

# Untersuchungen von Miesmuschelansiedlungen in der Tideelbe im Abschnitt km 713 - 723

## Endbericht Untersuchungen 2010 - 2014



**Auftraggeber:**  
Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven  
Cuxhaven

**August 2015**

---

Auftraggeber: Wasser- und Schifffahrtsamt Cuxhaven  
Am Alten Hafen 2

27472 Cuxhaven

---

Titel: Untersuchungen von Miesmuschelansiedlungen in der Tideelbe im  
Abschnitt km 713 - 723  
Endbericht Untersuchungen 2010 - 2014

---

Auftragnehmer: BIOCONSULT  
Schuchardt & Scholle GbR

Reeder-Bischoff-Str. 54  
28757 Bremen  
Telefon 0421 · 620 71 08  
Telefax 0421 · 620 71 09

Klenkendorf 5  
27442 Gnarrenburg  
Telefon 04764 · 92 10 50  
Telefax 04764 · 92 10 52

Internet [www.bioconsult.de](http://www.bioconsult.de)  
eMail [info@bioconsult.de](mailto:info@bioconsult.de)

---

Bearbeiter: Dr. Sandra Jaklin  
Dipl.-Biol. Pelle Schlösser  
Dipl.-Biol. Detlef Henning  
Dipl.-Biol. Birgitta Wilmes

---

Datum: 26.8.2015

## Inhalt

<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Anlass und Aufgabenstellung .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Vorhabenbeschreibung.....</b>	<b>11</b>
<b>3. Material &amp; Methoden .....</b>	<b>13</b>
3.1 Voruntersuchungen.....	13
3.2 Untersuchungsgebiet und Teilgebiete.....	15
3.3 Untersuchungskonzept (Erfassung) .....	18
3.3.1 Seitensichtsonar (SSS) .....	19
3.3.2 Van Veen-Greifer .....	19
3.3.3 Dredgeproben .....	20
3.4 Datenauswertung .....	21
<b>4. Ergebnisse .....</b>	<b>23</b>
4.1 Miesmuschelvorkommen .....	23
4.1.1 Van Veen-Greiferproben .....	23
4.1.1.1 Räumlich.....	23
4.1.1.2 Zeitlich.....	26
4.1.2 Dredgeproben .....	30
4.1.3 Seitensichtsonar (SSS) .....	34
4.2 Begleitfauna in Miesmuschelvorkommen .....	37
4.2.1 Van Veen-Greiferproben .....	37
4.2.2 Dredgeproben .....	44
<b>5. Beeinträchtigung durch das Bauvorhaben .....</b>	<b>50</b>
5.1 Zusammenfassende Bewertung .....	52
<b>6. Einordnung der Miesmuschelansiedlungen .....</b>	<b>53</b>
6.1 Hinweis zur Begleitfauna der Miesmuschelvorkommen .....	53
6.2 Hinweise zur Definition LRT Riffe (1170) .....	53
6.3 Einschätzung .....	54
<b>Literatur.....</b>	<b>56</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>58</b>

## Abbildungen und Tabellen

Abb. 1:	Lage der fertiggestellten Buhnen (rot) und Unterwasserablagerungsfläche sowie der Abschnitte für die Initialbaggerung (Gebiet A und B) im Elbebereich Altenbrucher Bogen.....	11
Abb. 2:	Vorkommen von Miesmuscheln ( <i>Mytilus edulis</i> ) im Untersuchungsgebiet basierend auf den Untersuchungen von KALBERLAH (2009, BIOCONSULT (2007, 2010).....	14
Abb. 3:	Lage des Untersuchungsgebietes zur Erfassung von Miesmuscheln in der Tideelbe zwischen km 713 – 723 mit Kennzeichnung der gebauten Buhnen und der Unterwasserablagerungsfläche. .....	15
Abb. 4:	Modellierter Salzgehalt entlang der Tideelbe bei unterschiedlichen Oberwasserabflüssen (schwarz: $Q = 180 \text{ m}^3/\text{s}$ , rot: $720 \text{ m}^3/\text{s}$ , grün: $1260 \text{ m}^3/\text{s}$ ) für den Zeitraum 11.06.-25.06.2006. .....	16
Abb. 5:	Unterteilung des Untersuchungsgebietes in die fünf Teilgebiete K (Kalberlah), R (Referenz), W (West), M (Mitte), O (Ost) mit Darstellung der Positionen der van Veen-Greiferproben. .....	17
Abb. 6:	Lage der in der Tideelbe durchgeföhrten Dredgezüge ( $n = 10$ ) während der Untersuchungskampagnen von 2010 – 2014 (hier exemplarisch aus 2014).....	21
Abb. 7:	Abundanzklassen (Ind./m <sup>2</sup> ) von <i>Mytilus edulis</i> in Teilgebieten K, R, W und M in 2010 (oben) vor und während der Baumaßnahme in 2011 (unten).....	24
Abb. 8:	Abundanzklassen (Ind./m <sup>2</sup> ) von <i>Mytilus edulis</i> in Teilgebieten K, R, W und M in 2012 (oben) kurz nach Abschluss und zwei Jahre nach der Baumaßnahme in 2014 (unten).....	25
Abb. 9:	Zeitliche Entwicklung der mittleren Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> , Säulen) und mittleren Biomasse (g FG/m <sup>2</sup> , Punkte) in den Teilgebieten Kalberlah (K) und Referenz (R) von 2010 - 2014.....	27
Abb. 10:	Zeitliche Entwicklung der mittleren Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> , Säulen) und mittleren Biomasse (g FG/m <sup>2</sup> , Punkte) in den Teilgebieten West (W) und Mitte (M) von 2010 - 2014.....	28
Abb. 11:	Längen-Häufigkeitsverteilungen (Schalenlänge in mm) von <i>Mytilus edulis</i> im gesamten Untersuchungsgebiet (gepoolte Daten der 5 Teilgebiete) in den einzelnen Untersuchungsjahren 2010 - 2014.....	30
Abb. 12:	Abundanz (Ind./ha, Säulen) und Biomasse (g FG/ha, Punkte) in den 10 Dredgehöfen vor (2010) und während (2011) der Baumaßnahme. .....	32
Abb. 13:	Abundanz (Ind./ha, Säulen) und Biomasse (g FG/ha, Punkte) in den 10 Dredgehöfen kurz nach Abschluss (2012) und zwei Jahre nach (2014) der Baumaßnahme.....	33
Abb. 14:	Darstellung der identifizierten Hartsubstratbereiche anhand der Seitensichtsonaruntersuchungen in den Jahren 2010 - 2014.....	36

Abb. 15:	Dendrogramm der Artenstruktur nach presence-absence-Transformation (Werte Einzelgreifer) der makrobenthischen Begleitfauna sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen(van Veen-Greifer) von 2010 - 2014. ....	41
Abb. 16:	Dendrogramm der Arten-Abundanz-Struktur (Werte Einzelhols) der makrobenthischen Begleitfauna sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen von 2010 - 2014 bei Symbolisierung signifikant (5%) unterschiedlicher Cluster. ....	43
Abb. 17:	Dendrogramm der Arten-Abundanz-Struktur (Werte Einzelhols) der makrobenthischen Begleitfauna sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen von 2010 - 2014 bei Symbolisierung der Dichtekategorien von <i>Mytilus edulis</i> in den Greifern. ....	43
Abb. 18:	Dendrogramm der Artenstruktur nach presence-absence-Transformation (Werte Einzelhols) der Begleitfauna inkl. Fische sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen(Dredge Kieler Kinderwagen) von 2010 - 2014. ....	48
Tab. 1:	Angaben zu den gebauten Buhnen.....	12
Tab. 2:	Probenahmetermine der Greifer-, Dredge- und Seitensichtsonaruntersuchungen von 2010 - 2014.....	19
Tab. 3:	Anzahl der Greiferproben pro Kampagne in den jeweiligen Teilgebieten. ....	20
Tab. 4:	Kennwerte (Vorkommen in Greifern, Stetigkeit, mittlere Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> ), mittlere Biomasse (g FG/m <sup>2</sup> )) von <i>Mytilus edulis</i> in den fünf Teilgebieten für die Jahre 2010, 2011, 2012 und 2014. ....	23
Tab. 5:	Kennwerte (mittlere Abundanz (Ind./ha), mittlere Biomasse (kg FG/ha)) von <i>Mytilus edulis</i> in den Bereichen „außerhalb (K- und R-Gebiete) und „innerhalb (W-, M- und O-Gebiet) der Baumaßnahme für die Jahre 2010, 2011, 2012 und 2014. ....	31
Tab. 6:	Artenspektrum des sublitoralen Makrozoobenthos aus den Greiferproben mit Angabe der artspezifischen Kennwerte (mittlere Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> ), mittlere Biomasse (g FG/m <sup>2</sup> ), Stetigkeit (%)) für den gesamten Betrachtungszeitraum und Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsjahren 2010-2014. ....	39
Tab. 7:	Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die zwei Hauptcluster aus der presence-absence-Analyse unter Berücksichtigung von Arten, die kumulativ zu 50 % zu den Unterschieden zwischen den Clustern beigetragen haben. ....	42
Tab. 8:	Ergebnisse des paarweisen Vergleichs (Pearson-Korrelationsanalyse) zwischen <i>Mytilus edulis</i> (Abundanz Ind./m <sup>2</sup> und Biomasse g FG/m <sup>2</sup> ) und Kennwerten der Begleitfauna (Artenzahl, totale Abundanz N, Artenvielfalt nach Margaleff, Diversität H' und Äquität J') in den einzelnen Greifern. ....	44
Tab. 9:	Artenspektrum des sublitoralen Makrozoobenthos aus den Dredgeproben mit Angabe der artspezifischen Kennwerte (mittlere Abundanz (Ind./m <sup>2</sup> ), mittlere Biomasse (g FG/m <sup>2</sup> ), Stetigkeit (%)) für den gesamten Betrachtungszeitraum und Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsjahren 2010 - 2014. ....	46

Tab. 10: Ergebnisse des paarweisen Vergleichs (Pearson-Korrelationsanalyse) zwischen <i>Mytilus edulis</i> (Abundanz Ind./m <sup>2</sup> und Biomasse g FG/m <sup>2</sup> ) und Kennwerten der Begleitfauna (Artenzahl, totale Abundanz N, Artenvielfalt nach Margaleff, Diversität H' (log e) und Äquität J') in den einzelnen Dredgehols.....	48
Tab. 11: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die vier Hauptcluster aus der presence-absence-Analyse der Begleitfauna aus den Dredgehols von 2010 - 2014 unter Berücksichtigung von Arten, die kumulativ zu 50 % zu den Unterschieden zwischen den Clustern beigetragen haben. ....	58

# Zusammenfassung

## Hintergrund

Im Rahmen des laufenden Planfeststellungsverfahrens „Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe“ plante der Vorhabenträger die Umstellung der bisher im Bereich des Glameyer Stacks beantragten Unterwasserablagerungsflächen auf eine Buhnenkette westlich und eine Kombination aus Buhnen und einer Unterwasserablagerungsfläche östlich des Glameyer Stacks. Durch diese Maßnahme soll die notwendige Verbesserung des Uferschutzes erreicht werden. Nach Planfeststellungsverfahren war es erforderlich, auch die Umweltauswirkungen der neuen Planung (Planänderung II<sup>1</sup>) zu untersuchen. Die Untersuchungen wurden als Auflage im Rahmen der vorläufigen Anordnung (Kap. 3.3) und später im Planfeststellungsbeschluss 2012 festgelegt<sup>2</sup>.

Die Bauarbeiten wurden im April 2011 aufgenommen und endeten im Oktober 2012, insgesamt wurden 24 Buhnen im Elbabschnitt (südliche Stromseite) von km 714 – km 720 errichtet. Der vorliegende Bericht bezieht sich vor diesem Hintergrund auf die Auswirkungen der Buhnenbaumaßnahme auf die im betroffenen Elbabschnitt vorkommenden sublitoralen Miesmuschelansiedlungen.

## Untersuchungsansatz und Ergebnisse

Für die Abschätzung der Auswirkungen der Baumaßnahmen auf die Miesmuscheln wurde die Besiedlung „vor“, „während“ und „nach Abschluss“ der Baumaßnahmen ermittelt. Im Fokus stand dabei die Beantwortung der Frage ob und in wie weit sich die Ausprägung der Miesmuschelansiedlungen auf der südlichen Stromseite zwischen km 713 und 723 qualitativ/quantitativ verändert. Die Untersuchungen zu den Miesmuscheln wurden im Herbst 2010 vor den Bauarbeiten begonnen. In den Jahren 2011 und 2012 erfolgten „während“ der Bauphase (2011) bzw. unmittelbar nach Beendigung der Baumaßnahme (2012) weitere begleitende Untersuchungen. Die Abschlussuntersuchung fand im Herbst 2014 ca. 2 Jahre nach Fertigstellung der Buhnen statt.

Die Untersuchung erfolgte mittels Bodengreiferproben und Dredgezügen. Neben den biologischen Erfassungen wurden zudem Aufnahmen mit dem Seitensichtsonar durchgeführt, um Hinweise auf die räumliche Ausdehnung der Muschelansiedlungen zu erhalten.

Im Ergebnis ist festzuhalten, dass

- Im Jahr 2010, also vor Beginn der Baumaßnahme, Miesmuschelansiedlungen im gesamten Untersuchungsgebiet (km 713 – km 723) örtlich auch in höheren Dichten festgestellt wurden. Eine Ausnahme machte der am weitesten stromauf befindliche Untersuchungsabschnitt um etwa km 713 - km 715. Hier wurden keine oder höchstens einzelne Miesmuscheln erfasst.

<sup>1</sup> <https://www.portal-tideelbe.de/Projekte/FRA20XX/Antragsunterlagen/PlanaenderungsunterlagenII>

<sup>2</sup> <https://www.portal-tideelbe.de/Projekte/UfersicherungAB/Miesmuschelmonitoring/index.html>

- im Jahr 2011 ein Rückgang der Miesmuscheln im gesamten Untersuchungsgebiet festgestellt wurde, dies betraf auch die nicht im unmittelbaren Baugebiet befindlichen Teilgebiete (K, R). Ein Einfluss der Bauarbeiten ist anzunehmen aber aufgrund der auch in den Teilgebieten K und R verzeichneten Rückgänge nicht eindeutig zu belegen.
- unter Berücksichtigung des Untersuchungsjahres 2012 ein Zusammenhang von Miesmuschelvorkommen und Baumaßnahme aber plausibel wird. So wurde die in den Teilgebieten K & R ermittelte deutliche Zunahme der Muscheldichte (Brutfall) in den Teilgebieten W & M (im Bereich der Baumaßnahmen) nicht verzeichnet; es wurden hier sogar nur noch vereinzelt Miesmuscheln erfasst, so dass die Dichte im Jahr 2012 sogar geringer war als nach Abschluss des ersten Baujahres 2011.
- die im Jahr 2014, also zwei Jahre nach Abschluss der Buhnenbauarbeiten, festgestellten Befunde wurde für das im Baugebiet lokalisierte Teilgebiet W wieder eine deutlich ausgeprägte Neubesiedlung festgestellt.

Im untersuchten Abschnitt der Tideelbe (km 713 - 723) wiesen die Miesmuschelvorkommen ein Abundanzgefälle auf, das wahrscheinlich durch den natürlichen Salzgehaltsgradienten bedingt ist. Die Bereiche stromauf des Glameyer Stacks scheinen für Miesmuscheln hiernach nur suboptimale Bedingungen zu bieten, so dass dort lediglich vereinzelte Vorkommen von wahrscheinlich in das Gebiet verdrifteten Tieren zu beobachten waren. Stromab des Glameyer Stacks waren die Muschelvorkommen bei hoher zeitlicher und räumlicher Variabilität als dauerhaft (persistent) zu beschreiben. Dichtere Vorkommen entwickelten eine charakteristische Begleitfauna und erfüllen somit wichtige ökologische Funktionen im Ästuar (ecosystem engineers).

## Fazit

Im Bereich des Baugebietes war ein Rückgang der Miesmuscheln im Zeitraum der Bauarbeiten zu beobachten, der möglicherweise im Zusammenhang mit negativen Effekten durch Baggerungen und Sedimentdrift steht, aber auch durch natürlichen Prozesse (z.B. Oberwasserabfluss) begründet sein kann. Vor dem Hintergrund aller Ergebnisse erscheint aber die Annahme plausibel, dass die Bauarbeiten sehr wahrscheinlich zu einem temporären Rückgang der Miesmuscheln in den betroffenen Teilabschnitten geführt haben. Das Potenzial als Muschelstandort dieses Elbabschnitts scheint sich gegenüber dem Ausgangszustand 2010 allerdings nicht nachhaltig verändert haben, wie die 2014 festgestellte z.T. umfangreiche Neubesiedlung (Teilgebiet W) durch Miesmuscheln nach Abschluss der Bauarbeiten gezeigt hat.

Ob der Tideelbeabschnitt oberhalb von etwa km 718 dauerhaft oder nur temporär durch Muscheln besiedelt wird, bleibt von den jeweiligen abiotischen Rahmenbedingungen abhängig. Diese können interannual deutlich wechseln, wie z.B. die zeitweilige Aussübung durch das Elbehochwasser im Jahr 2013 gezeigt hat. Es ist daher kaum zu prognostizieren, ob Jungmuscheln langfristig zu „reifen“, d.h. altersgemischten, strukturreichen Muschelansiedlungen heranwachsen. Generell ist im Vergleich zu eulitoralen Miesmuschelbänken nur sehr wenig über die Persistenz, Struktur (Abundanz, Aufwachsen der Bänke) und Variabilität sublitoraler Ansiedlungen bekannt (NEHLS et al. 2009).

**Einordnung der Miesmuschelansiedlung**

Ob die Miesmuschelansiedlung im Untersuchungsgebiet die Kriterien für eine Einordnung als Lebensraumtyp „Riffe“ (1170) erfüllt, ist im Rahmen des vorliegenden Berichts u.a. aus folgenden Gründen nicht belastbar zu klären:

- Kriterien zur Abgrenzung des LRT „Riffe“ sind zum Teil noch nicht abschließend abgestimmt
- Übertragbarkeit der auf eulitorale Bänke ausgerichteten Kriterien auf sublitorale Miesmuschelansiedlung bleibt zu prüfen

Die Klassifizierung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Miesmuschelansiedlung als LRT „Riffe“ (1170) ist daher zum jetzigen Zeitpunkt weder eindeutig zu verneinen noch zu bejahen.

## 1. Anlass und Aufgabenstellung

Im Rahmen des laufenden Planfeststellungsverfahrens „Fahrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe“ plante der Vorhabenträger die Umstellung der bisher im Bereich des Glameyer Stacks beantragten Unterwasserablagerungsflächen auf eine Buhnenkette westlich und eine Kombination aus Buhnen und einer Unterwasserablagerungsfläche östlich des Glameyer Stacks. Durch diese Maßnahme soll die notwendige Verbesserung des Uferschutzes erreicht werden. Für das Planfeststellungsverfahren war es erforderlich, auch die Umweltauswirkungen der neuen Planung zu untersuchen. Der vorliegende Bericht bezieht sich auf den Aspekt Miesmuschelvorkommen. Die insgesamt 24 Buhnen wurden im Herbst 2012 fertiggestellt, der Baubeginn war datiert auf April 2011.

In jüngerer Vergangenheit wurden u.a. im Bereich der in der Tideelbe geplanten Ufersicherungsmaßnahmen vom Altenbrucher Bogen bis etwa Cuxhaven örtlich Miesmuschelansiedlungen festgestellt. Besiedlungsdichten und Größenklassen der vorgefundenen Muscheln gaben Hinweise auf eine mehrjährige Ansiedlung. Ob und in welchem Umfang solche Miesmuschelansiedlungen auch weiter stromauf, also u.U. auch im unmittelbaren Bereich der geplanten Ufersicherungsmaßnahme auftraten, war nicht bekannt. Vor diesem Hintergrund stellte sich die Frage, ob die Muschelansiedlungen durch die Baumaßnahmen beeinträchtigt werden könnten.

Für die Abschätzung der Auswirkungen des Vorhabens auf die Miesmuscheln wurde die Besiedlung „vor“, „während“ und „nach Abschluss“ der Baumaßnahmen ermittelt. Im Fokus stand dabei die Beantwortung der Frage ob und in wie weit sich die Ausprägung der Miesmuschelansiedlungen qualitativ/quantitativ verändert.

Eine stichprobenhafte Analyse der Begleitfauna erlaubt Rückschlüsse auf die ökologische Funktion der vorhandenen Miesmuschelansiedlung als biogene Hartsubstratstruktur. Neben den biologischen Erfassungen erfolgten zudem Aufnahmen mit dem Side Scan Sonar, um Hinweise auf die Ausdehnung der Muschelansiedlungen zu erhalten, sofern solche detektierbar waren.

Die Untersuchungen wurden von 2010 – 2014 (jeweils im Herbst) im Tideelbe-Abschnitt von km 713 – km 723, also v.a. im Bereich der Buhnenbaumaßnahmen auf der südlichen Flusseite zwischen Otterndorf und Cuxhaven durchgeführt.

Der vorliegende Bericht beschreibt die Untersuchungsergebnisse von Herbst 2010 (Status Quo-Situation vor Beginn der Ufersicherungsmaßnahmen), Herbst 2011 und 2012 (baubegleitende Untersuchungen) sowie vom Herbst 2014 nach Abschluss der Baumaßnahmen.

## 2. Vorhabenbeschreibung

Im Rahmen des laufenden Planfeststellungsverfahrens „Fahrrinnenanpassung von Unter- und Außenelbe“ plante der Vorhabenträger die Umstellung der bisher im Bereich des Glameyer Stacks beantragten Unterwasserablagerungsflächen auf zwei Buhnenketten um die erforderliche Verbesserung des Uferschutzes zu erreichen.

Im Jahr 2007 wurde unabhängig von der Planung einer weiteren Fahrrinnenanpassung der Elbe die Arbeitsgruppe „Ufersicherungskonzept Altenbrucher Bogen - Optimierung bisheriger Unterhaltungsstrategien“ aus Vertretern des Landes Niedersachsen und der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes eingerichtet, um für die Fragen der morphologischen Entwicklung und der Ufersicherung im Altenbrucher Bogen ein Konzept zu erarbeiten. Dieses Konzept sieht im Bereich östlich des Glameyer Stacks eine Kombination aus Buhnen und einer Unterwasserablagerungsfläche vor. Im Bereich westlich des Glameyer Stacks sollte eine Buhnenkette entstehen. Da das Ufersicherungskonzept zu einem höheren Querschnittsverbau führt, war eine Initialbaggerung am nördlichen Fahrrinnenrand gegenüber der Kombinationslösung von Buhnen und Unterwasserablagerungsfläche geplant.

Die Bauarbeiten wurden im April 2011 aufgenommen und endeten im Oktober 2012. Die Maßnahmen „Initialbaggerungen“ sowie die „Herstellung der UWA“ (die Ende 2011 fertiggestellt wurde) werden im Folgenden nicht näher erläutert. Es wurde ausschließlich auf die möglichen Effekte des Buhnenbaus fokussiert, da Miesmuschelansiedlungen v.a. in diesem Abschnitt festgestellt wurden.

### Buhnen

Im Bereich des Altenbrucher Bogens zwischen Groden (Fahrrinnen – km 720,5) und dem Glameyer Stack (Fahrrinnen – km 717,5) wurden 18 Buhnenbauwerke errichtet (sogenannte Altenbrucher Stacks), die an die Streichlinie der bereits vorhandenen Buhnenköpfe anschließen (Abb. 1).

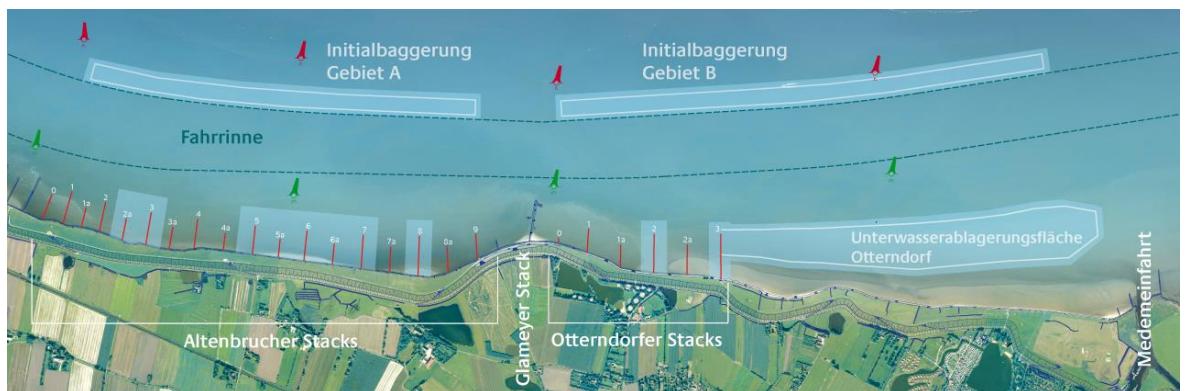


Abb. 1: Lage der fertiggestellten Buhnen (rot) und Unterwasserablagerungsfläche sowie der Abschnitte für die Initialbaggerung (Gebiet A und B) im Elbebereich Altenbrucher Bogen.

Graphikquelle: download [https://www.portal-tideelbe.de/Projekte/UfersicherungAB/images/ufersicherung\\_stand\\_baufortschritt\\_winterpause.jpg](https://www.portal-tideelbe.de/Projekte/UfersicherungAB/images/ufersicherung_stand_baufortschritt_winterpause.jpg)

Im Anschlussbereich des Altenbrucher Bogens zwischen dem Glameyer Stack (km 717,5) und der Medemündung (km 713,5) wurden weitere 6 Buhnenbauwerke (die sogenannten Otterndorfer Stacks) gleicher Geometrie und Ausführung und daran anschließend eine Unterwasserablagerungsfläche errichtet (Abb. 1). In Tab. 1 sind die wichtigsten Daten zu den Buhnen zusammengestellt.

Tab. 1: Angaben zu den gebauten Buhnen

	Einheit	Glameyer Stack West	Glameyer Stack Ost	Gesamt
Anzahl Buhnen	Stück	18	6	24
Überdeckte Fläche (Buhnen)	m <sup>2</sup>	75.610	16.200	91.810
davon Eulitoral	m <sup>2</sup>	4.030	3.340	7.370
Überdeckte Fläche (Sinkstücke aus Geotextil)	m <sup>2</sup>	61.445	16.460	77.905
davon Eulitoral	m <sup>2</sup>	3.620	3.190	6.810
neu geschaffene Fläche (Hartsubstrate Buhnen) unter MTnw	m <sup>2</sup>	57.630	9.370	67.000
neu geschaffene Fläche (Hartsubstrate Buhnen) über MTnw	m <sup>2</sup>	21.710	7.370	29.080
Baumaterial Buhnen (Sand)	m <sup>3</sup>	119.923	20.056	139.979
Baumaterial Buhnen (Eisensilikat)	m <sup>3</sup>	50.429	9.924	60.353

### 3. Material & Methoden

#### 3.1 Voruntersuchungen

Das Untersuchungskonzept sowie der Betrachtungsraum und das zeitliche Probenahmedesign wurden in Abstimmung mit dem Auftraggeber und dem NLWKN ausgearbeitet. Dabei wurden Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen zu Miesmuschelvorkommen im hier festgelegten Untersuchungsgebiet berücksichtigt. Im Folgenden werden relevante Ergebnisse vorangegangener Untersuchungen kurz dargestellt.

