wurden in den Untersuchungen 2022 bis 2025 in den Kraueler Bühnenfeldern nachgewiesen:

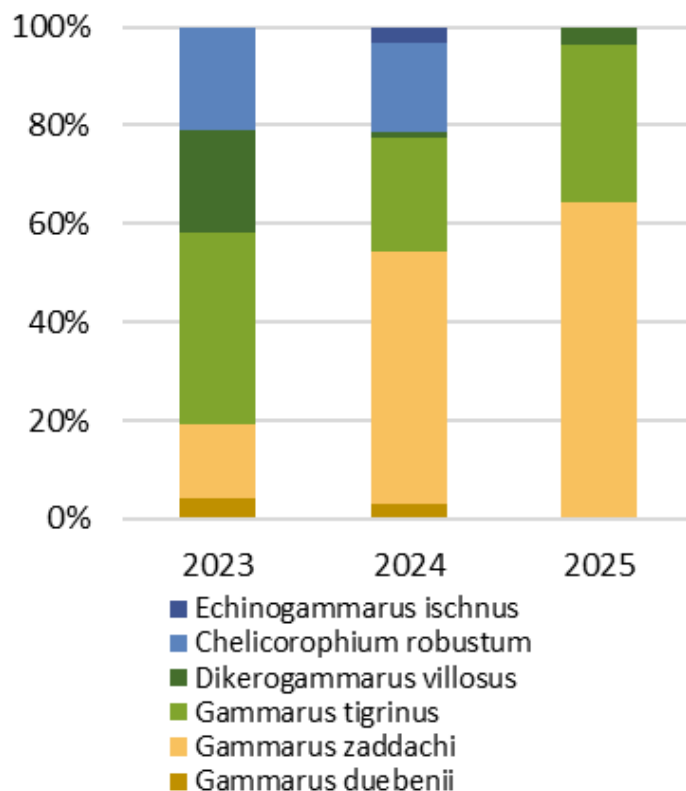
- Kategorie I:** *Dicrotendipes nervosus*, *Dicrotendipes sp.*, *Endochironomus albipennis*, *Glyptotendipes barbipes*, *Glyptotendipes pallens/glaucus*
- Kategorie II:** *Chironomus acutiventris*, *Chironomus aprilius*, *Chironomus nudiventris*, *Chironomus sp.*, *Chironomus sp. (annularius-Gruppe)*, *Lipiniella moderata*
- Kategorie III:** *Chironomus plumosus*, *Chironomus sp. (riparius-Gruppe)*, *Cladotanytarsus sp.*, *Lipiniella araenicola*, *Microchironomus sp.*, *Parachironomus sp.*, *Procladius sp.*

#### Besiedlung durch Oligochaeten im Vergleich

Oligochaeten sind häufig in hoher Abundanz in Flüssen anzutreffen (Carter et al, 2006). Durch ihre geringe Konkurrenzkraft haben viele Arten gelernt, sich an schlechte Bedingungen anzupassen, in denen andere Tiere keine Überlebenschancen mehr haben. Daher gelten Oligochaeten im Allgemeinen als gute Indikatoren für einen hohen Anteil an organischem Material und Sauerstoffmangel im Wasser (Uzunov et al, 1988). Sie bevorzugen gering fließende Gewässer, in denen sich durch Sedimentation von feinem Detritus günstige Substrate bilden. Im FFH-Gebiet Krauel sieht man einen leichten Rückgang an Oligochaeten, es lässt sich jedoch kein klarer Trend feststellen (siehe Abb. 19).

#### Besiedlung durch Gammariden im Vergleich

Unter den Gammariden herrscht ein hoher Konkurrenzdruck.



Über neue Kanalverbindungen sind viele Arten eingewandert, denen ein erheblicher Verlust heimischer Populationen zugeschrieben wird.

Ein direkter Vergleich der einheimischen Art *Gammarus duebenii* mit der aus dem Schwarzen Meer eingewanderten Art *Gammarus tigrinus* zeigt, dass erstere Art gegenüber letzterer im Nachteil ist, weil die Larven von *G. tigrinus* früher schlüpfen. Außerdem fressen Gammariden mitunter Artverwandte – *G. tigrinus* frisst dabei *G. duebenii* und erschwert so dessen Fortpflanzung (Jänes et al. 2015). Eine weitere gefundene heimische Art ist *Gammarus zaddachi*, die vor allem in Flüssen mit starker Strömung auftritt (Hough and Naylor 1992). Der prozentuale Zuwachs dieser Art

Abbildung 22: Vergleich der Anteile an Gammariden - Arten in den Proben 2023, 2024 und 2025.

kann deshalb auf eine verstärkte Turbulenz hindeuten. Dagegen bevorzugt *Dikerogammarus villosus* ruhigere Abschnitte oder sichere Rückzugsorte (Borza et al. 2017). Ein Rückgang von *D. villosus* lässt daher ebenfalls auf eine zunehmende Strömungsdynamik schließen, da im Untersuchungsgebiet nur wenige Versteckmöglichkeiten vorhanden sind. Die Entwicklung der Anteile der Gammaridenarten im Beobachtungszeitraum ist in Abbildung 22 dargestellt.

#### Besiedlung durch Garnelenartige

##### *Palaemon longirostris*:

Die Felsengarnele ist eigentlich in brackischen Gewässern beheimatet, übersteht dank hoher Toleranz aber auch Süßwasserabschnitte. Das Naturschutz-Gebiet Zollenspieker liegt damit außerhalb ihres Hauptverbreitungsgebiets. Während der Eiablage ist die Garnele auf Salzwasser angewiesen, danach wandert die Art häufig in großen Schwärmen den Fluss hinauf (Cartaxana 1994, De Carvalho-Souza et al. 2025). Dass sie nur 2022 und 2025 nachgewiesen wurde, dürfte auf Zufall beruhen.

