

Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet Tideelbe

Endbericht - Ergebnisse 2015



Hamburg, Januar 2016

Auftraggeber:
Wasser- und Schifffahrtsamt
Hamburg

Auftragnehmerin:
Dipl.-Biol. Gabriele Stiller
Biologische Kartierungen und Gutachten, Hamburg

Untersuchungen zur Überwachung von
Veränderungen der Makrophytenbestände
unter besonderer Berücksichtigung der Salinität
im Bearbeitungsgebiet Tideelbe

Endbericht - Ergebnisse 2015

Auftraggeber:

Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg
Moorweidenstraße 14
20148 Hamburg

Auftragnehmerin:

Dipl.-Biol. Gabriele Stiller
Biologische Kartierungen und Gutachten
Jaguarstieg 6
22527 Hamburg

Tel.: (040) 40 18 80 95

Fax: (040) 40 18 80 96

e-Mail: Gabriele.Stiller@t-online.de

Hamburg, Januar 2016

Titelfoto

Probestelle TEL-MP-Sal-L2 – am Freiburger Außendeich bei Niedrigwasser im Sommer 2015

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Bearbeitungsgebiet und Probestellen	1
3	Geländeuntersuchungen und Bewertungsverfahren	2
4	Ergebnisse 2015 und Vergleich zu früheren Untersuchungen	2
4.1	Kurzdarstellung der Makrophytenbestände	2
4.2	Bewertung des ökologischen Zustands und Zuverlässigkeit der Ergebnisse	6
4.3	Vitalität und Stetigkeit ausgewählter Arten	10
4.4	Auswertung des Arteninventars unter Berücksichtigung von Artenanzahl und Vorkommen von Zeigerarten	13
5	Zusammenfassung	18
6	Literatur	19
6.1	Zitierte Literatur	19
6.2	Bestimmungsliteratur	20

Anhang

Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern (<i>Auszug</i>)	Tab. A1
Statistische Berechnungen	Tab. A2
Stammdaten	Tab. A3
Kartierprotokolle	TEL-MP-Sal-L1-L3 und R1-R3

Anlage CD

Endbericht inkl. Anhang	TEL-MP-Sal-2015
Fotodokumentation	TEL-MP-Sal-L1-L3 und R1-R3
Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern	Tab. A1
Statistische Berechnungen 2008-2015	Tab. A2
Stammdaten	Tab. A3
Kartierprotokolle	TEL-MP-Sal-L1-L3 und R1-R3

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Lage der sechs operativen Messstellen „Salinität“ innerhalb der 15 Messstellen aus dem Überblicksmonitoring im Bearbeitungsgebiet Tideelbe	1
Abb. 2:	Standorttypieindex (STI _{MT}) sowie ökologische Zustandsklassen (ÖZK) der sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Untersuchungszeitraum 2008 bis 2015 für die Qualitätskomponente Makrophyten im Bearbeitungsgebiet Tideelbe	6
Abb. 3:	Mittelwerte für den Standorttypieindex Makrophyten für die sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ im Zeitraum 2008-2015 mit Angabe des 95 %-Vertrauensbereichs	8
Abb. 4:	Gesamtartenzahl der Qualitätskomponente Makrophyten an den sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015	13
Abb. 5:	Gesamtartenzahl und Anteil der Süßwasserarten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S=4-6) und Salzpflanzen (S=7-9) an den sechs operativen Messstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015	14
Abb. 6:	Pflanzenmenge und Anteil der Süßwasserarten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S= 4-6) und Salzpflanzen (S=7-9) an den sechs operativen Messstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015	15
Abb. 7:	Mittlere ungewichtete (oben) und gewichtete (unten) Salzzahl für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015 im Vergleich - Sortierung der Messstellen nach Strom-km in Fließrichtung	16
Abb. 8:	Entwicklung der mittleren gewichteten Salzzahl für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen im Verlauf der acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015	17