- Nach MARTENS (in UVU-MATERIALBAND VII 1997) waren Miesmuschelansiedlungen zwischen Strom-km 711 –726 am südlichen Rand der Fahrrinne vorhanden. Eine Angabe zur Besiedlungsdichte liegt nicht vor.
- Im Rahmen jüngerer Untersuchungen, die zwischen Strom-km 716 – 719 durchgeführt wurden, konnten zumindest in diesem Abschnitt größere Ansiedlungen nicht mehr nachgewiesen werden. Festgestellt wurden lediglich örtlich einzelne Miesmuschel'exemplare (BIOCONSULT 2007).
- Im Rahmen des Bauvorhabens von neuen Kaianlagen (Liegewanne 8) im Bereich des Grodener Hafens (Elbe km 722), wurde das sublitorale Makrozoobenthos primär westlich des Grodener Hafens mittels Greiferproben erfasst (KALBERLAH 2007). Nach KALBERLAH (2007 befanden sich im Sommer 2007 sublitorale Miesmuschelbestände im Bereich westlich und östlich des Grodener Hafens bei Cuxhaven (km 722) entlang einer Linie im Übergangsbereich zwischen der Flachwasserzone der Wattflächen und der Tiefwasserzone des Elbfahrwassers. Die Abundanz in den Greiferproben lag zwischen 45 und 201 Ind./m<sup>2</sup>; die Schalenlänge zwischen 0,5 und 4 cm. Eulitorale Vorkommen wurden nur als Einzelfund vermutlich durch Verdriftung beobachtet.
- Eine sich 2009 anschließende Untersuchung des Benthos im östlichen Bereich des Grodener Hafens (Baumaßnahme zur östlichen Erweiterung des Offshore Basishafens Cuxhaven) entlang von vier parallel zum Deichfuß verlaufenden sublitoralen Streifen a 1.600 m ergab, dass Miesmuschelansiedlungen außerhalb des unterhaltenen Fahrwassers auf festen Säden an zahlreichen Greiferstationen vorhanden waren (KALBERLAH 2009). Der Verbreitungsschwerpunkt lag im Übergangsbereich zwischen der Flachwasserzone der Wattflächen und Tiefwasserzone des Elbfahrwassers. Die Abundanzen innerhalb des Verbreitungsschwerpunktes lagen zwischen 40 und 300 Ind./m<sup>2</sup>. Die Schalenlängen wiesen auf eine mehrjährige Population hin. KALBERLAH (2009 ging davon aus, dass es sich hierbei um Muschelbänke handelte, die nach FFH-RL als Lebensraumtyp 1170 sowie als besonders geschütztes Biotop gem. § 28a Niedersächsisches Naturschutzgesetz (NNatG) einzustufen seien. In den Spalten der Buhnenköpfe wurden ebenfalls regelmäßig Miesmuscheln in geringen Dichten (max. 8 Ind./m<sup>2</sup>) angetroffen, die eulitoralen Wattflächen waren nur als Einzelfunde mit Miesmuscheln besiedelt.

- Seitensichtsonaruntersuchungen, die 2009 im Rahmen des Buhnenbauvorhabens im Bereich der Initialbaggerungen (auf der nördlichen Elbseite, s. Abb. 1) erfolgten, ergaben keine Hinweise auf umfangreichere Miesmuschelansiedlungen (BIOCONSULT 2010).
- Eine Pilotuntersuchung im Rahmen des Vorhabens Buhnenbau Altenbrucher Bogen wurde im Frühjahr 2010 durchgeführt (BIOCONSULT 2010). Hierfür wurden Greiferproben in einem 1,8 km langen Abschnitt westlich von Glameyer Stack entnommen, in dem der Bau von 9 Buhnen realisiert werden sollte. Miesmuscheln wurden insgesamt an 16 der 35 untersuchten Standorte nachgewiesen. Die Dichten lagen zwischen 10 und 3.640 Ind./m<sup>2</sup>. Die Nachweise konzentrieren sich dabei fast ausschließlich auf die fahwassernahen Positionen, nur in 2 Greifern traten ufernah Miesmuscheln auf. Das Alter der zwischen 30 und 40 mm großen Muscheln wurde auf etwa 2 – 3+ Jahre geschätzt. Insgesamt handelte es sich um eine mehrjährige Muschelansiedlung.

Die Ergebnisse der Untersuchungen von KALBERLAH (2009 und BIOCONSULT (2007, 2010) hinsichtlich der Beprobungsstandorte und Miesmuschelabundanzen sind graphisch in Abb. 2 dargestellt.

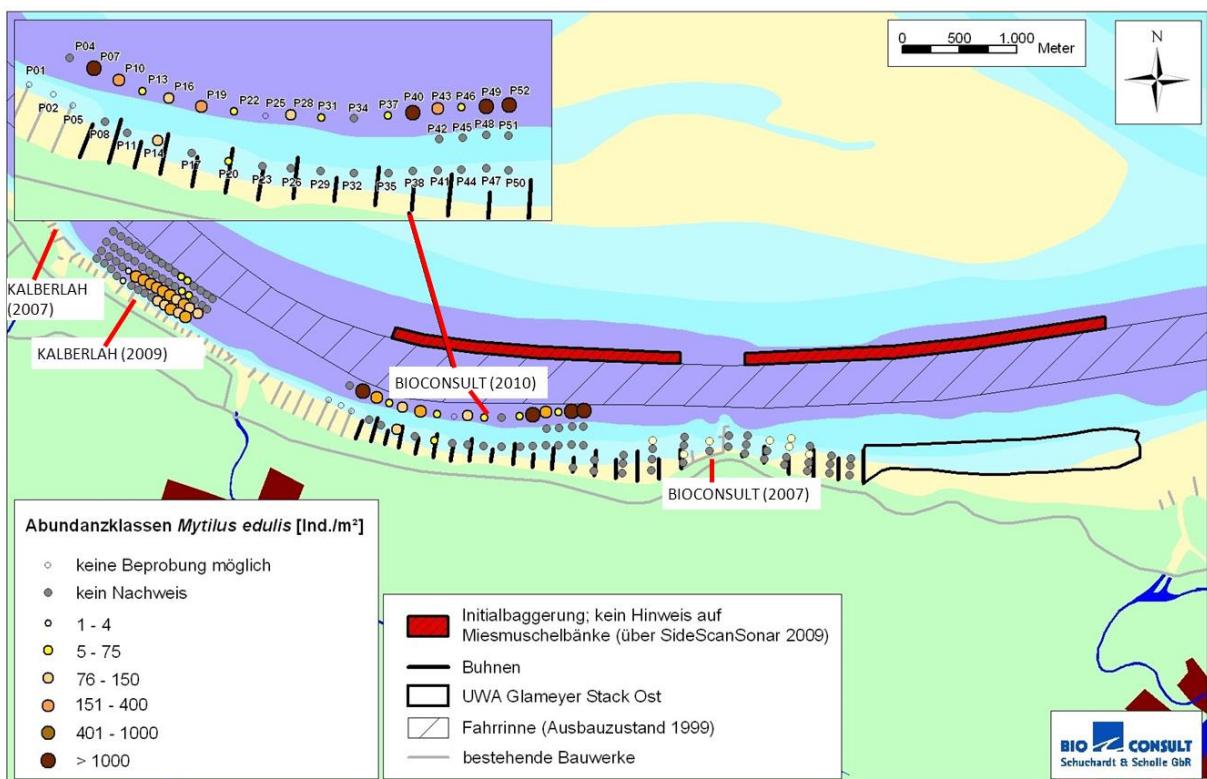


Abb. 2: Vorkommen von Miesmuscheln (*Mytilus edulis*) im Untersuchungsgebiet basierend auf den Untersuchungen von KALBERLAH (2009), BIOCONSULT (2007, 2010).

## 3.2 Untersuchungsgebiet und Teilgebiete

### Grobcharakterisierung

Das Untersuchungsgebiet bezieht sich im Wesentlichen auf den Baubereich sowie außerhalb befindliche Referenzbereiche und umfasst das südliche Elbufer zwischen km 713 und km 723 (Abb. 3). Dieser Elbabschnitt ist Teil des Mündungstrichters der Elbe, die Breite beträgt hier etwa 10 bis 15 km. Die Fahrinne der Elbe weist im diesem Bereich nur einen geringen Abstand (einige 100 m) vom Ufer. Dementsprechend hoch ist die Belastung der Uferzone durch Strömungen und Wellen. In den nicht durch Stacks (Buhnen) befestigten Bereichen herrscht eine Tendenz zur Erosion. Ein Vorland fehlt im Betrachtungsraum bzw. ist sehr schmal. Der teilweise scharliegende Deichfuß ist v.a. um das zentral im Betrachtungsraum liegende Bauwerk Glameyer Stack stark befestigt, ein vergossenes Deckwerk grenzt das Vorland bzw. den Deich von den vorgelagerten meist sehr schmalen Wattflächen ab.

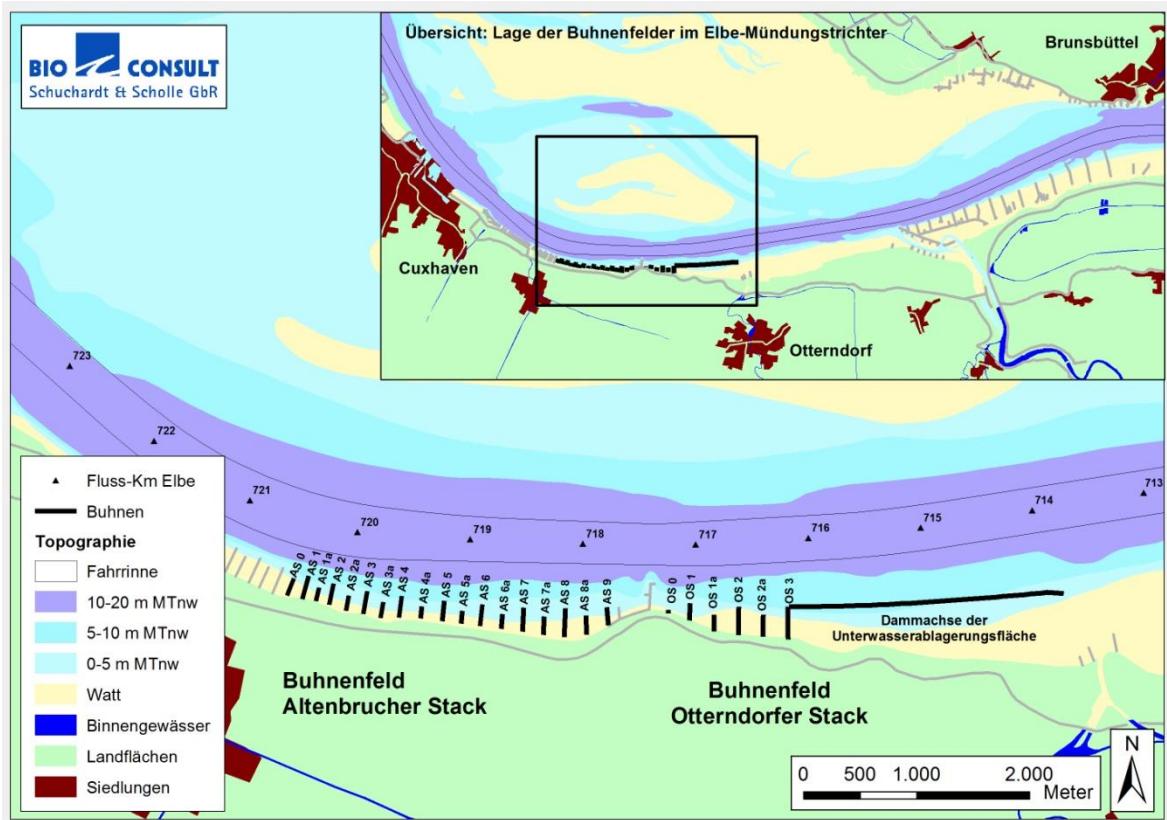


Abb. 3: Lage des Untersuchungsgebietes zur Erfassung von Miesmuscheln in der Tideelbe zwischen km 713 – 723 mit Kennzeichnung der gebauten Buhnen und der Unterwasserablagerungsfläche.

Das Elbeästuar ist im Längsverlauf durch einen Salzgehaltsgradienten gekennzeichnet. In Abhängigkeit des Oberwasserabflusses (vgl. Abb. 4) und der Wind- und Seegangsverhältnisse können die örtlichen Bedingungen allerdings deutlich variieren.

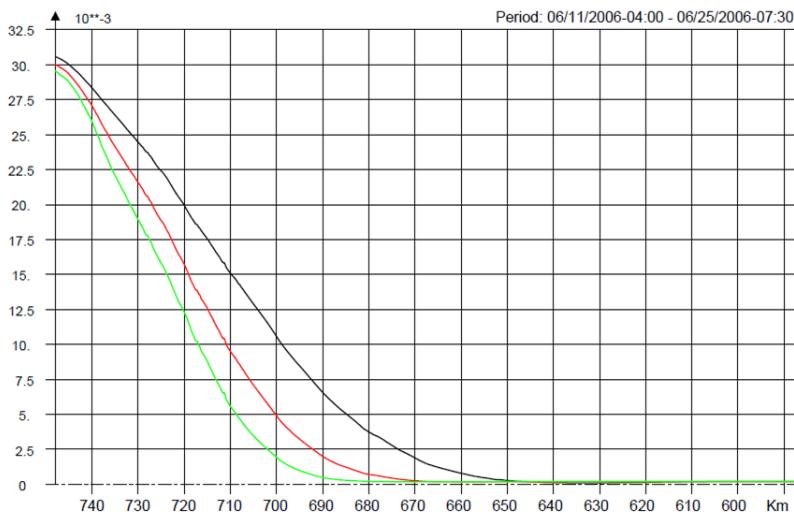


Abb. 4: Modellierter Salzgehalt entlang der Tideelbe bei unterschiedlichen Oberwasserabflüssen (schwarz:  $Q = 180 \text{ m}^3/\text{s}$ , rot:  $720 \text{ m}^3/\text{s}$ , grün:  $1260 \text{ m}^3/\text{s}$ ) für den Zeitraum 11.06.-25.06.2006.

Datenquelle. Download Fachvortrag BAW Harro Heyer (2014) [www.dialogforum-tideelbe.de](http://www.dialogforum-tideelbe.de)

Das 10 km lange Untersuchungsgebiet befindet sich im Mesohallinikum bzw. im Übergangsbereich zum Polyhallinikum ([www.portal-tideelbe.de](http://www.portal-tideelbe.de) und Abb. 4). Im östlichen Bereich (Elbe km 713) sind die Salzgehalte im Mittel geringer als im westlichen, d.h. in dem weiter stromab befindlichen Bereich des Untersuchungsgebietes (Elbe-km 723). Aus Salzgehaltsmessungen bei Elbe-km 718,2 lässt sich ableiten, dass der Salzgehalt innerhalb einer Tide durchschnittlich um 14 PSU (zwischen ca. min. 8 - 11 PSU und max. 20 - 24 PSU) variieren kann ([www.portal-tideelbe.de](http://www.portal-tideelbe.de)).

Die Salinität ist ein bedeutender Faktor, der Vorkommen und Abundanz der Miesmuscheln mitbestimmt. Die Salinitätsverhältnisse beeinflussen zudem auch Wachstum und Reproduktion. Dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse über Miesmuschelvorkommen im Untersuchungsgebiet zu berücksichtigen. Ebenfalls ist zu berücksichtigen, dass im Juli 2013 ein Elbehochwasser auftrat, so dass im gesamten Untersuchungsgebiet die normalen Salzgehalte temporär stark verringert waren, d.h. es herrschten zu diesem Zeitpunkt für Miesmuscheln pessimale Rahmenbedingungen vor. Ob und welchen unmittelbaren Effekt die Elbeflut auf die Miesmuschelansiedlungen hatte, ist hier nicht abzuschätzen, da im Jahr 2013 kein Miesmuschelmonitoring erfolgte.

### Teilgebiete des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet wurde in die fünf Teilgebiete „K“ (für Kalberlah), „R“ (Referenzgebiet), „W“ (westliches Gebiet), „M“ (mittleres Gebiet) und „O“ (östliches Gebiet) unterteilt (Abb. 5). Dieses Vorgehen diente der „räumlichen Verdichtung“ der zur Verfügung stehenden Greiferproben (Insgesamt  $n = 100$ , s.u.) und basiert auf Voruntersuchungen zur faunistischen Besiedlung, die in einigen Teilgebieten vor dieser Studie durchgeführt wurden. Zudem spiegeln die Teilgebiete auch in gewisser Weise die unterschiedlichen Salzgehaltsbedingungen des Untersuchungsgebietes wider. Die Verortung der Probenahmepunkte wie sie in Abb. 5 dargestellt ist, wurde in allen vier Untersuchungskampagnen beibehalten. Die Positionierung der Greifer in den Teilgebieten erfolgte in 2 - 4 parallelen Reihen im unteren, mittleren und oberen Hangbereich.

Das **Teilgebiet K** (Kalberlah) liegt im Bereich von Elbe-km 723 - 722 und wurde gewählt, da vorherige Untersuchungen ein Vorkommen von Miesmuscheln in diesem Bereich dokumentierten (KALBERLAH 2007, 2009, s.o.). Eine wiederholte Beprobung des Bereiches sollte Aufschluss geben, ob die Miesmuscheln dort über längere Zeiträume vorkommen und Informationen liefern, wie die zeitliche Variabilität des Muschelvorkommens einzuschätzen ist. Gleichzeitig diente es als Referenzgebiet, da eine Beeinträchtigung durch die Baumaßnahme ausgeschlossen wurde. Das Gebiet wurde durch 10 Greiferproben abgedeckt, die in zwei Reihen a 300 m parallel im Abstand 100 m zur Deichlinie angeordnet waren und den Tiefenhorizont umfassten, in dem zuvor KALBERLAH (2007, 2009) Miesmuscheln erfasste.

Das **Teilgebiet R** (Referenz) ist bei Elbe-km 720 lokalisiert und wurde vor Beginn der Arbeiten so festgelegt, dass analog zum Teilgebiet K, eine Beeinträchtigung durch die Baumaßnahme ausgeschlossen werden kann. Gleichzeitig werden durch das Teilgebiet neue Erkenntnisse über Muschelvorkommen im Vorhabenbereich gewonnen, da dieser Bereich durch vorangegangene Untersuchungen noch nicht abgedeckt war. Im R-Gebiet wurden 32 Greiferproben gewonnen, die in vier parallel zur Deichlinie verlaufenden Tiefenhorizonten angeordnet waren (Abb. 5).

Das **Teilgebiet W** (West) liegt bei Elbe-km 719 und umfasst den Baubereich westlich Glameyer Stack, wo zwischen Elbe-km 717,5 und 720,5 18 Buhnen gebaut wurden (Altenbrucher Stacks). Im W-Gebiet wurden 32 Greiferproben entnommen, die in vier parallel zur Deichlinie verlaufenden Tiefenhorizonten angeordnet waren. Das Teilgebiet W wurde auch bereits im Frühjahr 2010 im Rahmen der Pilotstudie (BIOCONSULT 2010) beprobt.

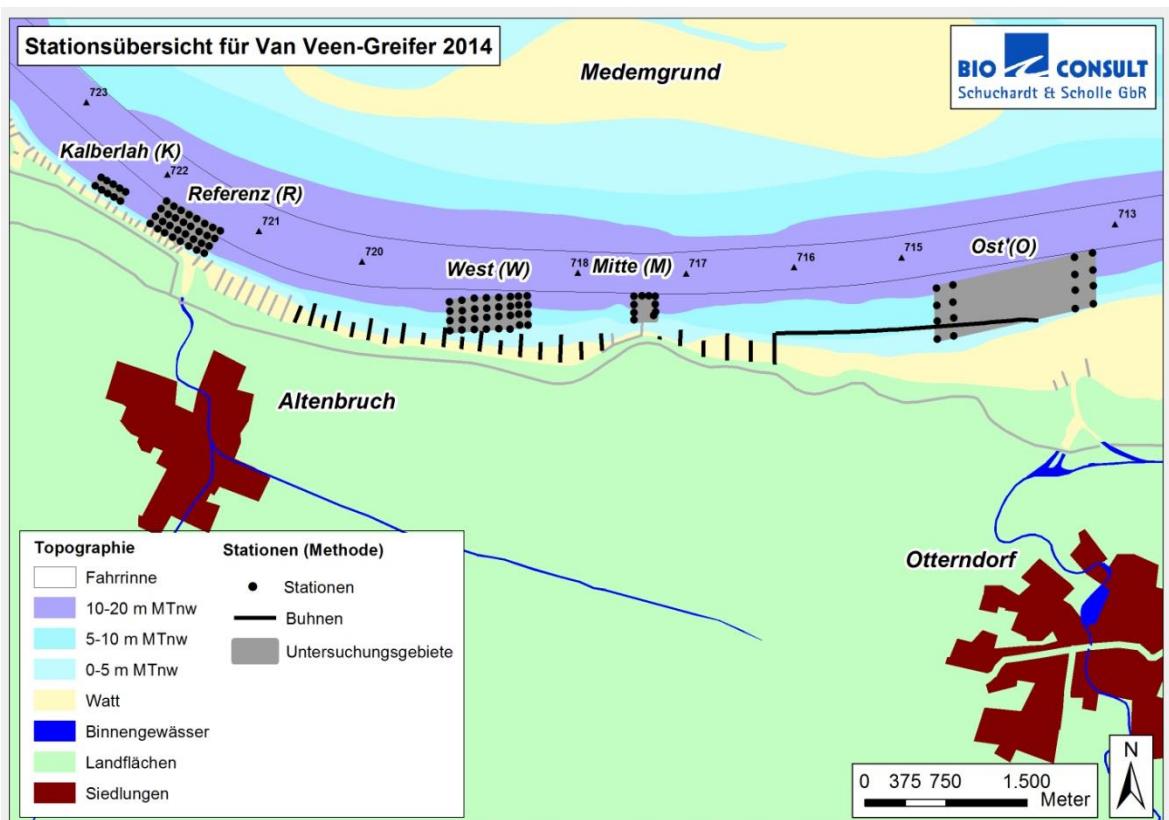


Abb. 5: Unterteilung des Untersuchungsgebietes in die fünf Teilgebiete K (Kalberlah), R (Referenz), W (West), M (Mitte), O (Ost) mit Darstellung der Positionen der van Veen-Greiferproben.

Das **Teilgebiet M** (Mitte) liegt zwischen Elbe-km 718 und 717. Die insgesamt 10 Probenstandorte waren U-förmig um die Buhne Glameyer Stack angeordnet. Das Teilgebiet M war zwar kein direkter Eingriffsbereich, aber möglicherweise durch die Baumaßnahmen in Teilgebiet W (Bau der Altenbrucher Stacks) und evtl. auch durch den Buhnenbau Otterndorfer Stacks sowie durch die Herstellung der Unterwasserablagerungsfläche betroffen. Der Bereich um das Glameyer Stack wurde auch schon 2007 beprobt (BIOCONSULT 2007).

Das **Teilgebiet O** (Ost) befindet sich zwischen Elbe-km 715 und 713 und ist in zwei kleinere räumliche Einheiten aufgeteilt. Insgesamt wurden in vier Tiefenhorizonten 16 Greiferproben (jeweils 8 pro Einheit) gewonnen. Das Teilgebiet Ost liegt außerhalb des Buhnenbaugebietes, war aber z.T. direkt durch die Herstellung der Unterwasserablagerungsfläche betroffen. Dieser Bereich wurde auch schon 2007 beprobt (BIOCONSULT 2007).

Für eine Beurteilung der Effekte der Baumaßnahmen auf die Miesmuschelansiedlungen werden die Teilgebiete R und K als Referenzgebiete und die Teilgebiete W, M und O als Baugebiet zusammengefasst.

### 3.3 Untersuchungskonzept (Erfassung)

Das Konzept zur Erfassung von Miesmuschelvorkommen und ihrer begleitenden benthischen Wirbellosenfauna (Makrozoobenthos) sah den Einsatz von drei verschiedenen Methoden vor. So erfolgte eine Untersuchung mittels Seitensichtsonar im Bereich zwischen Fahrrinne und dem ufernahen flacheren Sublitoral mit dem Ziel, Hinweise auf mögliche Muschelansiedlungen und deren Ausdehnung zu erhalten. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wurden zur Verifizierung und Differenzierung in ausgewählten Abschnitten des Untersuchungsgebietes Bodenproben mittels van Veen-Greifer entnommen. Ergänzend zu den van Veen-Greifern sind auch Dredgezüge durchgeführt worden. Im den nachfolgenden Kapiteln werden die unterschiedlichen Methoden noch kurz erläutert.

Insgesamt erfolgten im Zeitraum von 2010 bis 2014 vier Untersuchungskampagnen:

- vor Beginn der Bauarbeiten (Herbst 2010); Istzustand
- Zwischenuntersuchung während der Baumaßnahme (Herbst 2011) vor der Winterpause
- unmittelbar nach Abschluss der Bauarbeiten im Herbst 2012 und
- letztmalig im Herbst 2014, zwei Jahre nach Fertigstellung der Buhnen.

Die jeweiligen Probenahmetermine sind Tab. 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Probenahmetermine der Greifer-, Dredge- und Seitensichtsonaruntersuchungen von 2010 - 2014.

	2010	2011	2012	2014
<b>Seitensichtsonar</b>	23.-24. Sep.	01.-02. Dez.	15.-16. Dez.	11.-12. Sep.
<b>Van Veen-Greifer</b>	04.-05. Okt.	21.-22. Nov.	11.-12. Dez.	17.-18. Nov.
<b>Dredge</b>	06. Okt	22.-25. Nov.	13. Dez.	19. Nov.

### 3.3.1 Seitensichtsonar (SSS)

Eine Untersuchung mittels Seitensichtsonar, erlaubt die flächenhafte, räumliche Identifizierung von Unterwasserstrukturen. Bei diesem akustischen Verfahren wird die Reflexion der von einem geschleppten Schallgeber ausgesandten Wellen im Ultraschallbereich von ca. 100 kHz bis ca. 900 kHz gemessen. Anhand der unterschiedlichen Reflexionen und Laufzeiten ist die Unterscheidung von z.B. Grobsand, Kies, Gestein und Sand oder Ton möglich, ebenso wie die Unterwassertopographie von Hartsubstraten gegenüber Weichböden.

Die Identifizierung der räumlichen Ausdehnung möglicher Miesmuschelvorkommen wurde im Bereich zwischen Fahrrinne und dem ufernahen flacheren Sublitoral auf der südlichen Elbseite im gesamten Abschnitt zwischen km 713 und 723 durchgeführt. Die Messungen wurden jährlich an den in Tab. 2 aufgeführten Terminen von der Firma AquaTech-Geophysik aus Falkenberg durchgeführt. Zu jeder Kampagne wurde ein Bericht erstellt (AQUA TECH-GEOPHYSIK 2010, 2012, 2013, 2015). Folgende Kurzbeschreibung der Methodik wurde dem ersten Bericht entnommen:

- „Klein 3900 System“
- *Der Towfish wurde unterhalb eines Katamarans montiert und hinter dem Schiff geschleppt.*
- *Das Tow-Cable hatte eine Länge von 20 m.*
- *Der Abstand zwischen den Profilen betrug max. 50 m.*
- *Es wurden Streifen von 100 m Breite (50 m nach beiden Seiten) mit einer Frequenz von 500 kHz erfasst. Die Schleppgeschwindigkeit betrug etwa 3 - 4 Knoten.*
- *Die Profile überlappten sich, sodass das Untersuchungsgebiet flächig erfasst wurde*

Weitere Details zur Untersuchungsmethodik sind den jeweiligen Berichten der Firma Aqua Tech-Geophysik zu entnehmen.

### 3.3.2 Van Veen-Greifer

Im Verlauf der Untersuchung wurden insgesamt 100 Bodenproben mit einem 0,1 m<sup>2</sup> van Veen-Greifer zur Erfassung der Miesmuscheln und ihrer Begleitfauna entnommen. Die Verteilung der 100 Greiferproben auf die fünf Teilgebiete ist in Tab. 3 und in Abb. 5 dargestellt.

Tab. 3: Anzahl der Greiferproben pro Kampagne in den jeweiligen Teilgebieten.  
N-gesamt = 100

K	R	W	M	O
10	32	32	10	16

### Auswertung Miesmuscheln

Das Probenmaterial ist nach einer Kurzansprache des Sedimentes (Fingerprobe) auf einem Spültisch aus den Greifern in Baljen überführt und anschließend über ein Sieb (Maschenweite 0,5 cm) in eine weitere Balje gesiebt worden. Die im Sieb verbleibenden Miesmuscheln wurden an Bord gezählt, gewogen und die Schalenlänge mit einer Schieblehre auf den Millimeter genau vermessen.

### Auswertung Begleitfauna

In ausgewählten Bereichen mit höheren Muscheldichten ab ca.  $\geq 250 - 300$  Ind./m<sup>2</sup> (soweit vorhanden) wurden zusätzlich von Greiferproben entnommen, um Hinweise auf die assoziierte Begleitfauna zu bekommen. Die vertiefte Betrachtung erfolgte an insgesamt 10 Standorten. Hierzu wurde das nach Aussortierung der Muscheln in der Balje verbliebene Sediment über 1.000 µm gesiebt. Die Siebrückstände wurden in Kunststoff-Weithalsflaschen überführt und mit 70%igem Alkohol konserviert.

Die Sortierung der Proben erfolgte im Labor. Die taxonomische Ansprache der Organismen fand mittels Binokular und Mikroskop statt. Die Biomasse wurde artspezifisch als Feuchtgewicht bestimmt. Bei koloniebildenden Arten der Großgruppen Bryozoa und Hydrozoa erfolgte die Wägung, soweit dies möglich war, auf Basis der Großgruppe.