##### *Paramysis lacustris*:

Die Schwebgarnele wurde 2023 erstmals in der Elbe nachgewiesen und 2024 erneut kartiert (Schottmüller et al., 2024). Sie besiedelt vor allem Stillgewässer oder langsam fließende Flüsse und bevorzugt feinkörnige Sedimente. Im Jahr 2025 konnte sie jedoch nicht mehr festgestellt werden, was möglicherweise mit dem Auftreten von *P. longirostris* zusammenhängt. Diese Garnele ist größer als *P. lacustris* und ernährt sich unter anderem von ihr. Der daraus resultierende direkte Fressdruck könnte ein entscheidender Faktor für das Ausbleiben der Art sein.

#### Abiotische Faktoren

Abiotische Faktoren, die eine Rolle für die Besiedlung der Makrozoobenthos spielen, betreffen die Gewässergüte und die chemische Zusammensetzung der Sedimente. Die Flussgebietsgemeinschaft Elbe, welche die zehn im Einzugsgebiet der Elbe liegenden Bundesländer umfasst, wurde im März 2004 gegründet, um die Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) für den deutschen Teil der Flussgebietsgemeinschaft Elbe umzusetzen. In ihrem Datenportal werden u.a. Mess- und Analysedaten zur Gewässergüte bereitgestellt, die unter <https://www.fgg-elbe.de/elbe-datenportal/gewaesserguete.html> abgerufen werden können. Tabelle 2 enthält die Mess- und Analyseergebnisse vom 16.08.2022, 07.08.2023, 05.08.2024 und 12.08.2025 an der Messstelle H34 im Naturschutzgebiet Zollenspieker, in welchem die untersuchten Bühnenfelder liegen.

Tabelle 2: Mess- und Analysedaten zur Gewässergüte im Untersuchungsgebiet.

| Datum      | Uhrzeit | TW (°C) | O <sub>2</sub> -Sättigung (mg/l) | O <sub>2</sub> -Sätt.Ind. | pH-Wert | LF25°C (S/cm) | AFS (mg/l) |
|------------|---------|---------|----------------------------------|---------------------------|---------|---------------|------------|
| 16.08.2022 | 13:54   | 24,6    | 8,3                              | 100 %                     | 8,1     | 1060          | 27         |
| 07.08.2023 | 15:40   | 19,4    | 10,3                             | 112 %                     | 8,4     | 1100          | 39         |
| 05.08.2024 | 11:40   | 22,7    | 9,4                              | 109 %                     | 8,4     | 1140          | 44         |
| 12.08.2025 | 12:56   | 21,8    | 9,5                              | 109 %                     | 8,5     | 1053          | 47         |

Im Verlauf der letzten vier Jahre hat sich der im August gemessene Anteil an abfiltrierbaren festen Stoffe im Wasser (AFS) knapp verdoppelt, die elektrische Leitfähigkeit hat sich kontinuierlich leicht erhöht. pH-Wert und Sauerstoffsättigung verzeichnen keine signifikanten Änderungen, so dass die beobachtete Veränderung in der Besiedlungsstruktur der untersuchten Bühnenfeldern durch diese nicht zu erklären ist.

### 3.2.3 Zusammenfassung der beobachteten Veränderungen des Makrozoobenthos

Mit der Bühnenkerbung sollte die Strömung vielfältiger gestaltet und dadurch die Flächenstruktur sowie die Substratzusammensetzung der Bühnenfelder verändert werden. Die zugrundeliegende Hypothese war, dass auf diese Weise neue Mikrohabitate entstehen, wodurch sich die Besiedlungsstruktur des Makrozoobenthos diversifiziert und die Individuenzahlen steigen. Dabei wurde erwartet, dass strömungsintolerante Arten zurückgehen und sich stattdessen strömungstolerantere Arten ansiedeln. Die Analyse der Strömungstoleranz bei den gefundenen Chironomiden und Gammariden bestätigt diese Annahme, ebenso deutet das geringere Vorkommen von Muschelschalen auf eine verstärkte Strömung hin. Um jedoch einen verlässlichen Nachweis für ein tatsächliches Wachstum der Individuenzahlen zu erbringen, sind weitere fünf bis zehn Jahre Beobachtungszeit nötig, da sich erst dann ein neues Gleichgewicht einstellen kann.

### 3.4 Teilbereich Vegetation

**Charakterisierung:** Aufgrund der vorhandenen Deckwerke am Ufer hat sich im Bereich der Bühnenfelder größtenteils keine natürliche Uferzonierung herausgebildet. In den aufgesandeten Bereichen an den Bühnenwurzeln dominiert häufig Schilf. Vegetation an Spülsäumen ist vereinzelt vorhanden.

**Hypothese:** Durch die Bühnenkerbung verändern sich Strömung und Morphologie im Bühnenfeld, nicht jedoch die Tidehoch - und die Tideniedrigwasserlinie, die ausschlaggebend für die Vegetationsausprägung ist. Die Vegetation oberhalb des Deckwerks ist vor Strömungsveränderungen geschützt, in den aufgesandeten Bereichen an den Bühnenwurzeln kann es zu Veränderungen in der Vegetationszusammensetzung kommen.