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Aktualisierung der Beschreibungen der Makrophytenbestände an den sechs Monitoringstellen „Salinität“ im Hinblick auf stattgefundene Veränderungen im Untersuchungszeitraum 2008-2015	3-5
Tab. 2:	Vorkommen, Pflanzenmenge und Vitalität zweier ausgewählter Süßwasserarten (Salzzahl S = 0) an den sechs Monitoringstellen „Salinität“	10
Tab. 3:	Pflanzenarten und Pflanzenmengen (Legende vgl. Tab. 2) der Taxa an den sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe für das Jahr 2015 sowie Angabe der Stetigkeit über den Monitoringzeitraum 2008-2015	11

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Vor dem Hintergrund einer mit der beantragten Fahrrinnenanpassung der Tideelbe prognostizierten möglichen Verschiebung der oberen Brackwassergrenze (Projektbüro Fahrrinnenanpassung 2007) findet seit 2008 ein Monitoring der Makrophytenbestände unter Berücksichtigung der **Salinitätsverhältnisse** im Bearbeitungsgebiet Tideelbe statt.

Grundlage des Monitorings bildet das in 2008 erarbeitete und 2009 erprobte Untersuchungskonzept (STILLER 2009a-b), bei dem das aus dem EG-Wasserrahmenrichtlinien-Monitoring (WRRL) für die Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen bestehende Messstellennetz im Bereich des Übergangsgewässers unterhalb von Glückstadt um sechs Untersuchungsstellen erweitert wurde. Hiernach wurden die Makrophytenbestände der sechs Monitoringstellen im Jahr 2015 erneut untersucht, nach WRRL bewertet und auf das Vorkommen von **Zeigerarten** hin ausgewertet. Darüber hinaus erfolgt ein Vergleich der Daten mit den Ergebnissen der bereits vorliegenden Untersuchungen aus den Jahren 2008-2014 (STILLER 2009a-b, 2010, 2011a, 2013a, 2014, 2015).

Mit der Aufnahme dieses Monitorings in den Planfeststellungsbeschluss zur Fahrrinnenanpassung im Jahr 2013 hat das Wasser- und Schifffahrtsamt, Hamburg, als Träger des Vorhabens (TdV) die Auftragsvergabe übernommen. Im Jahr 2015 wurde Dipl.-Biol. Gabriele Stiller, Hamburg, mit der Durchführung der Arbeiten beauftragt.

2 Bearbeitungsgebiet und Probestellen

Die Messstellen zur Überwachung von Vegetationsveränderungen in der Tideelbe liegen in dem für die Vegetation entscheidenden Abschnitt im Oberflächenwasserkörper Übergangsgewässer unterhalb von Glückstadt (Abb. 1), da hier mögliche Auswirkungen der prognostizierten **Erhöhung der Salzgehalte** auf die überwiegend ufernahe Vegetation in einem angemessenen Zeitraum am ehesten zu beobachten sind.