### 3.3.3 Dredgeproben

Pro Beprobungskampagne wurden 10 Hols mit einer Dredge vom Typ „Kieler Kinderwagen“ (1 m Breite, 0,5 cm Maschenweite im Steert) durchgeführt. Die Schleppgeschwindigkeit betrug etwa 1 bis 2 Knoten; geschleppt wurde mit dem Strom für eine Dauer von ca. 5 Minuten, so dass pro Hol eine Strecke von 400 bis 500 m befischt wurde.

Die 10 Dredgehols sollten korrespondierend zu den Greiferpositionen mit sehr hohen Miesmuscheldichten, an denen die vertiefte Auswertung der Greiferproben erfolgte, positioniert werden. Da es aber nicht möglich war, in allen Gebietsabschnitten ausreichend hohe Muscheldichten zu finden, wurden die Dredgezüge über das Untersuchungsgebiet von Ost nach West verteilt. Die Lage der Dredgezüge im Untersuchungsgebiet ist in Abb. 6 exemplarisch für das Jahr 2014 dargestellt; die Unterschiede zwischen den vier Untersuchungsjahren waren mit Blick auf die Positionierung der Dredgefänge nur geringfügig.

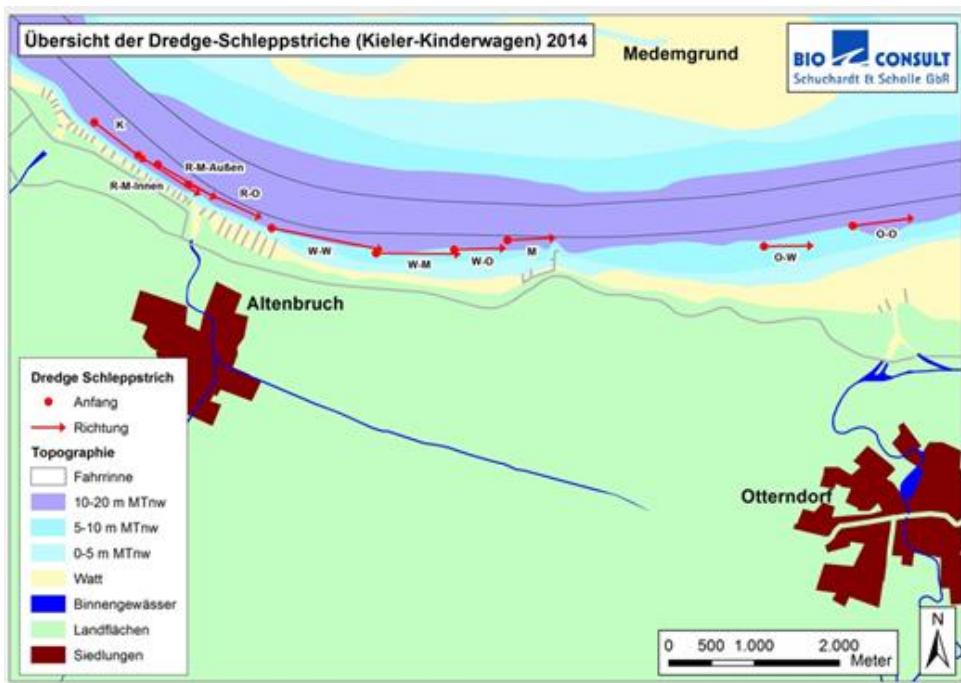


Abb. 6: Lage der in der Tideelbe durchgeföhrten Dredgezüge (n = 10) während der Untersuchungskampagnen von 2010 – 2014 (hier exemplarisch aus 2014).

Die Organismen wurden an Bord bestimmt und gezählt. Nicht direkt an Bord zu bestimmende Organismen (z.B. Aufwuchsorganismen auf Steinen und kleinere Krebstiere) wurden in Alkohol konserviert und im Labor unter dem Binokular bestimmt. Die Biomasse wurde als Feuchtgewicht und auf Artebene ermittelt.

### 3.4 Datenauswertung

#### Univariate statistische Auswertung der Kennwerte

Die faunistischen Daten der Parameter Artenzahl, Abundanz und Biomasse wurden mit der Software „SigmaStat 3.5“ statistisch ausgewertet. Dabei wurden unterschiedliche Gruppen von Stationen vor dem Hintergrund möglicher räumlicher Unterschiede (einzelne Teilgebiete bzw. Baugebiet vs. Referenz) betrachtet.

Hinweis: Die Daten wurden zunächst auf ihre Normalverteilung überprüft. Bei Datensätzen mit Normalverteilung und homogenen Varianzen wurde zur Bestimmung signifikanter Unterschiede entweder ein t-Test (Vergleich zweier Stichproben) oder eine ANOVA (Vergleich von mehr als zwei Stichproben) durchgeführt (ZAR 1996). Waren die Voraussetzungen der Normalverteilung und der homogenen Varianzen nicht erfüllt, wurde ein parameterfreier U-Test durchgeführt. Die Signifikanzgrenze wurde in beiden Fällen auf  $p = 0,05$  festgesetzt.

### **Stetige Arten**

Als stetig wurden hier solche Arten bezeichnet, die einen Stetigkeitswert (Nachweishäufigkeit) bezogen auf das Gesamtgebiet ( $N = 60$ ) von wenigstens 15 % aufwiesen oder von wenigstens 30 %, bezogen auf ein Teilgebiet ( $N = 12$  bzw.  $N = 24$ ).

Die Betrachtung von „stetigen Arten“ kann zusätzliche Informationen zur Besiedlungsstruktur der benthischen Gemeinschaften an den Probenahmestationen liefern, da diese Arten durch ihr nicht nur zufälliges Auftreten eine weitere, u. U. bessere Basis für die Interpretation von Veränderungen liefern (vgl. auch BFG 1998).

### **Gemeinschaftsanalyse**

Multivariate Statistiken zur Analyse der Gemeinschaftsstruktur (CLUSTER, MDS, ANOSIM und SIMPER) wurden unter Verwendung des Software-Pakets „Primer 6.0“ durchgeführt. Für die Analysen wurden die Abundanzen transformiert (4. Wurzel). Als Ähnlichkeitsmaß diente die Bray-Curtis-Similarität. Die Güte der MDS-Darstellung wird über den Stress-Wert angegeben (Stress  $< 0,05$ : sehr gute Darstellung ohne Möglichkeit der Fehlinterpretation; Stress  $< 0,1$ : gute Ordination; Stress  $< 0,2$ : potenziell brauchbare Darstellung, die jedoch mit Vorbehalten verwendet werden sollte; Stress  $> 0,3$ : Stationen sind fast zufällig in der Darstellung verteilt).

Das Modul SIMPER dient der Quantifizierung der Ähnlichkeit bzw. Unähnlichkeit sowie der trennenden Merkmale der einzelnen Stationen (Angaben in %; Ähnlichkeit 0 % = keine Überschneidung; Ähnlichkeit 100 % = Merkmale der Stationen identisch).

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Miesmuschelvorkommen

#### 4.1.1 Van Veen-Greiferproben

##### 4.1.1.1 Räumlich

In Abb. 7 und Abb. 8 ist das Vorkommen von *Mytilus edulis* differenziert für die 5 Teilgebiete pro Greifer und Jahr dargestellt. Die Kennwerte „Stetigkeit“, „Abundanz“ und „Biomasse“ sind für die Teilgebiete in Tab. 4 gelistet.

Es wird ersichtlich, dass *Mytilus edulis* im Untersuchungsgebiet bezogen auf die Besiedlungsdichte durch einen räumlichen Gradienten gekennzeichnet ist, der sowohl vor (2010) als auch während und nach (2011, 2012, 2014) der Baumaßnahme weitgehend gleichsinnig zu beobachten war. So traten Miesmuscheln in den stromab des Glameyer Stack gelegenen Teilgebieten K und R sowohl in höherer Stetigkeit als auch mit höheren mittleren Abundanzen und Biomassen auf als in den stromab gelegenen Teilbieten M und v.a. O (Tab. 4, Abb. 7 und Abb. 8). Im Teilgebiet M kamen nur vereinzelt Miesmuscheln vor; im Teilgebiet O konnten zu keinem Zeitpunkt Miesmuscheln nachgewiesen werden.

Tab. 4: Kennwerte (Vorkommen in Greifern, Stetigkeit, mittlere Abundanz (Ind./m<sup>2</sup>), mittlere Biomasse (g FG/m<sup>2</sup>) von *Mytilus edulis* in den fünf Teilgebieten für die Jahre 2010, 2011, 2012 und 2014.

MW = Mittelwert

	<b>K</b>	<b>R</b>	<b>W</b>	<b>M</b>	<b>O</b>	<b>Gesamt</b>
entnommene Greifer	10	32	32	10	16	100
2010	Mytilus in N Greifern	4	17	10	1	32
	Stetigkeit	40	53	31	10	32
	MW Ind./m <sup>2</sup>	139	158	78	3	90
	MW g FG/m <sup>2</sup>	1040	923	414	15	628
2011	Mytilus in N Greifern	5	13	4	2	24
	Stetigkeit	50	41	13	20	24
	MW Ind./m <sup>2</sup>	14	30	3	13	13
	MW g FG/m <sup>2</sup>	116	239	20	62	101
2012	Mytilus in N Greifern	7	23	0	0	30
	Stetigkeit	70	72	0	0	30
	MW Ind./m <sup>2</sup>	10771	11387	0	0	4721
	MW g FG/m <sup>2</sup>	1338	1042	0	0	467
2014	Mytilus in N Greifern	5	30	25	0	60
	Stetigkeit	50	94	78	0	60
	MW Ind./m <sup>2</sup>	223	1304	2967	0	1389
	MW g FG/m <sup>2</sup>	349	2831	1892	0	1546

Die Stetigkeit der Miesmuscheln betrug vor der Baumaßnahme in den Teilgebieten K und R 40 bzw. 53 % während sie in den Gebieten W, M und O bei 31, 10 bzw. 0 % lag (Tab. 4). Ein vergleichbares Ergebnis wurde auch für den Parameter Abundanz verzeichnet: vor der Baumaßnahme lag die mittlere Besiedlungsdichten den Teilgebieten K und R bei 139 bzw. 158 Ind./m<sup>2</sup> und damit höher als in den Teilgebieten W (78 Ind./m<sup>2</sup>) und M (10 Ind./m<sup>2</sup>). Gleichsinnig verhielt es sich mit der Biomasse.

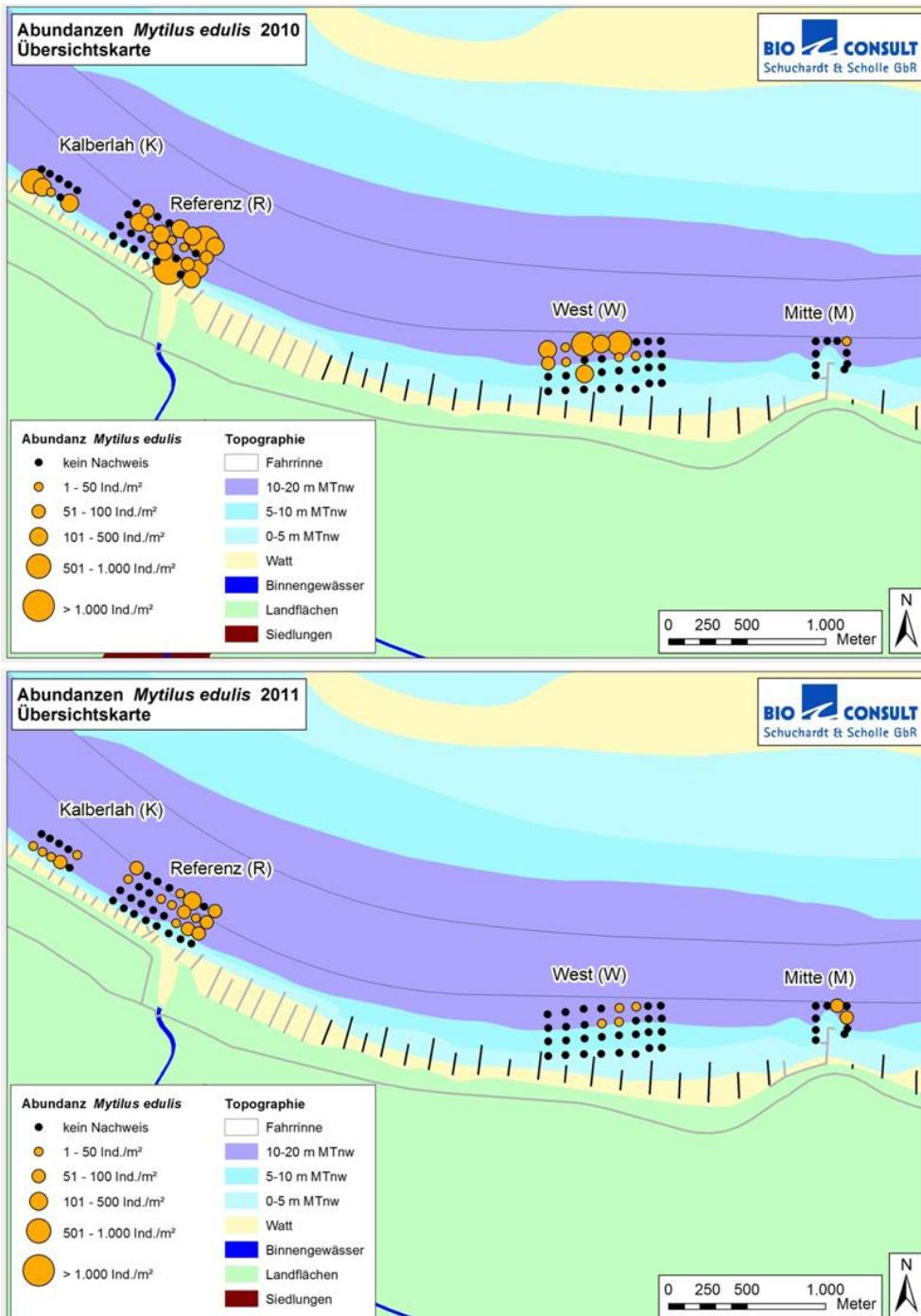


Abb. 7: Abundanzklassen (Ind./m<sup>2</sup>) von *Mytilus edulis* in Teilgebieten K, R, W und M in 2010 (oben) vor und während der Baumaßnahme in 2011 (unten).

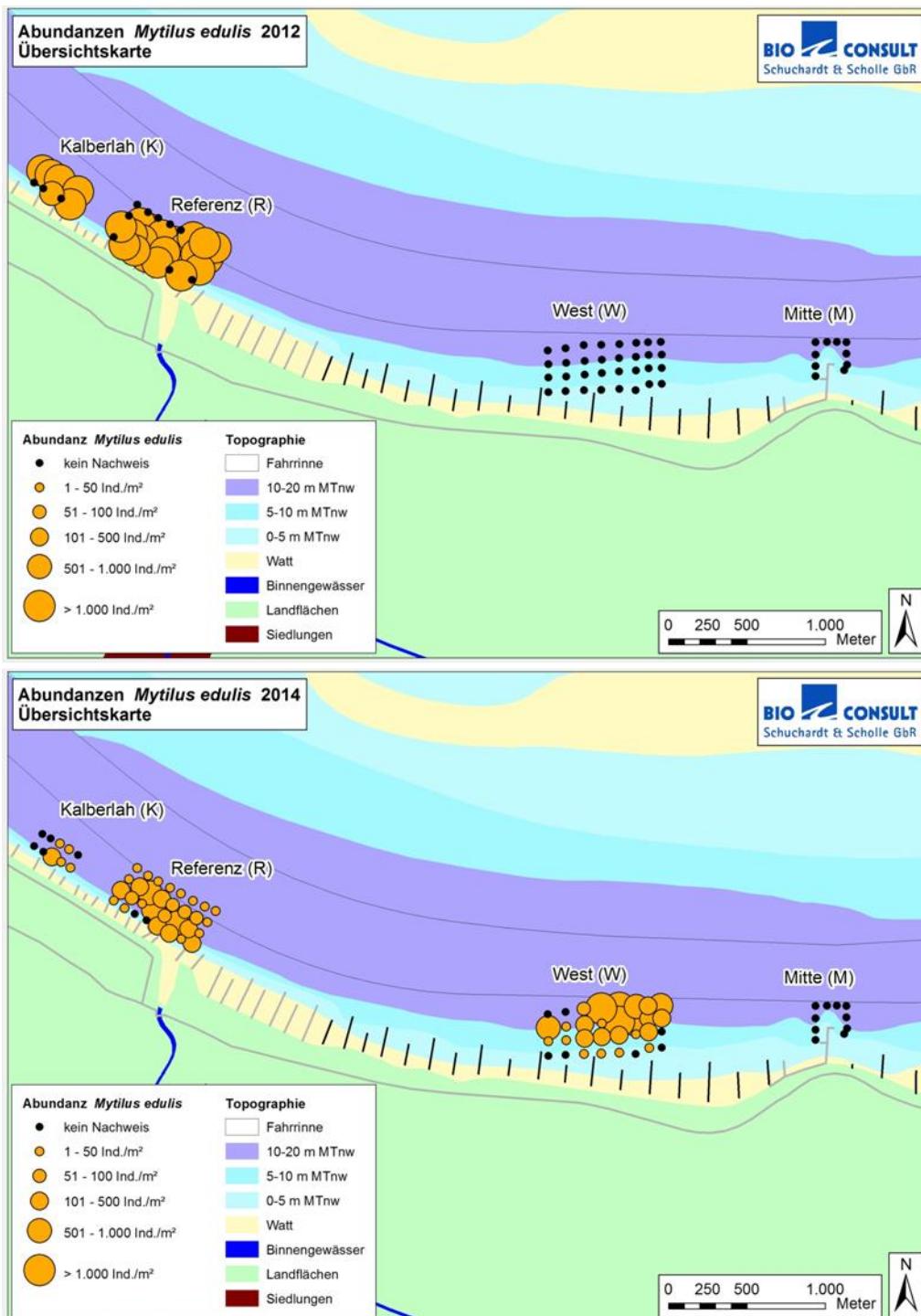


Abb. 8: Abundanzklassen (Ind./m<sup>2</sup>) von *Mytilus edulis* in Teilgebieten K, R, W und M in 2012 (oben) kurz nach Abschluss und zwei Jahre nach der Baumaßnahme in 2014 (unten).

Mit Blick auf die Miesmuschelbesiedlung entlang der Tiefenhorizonte eines Teilgebietes waren keine eindeutigen Muster zu erkennen (Abb. 7 und Abb. 8). So konzentrierte sich z.B. im Teilgebiet K die Verbreitung 2010 und 2011 auf die Bereiche bis 10 m Wassertiefe; in den Folgejahren wurden dagegen vermehrt Muscheln auch in Bereichen > 10 m Wassertiefe vorgefunden.

#### 4.1.1.2 Zeitlich

##### **Abundanz und Biomasse**

Die zeitliche Entwicklung der Miesmuschelabundanz und -biomasse ist für die vier Teilgebiete K, R, W und M in Abb. 9 und Abb. 10 dargestellt. Auf eine Darstellung des Teilgebietes O wurde verzichtet, da hier in keinem Untersuchungsjahr Miesmuscheln erfasst werden konnten.

Die Teilgebiete K und R wiesen eine sehr ähnliche zeitliche Entwicklung auf (Abb. 9).

Im Teilgebiet K nahm die mittlere Abundanz von 139 Ind./m<sup>2</sup> vor der Baumaßnahme (Herbst 2010) auf 14 Ind./m<sup>2</sup> (Herbst 2011) ab. Im Herbst 2012 wurde eine sehr hohe Besiedlungsdichte von 10.771 Ind./m<sup>2</sup> registriert, die auf einen Brutfall zurückzuführen war. Im Herbst 2014 wurde mit 223 Ind./m<sup>2</sup> wieder eine ähnliche Abundanz wie 2010 festgestellt.

Die mittlere Biomasse in Teilgebiet K lag in den Jahren 2010 und 2011 bei 1.040 g FG/m<sup>2</sup> bzw. 116 g FG/m<sup>2</sup>. Die im Herbst 2012 festgestellte hohe Abundanz spiegelte sich nicht in der Biomasse (1.338 g FG/m<sup>2</sup>) wider, da die Tiere aufgrund ihrer geringen Größe ein sehr geringes Individualgewicht aufwiesen. 2014 betrug die mittlere Biomasse 349 g FG/m<sup>2</sup>, was darauf hinweist, dass das durchschnittliche Individualgewicht dieser Muscheln noch unterhalb der Ausgangssituation von 2010 lag.

Das Teilgebiet R wies ähnliche Besiedlungskennwerte auf. Lediglich 2014 waren Miesmuscheln im R-Gebiet gegenüber dem K-Gebiet sowohl häufiger (94 % Stetigkeit) als auch in höherer Abundanz (1.304 Ind./m<sup>2</sup>) und Biomasse (2.831 g FG/m<sup>2</sup>) anzutreffen.

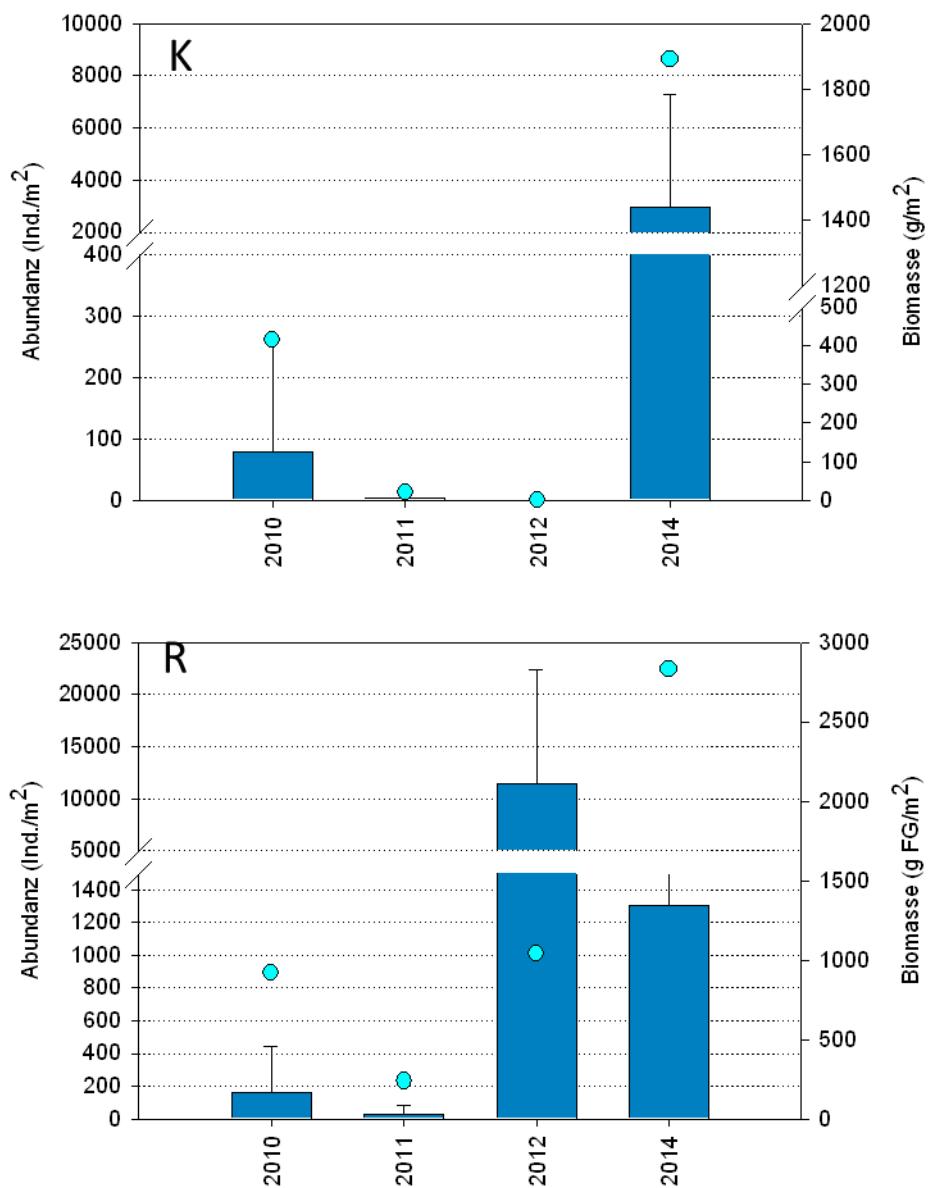


Abb. 9: Zeitliche Entwicklung der mittleren Abundanz (Ind./m<sup>2</sup>, Säulen) und mittleren Biomasse (g FG/m<sup>2</sup>, Punkte) in den Teilgebieten Kalberlah (K) und Referenz (R) von 2010 - 2014.

Eine vom K- und R-Gebiet abweichende zeitliche Entwicklung wies das von den Baumaßnahmen betroffene Teilgebiet W auf (Abb. 10 Bild oben und Tab. 4): hier lag die mittlere Abundanz und Biomasse vor Baubeginn im Herbst 2010 bei 78 Ind./m<sup>2</sup> und 414 g FG/m<sup>2</sup> zwar leicht unterhalb der Besiedlungsdichten, die im nicht betroffenen K- und R-Gebiet dokumentiert wurden, aber in einem ähnlichen Wertebereich. Im Jahr 2011 war wie in den anderen zwei Gebieten ein Rückgang der Miesmuscheln zu beobachten. Die Abundanz sank auf 3 Ind./m<sup>2</sup> bei einer Biomasse von 20 g FG/m<sup>2</sup>. Im 2. Baujahr 2012 konnten im W-Gebiet keine Muscheln nachgewiesen werden. Dagegen

wurde im Herbst 2014 eine Neubesiedlung des Gebietes registriert und mittlere Abundanz war mit 2.967 Ind./m<sup>2</sup> sogar höher als in den anderen Teilgebieten.

Das Teilgebiet M wies bereits vor Baubeginn nur sehr geringe Besiedlungskennwerte auf. So kamen 2010 in nur einem der 10 Greifer Miesmuscheln vor; die mittlere Abundanz und Biomasse lag bei 3 Ind./m<sup>3</sup> bzw. 15 g FG/m<sup>2</sup> (Abb. 10 Bild unten und Tab. 4). Trotz Baumaßnahmen waren die Kennwerte im Herbst 2011 mit 13 Ind./m<sup>2</sup> bzw. 62 g FG/m<sup>2</sup> sogar etwas höher als vor dem Baubeginn. In den Folgejahren 2012 und 2014 konnten dann allerdings keine Miesmuscheln im Teilgebiet M nachgewiesen werden. Insgesamt ist zu vermuten, dass dieser Bereich des Untersuchungsgebietes weder vor noch nach den Baumaßnahmen eine Bedeutung als Siedlungsraum für Miesmuscheln hatte.