Eine schematische Darstellung der Vegetationszonierung im Untersuchungsgebiet unter Berücksichtigung des Tidenregimes ist in Abbildung 23 dargestellt, die dem Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet Zollenspieker (Freie und Hansestadt Hamburg, 2009) entnommen ist. Die Ausprägung und Lage der Vegetationsgrenzen stehen in engem Zusammenhang mit der Überflutungsdauer und so mit der Geländehöhe.

Veränderungen dieser Vegetationsgrenzen können daher als Indikator für morphodynamische Prozesse oder für veränderte hydrodynamische Bedingungen dienen.

Schematische Darstellung der Vegetationszonierung im Ostteil des NSG Zollenspieker

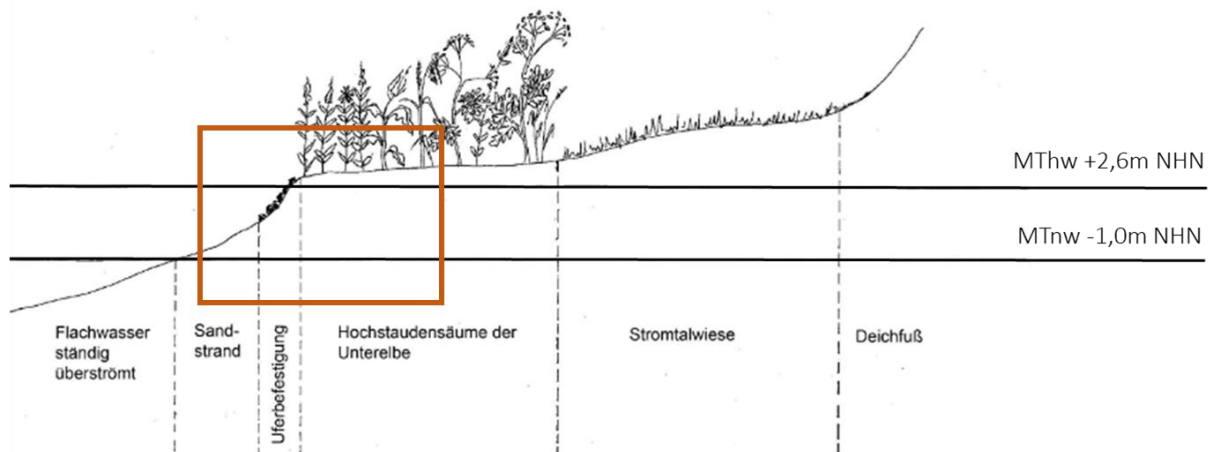


Abbildung 23: Typische Ufervegetation im Ostteil des NSG Zollenspieker. Graphik entnommen aus Pflege und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet Zollenspieker (Freie und Hansestadt Hamburg (2009)). Der orange markierte Bereich ist für die Untersuchung des Einflusses der Bühnenkerbung von Bedeutung.

Der orange markierte Bereich ist für die vorliegende Untersuchung von zentraler Bedeutung, da hier die Auswirkungen der Bühnenkerbung auf die Vegetationsentwicklung sowie die Sedimentdynamik analysiert werden. Zur präzisen Verortung der einzelnen Biotoptypen in Bezug auf ihre Höhenlage und das Tideregime wird dieser Bereich in Abbildung 24 nochmals gesondert dargestellt.

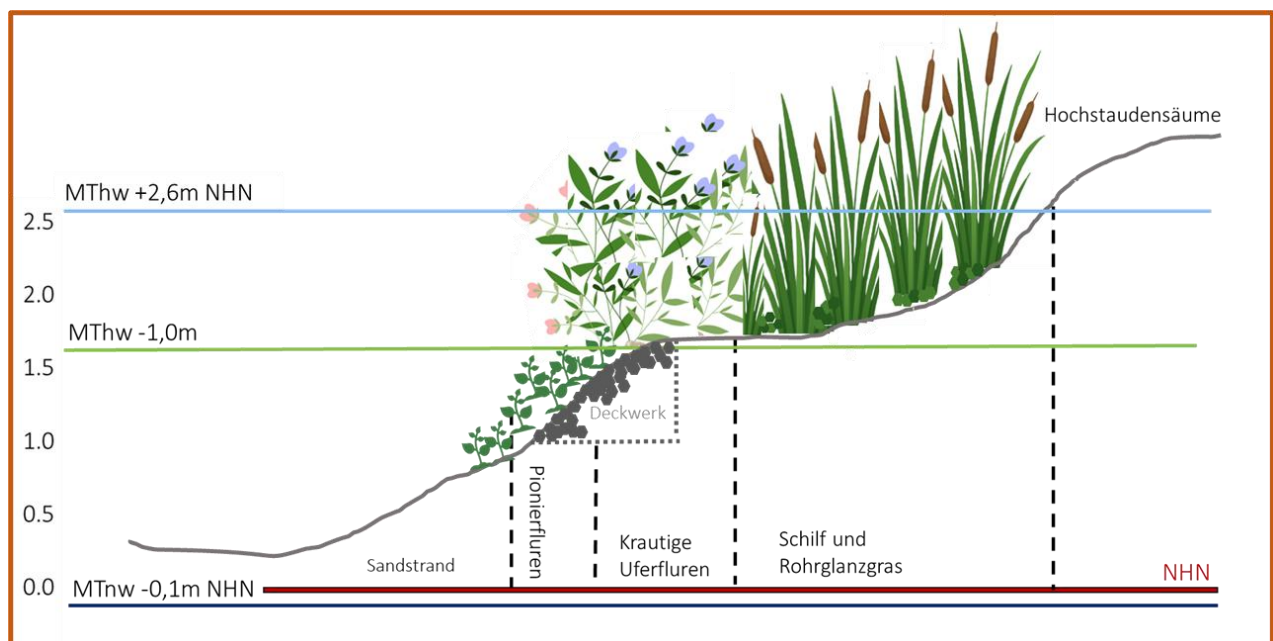


Abbildung 24: Schematische Darstellung der Biotoptypen der Uferzone in den Kraueler Bühnenfelder – die Pionier- und Uferfluren sowie die Schilf- und Rohrglanzgrasgesellschaften, bezogen auf deren Lage im Tideregime.