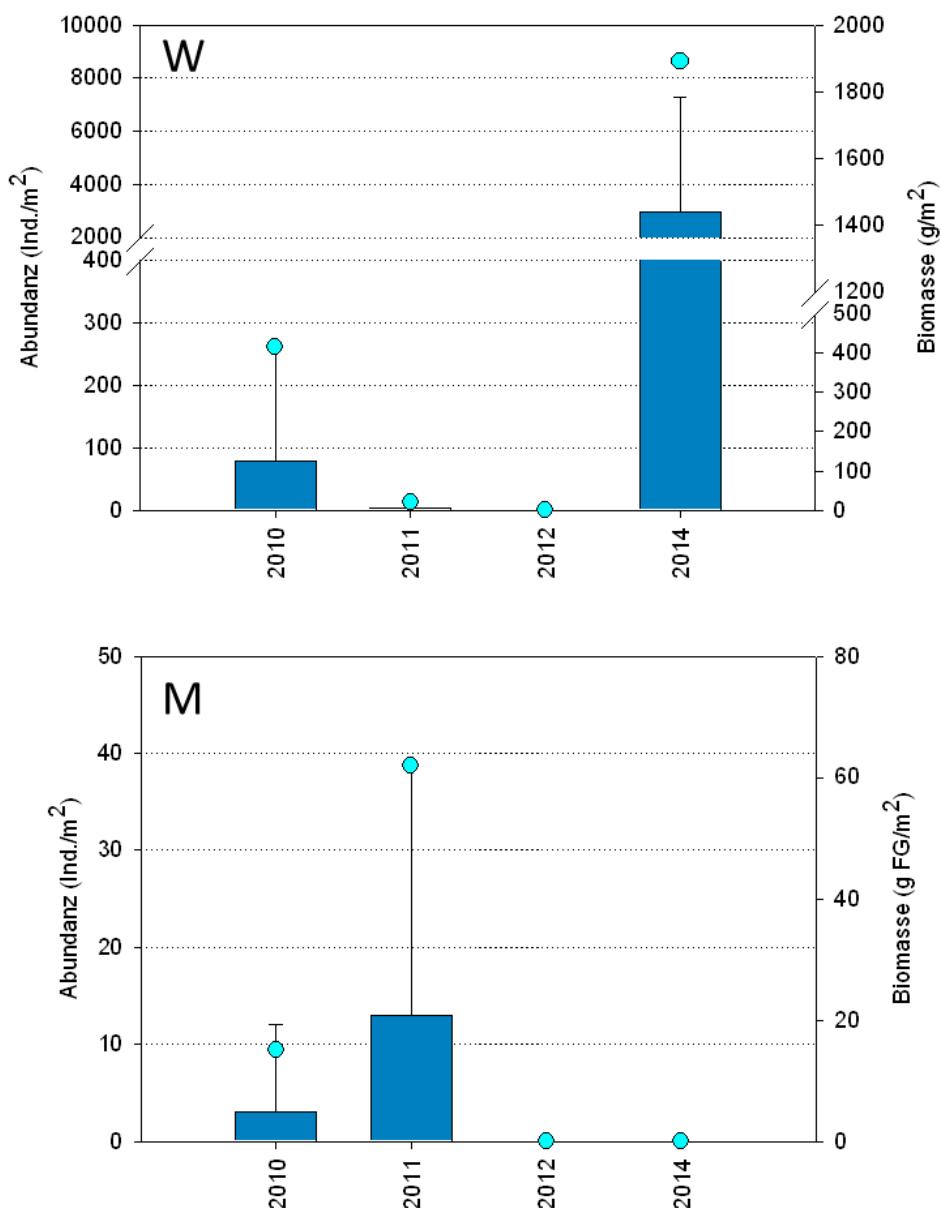


Abb. 10: Zeitliche Entwicklung der mittleren Abundanz (Ind./m<sup>2</sup>, Säulen) und mittleren Biomasse (g FG/m<sup>2</sup>, Punkte) in den Teilgebieten West (W) und Mitte (M) von 2010 - 2014.

Der statistische Vergleich der Miesmuschelabundanzen in den Greiferproben (ANOVA on Rank, Dunn's posthoc-Test) zwischen den Teilgebieten resultierte in den meisten Fällen in nicht signifikanten Unterschieden ( $p = < 0,05$ ) zwischen den Teilgebieten. Diese Tatsache ist zum einen in der unterschiedlichen Stichprobenzahl begründet als auch in der großen Streuung der Miesmuschelabundanz innerhalb eines Gebietes. Signifikante Unterschiede bestanden für das Untersuchungsjahr 2010 nur zwischen den Teilgebieten R und O. Im Jahr 2011 waren keine signifikanten Unterschiede zu beobachten. Auf der Grundlage der Herbstdaten 2012 unterschied sich das R-Gebiet signifikant von den Gebieten W, M und O. Im Jahr 2014 bestanden signifikante Unterschiede zwischen R und M sowie R und O als auch zwischen W und M und W und O.

Werden die Miesmuschelabundanzen in Baugebiet (W, M, O) und Referenz unterteilt, ergeben sich für die Jahre 2010, 2011 und 2014 jeweils höhere Abundanzen für das Referenzgebiet. Nach der Baumaßnahme waren die Abundanzen dagegen im Baugebiet signifikant höher als im Referenzgebiet, was aber allein auf die Neubesiedlung (Brutfall) des Teilgebietes W zurückzuführen war (Abb. 4, Tab. 4 und Abb. 10).

### **Schalenlänge**

Die Miesmuschelpopulation des Untersuchungsgebietes wies in den Untersuchungsjahren 2010 und 2011 eine ähnliche Größenstruktur auf (Abb. 11). Das Größenspektrum bewegte sich insgesamt zwischen 15 und 52 mm, so dass in beiden Jahren davon ausgegangen werden kann, dass sich die Population aus mehreren Altersklassen zusammensetzte. Der überwiegende Teil der Miesmuscheln wies Schalenlänge zwischen 30 und 45 mm auf; die Modalwerte betrugen 37 mm (2010) bzw. 40 mm (2011). Im Jahre 2012 fand vor der Probennahme im Dezember ein Brutfall statt, der sich in Einklang mit den sehr hohen Abundanzen, in dem Vorkommen kleinerer Tiere mit einer Schalenlänge zwischen 2 und 20 mm ausdrückt. Eine bimodale Verteilung war 2012 deutlich erkennbar. Der erste Modalwert liegt bei 8 mm, der zweite bei 45 mm Schalenlänge (Abb. 28). Auch 2014 zeigte sich eine bimodale Verteilung mit einem Peak bei 15 mm und einem Peak bei 40 mm (Abb. 29). Im Jahr 2014 scheint vor der Probenahme (November) ein weiterer Brutfall stattgefunden zu haben, der sich in einer bimodalen Verteilung der Schalenlängen ausdrückt. Der Modalwert von juvenilen Muscheln lag bei 15 mm und der älterer Tiere bei 40 mm.

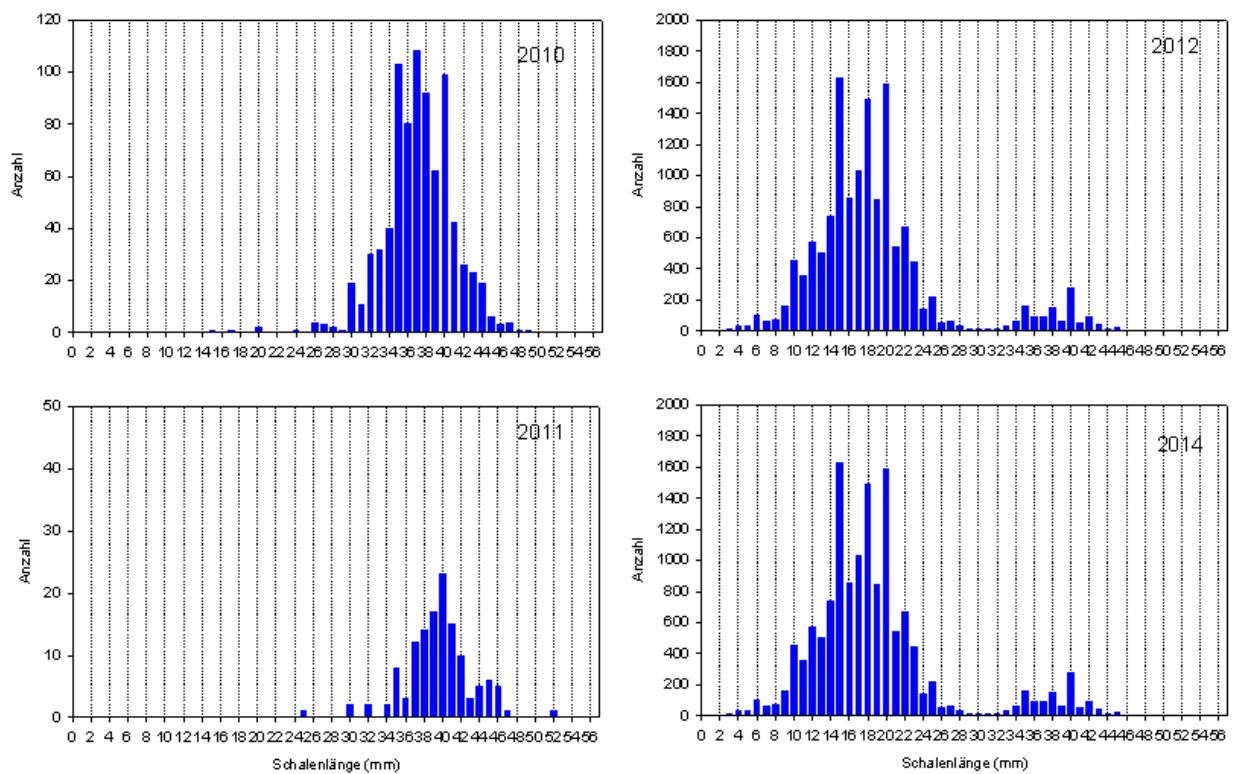


Abb. 11: Längen-Häufigkeitsverteilungen (Schalenlänge in mm) von *Mytilus edulis* im gesamten Untersuchungsgebiet (gepoolte Daten der 5 Teilgebiete) in den einzelnen Untersuchungsjahren 2010 - 2014.

#### 4.1.2 Dredgeproben

Die westlichsten 4 von insgesamt 10 pro Kampagne durchgeföhrten Dredgezüge trugen die Bezeichnung K, R-M-Außen, R-M-Innen, und R-O und befanden sich außerhalb der Baumaßnahme. Die sich nach Osten anschließenden 6 Dredgestrecken befanden sich im Baugebiet und trugen die Bezeichnungen W-W, W-M, W-O, M, O-W und O-O.

In Abb. 12 und Abb. 13 ist das Vorkommen von *Mytilus edulis* pro Hol und Jahr dargestellt. Die Kennwerte „mittlere Abundanz“ und „mittlere Biomasse“ sind für die Teilgebiete „außerhalb“ und „innerhalb“ der Baumaßnahme in Tab. 5 gelistet.

Die Ergebnisse der Dredgebeprobung der vier Untersuchungsjahre spiegeln im Wesentlichen die Ergebnisse der van Veen-Greiferbeprobungen wider. Vor der Baumaßnahme (2010) waren die mittleren Abundanzen außerhalb des Baugebietes (K und R) mit 9.601 Ind./ha deutlich höher als in den anderen stromauf gelegenen Bereichen W, M und O, die sich innerhalb des Baugebietes befanden und eine mittlere Abundanz von 1.971 Ind./ha aufwiesen.

Die Dregehols im Bereich Teilgebietes O wiesen nur im Herbst 2014 vereinzelt Muscheln auf (Abb. 12 und Abb. 13). Im ersten Bauabschnitt 2011 war in allen Bereichen des Untersuchungsgebietes ein Rückgang der Miesmuscheln zu erkennen, der innerhalb des Baugebietes deutlicher verlief als außerhalb (Tab. 5). Im Jahr 2011 wurden im Bereich der Baumaßnahme nur noch im Teilgebiet W

Miesmuscheln mittels Dredge erfasst; die Hols in den Teilgebieten M und O enthielten keine Muscheln (Abb. 12 und Abb. 13). Die mittlere Abundanz betrug 25 Ind./ha.

Der Brutfall 2012 führte insbesondere im Teilgebiet R zu einem deutlichen Anstieg der Abundanz. Im Bereich des Baugebietes waren auch 2012 nur vereinzelt (83 Ind./ha) Miesmuscheln zu beobachten. Der bereits oben im Rahmen der Greifer-Ergebnisse angesprochene Brutfall im Jahr 2014 der sich vornehmlich im Teilgebiet W zeigte, wurde gleichsinnig auch über die Dredgeuntersuchung abgebildet (Tab. 5).

Tab. 5: Kennwerte (mittlere Abundanz (Ind./ha), mittlere Biomasse (kg FG/ha)) von *Mytilus edulis* in den Bereichen „außerhalb (K- und R-Gebiete) und „innerhalb (W-, M- und O-Gebiet) der Baumaßnahme für die Jahre 2010, 2011, 2012 und 2014.

MW = Mittelwert, n = 10

		außerhalb (K, R)	innerhalb (W, M, O)	Gesamt
	n Dredgehols	4	6	10
2010	MW Ind./ha	9601	1971	5023
	MW kg FG/ha	59,54	12,33	31,21
2011	MW Ind./ha	3039	25	1230
	MW kg FG/ha	23,39	0,16	9,45
2012	MW Ind./ha	14800	83	5970
	MW kg FG/ha	2,88	0,07	1,19
2014	MW Ind./ha	743	65386	39529
	MW kg FG/ha	1,54	52,01	31,82

Der statistische Vergleich (U-test) zwischen Referenz und Baugebiet wies nur für das Jahr 2011 signifikante Unterschiede aus ( $p = 0,01$ ). Die Unterschiede sind auf die höheren Miesmuschelabundanzen im Referenzgebiet zurückzuführen.

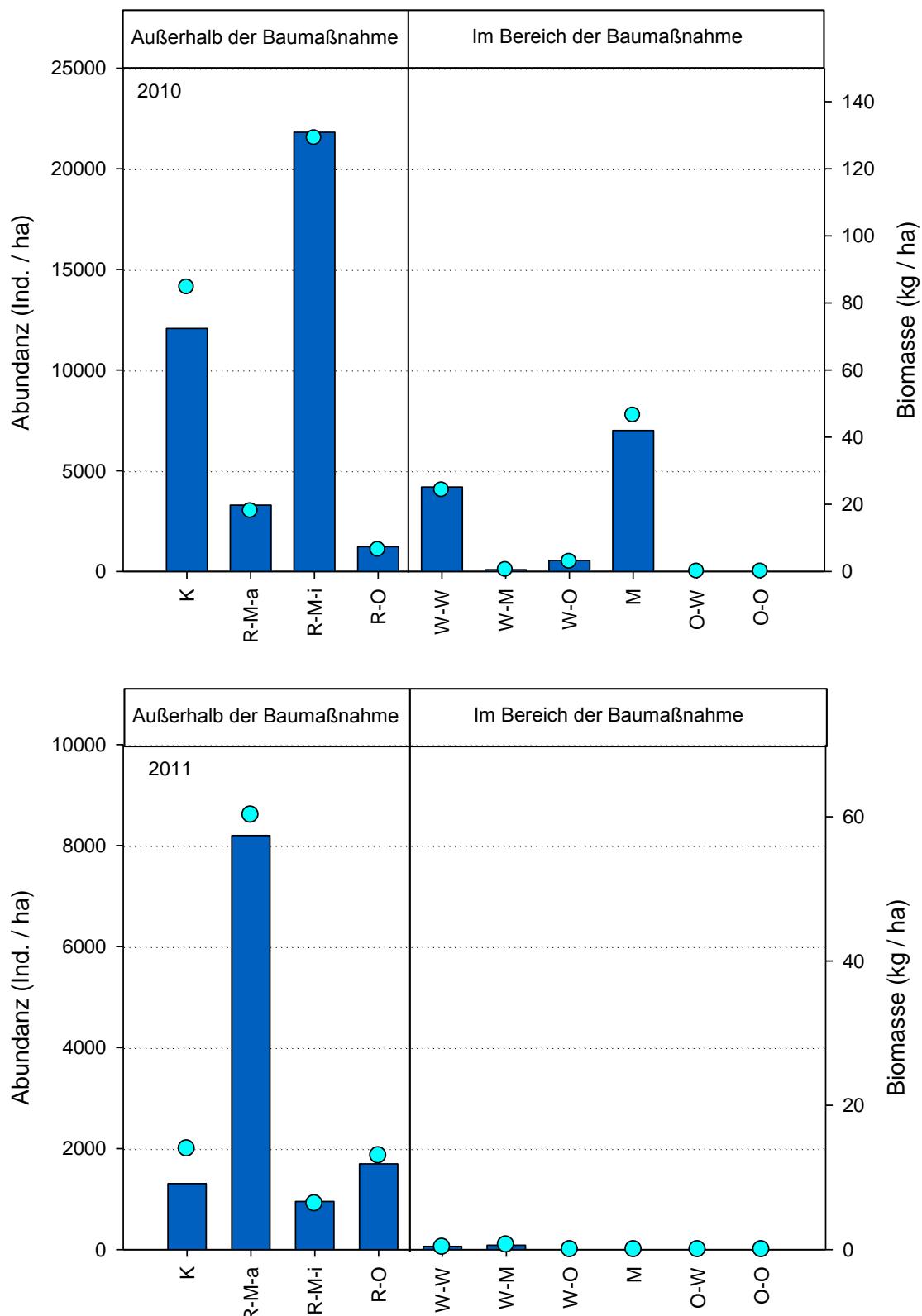


Abb. 12: Abundanz (Ind./ha, Säulen) und Biomasse (g FG/ha, Punkte) in den 10 Dredgehols vor (2010) und während (2011) der Baumaßnahme.

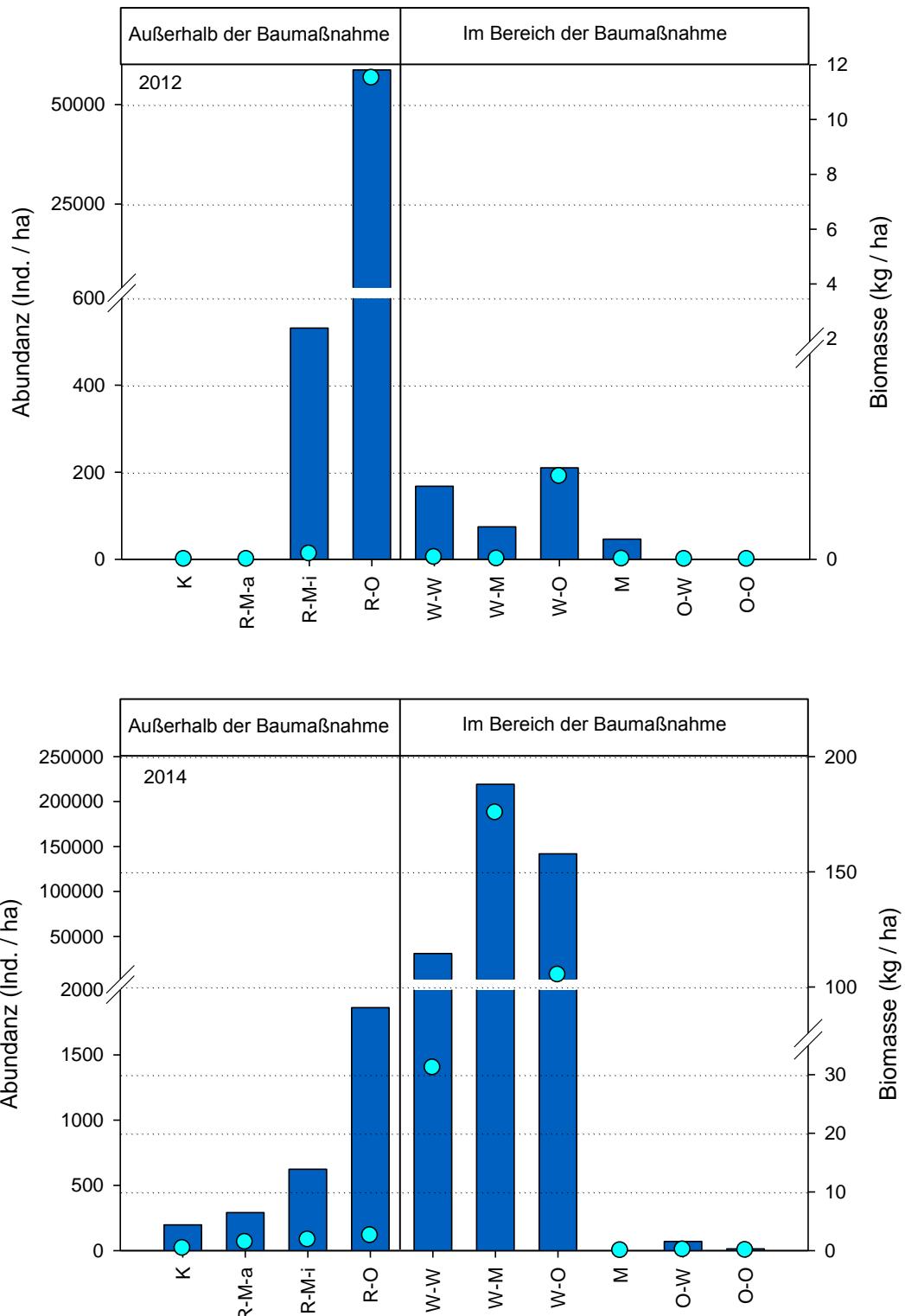


Abb. 13: Abundanz (Ind./ha, Säulen) und Biomasse (g FG/ha, Punkte) in den 10 Dredgehöfen kurz nach Abschluss (2012) und zwei Jahre nach (2014) der Baumaßnahme.

#### 4.1.3 Seitensichtsonar (SSS)

Für die Seitensichtsonaruntersuchungen (SSS) wurden von der Firma Aqua Tech-Geophysik für die Untersuchungsjahre 2010, 2011, 2012 und 2014 jeweils Jahresberichte erstellt (AQUA TECH-GEOPHYSIK 2010, 2012, 2013, 2014). Im Rahmen des vorliegenden Abschlussberichtes sind ausgewählte Ergebnisse der Seitensichtsonaruntersuchungen dargestellt; Details sind den jeweiligen Einzelberichten von Aqua Tech-Geophysik zu entnehmen.

Die Seitensichtsonar-Befunde liefern, wie alle geophysikalischen Verfahren, keine Informationen zu den jeweiligen Materialien die das SSS abbildet. Gemessen werden physikalische Parameter. Jedoch kann aufgrund der unterschiedlichen Reflektivität deutlich zwischen Hartstrukturen (starke Reflexionen - dunkel) und z.B. Feinsand / Schlick (schwache Reflexionen – hell) unterschieden werden AQUA TECH-GEOPHYSIK (2010). Bei der Auswertung wurden alle Spuren einzeln am Monitor stark vergrößert betrachtet und auf grobe Sedimentanteile wie Grobsand, Kies, Steine, etc. untersucht. Die Hartsubstratbereiche wurden auskartiert und in einer Interpretationskarte dargestellt. Diese Karten sind in Abb. 14 dargestellt.

**Vor der Baumaßnahme** (SSS 2010) wurden im Westen des Untersuchungsgebietes (stromabwärts) zumeist in Richtung Ufer Bereiche mit stärkeren Reflexionen angetroffen. Es handelte sich hierbei zum Teil um Steinschüttungen, gröberen Sand und eventuell von der Strömung freigelegte Lehmbrocken. Zur Fahrinne hin gingen diese auch in Feinsand / schlickigen Feinsand über. Der Feinsand war durch Strömungsrippeln mit einer Wellenlänge von bis zu 5 m geprägt. Stromaufwärts wurden keine stärkeren Reflexionen ermittelt, die auf Hartsubstrate oder möglicherweise auf große Miesmuschelvorkommen hinwiesen. Im tieferen Wasser, in der Nähe der Fahrinne wurden deutliche durch Strömung geprägte Rippelstrukturen beobachtet.

Der Abgleich mit den im Untersuchungsgebiet entnommenen Greiferproben (s.o.) ergab nur eine teilweise Übereinstimmung in Bezug auf das Antreffen von Miesmuscheln und das Vorhandensein von Hartsubstraten. So deckten sich z.B. die Ergebnisse der Greiferbeprobungen an den Stationen R 29 – 32 mit den vom SSS angetroffenen Hartstrukturen. Im östlichen Gebiet wurden übereinstimmend weder in den Greifern noch in den SSS Hinweise auf Muschelsiedlungen gefunden. Andererseits wurden an den Stationen R 26 und R 28 keine Muscheln angetroffen, wo das SSS Hartsubstrate beobachtete. Einige Miesmuschelvorkommen wurden über die Bodengreifer im Bereich der Fahrinne ermittelt, wo das SSS lediglich schwache Reflexionen (Feinsand / schlickigen Feinsand) registrierte. Da das SSS lediglich die Oberfläche abtastet, könnte es sein, dass die vorgefundenen Muscheln aufgrund der teilweise großen Strömung temporär von Sanden überdeckt sind oder sich generell nur sehr schwach vom Boden abheben und aus diesem Grund über das SSS solche Flächen nicht detektierbar waren.

**Während und nach der Baumaßnahme** (SSS 2011, 2012, 2014) zeigte sich die Gewässersohle im Vergleich zu den Messungen im Vorjahr (2010) unebener und wesentlich inhomogener. Im Westen des Untersuchungsgebietes (stromabwärts) wurden in Richtung Ufer Bereiche mit stärkeren Reflexionen verzeichnet. Es handelte sich hierbei meist um Steinschüttungen der neuen und alten Buhnen. Im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes wurden im Uferbereich auf einer Länge von 2,3 km markante Reflexionen beobachtet, welche vermutlich durch aufgespülten Sand hervorgerufen wurden. Der Bereich entspricht etwa der örtlichen Lage der Unterwasserablageungsfläche Glameyer Stack Ost (s. Abb. 14).

Die Vergleich mit den Greiferproben zeigte wie in der Voruntersuchung 2010 nur teilweise Übereinstimmung in Bezug auf das Antreffen von Miesmuscheln und das Detektieren von Hartsubstraten durch das SSS. Im Bereich des Referenzgebietes wurden z.T. Übereinstimmungen von Miesmuschelvorkommen und entsprechenden Reflexionen durch das SSS beobachtet.

Im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes wurden über das SSS keine Vorkommen von Hartsubstrat angezeigt. Für dieses Teilgebiet lagen gleichsinnig auch keine Miesmuschelnachweise vor. Andererseits wurden einige Miesmuschelvorkommen im Bereich der Fahrrinne ermittelt, wo das SSS lediglich schwache Reflexionen (Feinsand / schlickigen Feinsand) registrierte. Wie bereits oben angemerkt, ist es anzunehmen, dass die Muscheln sich vom Bodengrund nur wenig erheben und möglicherweise auch durch Sande bedeckt sein können und dadurch über das SSS nicht abgebildet werden.

**Fazit:** In allen vier Untersuchungen wurden im gesamten Untersuchungsgebiet zumeist lediglich schwache Reflexionen angetroffen. Es handelte sich hierbei um eine Feinsandoberfläche mit evtl. schluffigen Anteilen, was größtenteils mit der Sedimentansprache bei der Benthosbeprobung übereinstimmte. Gröbere Sedimente (Grobsand, Kies) wurden nur stromab im westlichen Untersuchungsgebiet beobachtet. Der Feinsand war durch Strömungsrippel mit großen Wellenlängen von bis zu 5 m geprägt. Im östlichen Bereich wurden keine stärkeren Reflexionen angetroffen, die auf das Vorhandensein von Miesmuschelvorkommen, größeren Sedimenten oder Hartsubstraten hinweisen.

Die Korrelation mit den Greiferproben zeigte nur teilweise eine Übereinstimmung in Bezug auf das Antreffen von Miesmuscheln und das Vorhandensein von Hartsubstraten. Mögliche Gründe für die geringe Übereinstimmung von Greiferproben und SSS könnten

- 1) die teilweise geringe Dichte der Miesmuscheln,
- 2) die mögliche Überdeckung der Miesmuscheln mit Sand und die
- 3) z.T. sehr geringe Größe der Miesmuscheln (2012, 2014) sein.

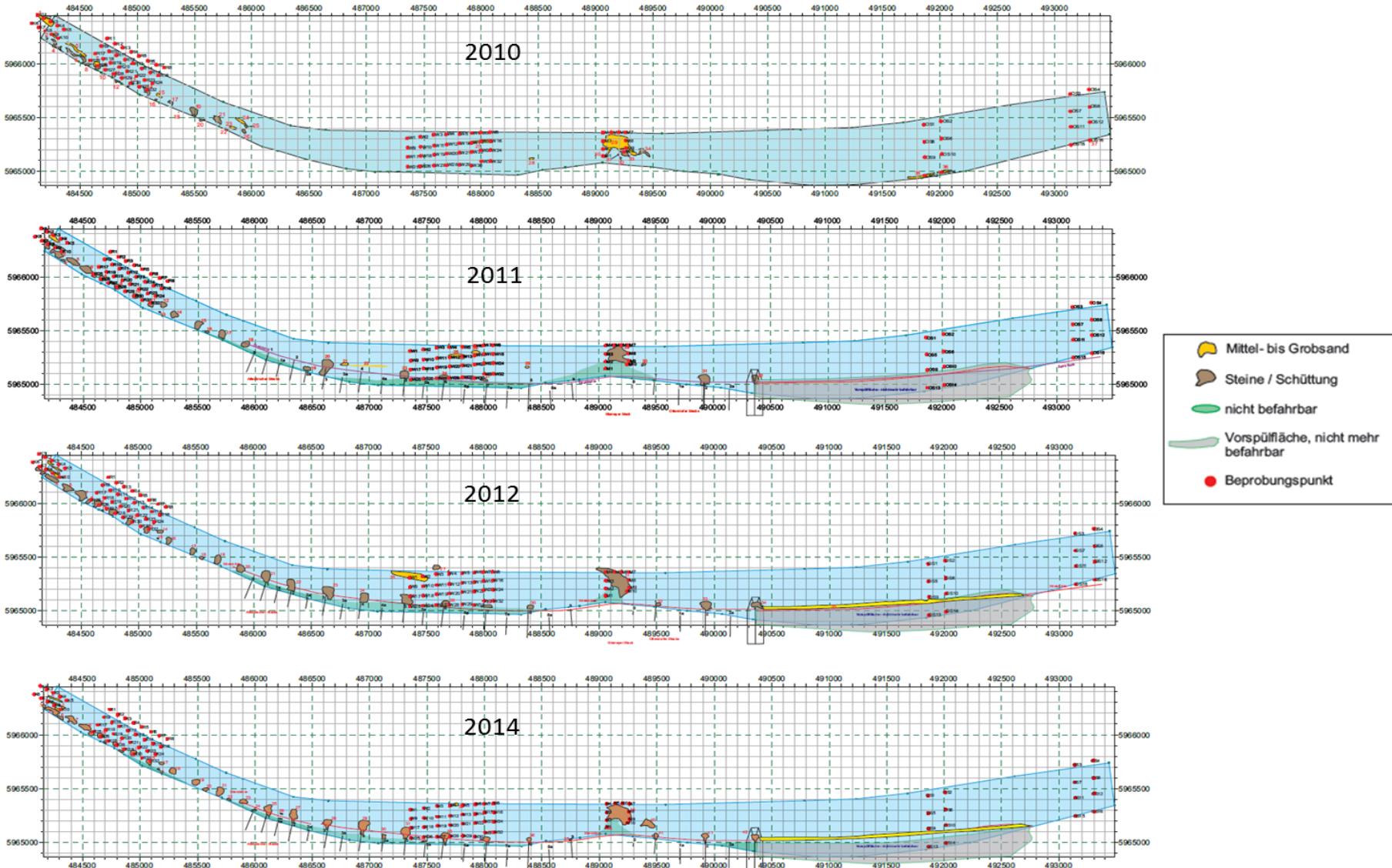


Abb. 14: Darstellung der identifizierten Hartsubstratbereiche anhand der Seitensichtsonaruntersuchungen in den Jahren 2010, 2011, 2012 & 2014.  
Graphikquelle: AQUA TECH-GEOPHYSIK (2010, 2012, 2013, 2015)

## 4.2 Begleitfauna in Miesmuschelvorkommen

### 4.2.1 Van Veen-Greiferproben

#### Artenspektrum

Das Artenspektrum des sublitoralen Makrozoobenthos des Untersuchungsgebietes setzte sich in den 40 vollständig taxonomisch erfassten Greiferproben im Untersuchungszeitraum 2010 - 2014 aus insgesamt 50 Taxa zusammen (Tab. 6), von denen 31 sicher bis zur Art bestimmt werden konnten. Die Arten rekrutieren sich aus sieben Großtaxagruppen (Bryozoa, Hydrozoa, Polychaeta, Bivalvia, Oligochaeta, Platyhelminthes und Crustacea).

Die Gruppe der Krebstiere (Crustacea) stellte die größte Taxazahl (20 Taxa), gefolgt von den Vielborstern (Polychaeta) mit 13 Taxa. Die Crustacea beinhalteten eine Reihe von Arten wie z.B. die Nordseegarnelen *Crangon crangon*, die Schwebgarnelen *Neomysis integer* und *Mesopodopsis slabberi*, die aufgrund ihrer Lebensweise dem sog. Hyperbenthos zugeordnet werden und deren Auftreten in den Proben durch ihre Mobilität somit mehr oder weniger zufällig ist. Aufwuchsorganismen wie Hydrozoa (7 Taxa) und Bryozoa (5 Taxa) kamen ebenfalls mit relativ hohen Taxazahlen vor. Die Muscheln (Bivalvia) wurden durch 4 Taxa repräsentiert. Wenigborster (Oligochaeta) und Plattwürmer (Platyhelminthes) wurden ausschließlich auf Großgruppenebene angesprochen, da diese für die Fragestellung (typische Begleitfauna von Miesmuschelbänken) eher von untergeordneter Bedeutung waren.

Insgesamt 7 Taxa sind ursprünglich nicht in der Tideelbe beheimatet, sondern aus anderen Regionen eingewandert (sog. Neozoa actualia). Hierzu gehören die Muscheln *Mya arenaria* und *Petricolaria pholadiformis*, die Crustacea *Amphibalanus improvisus*, *Hemigrapsus sanguineus*, *Melita nitida* sowie Polychaeta der Gattung *Marenzelleria*.

Ein besonderes Augenmerk wurde im Rahmen dieser Untersuchung auf das Vorkommen von Hartsubstratsiedlern gesetzt, da ihr vermehrtes Vorkommen auf eine spezifische Funktion der Muschelansiedlungen als Nahrungs- und Siedlungsraum sowie als Refugium vor Räubern hinweist. Da diese Funktionen erst ab einer gewissen Abundanz von Miesmuscheln und einer Entfaltung einer heterogenen Struktur entfaltet, deutet eine charakteristische Begleitfauna auch auf das Vorhandensein von Muschelbänken (per Definition CWSS 2002) bzw. nach § 30 des BNatSchG geschützten Biotoptyps „Riffe“ hin.

Hartsubstratsiedler sind auf das Vorhandensein von Substraten wie Kies, Steine, Schill angewiesen, an die sie sich heften können und dort als sessile (d.h. standortfeste) Arten siedeln. Diese direkt auf dem Substrat lebenden Arten werden auch als primäre Hartsubstratsiedler bezeichnet. Ein Großteil dieser Arten ernährt sich filtrierend von Plankton. Die primären Hartsubstratsiedler sind neben der Miesmuschel in erster Linie Bryozoa (Moostierchen) und Hydrozoa (Polypenform). Letztere bilden durch die verzweigten Äste der Hydrozoenstöcke oftmals eine Struktur, welche z.B. Flohkrebse oder Nacktschnecken (sekundäre Hartsubstratbesiedler) gute Versteck- und Nahrungsmöglichkeiten bieten. Aus diesem Grund kann das Vorkommen sekundärer Hartsubstratsied-

ler als Hinweis auf stabile (persistente), d.h. länger bestehende, Hartsubstrat-Gemeinschaften interpretiert werden.

Bohrende Arten wie z.B. die Bohrmuschel *Petricolaria pholadiformis* und die Polychaeten-Gattung (Vielborster) *Polydora* sind ebenfalls auf Hartsubstrate als Siedlungsgrund angewiesen. So ist *Petricolaria* in den Ästuaren und dem Wattenmeer oft mit dem Vorkommen von Torf assoziiert. In der Gesamtartenliste sind Hartsubstratsiedler orange hervorgehoben (Tab. 6).

Insgesamt sind 27 Taxa der insgesamt erfassten 50 Taxa, d.h. 54 % mit Hartsubstraten assoziiert. Dies umfasst primäre Hartsubstratsiedler, zu denen neben Seepocken (*Amphibalanus improvisus*, *Balanus crenatus*) alle Arten der Großgruppen Hydrozoa und Bryozoa gehören. Zu den sekundären Hartsubstratsiedlern zählen Amphipoden (z.B. *Jaera* spp., *Melita*, *Parapleustes assimilis*) Strudelwürmer (*Turbellaria* spp.) und die Polychaeten *Autolytus* spp. und *Harmothoe impar*. Die Aufwuchdfauna setzt sich i.d.R. aus Suspension fressenden Arten (Filtrierer, Tentakelfänger) zusammen, die durch Sedimentation und Überschüttung stark beeinträchtigt werden.

Auf der Roten Liste nach RACHOR et al. (2013 ist das Moostierchen *Alcyonidium parasiticum* mit dem Status „G“ klassifiziert, d.h. eine Gefährdung wird angenommen, aber der aktuelle Status ist unbekannt. Des Weiteren kamen mit dem Moostierchen *Farella repens*, der Bohrmuschel *Petricolaria pholadiformis* und den Hydrozoa *Obelia dichotoma* und *Obelia bidentata* 4 Arten vor, deren Datenbasis als defizitär bezeichnet wird (Kat. D). Arten, die einen höheren Gefährdungsgrad aufwiesen (Kategorie 1 – 3) wurden im Rahmen der Untersuchung nicht nachgewiesen.

Tab. 6: Artenspektrum des sublitoralen Makrozoobenthos aus den Greiferproben mit Angabe der artspezifischen Kennwerte (mittlere Abundanz (Ind./m<sup>2</sup>), mittlere Biomasse (g FG/m<sup>2</sup>), Stetigkeit (%)) für den gesamten Betrachtungszeitraum und Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsjahren 2010-2014.

n.b. = nicht bestimmt, da für Hydrozoa und Bryozoa die Abundanz nur in Häufigkeitsklassen von 1 bis 3 und die Biomasse jeweils nur als Gesamtbiomasse erhoben wurde.

N.a. = Neozoa actualia, orange unterlegt: an Hartsubstrat/Miesmuscheln gebundene Arten

RL 2013: Klassifizierung als Rote Liste-Art nach RACHOR et al. (2013, wobei „G“ = Gefährdung unbekannten Ausmaß, „D“ = Datenlage unzureichend

Art/Taxon	Neo-zoa	RL 2013	Stetigkeit (%)	Mittel Ind./m <sup>2</sup>	Mittel g FG/m <sup>2</sup>	2010	2011	2012	2014
<b>Bivalvia</b>									
<i>Macoma balthica</i>			5	0,5	0,061	x			
<i>Mya arenaria</i>	N.a.		2,5	0,3	0,002		x		
<i>Mytilus edulis</i>			100	6284,8	2906,2	x	x	x	x
<i>Petricolaria pholadiformis</i>	N.a.	D	5	0,5	0,115				x
<b>Bryozoa</b>									
<i>Alcyonium parasiticum</i>		G	5	n.b.	n.b.			x	
<i>Einhornia crustulenta</i>			62,5	n.b.	n.b.	x	x	x	x
<i>Electra pilosa</i>			7,5	n.b.	n.b.	x		x	
<i>Electra</i> spp.			10	n.b.	n.b.	x			
<i>Farella repens</i>		D	7,5	n.b.	n.b.			x	
<b>Crustacea</b>									
<i>Amphibalanus improvisus</i>	N.a.		62,5	993,5	59,87	x	x		x
<i>Amphipoda</i> indet.			7,5	4,5	0,004	x			
<i>Balanus crenatus</i>			17,5	6,3	0,659	x		x	
<i>Balanus</i> spp.			2,5	0,3	0,000			x	
<i>Carcinus maenas</i>			52,5	23,0	22,95	x	x	x	x
<i>Corophium</i> spp.			2,5	0,3	0,000			x	
<i>Corophium volutator</i>			20	38,3	0,088	x		x	
<i>Crangon crangon</i>			5	0,5	0,355	x			
<i>Gammarus salinus</i>			100	427,0	3,567	x	x	x	x
<i>Gammarus</i> spp.			40	37,8	0,115	x		x	x
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	N.a.		30	30,0	5,207			x	x
<i>Jaera</i> spp.			5	0,5	0,000		x	x	
<i>Melita nitida</i>	N.a.		10	54,3	0,078				x
<i>Melita palmata</i>			2,5	0,5	0,001			x	
<i>Melita</i> spp.			12,5	1,3	0,003	x			x
<i>Mesopodopsis slabberi</i>			10	1,8	0,006		x		x
<i>Mysidacea</i> indet.			7,5	1,0	0,001		x		
<i>Neomysis integer</i>			17,5	4,5	0,006	x		x	
<i>Parapleustes assimilis</i>			7,5	1,8	0,006		x	x	
<b>Hydrozoa</b>									
<i>Bougainvilliidae</i> indet.			2,5	n.b.	n.b.			x	
<i>Clytia hemisphaerica</i>			2,5	n.b.	n.b.			x	
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>			77,5	n.b.	n.b.	x	x	x	x
<i>Obelia bidentata</i>	D		20	n.b.	n.b.			x	
<i>Obelia dichotoma</i>	D		2,5	n.b.	n.b.		x		
<i>Obelia</i> spp.			27,5	n.b.	n.b.	x	x	x	
<i>Tubulariidae</i> indet.			2,5	n.b.	n.b.			x	
<b>Oligochaeta</b>									
Oligochaeta indet.			15	5,0	0,003		x	x	x
<b>Platyhelminthes</b>									
<i>Turbellaria</i> indet.			2,5	0,5	0,006				x
<b>Polychaeta</b>									
<i>Alitta succinea</i>			90	145,8	2,578	x	x	x	x
<i>Autolytus</i> spp.			2,5	0,3	0,001			x	
<i>Capitella capitata</i>			5	1,0	0,005	x			
<i>Capitella</i> spp.			2,5	1,0	0,001	x			
<i>Eteone longa</i>			2,5	0,3	0,000		x		
<i>Harmothoe impar</i>			10	1,0	0,003			x	
<i>Hediste diversicolor</i>			5	0,5	0,039		x		
<i>Heteromastus filiformis</i>			47,5	23,0	0,181		x	x	x
<i>Marenzelleria viridis</i>	N.a.		70	86,8	2,417	x	x	x	x
<i>Marenzelleria</i> spp.	N.a.		2,5	0,3	0,000		x		
<i>Nereididae</i> indet.			62,5	77,5	0,159		x	x	x
<i>Polydora cornuta</i>			37,5	25,0	0,040			x	x
<i>Spio</i> spp.			2,5	0,3	0,000		x		
<b>Summe Taxa</b>	7	5				21	22	30	20

### Artspezifische Kenngrößen

Im Untersuchungsgebiet kamen insgesamt 12 Taxa mit einer höheren ( $\geq 30\%$ ) Stetigkeit vor (Tab. 6). Da Miesmuschelvorkommen die Voraussetzung für die Entnahme eines Greifers zur Erfassung der Begleitfauna war, wies diese Art zwangsläufig eine Stetigkeit von 100 % auf. Auch der Flohkrebs *Gammarus salinus* konnte mit einer Stetigkeit von 100 % erfasst werden. Mit ebenfalls hoher Stetigkeit waren der Polychaet *Alitta succinea* (90 %), die Hydrozoe *Hartlaubella gelatinosa* (77,5 %), der Polychaet *Marenzelleria viridis* (70 %), sowie mit je 62,5 % die Arten *Einhornia crustulenta* (Bryozoa), *Amphibalanus improvisus* (Crustacea) und unbestimmte Nereididae (Polychaeta). Eine Stetigkeit zwischen 30 und 55 % wiesen die Strandkrabbe *Carcinus maenas*, unbestimmte Gammariden, *Hemigrapsus sanguineus*, der Kotpuppenwurm *Heteromastus filiformis* und der bohrende Polychaetenart *Polydora cornuta* vor.

Die mittlere Abundanz von *Mytilus edulis* in den 40 Greifern lag bei 6.285 Ind./m<sup>2</sup> (Tab. 6), wobei juvenile Tiere den größten Anteil stellten. Die mittlere Biomasse betrug 2.906 g FG/m<sup>2</sup>. Mit Blick auf die Begleitfauna war die eingewanderte Seepocke *Amphibalanus improvisus* (994 Ind./m<sup>2</sup>), die individuenreichste Art, die v.a. auf den Miesmuscheln und Schill siedelte. Der Flohkrebs *Gammarus salinus*, eine genuine Brackwasserart, war mit 427 Ind./m<sup>2</sup> die zweithäufigste Art. Weitere Arten mit höheren Abundanzen waren in absteigender Reihenfolge: der Polychaet *Alitta succinea*, der Neozoon *Marenzelleria viridis*, unbestimmte Nereididae (78 Ind./m<sup>2</sup>), der Schlickkrebs *Corophium volutator* (38 Ind./m<sup>2</sup>), *Gammarus* spp. (38 Ind./m<sup>2</sup>), der Neozoon *Hemigrapsus sanguineus* (30 Ind./m<sup>2</sup>), *Polydora cornuta* (25 Ind./m<sup>2</sup>) sowie *Carcinus maenas* und *Heteromastus filiformis* mit je 23 Ind./m<sup>2</sup>. Alle übrigen 25 Taxa kamen mit einer Abundanz  $< 10$  Ind./m<sup>2</sup> im Untersuchungsgebiet vor; davon lag bei 18 Taxa die Abundanz bei  $\leq 1$  Ind./m<sup>2</sup>.

Die mittlere Biomasse der Begleitfauna der *Mytilus*-Ansiedlungen im Untersuchungsgebiet wurde von Arten dominiert, die ein hohes Individualgewicht aufweisen. An Rang 1 lag die Seepocke *Amphibalanus improvisus* mit rd. 60 g FG/m<sup>2</sup>. Die Strandkrabbe *Carcinus maenas* belegte Rang 2 mit rd. 23 g FG/m<sup>2</sup>. Der Flohkrebs *Gammarus salinus* wies ein Frischgewicht von 5,2 g/m<sup>2</sup> auf; *Hemigrapsus sanguineus* kam auf 3,7 g FG/m<sup>2</sup>. Hiernach folgten die Polychaeten *Alitta succinea* (2,6 g FG/m<sup>2</sup>) und *Marenzelleria viridis* (2,4 g FG/m<sup>2</sup>). Die mittlere Biomasse aller anderen Arten bewegte sich unterhalb von 1 g FG/m<sup>2</sup>.

### Gemeinschaftsanalysen

Abb. 15 veranschaulicht die Ergebnisse einer durchgeführten Clusteranalyse mittels Dendrogramm. Die Ergebnisse zeigen die Makrozoobenthoszusammensetzung in den hier beprobten sublitoralen Miesmuschelansiedlungen auf Basis der An- und Abwesenheit (presence/absence transformation, Greiferebene). *Mytilus edulis* wurde von der Analyse ausgeschlossen. Signifikante Unterschiede auf einem Niveau von 5 % zwischen Gruppen (Clustern)/Greifern sind durch schwarze Linien dargestellt; Greiferproben, die mit roten Linien verbunden sind, unterscheiden sich dagegen nicht signifikant.

Die Clusteranalyse auf Basis der presence-absence Daten ergibt eine signifikante Aufteilung der Greifer in zwei Hauptgruppen:

- Das Cluster „c“ umfasst alle 10 Greifer, die im Jahr 2010 entnommen wurden;

- Cluster „b“ beinhaltet die Greifer aus den drei folgenden Untersuchungsjahren (2011, 2012 & 2014).
- Innerhalb von Cluster „b“ findet eine weitere Gruppenbildung nach den einzelnen Untersuchungsjahren statt, die aber nicht signifikant ist. Der Greifer W-04-1-1114 wies eine von allen übrigen Greifern signifikant abweichende Besiedlungsstruktur auf.

Die Ergebnisse der Simper-Analyse verdeutlichen, dass die Unterschiede zwischen Cluster „b“ und „c“ durch mehrere Taxa begründet sind, die jeweils einen vergleichsweise geringen individuellen Anteil zur Unterschiedlichkeit beitragen (Tab. 7). Hierzu zählen nicht auf Artebene zu bestimmende Formen wie *Nereididae* indet., *Obelia* spp., *Gammarus* spp., die kumulativ einen Beitrag von 19 % zu den Unterschieden zwischen den Clustern beitragen sowie die Arten *Einhornia crustulenta*, *Heteromastus filiformis*, *Carcinus maenas*, *Neomysis integer*, *Marenzelleria viridis* und *Amphibalanus improvisus*.

Insgesamt verdeutlicht die Clusteranalyse, dass bei alleiniger Betrachtung des Artenspektrums, die Besiedlung der Muschelansiedlungen sehr homogen ist und Unterschiede in erster Linie durch zeitliche Aspekte (interannuelle Variabilität) hervorgerufen wurden.

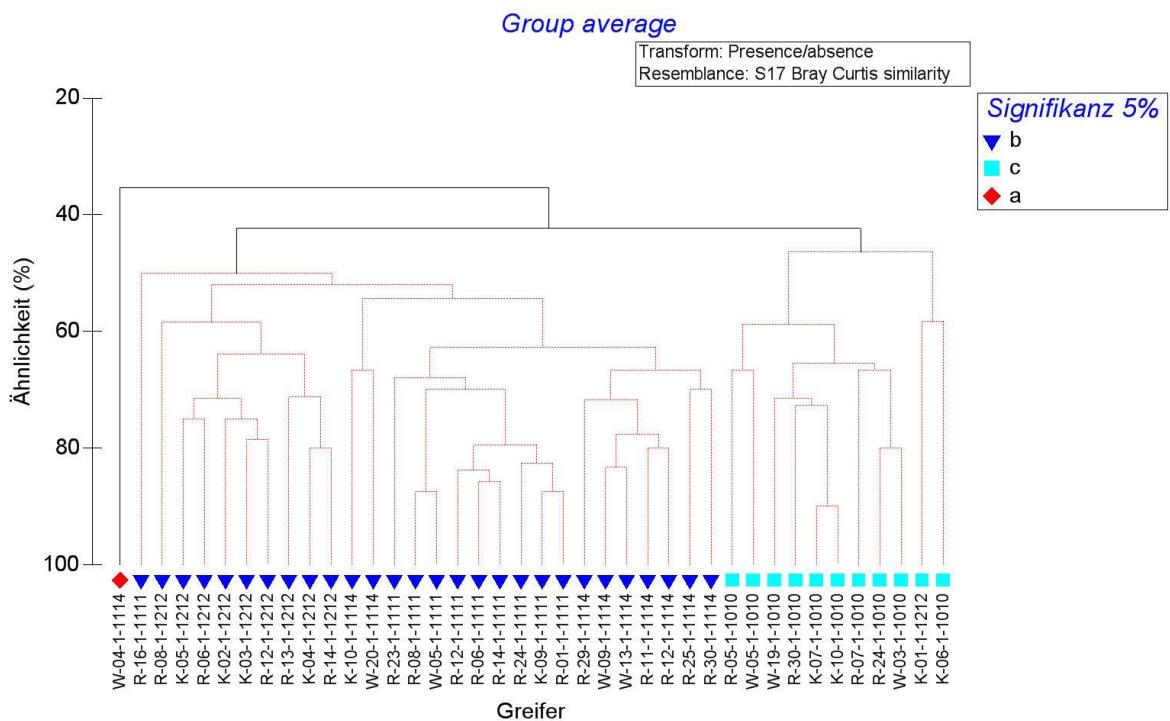


Abb. 15: Dendrogramm der Artenstruktur nach presence-absence-Transformation (Werte Einzelgreifer) der makrobenthischen Begleifauna sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen (van Veen-Greifer) von 2010 - 2014.

Tab. 7: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die zwei Hauptcluster aus der presence-absence-Analyse unter Berücksichtigung von Arten, die kumulativ zu 50 % zu den Unterschieden zwischen den Clustern beigetragen haben.

SIMPER-Analyse Vergleich Cluster c und b						
Average dissimilarity = 57,61						
Species	Cluster c	Cluster b	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
Nereididae indet.	0,09	0,86	4,09	1,84	7,11	7,11
Obelia spp.	0,73	0,11	3,48	1,38	6,05	13,15
Gammarus spp.	0,82	0,25	3,47	1,33	6,02	19,17
Einhornia crustulenta	0,27	0,79	3,4	1,25	5,9	25,08
Heteromastus filiformis	0	0,68	3,38	1,4	5,86	30,94
Carcinus maenas	0,18	0,68	3,14	1,21	5,46	36,39
Neomysis integer	0,64	0	3,12	1,28	5,42	41,81
Marenzelleria viridis	0,55	0,79	2,46	0,92	4,27	46,08
Amphibalanus improvisus	0,73	0,57	2,44	0,9	4,23	50,31

Wird die Clusteranalyse anhand der Arten-Abundanzstruktur analysiert, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bereits für die presence-absence-Betrachtung beschrieben: Auf einem Level von einer 50 %-Ähnlichkeit differenzieren sich die Greifer in drei große Hauptcluster (Abb. 16). Die Zuordnung der überwiegenden Zahl der Greifer erfolgte anhand der einzelnen Untersuchungsjahre: So enthielt

- Cluster „c“ alle Greifer aus dem Jahr 2010;
- Cluster „f“ alle Greifer aus dem Jahr 2012 und
- Cluster „g“ alle Greifer der Jahre 2011 und 2014.
- Innerhalb von Cluster „g“ erfolgte eine weitere, nicht signifikante, Aufteilung in die Jahre 2011 und 2014.

Neben den drei Hauptclustern, wurden vier weitere Cluster (a, b, d, e) gebildet (Abb. 16), die aus einzelnen bzw. zwei Greifern bestanden und eine abweichende Besiedlungsstruktur aufwiesen, die sich i.d.R. in einer geringeren Abundanz der dominanten Arten *Amphibalanus improvisus*, *Gammarus salinus*, *Alitta succinea* und *Marenzelleria viridis* ausdrückte.

Abb. 17 stellt dieselbe Clusteranalyse dar, jedoch wurde durch eine andere Symbolgebung auf den Zusammenhang der Gruppenbildung zwischen Begleitfauna und Miesmuscheldichte fokussiert. Dies verdeutlicht, dass die Clusterbildung nach Jahren überwiegend auch mit der Dichte von *Mytilus* (unterteilt nach 3 Kategorien: Kat 1: 40-300 Ind./m<sup>2</sup>, Kat. 2: 300-10.000 Ind./m<sup>2</sup>, Kat. 3: 10.000-35.000 Ind./m<sup>2</sup>) einhergeht.

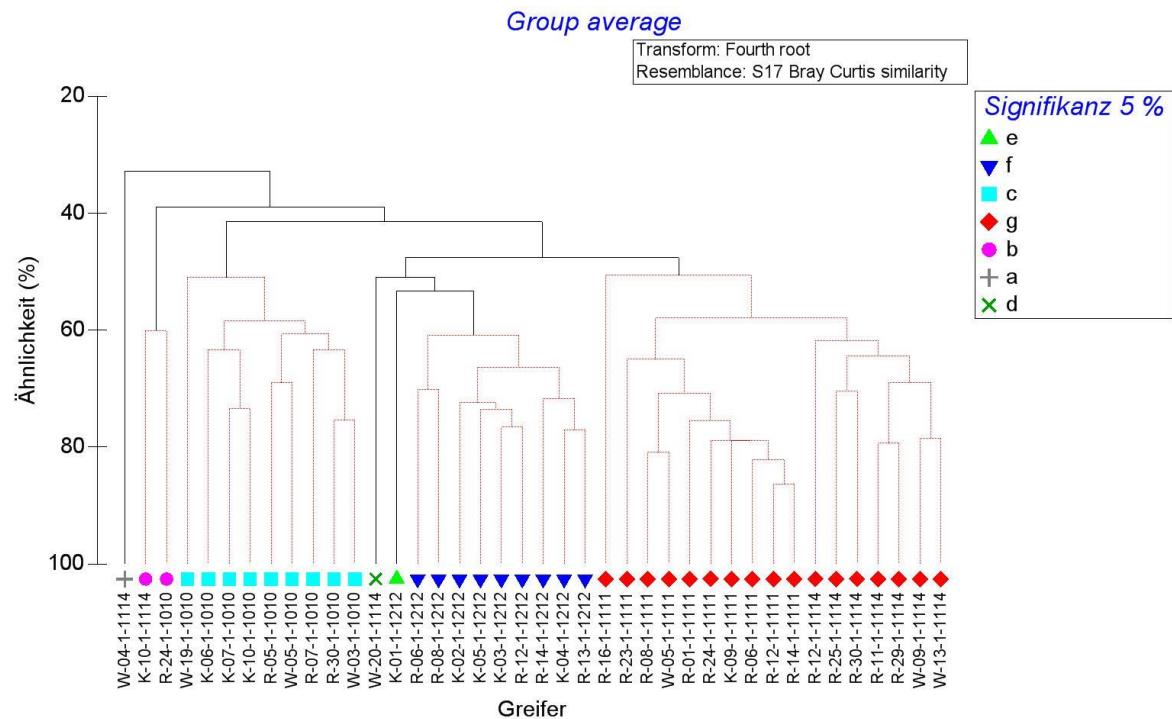


Abb. 16: Dendrogramm der Arten-Abundanz-Struktur (Werte Einzelhols) der makrobenthischen Begleitfauna sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen von 2010 - 2014 bei Symbolisierung signifikant (5%) unterschiedlicher Cluster.