### 3.4.1 Datenerhebung

Im von der Maßnahme betroffenen Uferabschnitt erfolgte eine überblicksweise Erfassung der Vegetationsstruktur innerhalb eines definierten Kartierkorridors zwischen der flussseitigen Vegetationsgrenze und einer landseitig etwa 3 m hinter der Böschungsoberkante verlaufenden Begrenzung. Die Erfassungen wurden in der Hauptvegetationsperiode jeweils im August der Jahre 2022 bis 2025 durchgeführt.

Die drei Biotoptypen Pionierfluren, krautige Uferfluren sowie Schilf- und Binsengesellschaften wurden mit Submeter-Genauigkeit mittels GPS kartiert. Ergänzend wurden im Jahr 2025 hochaufgelöste Drohnorthofotos zur Biotoptypenerfassung herangezogen. Kleinräumige, flächig abgegrenzte Vegetationsstrukturen innerhalb eines Biotoptyps sowie Algenteppiche wurden separat erfasst. Ein besonderer Fokus lag auf der Identifikation von Arten der FFH-Artenliste.

### 3.4.2 Biotischer Zustand – Biotoptypen in der Uferzone

#### Pionierfluren

Die niedrigwüchsiges Pioniervegetation befindet sich im Bereich unterhalb von 1m unter dem mittleren Tidehochwasser (MThw), meist direkt auf dem Deckwerk oder auf der unmittelbar angrenzenden Wattfläche. Sie wird als erstes überschwemmt und steht somit am längsten unter Wasser. Sie sind den Fluten am intensivsten ausgesetzt und auch an Stellen anzutreffen, wo lose Steine von dem Deckwerk auf dem Watt liegen. Hier wachsen zahlreiche biotoptypische Pflanzenarten wie z. B. Dreiteiliger Zweizahn (*Bidens Tripartita*), Wasserknöterich (*Persicaria amphibia*), Bleicher Ehrenpreis (*Veronica catenata*) und Bach-Ehrenpreis (*Veronica beccabunga*).



Abbildung 25: Wasserknöterich, Wassermintze und Dreiteiliger Zweizahn.

#### Krautige Uferfluren

Bei den krautigen Uferfluren handelt es sich um den Uferstreifen, der sich direkt an die Standorte der Pioniervegetation anschließt. Dieser schmale Bereich knapp unter der MThw-Linie ist botanisch von besonderer Bedeutung und ist besonders artenreich (Freie und Hansestadt Hamburg (2009)). Er wird in den untersuchten Buhnenfeldern von Blut-Weiderich (*Lythrum salicaria*) und Lanzettblättriger Aster (*Symphyotrichum salignum*) dominiert, sowie von Wasser-Sumpfkresse (*Rorippa amphibia*), Niederliegender Sumpfkresse (*Rorippa anceps*) und



Abbildung 26: Gewöhnlicher Wolfstrapp und Blutweiderich in den Uferfluren.

zahlreichen Greiskraut-Arten besiedelt. Die Uferfluren befinden sich zu großen Teilen direkt auf dem Deckwerk und reichen nach oben kaum darüber hinaus.

### Schilf / Rohrglanzgras

Die Schilfbestände (*Phragmites australis*) bilden streifenförmige Vegetationsgürtel, die direkt an die Pionier- oder Uferfluren anschließen und bis 1m unter MThw und somit oberhalb des Deckwerks wachsen. Sie weisen Breiten von 2 bis 10 m auf und charakterisieren sich durch eine fast reine Schilfgesellschaft. Das Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) wächst ebenfalls oberhalb der krautigen Uferfluren. Es handelt sich dabei um circa 3 m breite Streifen, welche als dominierende Pflanze Rohrglanzgras aufweisen. Im Gegensatz zu den Schilfzonen wachsen jedoch auch vermehrt krautige Pflanzen dazwischen.



Abbildung 27: Ufersäume mit Uferflur (links) und Schilfgesellschaften (rechts) direkt hinter der Uferbefestigung.

### 3.4.3 Ergebnisse

Zur Darstellung der Vegetationszonierung sowie der vorgefundenen Biotoptypen und ihrer zeitlichen Entwicklung werden in Abbildung 28 die Kartierungsergebnisse des definierten Kartierkorridors für die Jahre 2022 (Sommer vor der Maßnahme) und 2025 gegenübergestellt.