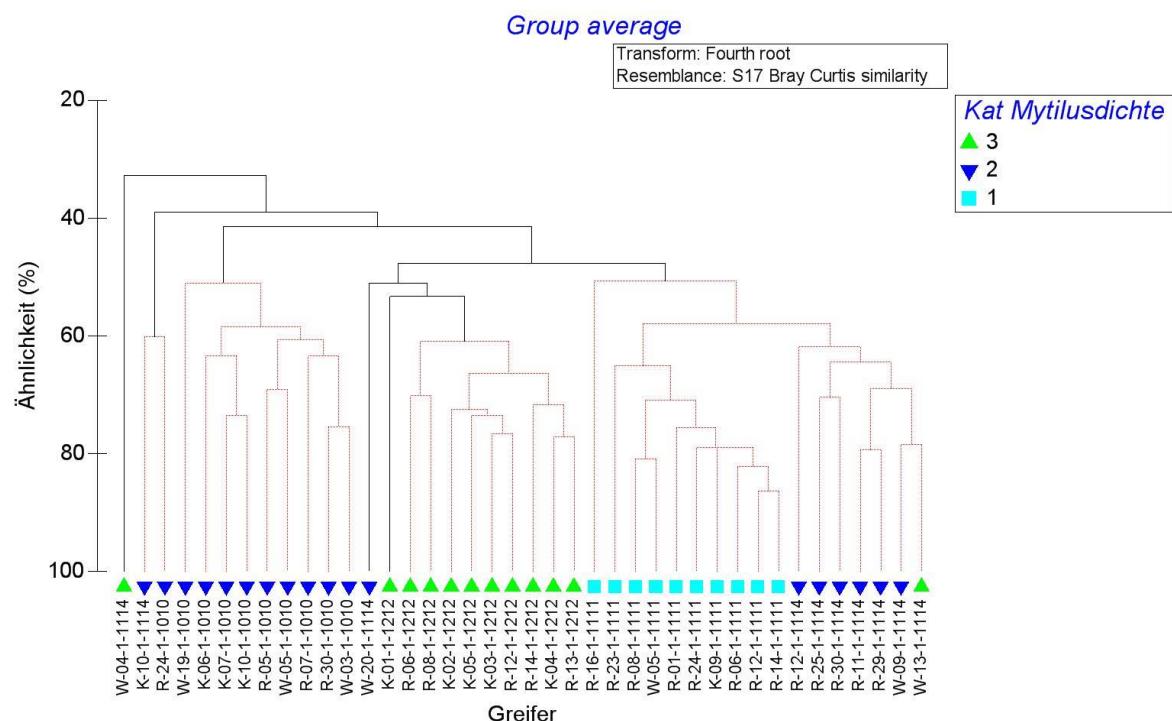


Abb. 17: Dendrogramm der Arten-Abundanz-Struktur (Werte Einzelhols) der makrobenthischen Begleitfauna sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen von 2010 - 2014 bei Symbolisierung der Dichtekategorien von *Mytilus edulis* in den Greifern.

Kat 1: 40-300 Ind./m<sup>2</sup>, Kat. 2: 300-10.000 Ind./m<sup>2</sup>, Kat. 3: 10.000-35.000 Ind./m<sup>2</sup>

Der Zusammenhang zwischen Miesmuscheldichte bzw. Miesmuschelbiomasse und Kennwerten der Begleitfauna wurde durch Pearson-Korrelationsanalysen weiter analysiert. Die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche sind unter Angabe des Korrelationskoeffizienten und des p-Wertes in Tab. 8 angegeben.

Die Korrelationsanalyse verdeutlicht, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Abundanz von *Mytilus edulis* und den 5 Besiedlungskennwerten der Begleitfauna besteht (Tab. 8), der sich wie folgt zeigt:

- mit zunehmender Dichte von *Mytilus* stiegen sowohl Artenzahl, Abundanz auch Kennwerte für die Vielfalt der benthischen Begleitfauna an.
- Die *Mytilus*-Biomasse wies dagegen einen geringeren Zusammenhang mit den Kennwerten zur Begleitfauna auf: hier war lediglich ein signifikanter positiver Zusammenhang zwischen Biomasse von *Mytilus* und „Abundanz“ der Begleitfauna zu beobachten.

Tab. 8: Ergebnisse des paarweisen Vergleichs (Pearson-Korrelationsanalyse) zwischen *Mytilus edulis* (Abundanz Ind./m<sup>2</sup> und Biomasse g FG/m<sup>2</sup>) und Kennwerten der Begleitfauna (Artenzahl, totale Abundanz N, Artenvielfalt nach Margaleff, Diversität H' und Äquität J') in den einzelnen Greifern.

N = 40 Greifer

Korrelationskoeffizient obere Zeile, p-Wert untere Zeile

Signifikante Unterschiede (p = <0,05) gelb markiert

	<b>Mytilus Ind./m<sup>2</sup></b>	<b>Mytilus g FG/m<sup>2</sup></b>
<b>Artenzahl</b>	0,665	0,269
	0,00000283	0,0932
<b>total Abundanz (N)</b>	0,428	0,571
	0,00587	0,000118
<b>Artenvielfalt Margaleff (d)</b>	0,68	0,134
	0,00000142	0,41
<b>Diversität H (log e)</b>	0,646	0,278
	0,00000685	0,0823
<b>Äquität (J')</b>	0,45	0,0828
	0,00356	0,611

## 4.2.2 Dredgeproben

Von den im Zeitraum 2010 - 2014 insgesamt 40 durchgeföhrten Dredgehöls wiesen vier Höls (W-O-11-11, O-W-11-11, R-M-außen-12-12 und M-11-14) keine Begleitfauna auf.

### Artenspektrum

In den vier Untersuchungsjahren wurden durch die Dredgefänge inklusive der Wirbeltiere (Fische) insgesamt 49 Taxa erfasst, von denen 41 bis zur Art bestimmt wurden (Tab. 9). Die Arten entstammen sechs Großtaxagruppen (Bryozoa, Hydrozoa, Polychaeta, Bivalvia, Crustacea und Pisces. Jahresintern war die Artenvielfalt unterschiedlich: so war sie 2010 und 2014 mit jeweils 14 Taxa am geringsten und 2012 mit 36 Taxa deutlich höher als in den anderen Jahren.

Die Gruppe der Krebstiere (Crustacea) stellte die größte Taxazahl (20 Taxa), gefolgt von den Fischen (Pisces) mit 13 Taxa (Tab. 9). Die Gruppe der Polychaeta wurde durch 6 Taxa gestellt, zu denen zum einen größere und mobile Arten wie *Alitta succinea*, *Nephtys* spp. und *Blygides sarsi* gehörten, aber auch kleine Formen wie *Autolytus* spp. und *Polydora cornuta*, die in Dredgen nur erfasst werden, da sie an Hartsubstrat (Torf, Hydrozoa, Muscheln, Schill) gebunden sind. Aufwuchsorganismen wie Hydrozoa (5 Taxa) und Bryozoa (3 Taxa) kamen ebenfalls mit relativ hohen Taxazahlen vor. Zu den Muscheln (Bivalvia) gehörten nur Bohrmuscheln (*Petricolaria pholadiformis*, *Pholadea* indet.).

Die Wirbeltiere (Pisces) bestanden aus insgesamt 13 Taxa, die sich v.a. bodennah (demersal) aufhalten. Arten, die sich wie der Stint *Osmerus eperlanus* überwiegend in der Wassersäule aufhalten, werden durch Grundfänge nicht repräsentativ erfasst.

Insgesamt 8 Taxa sind ursprünglich nicht in der Tideelbe beheimatet, sondern aus anderen Regionen eingewandert (Neozoa) (Tab. 9). Hierzu gehören der Keulenpolyp *Cordylophora caspia*, die Bohrmuschel *Petricolaria pholadiformis*, die Brackwasser-Seepocke *Amphibalanus improvisus*, die Asiatische Strandkrabbe *Hemigrapsus sanguineus*, die Wollhandkrabbe *Eriocheir sinensis*, deren Einwanderung durch den Menschen verursacht wurde (Neozoa actualia). Daneben kommen noch drei Krebsarten (*Palaemon longirostris*, *Palaemon macrodactylus* und *Idotea metallica*) vor, deren Einwanderung/Etablierung mit einer natürlichen Erweiterung des Verbreitungsgebietes in Zusammenhang gebracht wird (Neozoa simulata).

Arten der Roten Liste waren nur durch den Schlickkrebs *Corophium arenarium* vertreten, welcher nach RACHOR et al. (2013) in die Kategorie „3“ (gefährdet) eingeordnet ist (Tab. 9). Für 6 weitere Arten ist die Datenlage unzureichend (Kat. „D“) bzw. die Art weist ein sehr restriktives Vorkommen (Kat. „R“) auf.

Insgesamt wurden 19 Taxa identifiziert, die an Hartsubstrat gebunden sind. Hierzu gehören alle Arten der Großgruppen Hydrozoa und Bryozoa sowie alle Seepocken (*Balanus* und *Amphibalanus*), die oftmals direkt auf den Miesmuscheln siedelten. Neben den bereits erwähnten bohrenden Arten (*Petricolaria pholadiformis*, *Polydora cornuta*) sind einige Krebse (*Eriocheir sinensis*, *Hemigrapsus sanguineus*) und Fische (z.B. *Liparis montagui*, *Liparis liparis*, *Pholis gunellus*) häufiger in strukturierten Habitaten (Steine, Torf, Schill, Muscheln) anzutreffen. Die Scheibenbaucharten *L. montagui* und *L. liparis* sind auf Hartsubstrate als Laichgrund angewiesen.

Tab. 9: Artenspektrum des sublitoralen Makrozoobenthos aus den Dredgeproben mit Angabe der artspezifischen Kennwerte (mittlere Abundanz (Ind./m<sup>2</sup>), mittlere Biomasse (g FG/m<sup>2</sup>), Stetigkeit (%)) für den gesamten Betrachtungszeitraum und Vorkommen in den einzelnen Untersuchungsjahren 2010 - 2014.

n.b. = nicht bestimmt, da für Hydrozoa und Bryozoa die Abundanz nur in Häufigkeitsklassen von 1 bis 3 und die Biomasse jeweils nur als Gesamtbiomasse erhoben wurde.

N.a. = Neozoa actualia, N.s. = Neozoa simulata; orange unterlegt: an Hartsubstrat/Miesmuscheln gebundene Arten

RL 2013: Klassifizierung als Rote Liste-Art nach RACHOR et al. (2013, wobei „3“ = gefährdet, „D“ = Datenlage unzureichend, „R“ = extrem selten

Art/Taxon	Neo-zoa	RL 2013	2010	2011	2012	2014	Stetigkeit (%)	Mittel (Ind./ha)	Mittel (kg FG/ha)
<b>Hydrozoa</b>									
<i>Clytia hemisphaerica</i>		D		x			2,5	n.b.	n.b.
<i>Cordylophora caspia</i>	N.a.			x			2,5	n.b.	n.b.
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>		D	x	x	x	x	42,5	n.b.	n.b.
<i>Obelia bidentata</i>		D			x		2,5	n.b.	n.b.
<i>Obelia</i> spp.				x	x		15,0	n.b.	n.b.
<b>Bivalvia</b>									
<i>Petricolaria pholadiformis</i>	N.a.	D				x	2,5	0,29	0,0002
<i>Pholadea</i> indet.					x		2,5	0,52	0,0000
<b>Polychaeta</b>									
<i>Alitta succinea</i>		D		x			5,0	2,54	0,0000
<i>Autolytus</i> spp.				x			5,0	2,09	0,0000
<i>Bylgides sarsi</i>				x			2,5	0,53	0,0000
<i>Nephtys</i> spp.				x			2,5	0,93	0,0000
<i>Nereididae</i> indet.				x			10,0	29,68	0,0000
<i>Polydora cornuta</i>				x			5,0	4,18	0,0000
<b>Crustacea</b>									
<i>Amphibalanus improvisus</i>	N.a.		x	x	x	x	45,0	1013,85	0,1383
<i>Apocorophium lacustre</i>				x			2,5	0,68	0,0000
<i>Balanus crenatus</i>				x	x		12,5	60,10	0,0059
<i>Carcinus maenas</i>			x	x	x	x	40,0	99,45	1,6615
<i>Corophium arenarium</i>		3			x		5,0	2,10	0,0000
<i>Corophium</i> spp.					x		2,5	0,52	0,0000
<i>Corophium volutator</i>					x	x	10,0	9,17	0,0000
<i>Crangon crangon</i>			x	x	x	x	70,0	1141,56	0,9887
<i>Eriocheir sinensis</i>	N.a.		x	x	x	x	20,0	28,66	0,1571
<i>Gammarus salinus</i>			x		x	x	22,5	43,11	0,0009
<i>Gammarus</i> spp.				x	x		12,5	3,92	0,0001
<i>Gammarus zaddachi</i>				x	x		17,5	35,13	0,0015
<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	N.a.				x	x	12,5	3,71	0,0006
<i>Idotea metallica</i>	N.s.				x		2,5	2,63	0,0001
<i>Liocarcinus holsatus</i>			x				2,5	0,68	0,0055
<i>Mysidacea</i> indet.			x		x	x	10,0	1,76	0,0006
<i>Neomysis integer</i>				x	x		20,0	30,81	0,0003
<i>Palaemon longirostris</i>	N.s.	D			x		7,5	1,60	0,0007
<i>Palaemon macrodactylus</i>	N.s.					x	10,0	2,88	0,0016
<i>Parapleustes assimilis</i>					x		2,5	2,09	0,0000
<b>Bryozoa</b>									
<i>Einhornia crustulenta</i>				x	x	x	32,5	n.b.	n.b.
<i>Electra monostachys</i>		R			x		10,0	n.b.	n.b.
<i>Farrella repens</i>		D			x		5,0	n.b.	n.b.
<b>Pisces</b>									
<i>Agonus cataphractus</i>			x	x	x	x	27,5	24,99	0,4977
<i>Gadus morhua</i>			x				2,5	0,79	0,0254
<i>Gasterosteus aculeatus aculeatus</i>					x		2,5	0,39	0,0289
<i>Liparis liparis liparis</i>				x		x	10,0	3,18	0,1724
<i>Liparis montagui</i>		D	x	x			15,0	8,68	0,1475
<i>Myoxocephalus scorpius</i>			x				5,0	2,84	0,0287
<i>Osmerus eperlanus</i>			x	x	x	x	30,0	10,81	0,7839
<i>Pholis gunellus</i>				x			7,5	2,26	0,0128
<i>Pleuronectes platessa</i>			x		x		5,0	1,25	0,9154
<i>Pomatoschistus minutus</i>			x		x		5,0	1,22	0,0024
<i>Pomatoschistus</i> spp.				x		x	12,5	1,96	0,0027
<i>Syngnathus rostellatus</i>			x	x		x	15,0	3,86	0,0007
<i>Zoarces viviparus</i>			x				7,5	3,77	0,0377
<b>Summe</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>36</b>	<b>17</b>			

### Artspezifische Kenngrößen

Insgesamt wiesen sechs Arten eine höhere Stetigkeit ( $\geq 25\%$ ) auf, bezogen auf die gesamte Untersuchung (räumlich und zeitlich). Die höchste Stetigkeit erreichte die Nordseegarnele *Crangon crangon* mit 70 %. Rang 2 mit 45 % belegte die Brackwasser-Seepocke *Amphibalanus improvisus* gefolgt von der Hydrozoe *Hartlaubella gelatinosa* (42,5 %) der Strandkrabbe *Carcinus maenas* (40 %). Mit absteigender Rangfolge folgten die die Bryozoe *Einhornia crustulenta* (32,5 %), der Stint *Osmerus eperlanus* (30 %) sowie der Steinpicker *Agonus cataphractus* (27,5 %).

Die individuenreichste Art des Untersuchungsgebietes mit durchschnittlich 1.142 Ind./ha war die Nordseegarnele *Crangon crangon* gefolgt von *Amphibalanus improvisus* mit 1.014 Ind./ha (Tab. 9). Rang 3 belegte *Carcinus maenas* (99 Ind./ha), Rang 4 *Balanus crenatus* (60 Ind./ha) und Rang 5 *Gammarus salinus* (43 Ind./ha).

Hinsichtlich der mittleren Biomasse (Frischgewicht FG) waren *Carcinus maenas* (1,66 kg FG/ha), *Crangon crangon* (0,99 kg FG/ha) sowie aufgrund des sehr hohen Individualgewichtes die Scholle *Pleuronectes platessa* (0,92 kg FG/ha) (Tab. 9). Auch die Fischarten Stint *Osmerus eperlanus*, Großer und Kleiner Scheibenbauch (*Liparis liparis*, *Liparis montagui*) sowie die Wollhandkrabbe (*Eriocheir sinensis*) belegten aufgrund der hohen Individualgewichte Rang 4-8.

### Gemeinschaftsanalysen

In Abb. 18 ist das Dendrogramm des Makrozoobenthos in sublitoralen Miesmuschelansiedlungen auf Basis der An- und Abwesenheit (presence/absence transformation) von Arten in den einzelnen Dredgehols dargestellt. *Mytilus edulis* wurde von der Analyse ausgeschlossen. Hierbei sind signifikante Unterschiede auf einem Niveau von 5 % zwischen Gruppen (Clustern)/Greifern als schwarze Linien dargestellt; Greiferproben, die mit roten Linien verbunden sind, unterscheiden sich dagegen nicht signifikant.

Die Clusteranalyse auf Basis der Artengemeinschaft „presence-absence“ ergab vier größere, signifikant voneinander unterschiedlichen Clustern und einen Einzelhol O-W-11-14, dessen Begleitfauna nur durch die Sägegarnele *Palaemon macrodactylus* ausgemacht wurde (Abb. 18). Die Gruppierung der Hols erfolgte z.T. nach den Untersuchungsjahren, wobei dies auf Grundlage der Dredgeergebnisse weniger deutlich war als für van Veen-Greiferdaten (s.o.). So enthielt z.B. das Dredge-Cluster „e“ in der Mehrzahl Hols, die in 2010 durchgeführt wurden, aber auch Hols der anderen drei Jahre. Ebenso vermischen sich Hols unterschiedlicher Jahre in den anderen drei Hauptclustern. Eine systematisches Muster der Gruppierung nach den Teilgebieten (K, R,W, M, O) ist ebenfalls nicht ersichtlich.

Die Unterschiede wurden nach der SIMPER-Analyse durch mehrere Arten hervorgerufen (s. Tab. 11 im Anhang). So unterschied sich Cluster „e“ von den übrigen Clustern durch das Fehlen der Aufwuchsarten *Einhornia crustulenta*, *Amphibalanus improvisus* und *Hartlaubella gelatinosa*. Das Cluster „b“ unterschied sich von „d“ durch das Fehlen von *Gammarus salinus* und *Gammarus zaddachi*, aber das vermehrte Vorkommen von *Einhornia crustulenta*, *Carcinus maenas*, *Neomysis integer*, *Eriocheir sinensis* und *Agonus cataphractus*.

Die Clusteranalyse unter Berücksichtigung der artspezifischen Abundanzen, ergab kein deutliches anderes Ergebnis als das auf Grundlage der „Presence-absence“-Daten.

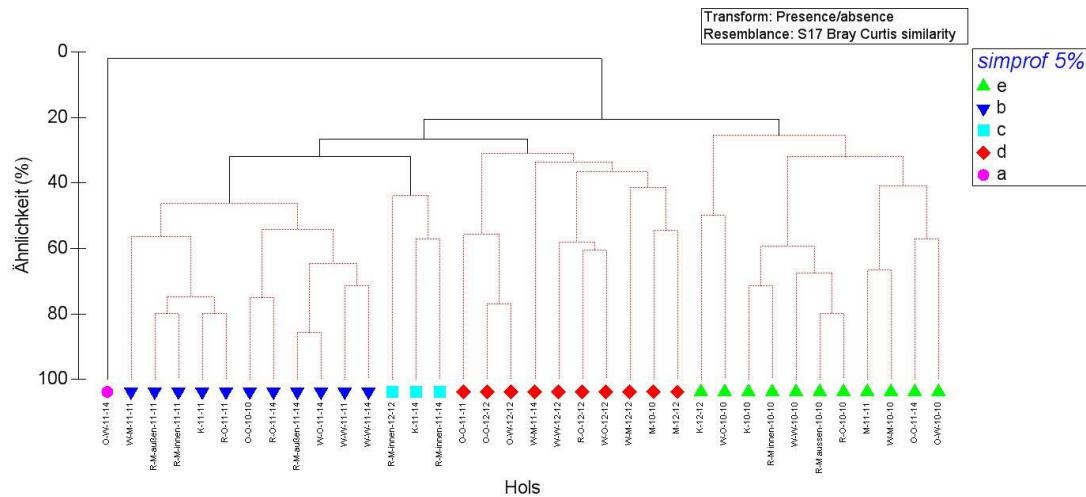


Abb. 18: Dendrogramm der Artenstruktur nach presence-absence-Transformation (Werte Einzelhols) der Begleitfauna inkl. Fische sublitoraler Miesmuschelansiedlungen an den 40 Stationen (Dredge Kieler Kinderwagen) von 2010 - 2014. 3 Greifer wurden von der Analyse ausgeschlossen, da sie keine Begleitfauna aufwiesen

Der Zusammenhang zwischen Miesmuscheldichte und den Kennwerten der Begleitfauna wurde mittels Pearson-Korrelationsanalyse analysiert. Die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche sind unter Angabe des Korrelationskoeffizienten und des p-Wertes in Tab. 10 dargestellt.

Tab. 10: Ergebnisse des paarweisen Vergleichs (Pearson-Korrelationsanalyse) zwischen *Mytilus edulis* (Abundanz Ind./m<sup>2</sup> und Biomasse g FG/m<sup>2</sup>) und Kennwerten der Begleitfauna (Artenzahl, totale Abundanz N, Artenvielfalt nach Margaleff, Diversität H' (log e) und Äquität J') in den einzelnen Dredgehols.  
N = 36 Hols mit Begleitfauna; Korrelationskoeffizient obere Zeile, p-Wert untere Zeile; Signifikante Unterschiede (p = <0,05) gelb markiert

	Mytilus Ind./ha	Mytilus kg FG/ha
Artenzahl (N)	0,179	0,13
	0,298	0,449
total Abundanz (Ind./ha)	0,116	0,215
	0,5	0,208
Artenvielfalt Margaleff (d)	0,298	0,2
	0,0776	0,242
Diversität H' (log e)	0,415	0,322
	0,0119	0,0557
Äquität (J')	0,308	0,157
	0,0813	0,382

Die Ereignisse der Korrelationsanalyse verdeutlichen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Abundanz (Ind./ha) von *Mytilus edulis* und den Besiedlungskennwerten Abundanz (Ind./ha) und Diversität (H') der Begleitfauna besteht (Tab. 10), der sich wie folgt zeigt

- mit zunehmender Miesmuscheldichte wurde auch eine höhere Abundanz als auch eine höhere Diversität der benthischen Begleitfauna festgestellt.

- Auf der Grundlage der Miesmuschel-Biomasse ergab sich dagegen kein signifikanter Zusammenhang mit der Häufigkeit oder Diversität der Begleitfauna.

## 5. Beeinträchtigung durch das Bauvorhaben

Im Rahmen der vorliegenden vier Untersuchungen konnten mit dem Seitensichtsonar nur grobe Hinweise zum Vorkommen von *Mytilus edulis* abgeleitet werden. Das Seitensichtsonar kann Strukturen im Sohlsubstrat nicht auflösen, das heißt, es bildet ausschließlich die Oberflächenstrukturen ab. Generell sind beim Seitensichtsonar die Auflösung und damit die Prägnanzgrenzen für erkennbare Strukturen abhängig von der Umgebung. Die Detektierung der Muschelansiedlungen und deren flächenhafte Abgrenzung durch die Seitensichtsonaraufnahmen wurden durch topographische Gegebenheiten im Untersuchungsgebiet, wie Rippelstrukturen in Fahrrinnennähe und Rutschungen am Ufer, erschwert.

Folgende Ergebnisse lassen sich für diese Methode festhalten:

- Flussaufwärts von Glameyer Stack wurden mittels Seitensichtsonar keine Hinweise auf Hartsubstratstrukturen (bzw. Miesmuschelansiedlungen) ermittelt. Dies ist gleichsinnig mit den Bodengreiferergebnissen bzw. stichprobenhaften Dredgeuntersuchungen.
- Die über die Bodengreifer ermittelten Schwerpunkte der Besiedlung im Referenzgebiet konnten teilweise auch durch die Seitensichtsonaruntersuchung identifiziert werden.
- Andere über die Bodengreifer ermittelten Muschelansiedlungen (Teilgebiet K und W) wurden über das Seitensichtsonar dagegen nicht abgebildet. Hierbei handelte es sich z.T. um Ansiedlungen sehr junger, d.h. sehr kleiner Muscheln, die durch die flächige Lage und Position auf dem Untergrund sonar-akustisch wahrscheinlich schwierig zu detektieren sind.

Mit den van Veen-Greiferproben wurden vor den Baumaßnahmen 2010 Besiedlungsschwerpunkte für die Teilgebiete K und R ermittelt. In dem 4 km stromauf gelegenen Teilgebiet W war die Nachweishäufigkeit und Individuendichte geringer, aber auch hier wurden im Jahr 2010 in den tieferen Zonen noch häufiger Miesmuscheln erfasst. Weiter stromauf, im Bereich von Glameyer Stack (Teilgebiet M), waren die Miesmuschelvorkommen dann deutlich geringer. Im Teilgebiet O, das die stromaufseitige Begrenzung des Untersuchungsgebietes darstellt, kamen bereits im Jahr 2010 keine Miesmuscheln vor. Dieses Abundanzgefälle im Längsverlauf des Untersuchungsgebietes wurde gleichsinnig auch durch die Ergebnisse der Dredgehols ermittelt. Als ein Grund für diesen Besiedlungsgradienten ist der Einfluss des ästuarinen Salinitätsgradienten zu vermuten, im Teilgebiet Ost sind die mittleren Salzgehalte bereits erkennbar geringer als in den Teilgebieten R & K (vgl. Kap. 3.2). Kleinskalig können auch unterschiedliche Habitatbedingungen (Siedlungsgrund, Strömung) zu den Unterschieden beigetragen haben, deren Bedeutung jedoch aufgrund fehlender Informationen nicht weiter eingeschätzt werden kann.

Die Untersuchungsergebnisse ließen auch in den beiden Folgejahren 2011 und 2012, in denen der Buhnenbau und der Bau der Unterwasserablagerungsfläche durchgeführt wurden, den für 2010 beschriebenen Besiedlungsgradienten weitgehend ähnlich erkennen. Allerdings zeigte sich im ersten Baujahr 2011 ein gegenüber 2010 deutlich geringeres Besiedlungsniveau, ein Phänomen das allerdings im gesamten Untersuchungsgebiet mehr oder weniger ausgeprägt zu beobachten

war. Für das darauffolgende Jahr 2012 deuten die Daten auf einen Miesmuschelbrutfall hin, der sich aber v.a. auf die Teilgebiete K und R begrenzte und sich dort durch eine deutliche Erhöhung der Besiedlungsdichte zeigte. Ein ähnlicher Befund ließ sich für die von der Baumaßnahme betroffenen Teilgebiete W und M nicht beobachten. In beiden Gebieten konnten Miesmuscheln mittels van Veen Greifern 2012 nicht nachgewiesen und auch die Dredgehols deuteten auf eine lediglich vereinzelte Ansiedlung durch wahrscheinlich verdriftete Individuen hin. Das Teilgebiet O war, wie bereits im Ausgangszustand 2010 nach wie vor nicht durch Miesmuscheln besiedelt.

Die Gründe für den Rückgang der Miesmuscheln v.a. im Teilgebiet W sind nicht eindeutig zu klären. Einerseits können sie mit dem Bau der Buhnen in Zusammenhang gebracht werden, der die bestehenden Bestände beeinträchtigt haben könnte. Hierbei wären die Miesmuscheln nicht von einer direkten Überbauung betroffen, sondern vermutlich indirekt durch die mit den Baggerungen und Arbeiten einhergehende Sedimentdrift. Miesmuscheln reagieren sehr empfindlich auf eine Überdeckung mit Sediment (ESSINK 1999) während sie gegenüber erhöhten Schwebstoffgehalten vergleichsweise tolerant sind. Erst ab Konzentrationen über 250 mg/l stellen 3 cm große Muscheln ihre Filtration ein, während dies bei 7 cm großen Muscheln erst bei 350 mg/l der Fall war. Bei dauerhaften Konzentrationen von min. 250 mg/l findet bei *Mytilus edulis* keine Gewichtszunahme mehr statt (WIDDOWS et al. 1979). Werden allerdings die Schwebstoffgehalte in unmittelbarer Nähe der Miesmuscheln durch zusätzliche Sedimentationsprozesse nur geringfügig erhöht, können die Miesmuscheln nicht mehr wachsen, da es öfter als bisher zu Null-Filtrationsraten kommt (ESSINK et al. 1989, WIDDOWS et al. 1979). Andererseits ist von eulitoralen Muschelbänken bekannt, dass sie – sofern keine nennenswerten Brutfälle stattfinden – veralten und aufgrund ihrer veränderten Struktur (Abundanz, Verflechtung) in ihrem Verbund gelockert werden und anfälliger gegenüber natürlichen Störungen wie z.B. Erosion sind. Zudem zeigten Langzeituntersuchungen im Eulitoral des Wattenmeeres, dass „normale“ Brutfälle stochastische, lokale Ereignisse sind, die in ihrer Ausprägung nicht vorherzusagen sind. Massenansiedlungen, die zu einer großflächigen Neubesiedlung ganzer Areale und einer anschließenden Ausdehnung der mit Miesmuscheln besetzten Fläche führen, sind für Muscheln nur nach strengen Eiswintern beschrieben (z.B. NEHLS et al. 2009). Insofern ist nicht klar, ob der Rückgang im Baugebiet durch negative Effekte der Bauarbeiten hervorgerufen wurde oder ob er in natürlichen Prozessen (Mortalität, Veralterung) begründet ist, die auf langfristiger Zeitskala ablaufen.

Unabhängig von den Gründen für den Rückgang der Miesmuscheln im Baugebiet, fand 2014, also etwa 2 Jahre nach Abschluss der Bauarbeiten offenbar eine Neubesiedlung des Teilgebietes W statt, die in den Teilgebieten K und R in dieser deutlichen Ausprägung nicht beobachtet wurde. Für das Teilgebiet M wurden 2014 wie auch 2012 dagegen keine oder nur geringe Miesmuschelanzahlen nachgewiesen. Ob dies noch in ursächlichem Zusammenhang mit den Bauarbeiten zu sehen ist oder andere Gründe hat ist hier nicht zu klären. Insbesondere die Effekte der im Vorjahr aufgetretenen Elbeflut, die zu einer temporären Aussüßung dieses Elbabschnitts geführt hat, sind im Rahmen dieser Studie nicht zu quantifizieren. Zudem ließ sich an den Daten erkennen, dass das Teilgebiet M vermutlich sich im Übergangsbereich der Miesmuschelvorkommen befinden könnte. Schon vor Beginn der Baumaßnahme waren die Besiedlungsdichten hier sehr gering.

## 5.1 Zusammenfassende Bewertung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass

- im Jahr 2010, also vor Beginn der Baumaßnahme, Miesmuschelansiedlungen im gesamten Untersuchungsgebiet (km 713 – km 723) örtlich auch in höheren Dichten festgestellt wurde. Eine Ausnahme machte der am weitesten stromauf befindliche Untersuchungsabschnitt um etwa km 713 - km 715. Hier wurden keine oder höchstens einzelne Miesmuscheln erfasst.
- im Jahr 2011 ein Rückgang der Miesmuscheln im gesamten Untersuchungsgebiet festgestellt wurde, dies betraf auch die nicht im unmittelbaren Baugebiet befindlichen Teilgebiete (K, R). Ein Einfluss der Bauarbeiten ist anzunehmen aber aufgrund der auch in den Teilgebieten K und R verzeichneten Rückgänge nicht eindeutig zu belegen.
- unter Berücksichtigung des Untersuchungsjahres 2012 ein Zusammenhang von Miesmuschelvorkommen und Baumaßnahme aber plausibel wird. So wurde die in den Teilgebieten K & R ermittelte deutliche Zunahme der Muscheldichte (Brutfall) in den Teilgebieten W & M die im Baugebiet lokalisiert waren nicht verzeichnet; es wurden hier sogar nur noch vereinzelt Miesmuscheln erfasst, so dass die Dichte im Jahr 2012 sogar noch geringer war als nach Abschluss des ersten Baujahres 2011.
- die im Jahr 2014, also zwei Jahre nach Abschluss der Buhnenbauarbeiten festgestellten Befunde wurde für das im Baugebiet lokalisierte Teilgebiet W wieder eine deutlich ausgeprägte Neubesiedlung festgestellt.

### Fazit

Im Bereich des Baugebietes war ein Rückgang der Miesmuscheln für den Zeitraum der Bauarbeiten zu beobachten, der möglicherweise im Zusammenhang mit negativen Effekten durch Baggerungen und Sedimentdrift steht, aber auch in natürlichen Prozessen begründet sein kann.

Vor dem Hintergrund aller Ergebnisse erscheint aber die Annahme plausibel, dass die Bauarbeiten sehr wahrscheinlich zu einem temporären Rückgang der Miesmuscheln in den betroffenen Teilabschnitten geführt haben. Das Potenzial als Muschelstandort dieses Elbabschnitts scheint sich gegenüber dem Ausgangszustand 2010 allerdings nicht nachhaltig verändert haben, wie die 2014 festgestellte z.T. umfangreiche Neubesiedlung durch Miesmuscheln nach Abschluss der Bauarbeiten im Teilgebiet W zeigt.

Ob der Tideelbeabschnitt oberhalb von etwa km 718 dauerhaft oder nur temporär durch Muscheln besiedelt wird, bleibt von den jeweiligen Rahmenbedingungen abhängig. Diese können interannuell deutlich wechseln, wie z.B. die zeitweilige Aussüßung durch das Elbehochwasser im Jahr 2013 gezeigt hat. Es ist daher kaum zu prognostizieren, ob Jungmuscheln langfristig zu „reifen“, d.h. altersgemischten, strukturreichen Muschelansiedlungen heranwachsen. Generell ist im Vergleich zu eulitoralen Miesmuschelbänken nur sehr wenig über die Persistenz, Struktur (Abundanz, Aufwachsen der Bänke) und Variabilität sublitoraler Ansiedlungen bekannt (NEHLS et al. 2009).

## 6. Einordnung der Miesmuschelansiedlungen

Es wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit versucht, die Ausprägung der Miesmuschelansiedlungen auch unter einem formalen naturschutzfachlichen Blickwinkel einzuordnen. Hier ist die Frage relevant, ob die Miesmuschelansiedlung möglicherweise als Lebensraumtyp „Riffe“ im Sinne der FFH-Richtlinie klassifiziert werden kann.

### 6.1 Hinweis zur Begleitfauna der Miesmuschelvorkommen

Die Zusammensetzung der Begleitfauna in den Miesmuschelansiedlungen des Untersuchungsgebietes gibt gewisse Rückschlüsse auf die ökologische Funktion der vorhandenen Miesmuschelansiedlung als biogene Hartsubstratstruktur. Generell ist bekannt, dass Miesmuscheln sensu JONES et al. (1994 zu den sog. ecosystem engineers gehören, d.h. sie strukturieren das Habitat und erfüllen spezielle Funktionen im Ökosystem. Für viele an Hartsubstrat gebundene Arten bieten sie ein primäres Siedlungssubstrat. Die heterogene Struktur mit ihren Hohlräumen zwischen den Muscheln dient v.a. Arten der vagilen Epifauna als Nahrungs- und Siedlungshabitat sowie als Refugium vor Räubern. Dementsprechend bildet sich in Miesmuschelbänken eine charakteristische Lebensgemeinschaft aus, deren Artenvielfalt, Abundanz und Biomasse ein Vielfaches des umgebenden unstrukturierten Meeresbodens aufweist (z.B. DAME et al. 2001, SAIER 2002, SEED & SUCHANEK 1992).

Insgesamt ist aufgrund der für Brackwasserbereiche vergleichsweise hohen Artenzahl der Begleitfauna, der Ausprägung einer charakteristischen Gemeinschaft in dichten Miesmuschelansiedlungen davon auszugehen, dass es sich bei den Miesmuschelansiedlungen lokal um strukturierende Habitate handelt, denen eigene ökologische Funktionen zugesprochen werden können.

### 6.2 Hinweise zur Definition LRT Riffe (1170)

Der LRT „Riffe“ (1170) gehört auch zu den nach § 30 (2) BNatSchG geschützten Biotoptypen. Die europaweit gültige Definition und Beschreibung nach dem Interpretation Manual der Europäischen Kommission ist in dem Interpretation Manual der Europäischen Union (EUROPEAN COMMISSION 2013) benannt.

Die nationale Definition für Riffe (LRT 1170) entspricht der EU-Definition (EUROPEAN COMMISSION 2007) lautet wie folgt: „*Riffe können entweder biogene Verwachsungen oder geogenen Ursprungs sein. Es handelt sich um Hartsubstrate auf festem und weichem Untergrund, die in der sublitoralen und litoralen Zone vom Meeresboden aufragen. Riffe bieten Lebensräume für epibiotische Großalgen und wirbellose Tiere („Aufwuchs“).*“

Muschelbänke können sehr unterschiedlich strukturiert sein. Daher ist eine Konkretisierung der o.g. Definitionen z.B. in Form von Kartieranleitungen erforderlich. Derzeit stehen nur einheitliche Kartieranleitungen für eulitorale Miesmuschelbänke zur Verfügung, die im Rahmen des TMAP

CWSS (2002 entwickelt wurden. Ein deutschlandweit einheitliches Monitoringkennblatt einschließlich einer Kartieranleitung für sub- und eulitorale „Riffe“ befindet sich derzeit in der Entwicklung und wird nach Fertigstellung im Monitoringhandbuch des Bund/Länder-Messprogramms publiziert. Für die Einordnung der in der Tideelbe vorgefundenen Miesmuschelansammlungen liegen somit keine verbindlichen Methoden bzw. Kriterien für eine belastbare Definition vor.

Für Niedersachsen wurden für den LRT „Riffe“ Steckbriefe (Vollzugshinweise) erarbeitet, welche in Anlehnung an einen Vorschlag der Nationalparkverwaltung Schleswig-Holstein sowie an einen Vorschlag der schleswig-holsteinischen Muschelfischer vier Kriterien umfassen (NLWKN 2011). Folgende Aspekte sollen demnach für die Klassifizierung von Muschelbänken zum LRT 1170 „Riffe“ berücksichtigt werden:

1. die Muschelbank muss mehrere Jahre bestehen,
2. die Muschelbank muss deutlich vom Meeresboden topografisch unterscheidbar sein,
3. natürliche Muschelbänke im Sublitoral und solche, die sich aus der sublitoralen Zone ohne Unterbrechung in die eulitorale Zone erstrecken, können biogene Riffe (LRT 1170) entsprechend der aktuellen Beschreibung im European Comission EUR 27 sein<sup>3</sup>,
4. Muschelbänke, die künstlich als Kulturflächen für die Speisemuschelgewinnung angelegt wurden, sind keine Riffe im Sinne LRT 1170.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, das u.E. eine weitere Konkretisierung für die Einstufung einer Miesmuschelansiedlung als Riff sinnvoll erscheint (z.B. Besiedlungsdichte, Alterszusammensetzung, Ausdehnung). Zudem sollte geprüft werden, ob die Kriterien die in erster Linie für eulitorale Bänke gelten (vgl. NEHLS et al. 2009) auch auf sublitorale Ansiedlungen zu übertragen sind.

### 6.3 Einschätzung

Eine flächendeckende Kartierung von Miesmuschelansiedlungen im Sublitoral ist generell schwieriger und aufwendiger als im Eulitoral, da die Muschelbänke dem Betrachter nicht visuell zugänglich sind und somit einige Kriterien wie „Topographie“, „Fläche“ und „Bedeckung“ von Muschelbänken nur schwer zu erfassen sind. Alternative Methoden, die Informationen über große Flächen zulassen wie z.B. Seitensichtsonar konnten zumindest im Rahmen der vorliegenden Untersuchung keinen wesentlichen Beitrag leisten. Andere mögliche Methoden sind aufgrund von hoher Strömung und Trübung gefährlich (Tauchereinsätze) bzw. wenig erfolgversprechend (Videoaufnahmen).

Die Erkundung möglicher Miesmuschelvorkommen durch die Sidescanuntersuchung (Seitensichtsonar) ergab keine belastbaren Ergebnisse, die eine Abschätzung der Ausdehnung der Miesmuschelansiedlung erlaubt. Die punktuelle Erfassung der Muschelvorkommen durch Bodengreifer lieferte Hinweise, dass es sich über größere Teile des Untersuchungsgebietes um persistente und lokal bzw. temporär dichte Muschelvorkommen handelte, in denen es - zwischen den Teilgebieten variierend - regelmäßig zu einer Neubesiedlung kam. Diese Gebiete mit stetigen Muschelvorkommen befanden sich nur stromab des Glameyer Stack. Neben der Stetigkeit der Miesmuschelvorkommen könnten auch die örtlich hohe Dichte sowie die Ausdehnung der Muschel-

<sup>3</sup> Aktuell ist IM EUR 28 (EUROPEAN COMMISSION 2013)

vorkommen als Kriterien für eine „Riff“-Einstufung herangezogen werden. Die Ausbildung einer charakteristischen Begleitfauna in den Miesmuschelbeständen verdeutlicht, dass die Struktur der hier vorgefundenen Miesmuschelvorkommen zumindest in Bereichen mit hohen Dichten eine Funktion als strukturierendes Habitat erfüllt.

Der Versuch die derzeit zur Verfügung stehenden Kriterien zur Abgrenzung des LRT „Riffe“ mit den hier ermittelten Daten zu den Miesmuschelansiedlung zu verschneiden und testweise zu klassifizieren zeigt, dass eine Einstufung im Rahmen des vorliegenden Berichts aus folgenden Gründen noch nicht möglich war:

- Kriterien zur Abgrenzung des LRT „Riffe“ sind zum Teil noch nicht abschließend abgestimmt
- Übertragbarkeit der auf eulitorale Miesmuschelbänke ausgerichteten Kriterien auf sublitorale Miesmuschelansiedlungen bleibt zu prüfen

Insgesamt ist also die Klassifizierung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Miesmuschelansiedlung als LRT „Riffe“ (1170) zum jetzigen Zeitpunkt weder eindeutig zu verneinen noch zu bejahen. Denkbar wäre, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ermittelten Daten (Besiedlungsdichte, Altersstruktur, Ausdehnung Fläche soweit abschätzbar, Begleitfauna, Sidescanbefunde) im Rahmen einer Diskussion/Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden zu klären.

Eine Weiterentwicklung gültiger Definitionen für sublitorale Muschelbänke/Riffe befindet sich durch die zuständigen Gremien in Arbeit (s.o., Monitoringhandbuch), ist aber noch nicht abgeschlossen.

## Literatur

- AQUA TECH-GEOPHYSIK, 2010: Geophysikalische Untersuchungen Side Scan Sonar zur Ortung von evtl. Miesmuschelvorkommen, Ufersicherungsmaßnahme „Glameyer Stack“. - unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag von Bioconsult Schuchardt & Scholle GbR Bremen, 8 S. u. Anlagen.
- AQUA TECH-GEOPHYSIK, 2012: Geophysikalische Untersuchungen Side Scan Sonar zur Ortung von evtl. Miesmuschelvorkommen, Ufersicherungsmaßnahme „Glameyer Stack“. - unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag von Bioconsult Schuchardt & Scholle GbR Bremen, 8 S. u. Anlagen.
- AQUA TECH-GEOPHYSIK, 2013: Geophysikalische Untersuchungen Side Scan Sonar zur Ortung von evtl. Miesmuschelvorkommen, Ufersicherungsmaßnahme „Glameyer Stack“. - unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag von Bioconsult Schuchardt & Scholle GbR Bremen, 8 S. u. Anlagen.
- AQUA TECH-GEOPHYSIK, 2015: Geophysikalische Untersuchungen Side Scan Sonar zur Ortung von evtl. Miesmuschelvorkommen, Ufersicherungsmaßnahme „Glameyer Stack“. - unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag von Bioconsult Schuchardt & Scholle GbR Bremen, 8 S. u. Anlagen.
- BFG, 1998: BfG-Ästuarmonitoring in Ems, Jade, Weser, Elbe. Kritische Übersicht über die Ergebnisse 1995-97. - Koblenz: 138 S.
- BIOCONSULT, 2007: Das Makrozoobenthos im Bereich Glameyer Stack in der Unterelbe 2007. - 25 S.
- BIOCONSULT, 2010: Erfassung von Miesmuschelvorkommen im Bereich Glameyer Stack. - 12 S.
- CWSS, 2002: Report of the second TMAP Blue Mussel WQorkshop Ameland, 8 - 10 April 2002, Draft Version (June 2002). - (Common Wadden Sea Secretariat Trilateral Monitoring and Assessment Group) 19 S.
- ESSINK, K., 1999: Ecological effects of dumping of dredged sediments; options for management. - Journal of Coastal Conversation 5: 69-80.
- ESSINK, K., P. TYDEMAN, F. DE KONING & H. L. KLEEF, 1989: On the adaptation of the mussel *Mytilus edulis* L. to different suspended matter concentrations. In: Klekowski, R. Z., Styczynska, E. & L. Falkowski (Hrsg.): Proc. 21th European Marine Biological Symposium, Gdansk 1986, Polish Acad. Of Sci. - 41-51 S.
- EUROPEAN COMMISSION, 2013: Interpretation Manual of European Union Habitats. - 144 S.
- JONES, C. G., J. H. LAWTON & M. SHACHAK, 1994: Organisms as ecosystem engineers. - Oikos 69: 373-386.
- KALBERLAH, O., 2007: Erfassung der Benthosorganismen im Planungsbereich Liegeplatz 8 Grodener Hafen. Ökologisches Gutachten Kalberlah-Bodenbiologie. - 67 S.
- KALBERLAH, O., 2009: Fachgutachten Erfassung der Benthosorganismen im Planungsbereich östliche Erweiterung Offshore Basishafen / Cuxhaven. - 67 S.

- NEHLS, G., S. WITTE, H. BÜTTGER, N. DANKERS, J. JANSEN, G. MILLAT, M. HERLYN, A. MARKERT, P. S. KRISTENSEN, M. RUTH, C. BUSCHBAUM & A. WEHRMANN, 2009: Beds of blue mussels and pacific oysters. Thematic report No. 11. In: Marencic, H. & de Vlas, J. (Hrsg.): Quality Status Report 2009. Wadden Sea Ecosystem No. 25. Common Wadden Sea Secretariat, Trilateral Monitoring and Assessment Group, Wilhelmshaven, Germany. -
- NLWKN, 2011: Vollzugshinweise zum Schutz der FFH-Lebensraumtypen sowie weiterer Biotoptypen mit landesweiter Bedeutung in Niedersachsen. - FFH-Lebensraumtypen und Biotoptypen mit Priorität für Erhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen - Riffe. - Niedersächsische Strategie zum Arten- und Biotopschutz, Hannover. - 12 S.
- RACHOR, E., R. BÖNSCH, K. BOOS, F. GOSSELCK, M. GROTJAHN, C.-P. GÜNTHER, M. GUSKY, L. GUTOW, W. HEIBER, P. JANTSCHIK, H.-J. KRIEG, R. KRONE, P. NEHMER, K. REICHERT, H. REISS, A. SCHRÖDER, J. WITT & M. L. ZETTLER, 2013: Rote Liste und Artenlisten der bodenlebenden wirbellosen Meerestiere - 4. Fassung, Stand Dezember 2007, einzelne Aktualisierungen bis 2012. - Naturschutz und Biologische Vielfalt 70 (2): 81-176.
- UVU-MATERIALBAND VII, 1997: UVU zur Anpassung der Fahrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffahrt - Tiere und Pflanzen - Aquatische Lebensgemeinschaften. - im Auftrag der WSV Kiel, WSA Hamburg, Amt Strom- und Hafenbau; Hamburg, Planungsgruppe Ökologie und Umwelt Nord, Hamburg. Inst. f. Hydrobiol. u. Fisch.wiss. d. Univ. Hamburg und Krieg, HUuG Tangstedt: 567 S.
- WIDDOWS, J., P. FIETH & C. M. WORRAL, 1979: Relationship between seston, available food and feeding activity in the common mussel *Mytilus edulis*. - Marine Biology 50: 195-207.

## Anhang

Tab. 11: Ergebnisse der SIMPER-Analyse für die vier Hauptcluster aus der presence-absence-Analyse der Begleitfauna aus den Dredgehols von 2010 - 2014 unter Berücksichtigung von Arten, die kumulativ zu 50 % zu den Unterschieden zwischen den Clustern beigetragen haben.

Group e & b						
Average dissimilarity = 74,23						
	Group e	Group b				
Species	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Einhornia crustulenta</i>	0	0,82	7,62	1,72	10,27	10,27
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	0,82	7,16	1,84	9,65	19,92
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	0	0,82	7,16	1,84	9,65	29,57
<i>Carcinus maenas</i>	0,45	0,73	5,39	0,93	7,26	36,83
<i>Eriocheir sinensis</i>	0,18	0,45	5,03	0,85	6,78	43,61
<i>Agonus cataphractus</i>	0,27	0,45	4,56	0,87	6,14	49,75
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,45	0	4,43	0,84	5,97	55,72
Group e & c						
Average dissimilarity = 85,55						
	Group e	Group c				
Species	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	1	12,85	2,62	15,02	15,02
<i>Einhornia crustulenta</i>	0	1	12,85	2,62	15,02	30,04
<i>Crangon crangon</i>	0,91	0,33	8,92	1,18	10,43	40,47
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,45	0,67	6,58	0,89	7,69	48,16
<i>Syngnathus rostellatus</i>	0,18	0,33	5,11	0,74	5,97	54,13
Groups b & c						
Average dissimilarity = 68,04						
	Group b	Group c				
Species	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	0,82	0	6,47	1,87	9,51	9,51
<i>Carcinus maenas</i>	0,73	0	6,27	1,41	9,21	18,72
<i>Crangon crangon</i>	0,91	0,33	5,97	1,21	8,77	27,49
<i>Osmerus eperlanus</i>	0	0,67	5,56	1,24	8,17	35,66
<i>Eriocheir sinensis</i>	0,45	0	4,48	0,85	6,59	42,25
<i>Agonus cataphractus</i>	0,45	0	3,87	0,84	5,69	47,95
<i>Syngnathus rostellatus</i>	0,18	0,33	3,45	0,76	5,07	53,02
Groups e & d						
Average dissimilarity = 83,23						
	Group e	Group d				
Species	Av. Abund	Av. Abund	Av. Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Gammarus salinus</i>	0	0,9	7,34	1,91	8,83	8,83
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	0	0,8	6,39	1,49	7,67	16,5
<i>Gammarus zaddachi</i>	0	0,6	4,81	1,05	5,78	22,28
<i>Neomysis integer</i>	0	0,6	4,55	1,02	5,46	27,74
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	0,6	4,52	1	5,43	33,18
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,45	0,5	4,22	0,88	5,07	38,24
<i>Carcinus maenas</i>	0,45	0,2	3,4	0,89	4,09	42,33
<i>Liparis montagui</i>	0,45	0	3,38	0,83	4,07	46,39
<i>Crangon crangon</i>	0,91	0,7	3,03	0,66	3,64	50,03

Fortsetzung von Tab. 11

Groups b & d						
Average dissimilarity = 71,86						
	Group b	Group d				
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Gammarus salinus</i>	0	0,9	5,56	2,15	7,73	7,73
<i>Einhornia crustulenta</i>	0,82	0,1	4,68	1,49	6,51	14,24
<i>Carcinus maenas</i>	0,73	0,2	4,22	1,19	5,87	20,11
<i>Gammarus zaddachi</i>	0	0,6	3,65	1,1	5,08	25,19
<i>Neomysis integer</i>	0,09	0,6	3,42	1,04	4,76	29,96
<i>Osmerus eperlanus</i>	0	0,5	3,26	0,93	4,53	34,49
<i>Eriocheir sinensis</i>	0,45	0,1	3,17	0,86	4,42	38,91
<i>Agonus cataphractus</i>	0,45	0,3	2,99	0,88	4,17	43,07
<i>Amphibalanus improvisus</i>	0,82	0,6	2,98	0,84	4,14	47,21
<i>Obelia</i> spp.	0,45	0,1	2,66	0,87	3,71	50,92
Groups c & d						
Average dissimilarity = 79,08						
	Group c	Group d				
Species	Av.Abund	Av.Abund	Av.Diss	Diss/SD	Contrib%	Cum.%
<i>Einhornia crustulenta</i>	1	0,1	6,84	1,99	8,65	8,65
<i>Gammarus salinus</i>	0	0,9	6,63	2,01	8,38	17,03
<i>Hartlaubella gelatinosa</i>	0	0,8	5,77	1,54	7,3	24,33
<i>Crangon crangon</i>	0,33	0,7	4,44	0,99	5,62	29,95
<i>Gammarus zaddachi</i>	0	0,6	4,35	1,06	5,5	35,45
<i>Neomysis integer</i>	0,33	0,6	3,91	0,95	4,95	40,39
<i>Osmerus eperlanus</i>	0,67	0,5	3,75	0,88	4,74	45,14
<i>Amphibalanus improvisus</i>	1	0,6	3,47	0,78	4,39	49,53

# Geophysikalische Untersuchungen

## Side Scan Sonar

## Zur Ortung von evtl. Miesmuschelvorkommen

# **Ufersicherungsmaßnahme „Glameyer Stack“**

Untersuchungszeitraum: 11. – 12. September 2014

Bearbeiter: Dipl.-Geophys. Peter Rüdinger

## 1. Allgemeines und Untersuchungsgebiet

In der Zeit vom 11. bis 12. September 2014 wurden im Rahmen der Ufersicherungsmaßnahme Glameyer Stack zum vierten Mal Side Scan Sonar-Untersuchungen zur Erkundung eventueller Miesmuschel- und Hartsubstratvorkommen in der Elbe bei Cuxhaven zwischen Kilometer 713 und 723 durchgeführt.

Die folgende Abb.1 zeigt die Lage des Untersuchungsgebietes (lila).

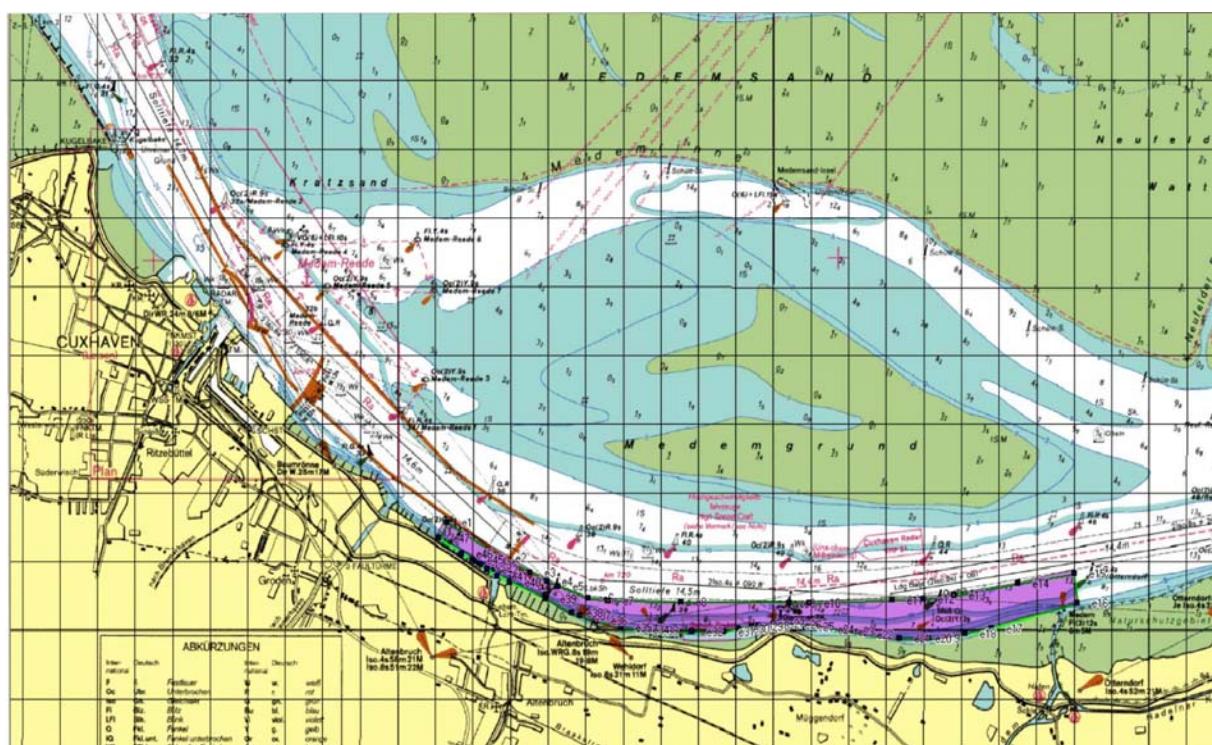
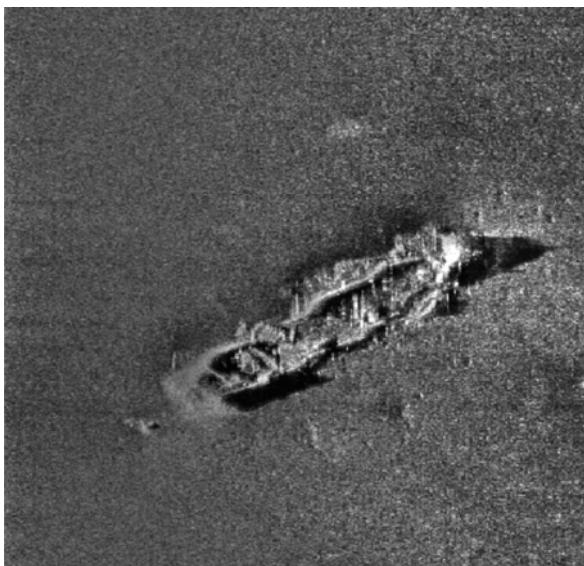


Abb.1 Lage des Untersuchungsgebietes  
(Ausschnitt Seekarte, mit freundlicher Genehmigung des BSH)

## 2. Methode

Bei Side Scan Untersuchungen handelt es sich um ein akustisches Verfahren, bei dem mechanische Wellen im Ultraschallbereich von ca. 100 kHz bis ca. 900 kHz ausgesandt werden. Die am Seeboden reflektierten Wellen sowie deren Laufzeit werden registriert, und es kann mit Hilfe eines Computers ein mathematisch berechnetes Bild erzeugt werden, welches qualitativ fast an Videoaufnahmen erinnert.