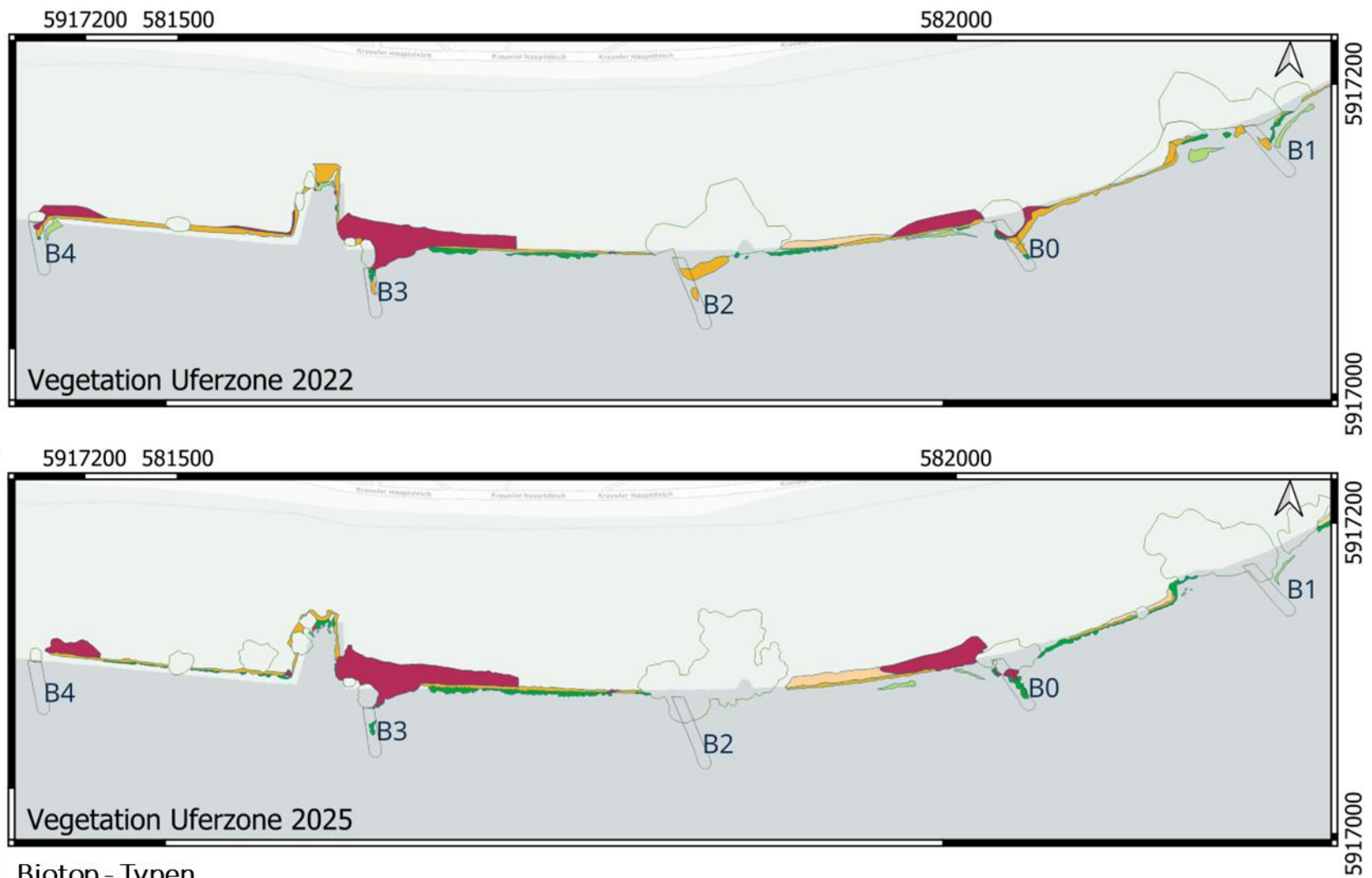


Abbildung 28: Biotoptypen der Uferzonen im definierten Kartierkorridor zwischen flussseitiger Vegetationsgrenze und landseitiger Begrenzung (ca. 3 m hinter der Böschungsoberkante) für die Jahre 2022 und 2025. Der Biotoptyp Tide-Weiden- Auenwald wurde jeweils aus Luftbildern abgeleitet.

### Vegetationsgrenze und Uferzonierung

Die zugrunde liegende Hypothese geht davon aus, dass das Deckwerk die Uferzone gegenüber den Auswirkungen der veränderten Strömungsdynamik schützt und daher keine deutlichen Verschiebungen der Vegetationsgrenzen zu erwarten sind. Der Vergleich der Biotoptypenkarten aus den Jahren 2022 und 2025 bestätigt diese Annahme (Abb. 28). Der Schilfbestand weist dabei die größte Flächenstabilität aller Vegetationseinheiten auf. Flächenverluste treten lediglich in untergeordnetem Umfang zugunsten angrenzender Biotoptypen auf.