Die Abb.2 zeigt ein Schiffswrack in ca. 30m Tiefe. Diese Aufnahme entstand bei anderen von uns in der Deutschen Bucht durchgeführten Messungen.

Abb. 2 Schiffswrack, aufgenommen mit Seitensichtsonar

Der Schallgeber und der dazugehörige Empfänger befinden sich in einem torpedoförmigen „Towfish“ (Abb.3). Die Empfangssignale werden dort bereits digitalisiert und über das „Zug-Kabel“ der Registriereinheit zur weiteren Bearbeitung übergeben.



Abb. 3 Towfish „Klein 3900“

Die Schallwellen werden fächerförmig abgestrahlt und die Reflexionen dort auch wieder empfangen. Daher röhrt der Name Side Scan Sonar oder Seitensichtsonar.

Durch das Schleppen des „Fish´s“ mit einer möglichst konstanten Geschwindigkeit mit bis zu 4 Knoten entsteht ein kontinuierliches Bild des Untergrundes in Form von Streifen zu beiden Seiten des gefahrenen Profils. Die Bildbreite hängt zum einen von geometrischen Faktoren, wie Sensorhöhe über Grund, der Untergrundtopographie etc. und zum anderen von den Reflexionseigenschaften des Untergrundes ab.

Starke Reflexionen verursachen z.B. Grobsand, Kies oder Gestein, schwache hingegen oberflächlicher Sand oder bindiges Material (Silt, Ton etc.).

### **3. Durchführung der Messungen**

Die Messungen wurden mit einem „Klein 3900 System“ durchgeführt.

Der Towfish wurde unterhalb eines Katamarans montiert und hinter dem Schiff geschleppt.

Das Tow-Cable hatte eine Länge von bis zu 15m. Die Höhe über Grund variierte aufgrund der Tide und der unterschiedlichen Wassertiefen.

Der Abstand zwischen den Profilen betrug etwa 50m.

Der Range wurde den örtlichen Gegebenheiten angepasst und variierte zwischen 40 und 75m zu beiden Seiten (Bildbreite 80 – 150m). Die Frequenz betrug 500 kHz bei einer Schleppgeschwindigkeit von ca. 4 Knoten.

Die Positionsbestimmung erfolgte durch ein DGPS.

Die Profile überlappten sich, sodass das Untersuchungsgebiet flächig erfasst wurde.

### **4. Auswertung**

Bei Seitensichtsonar-Untersuchungen kann, wie bei allen geophysikalischen Verfahren, nicht direkt auf ein bestimmtes Material geschlossen werden. Gemessen werden physikalische Parameter. Jedoch kann aufgrund der unterschiedlichen Reflektivität deutlich

zwischen Hartstrukturen (starke Reflexionen - dunkel) und z.B. Feinsand / Schlick (schwache Reflexionen – hell) unterschieden werden.

Bei der Betrachtung der einzelnen Spuren können durch beliebige Vergrößerungen auf dem Monitor Details ausgewertet werden.

Es wurde ein Mosaik erzeugt, in dem alle vermessenen Profile georeferenziert dargestellt wurden.

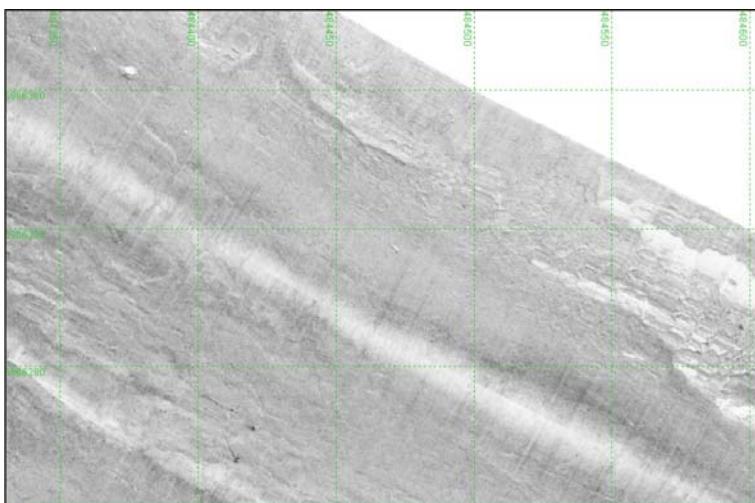
Im erzeugten Mosaik könnten aufgrund des Verhältnisses der Profillängen von bis zu 10 km bei einer vermessenen Breite von bis zu 150m selbst in einem Großplot (DIN A0) nicht alle Details erkannt werden. Es wurden daher nur einige repräsentative Ausschnitte vergrößert dargestellt (Ausschnitt 1 - 6).

Bei der Auswertung wurden alle Spuren einzeln am Monitor stark vergrößert betrachtet und auf grobe Sedimentanteile wie Grobsand, Kies, Steine, etc. untersucht.

Die Hartsubstratbereiche wurden auskartiert und in einer Interpretationskarte – Anlage 1 dargestellt.

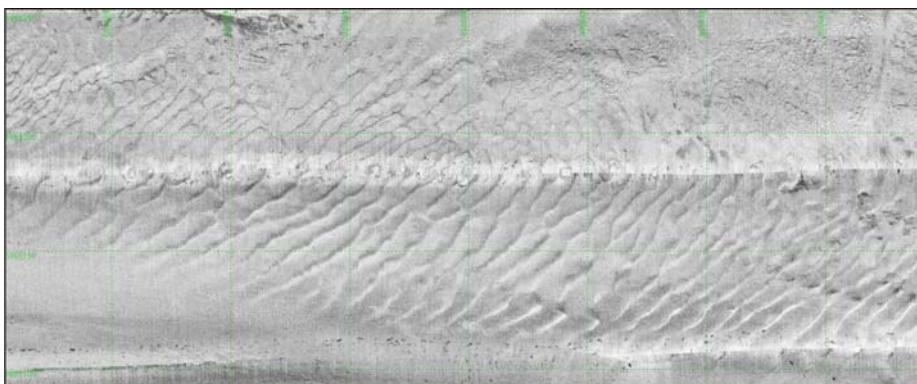
## 5. Ergebnisse

In weiten Teilen des Untersuchungsgebiets wurden zumeist lediglich schwache Reflexionen angetroffen. Es handelt sich hierbei um eine Feinsandoberfläche mit evtl. schluffigen Anteilen.

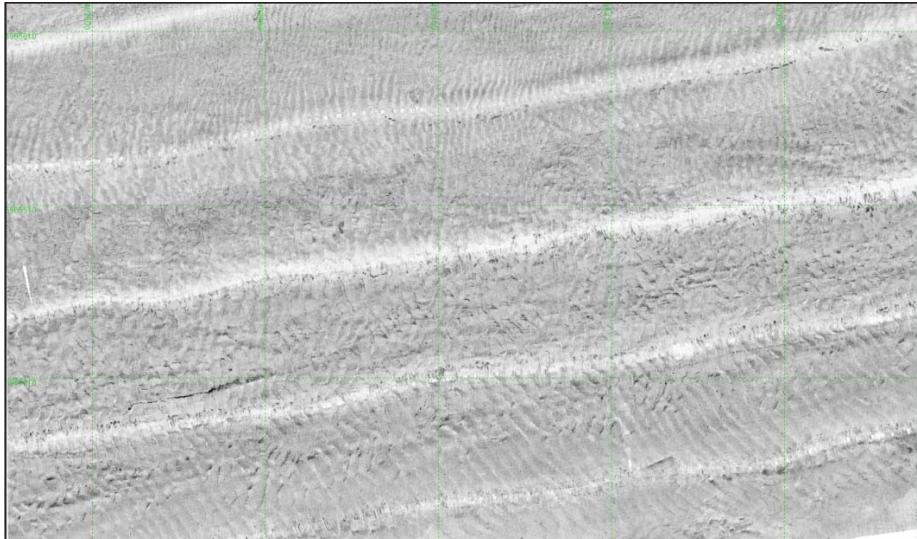


## Ausschnitt 1 – Feinsand im Westen des Untersuchungsgebietes

In den Bereichen höherer Strömung wurden große Bereiche mit ausgeprägten Rippelstrukturen beobachtet (Ausschnitt 3 und 5).



Ausschnitt 3 – Rippelstrukturen östlich des Glameyer Stacks



Ausschnitt 5 – Rippelstrukturen im Osten des Untersuchungsgebietes

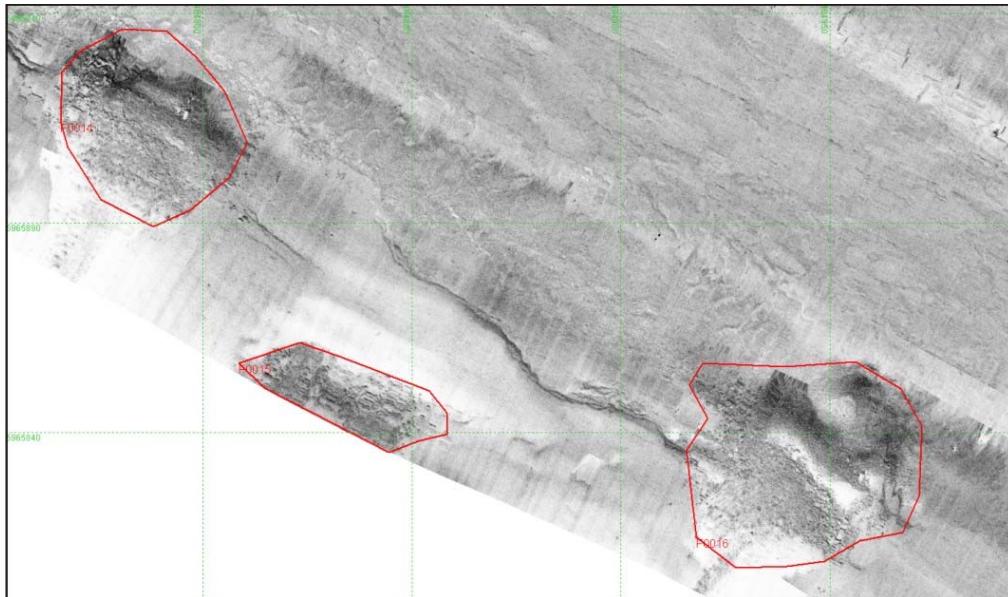
Im Westen des Untersuchungsgebietes (stromabwärts) wurden in Richtung Ufer zahlreiche zum Teil sehr scharf abgegrenzte Bereiche mit stärkeren Reflexionen angetroffen. Es handelt sich hierbei meist um Steinschüttungen der neuen und alten Buhnen (Ausschnitt 2 und 4).

Side Scan Sonar Untersuchungen  
**Ufersicherungsmaßnahme Glameyer Stack**

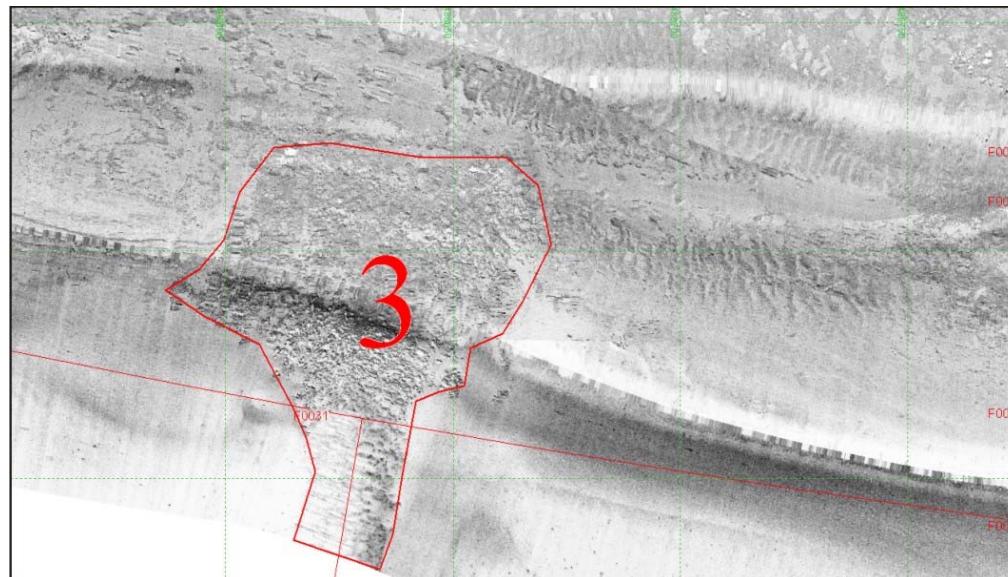
Untersuchungszeitraum: September 2014

Auftraggeber : Bioconsult Schuchardt & Scholle GbR

**AQUA TECH**  
GEOPHYSIK

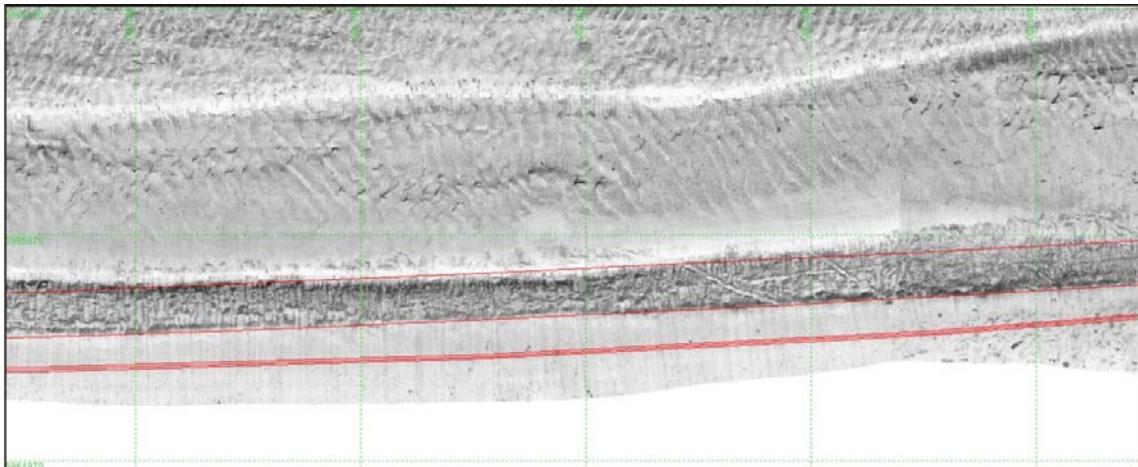


Ausschnitt 2 – Steinschüttungen im Westen des Messgebietes



Ausschnitt 4 – Steinschüttung im Bereich der neuen Buhne Nr. 3 (rote Ziffer 3)

Im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes wurden im Uferbereich auf einer Länge von etwa 2,3km markante Reflexionen beobachtet, welche durch die Randeinfassung aus einem Korngemisch hervorgerufen wurden. Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt dieses Bereiches.



Ausschnitt 6 – Randeinfassung aus einem Korngemisch

## 6. Zusammenfassung

Im Vergleich zu den Side Scan Sonar-Untersuchungen von 2012 ergaben sich im Gesamtbild keine signifikanten Änderungen.

- Stromabwärts häufen sich hauptsächlich in Ufernähe Bereiche starker scharf abgegrenzter Reflexionen. Es handelt sich dabei meist um Steinschüttungen der neuen und alten Buhnenbauwerke.
- Gröbere Sedimente (Grobsand, Kies) wurden lediglich stromabwärts im Westen des Untersuchungsgebietes beobachtet.
- Der Feinsand ist durch Strömungsrippeln mit großen Wellenlängen von bis zu 5m geprägt.
- Stromaufwärts wurden keine stärkeren Reflexionen angetroffen, die auf große Miesmuschelvorkommen, gröbere Sedimente oder Hartsubstrate hinweisen.

Die Korrelation mit den Greiferproben zeigte nur teilweise Übereinstimmung in Bezug auf das Antreffen von Miesmuscheln und das Vorhandensein von Hartsubstraten.

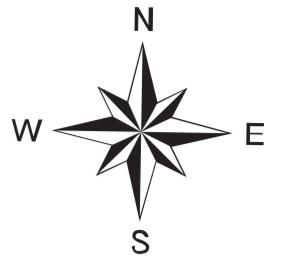
Einige Miesmuschelvorkommen wurden im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets ermittelt, wo das SSS lediglich schwächere Reflexionen (Feinsand / schlickigen Feinsand) registrierte.

Da ein Side Scan Sonar keine Eindringung in den Untergrund besitzt, sondern lediglich die Reflexionen an der Oberfläche registriert, ist es denkbar, dass die vorgefundenen Muscheln aufgrund der teilweise großen Strömung temporär von Sanden überdeckt sind.

Falkensee, 31.08.15

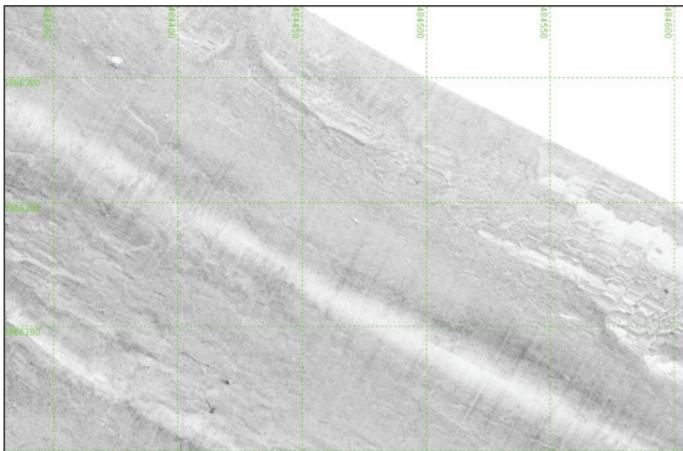


Peter Rüdinger (Dipl.Geophys.)

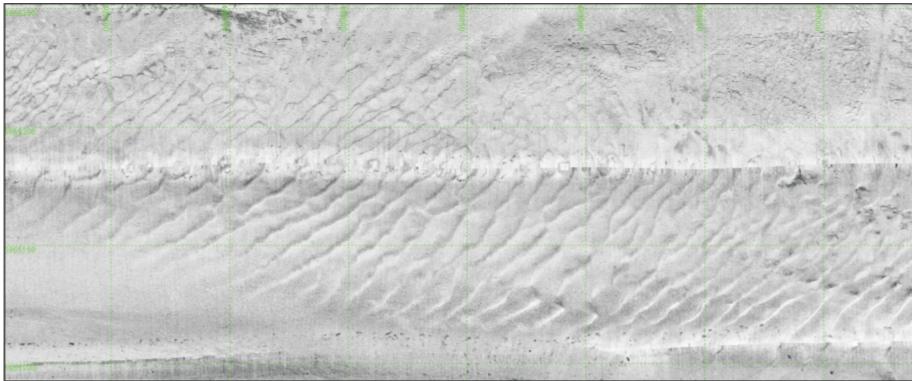


## Seitensichtsonar - Untersuchungen Elbe - Glameyer Stack - 2014

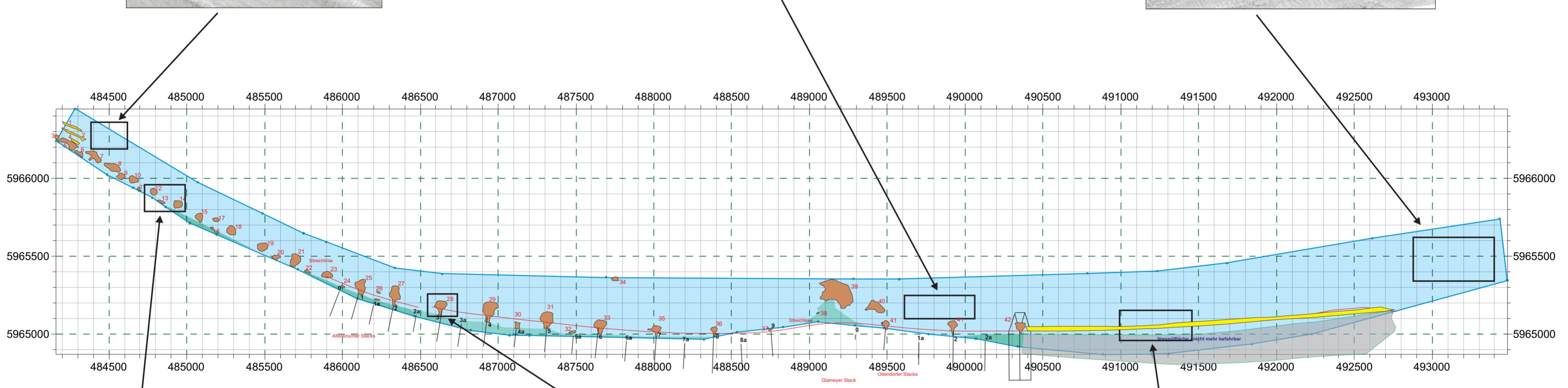
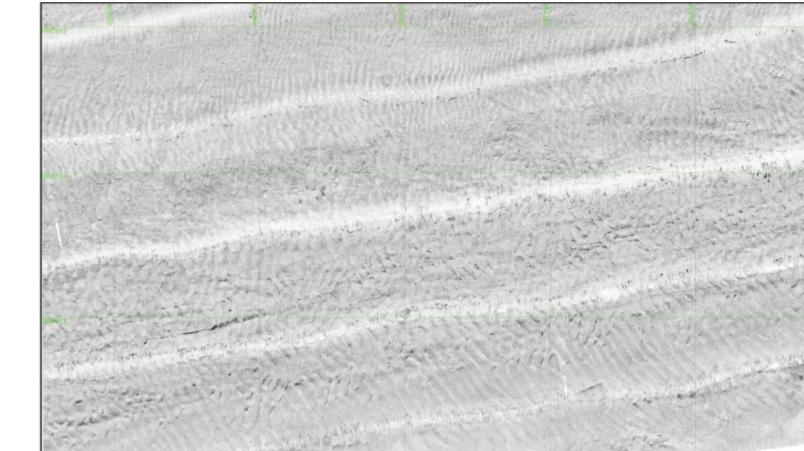
Ausschnitt 1



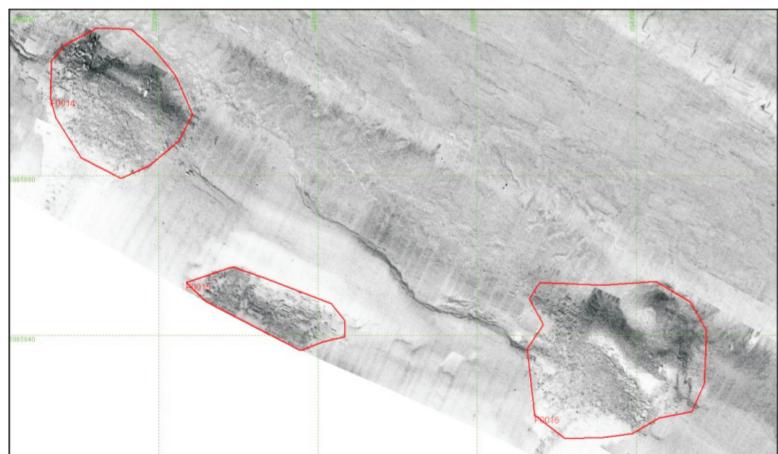
Ausschnitt 3



Ausschnitt 5



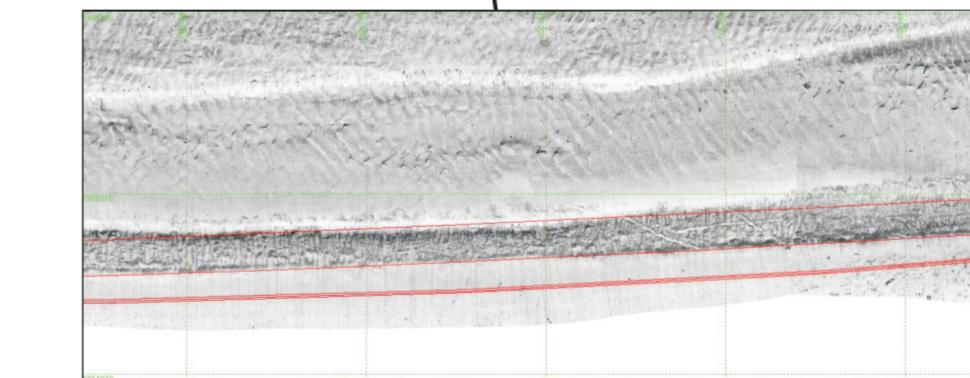
Ausschnitt 2



Ausschnitt 4



Ausschnitt 6



Auftraggeber : Bio Consult Schuchardt & Scholle GbR

Projekt: Seitensichtsonar - Untersuchungen  
UWA Glameyer Stack

**AQUA TECH**  
GEOPHYSIK

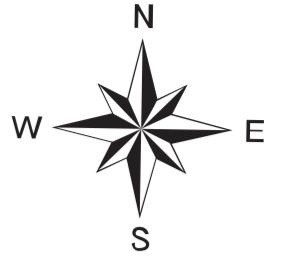
Karl – Liebknecht – Str. 64  
14612 Falkensee  
Tel.: 03322 / 207 223

Untersuchungszeitraum:  
11.09. - 12.09. 2014

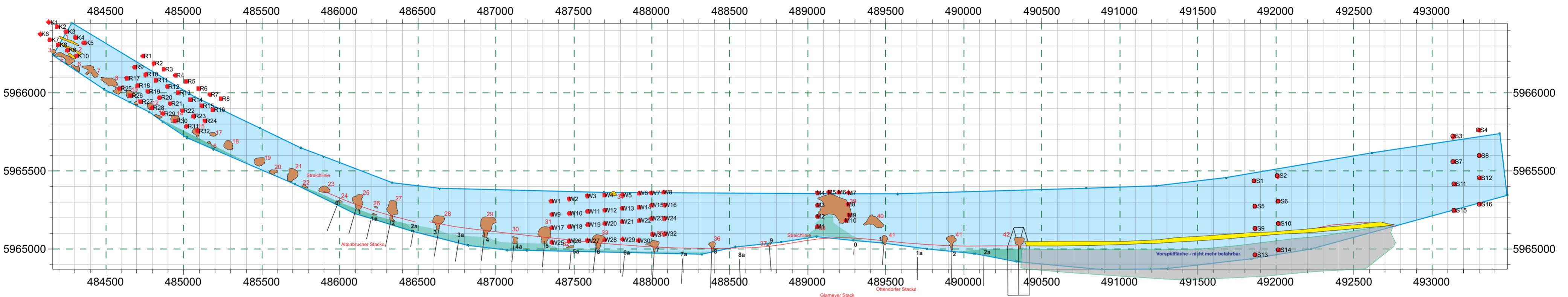
Bearbeiter :  
Peter Rüdinger  
(Dipl. Geophysiker)

Datum :  
31.08.15  
UTM Zone 32  
WGS 84

Anlage 1  
Ergebnisse  
Seitensichtsonar



# Seitensichtsonar - Untersuchungen Elbe - Glameyer Stack - 2014



- Muschel-Beprobung
  - Mittel- bis Grobsand
  - Steine / Schüttung
  - nicht befahrbar
  - Vorspülfläche, nicht mehr befahrbar
  - Rand einfassung aus einem Korngemisch

Auftraggeber : Bio Consult Schuchardt & Scholle GbR	
Projekt: Seitensichtsonar - Untersuchungen UWA Glameyer Stack	
 <p> <b>AQUA TECH</b>          GEOPHYSIK       </p> <p>         Karl – Liebknecht – Str. 64          14612 Falkensee          Tel.: 03322 / 207 223       </p>	<p>Untersuchungszeitraum: 11.09. - 12.09. 2014</p> <p>Bearbeiter : Peter Rüdinger (Dipl. Geophysiker)</p> <p>UTM Zone 32 WGS 84</p> <p>Anlage 2 Ergebnisse Seitensichtsonar</p>