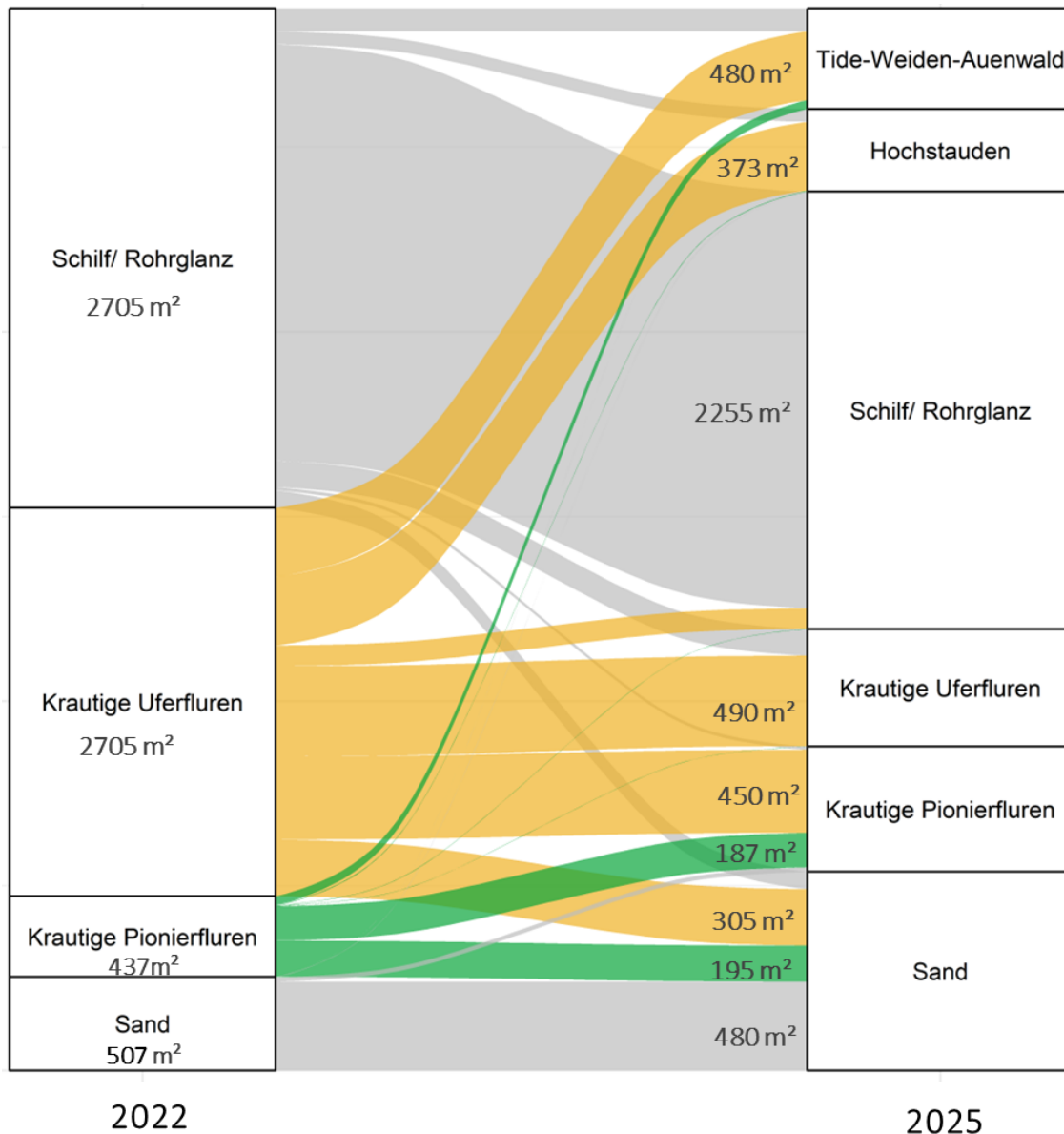


Abbildung 29. Vegetationsveränderung im ufernahen Bereich der Buhnenfelder von 2022 bis 2025. Die Flächenangaben links zeigen die Biotoptypgröße 2022, die Flächenangaben in der Graphik beschreiben wieviel davon im Jahr 2025 im Biotoptyp auf der rechten Seite überge

Um die Veränderungen der ufernahen Vegetation mit Fokus auf Pionier- und Uferfluren sowie Schilf- und Rohrglanzgrasgesellschaften zu quantifizieren, wurden die Kartierergebnisse der Jahre 2022 und 2025 mittels geodatenbasierter Verschneidung ausgewertet. Auf dieser Grundlage konnten für den gesamten Untersuchungsbereich flächenhafte Zu- und Abnahmen

der einzelnen Vegetationstypen ermittelt werden. Die Ergebnisse der Flächenbilanz sind in Abbildung 29 dargestellt.

Die Schilf- und Rohrglanzgrasbestände sowie die Sandflächen bilden die räumlich stabilen Randbereiche des Kartierkorridors und definieren damit die fluss- und landseitigen Grenzen der Vegetationszonierung. Eine systematische Verschiebung der Vegetationsgrenzen ist insgesamt nicht erkennbar.

Eine zentrale Veränderung zeigt sich innerhalb der krautigen Vegetationszonen. Während die krautigen Pionierfluren insgesamt eine Flächenzunahme von ca. 437 m<sup>2</sup> auf ca. 650 m<sup>2</sup> aufweisen, nehmen die krautigen Uferfluren im Gegenzug deutlich ab. Die Flächenverluste der Uferfluren gehen dabei insbesondere in Hochstaudenfluren im landseitigen Bereich sowie in Pionier- und Sandstandorte im flussseitigen Bereich über.

Damit zeigt sich innerhalb der krautigen Vegetation eine bilanzielle gegenläufige Flächenentwicklung mit einer Verlagerung uferflurnaher Bestände sowohl in höher entwickelte Sukzessionsstadien als auch in frühere bzw. stärker dynamisch geprägte Stadien. Diese Prozesse erfolgen vor dem Hintergrund stabiler Randstrukturen durch Schilf- und Rohrglanzgrasbestände sowie Sandflächen.

Insgesamt handelt es sich nicht um gerichtete Verschiebungen der Vegetationszonierung, sondern um flächeninterne Umlagerungen mit lokal erhöhter Dynamik bei gleichbleibender übergeordneter Struktur der Uferzonierung.

#### Vorkommen an Pflanzenarten

Neben der Zonierung wurden die Pflanzenarten, besonders innerhalb der Krautigen Zonen, kartiert (Tab. 5). Dabei zeigten sich leichte Schwankungen in Artenzahl und Abundanz, ohne dass sich ein eindeutiger Trend zu mehr oder weniger Vielfalt abzeichnen ließe.

Tabelle 5: Übersicht über alle die Pflanzenarten, welche in der krautigen Pionier- und Uferfluren sowie in den Rohrglanzgras und Schilfgesellschaften in den Jahren 2022-2025 kartiert wurden.

|                               |                            | Krautige Pionierfluren                                                              |  |  |  | Krautige Uferfluren                                                                 |  |  |  | Schilf/ Rohrglanzgras                                                               |  |  |  |      |      |      |      |
|-------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|------|------|------|------|
|                               |                            |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| <i>Aegopodium podagraria</i>  | Giersch                    |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Angelica archangelica</i>  | Echter Engelwurz           |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Anthriscus sylvestris</i>  | Wiesen-Kerbel              |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Arctium lappa</i>          | Große Klette               |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Artemisia vulgaris</i>     | Gewöhnlicher Beifuß        |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Barbarea vulgaris</i>      | Echte Winterkresse         |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Bidens frondosa</i>        | Schwarzfrüchtiger Zweizahn |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Bidens tripartita</i>      | Dreiteiliger Zweizahn      |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Calamagrostis epigejos</i> | Sandreitgras               |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Calystegia sepium</i>      | Echte Zaunwinde            |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Cardamine pratensis</i>    | Wiesen-Schaumkraut         |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Cirsium arvense</i>        | Acker-Kratzdistel          |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |
| <i>Convolvulus arvensis</i>   | Ackerwinde                 |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |                                                                                     |  |  |  |      |      |      |      |





Präsenz von Muschelschalen spricht für eine mögliche Zunahme der Strömung. Ein stabiles Wachstum der Individuenzahlen kann jedoch erst über einen längeren Zeitraum von fünf bis zehn Jahren nachgewiesen werden, da es Zeit braucht, bis sich ein neues ökologisches Gleichgewicht nach der Störung eingestellt hat.

**Vegetation:** Zwischen 2022 und 2025 zeigt die Vegetationszonierung im Untersuchungsbereich insgesamt eine stabile großräumige Struktur ohne systematische Verschiebung der Vegetationsgrenzen. Schilf- und Rohrglanzgrasbestände sowie Sandflächen bleiben als Randbereiche weitgehend stabil. Innerhalb der krautigen Vegetationszonen treten hingegen kleinräumige flächeninterne Umlagerungen zwischen den Biotoptypen auf, ohne erkennbare gerichtete Entwicklungstendenz.

**Integrative Betrachtung:** Die Beobachtungen weisen darauf hin, dass Morphologie, Strömungsdynamik und ökologische Komponenten im Untersuchungsgebiet in Wechselwirkung stehen. Die Veränderungen in der Struktur der Bühnenfelder und der hydrodynamischen Bedingungen können mit der Sedimentverlagerung sowie der Ausbildung unterschiedlicher Mikrohabitate in Zusammenhang stehen. Diese Prozesse spiegeln sich potenziell in der Zusammensetzung des Makrozoobenthos sowie in kleinräumigen Veränderungen der Ufervegetation wider.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass im Zeitraum 2022 bis 2025 Veränderungen auf mehreren Systemebenen aufgetreten sind, die im zeitlichen Zusammenhang mit Bühnenkerbung stehen. Eine abschließende Bewertung langfristiger Entwicklungstendenzen ist aufgrund der bisherigen Beobachtungsdauer jedoch nicht möglich.

## 5 Literaturverzeichnis

### 5.1 Verwendete Bestimmungsliteratur Makrozoobenthos

- Brinkhurst, R.O. (1971), A Guide for the Identification of British Aquatic Oligochaeta, Freshwater Biological Association, Scientific Publication No. 22
- Eggers, T.O. & Martens, A. (2001). Bestimmungsschlüssel der Süßwasser-Amphipoda (Crustacea) Deutschlands, Lauterbornia 42: 1-68
- Gerhardt, A. et al. (2006). Chironomiden: Potential und Einsatzmöglichkeiten im Biomonitoring von Gewässern – ein Überblick. DGL – Mitteilungen I
- Glöer, P. & Diercking, R. (2010), Atlas der Süßwassermollusken, Sonderdruck, Freie und Hansestadt Hamburg, Amt für Natur- und Ressourcenschutz
- Klausnitzer, B. (2019), Stresemann Exkursionsfauna von Deutschland 2019, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg, 9. edition
- Leschke, M. (1909). Mollusken. Hamburgische Elb-Untersuchung. – Mitteilungen des naturhistorischen Museums Hamburg, 26 (2): 250-279. Hamburg.
- Mildner, P. (1997), Die Neuseeländische Zwergdeckelschnecke *Potamopyrgus Antipodarum* (GRAY, 1843) in Kärnten, Carinthia II, Vol. 187\_107:21-23
- Orendt, C., Dettinger-Klemm, A. & Spies, M. (2013), Bestimmungsschlüssel für die Larven der Chironomidae (Diptera) der Brackgewässer Deutschlands und angrenzender Gebiete, Umweltbundesamt, Qualitätssicherungsstelle des BLMP
- Schiffels S. & T. Bendt & L. Schäfer (2021), Taxonomie für die Praxis, Bestimmungshilfen – Makrozoobenthos (4) Chironomidenlarven, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, LANUV-Arbeitsblätter
- Taenzler V. et al. (2007). Chironomids: suitable test organisms for risk assessment investigations on the potential endocrine disrupting properties of pesticides. Ecotoxicology 16:221-230
- Van Haaren, T. & Soors, J. (2012), Aquatic oligochaetes of the Netherlands and Belgium, KNNV Publishing, Zeist, Netherlands

### 6.2 Literatur

- Borza, Péter, Thomas Huber, Patrick Leitner, Nadine Remund, and Wolfram Graf. 2017. "Current Velocity Shapes Co-existence Patterns among Invasive *Dikerogammarus* Species." Freshwater Biology 62 (2): 317–28. <https://doi.org/10.1111/fwb.12869>.

Cartaxana, Alexandra. (1994). Distribution and Migrations of the Prawn *Palaemon longirostris* in the Mira River Estuary (Southwest Portugal).

Carter, G.S., Nalepa, T.F., Rediske, R.R. (2006). Status and Trends of Benthic Populations in a Coastal Drowned River Mouth Lake of Lake Michigan. *J. Great Lakes Res.* 32:578-595.

Chen, Jiu-Bin; Gaillardet, Jérôme; Bouchez, Julien; Louvat, Pascale; Wang, Yi-Na (2014): *Anthropophile elements in river sediments: Overview from the Seine River, France*; *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, Vol. 15, No. 11, p. 4526-4546

De Carvalho-Souza, Gustavo F., Jose A. Cuesta, and Enrique González-Ortegón(2025). "Life-History Parameters and Stock Dynamics of *Palaemon Longirostris* in a Temperate European Estuary." *Estuaries and Coasts* 48 (3): 83. <https://doi.org/10.1007/s12237-025-01507-2>.

Freie und Hansestadt Hamburg (2009). „Pflege- und Entwicklungsplan für das Naturschutzgebiet Zollenspieker“. Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt - Amt für Stadtentwicklung und Umwelt, url = {<https://www.hamburg.de/politik-und-verwaltung/behoerden/bukea/themen/naturschutz/naturschutzgebiete/start-zollenspieker-173106>}. Abgerufen am: 27.09.2022

Gandouin, Emmanuel, Alain Maasri, Brigitte Van Vliet-Lanoë, and Evelyne Franquet. 2006. "Chironomid (Insecta: Diptera) Assemblages from a Gradient of Lotic and Lentic Waterbodies in River Floodplains of France: A Methodological Tool for Paleoecological Applications." *Journal of Paleolimnology* 35 (1): 149–66. <https://doi.org/10.1007/s10933-005-8149-4>.

Girbig, A.-K. & D. Steffen (2011). Ermittlung von Schwermetall-Trends in niedersächsischen Fließgewässern entsprechend der EG-Wasserrahmenrichtlinie. Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz, Oberirdische Gewässer Band 32, S.6

Hough, A. R., and E. Naylor. 1992. "Biological and Physical Aspects of Migration in the Estuarine Amphipod *Gammarus Zaddachi*." *Marine Biology* 112 (3): 437–43. <https://doi.org/10.1007/BF00356289>.

Holger Jänes, Jonne Kotta, and Kristjan Herkül. 2015. "High Fecundity and Predation Pressure of the Invasive *Gammarus Tigrinus* Cause Decline of Indigenous Gammarids." *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 165 (November): 185–89. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.05.014>.

Klukowska, M., Płóciennik, M., Żbikowski, J. (2011). *Lipiniella moderata* (Diptera, Chironomidae) – new species for the Polish fauna. *Lauterbornia* 72: 1-6

Middelkoop, Hans & van der Perk, Marcel (1998), *Modelling Spatial Patterns of Overbank Sedimentation on Embanked Floodplains*, *Geografiska Annaler Series A-physical Geography*, Vol. 80  
p. 95-109

- Namayandeh, Armin, Patrick L. Hudson, Daniel L. Bogan, and John P. Hudson. 2024. "Chironomidae (Diptera: Insecta) of Alaska, USA, with Descriptions of New Species and a Checklist." *Zootaxa* 5511 (1): 1–95. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.5511.1.1>.
- Möller, Heino. 1991. Das oberflächennahe Zoobenthos der Elbe als Indikator für die Gewässerqualität.
- Pfeiffer, I., Brenig, B. & Kutschera, U. (2004). The occurrence of an Australian leech species (genus *Helobdella*) in German freshwater habitats as revealed by mitochondrial DNA sequences. *Molecular phylogenetics and evolution*. 33. 214-9. 1
- Rossaro, Bruno, Laura Marziali, Matteo Montagna, Giulia Magoga, Silvia Zaupa, and Angela Boggero. 2022. "Factors Controlling Morphotaxa Distributions of Diptera Chironomidae in Freshwaters." *Water* 14 (7): 1014. <https://doi.org/10.3390/w14071014>.
- Wim Salomons & Ulrich Förstner (1984), Sediments and the transport of metals, In: *Metals in the Hydrocycle*, Springer, Berlin, Heidelberg, p. 63-98, [https://doi.org/10.1007/978-3-642-69325-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-69325-0_3).
- Schottmüller et al. (2024). Pontokaspische Schwebegarnele *Paramysis lacustris* (Czerniavsky, 1882) im Elbästuar angekommen (Crustacea: Mysida). submitted and accepted, *Lauterbornia* 90
- Stiftung Lebensraum Elbe. (2024). Bühnenfelder. Abgerufen am 31.01.2024 von <https://www.stiftung-lebensraum-elbe.de/massnahmen/buehnenfelder.html>
- Uzunov, J., Košel, V., Sládeček, V. (1988). Indicator Value of Freshwater Oligochaeta. *Acta hydrochim. Hydrobiol.* 16 2, 173-186
- Pegelonline (2025), aufgerufen am 07.11.2025, , URL <https://www.pegelonline.wsv.de/gast/stammdaten?pegelNr=5930090>,