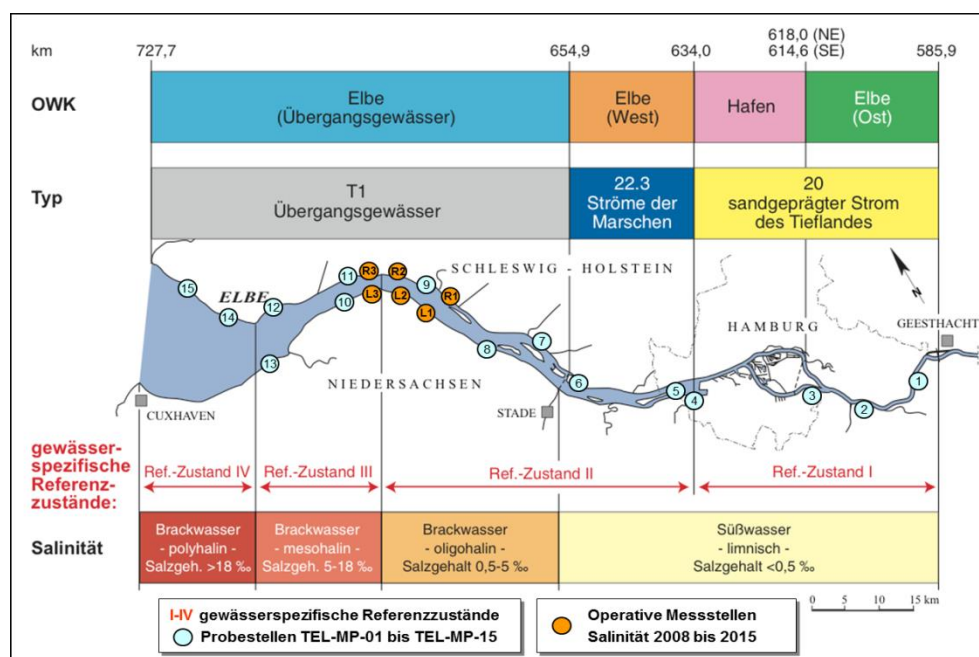


Abb. 1: Lage der sechs operativen Messstellen „Salinität“ innerhalb der 15 Messstellen aus dem WRRL-Überblicksmonitoring im Bearbeitungsgebiet Tideelbe (STILLER 2008, 2009a)

3 Geländeuntersuchungen und Bewertungsverfahren

Eine detaillierte Beschreibung der Durchführung der Geländearbeiten sowie die zur Bewertung notwendigen Formeln und Tabellen können der „Verfahrensanleitung zur Bewertung der Qualitätskomponente Makrophyten in Tidegewässern Nordwestdeutschlands gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie“, dem sog. BMT-Verfahren, entnommen werden (STILLER 2011b).

Die **Erfassung der Vegetation** an den sechs Probestellen erfolgte entsprechend den Vorgaben in der o. g. Verfahrensanleitung. Hiernach wurde die Kartierung der sechs festgelegten Probestellen je 1x im Frühjahr und zur Hauptvegetationsperiode durchgeführt. Neben der Artenzusammensetzung und Pflanzenmenge wurden die Zusatzkriterien zur Besiedlungsstruktur (Ausdehnung, Vegetationszonierung und Vitalität) durch Abschnitts- und Transektkartierungen im Gelände erfasst. Außerdem wurden relevante Standortfaktoren gemäß dem vorliegenden Kartierprotokoll für alle Probestellen erhoben. Sämtliche Details zu Artenzusammensetzung, Besiedlungsstruktur und Standortparametern der Untersuchungen aus 2015 sind in den Kartierprotokollen sowie in Tabelle A3 im Anhang dokumentiert. Vergleiche auch Fotodokumentation auf CD.

Die im Gelände erhobenen Makrophytendaten wurden mit der vorliegenden **Bewertungsmatrix** unter Berücksichtigung der in der Verfahrensanleitung genannten Kriterien ausgewertet, die Ergebnisse den Bewertungsstufen der Klassifizierungsskala zugeordnet und die einzelnen Probestellen gemäß WRRL bewertet (vgl. Tab. A1 im Anh. sowie auf CD).

4 Ergebnisse 2015 und Vergleich zu früheren Untersuchungen

Wie im Monitoringprogramm vorgegeben wurden die in 2015 erhobenen Daten im Hinblick auf die folgenden zu überwachenden Parameter ausgewertet: ökologischer Zustand gemäß WRRL, Vitalität und Stetigkeit ausgewählter Arten sowie Artenspektrum inkl. Artenanzahl und Zeigerarten.

Die Ergebnisse dieser Auswertungen werden nachfolgend analog zu den Vorjahren vorgestellt und mit denen aus den Jahren 2008 bis 2014 verglichen. Darüber hinaus erfolgt zunächst eine kurze Aktualisierung der Beschreibung der Makrophytenbestände der sechs Monitoringstandorte.

4.1 Kurzdarstellung der Makrophytenbestände

Zu Beginn des Monitorings in den Jahren 2008 und 2009 waren die Makrophytenbestände sowie die Standortverhältnisse der sechs Probestellen in kurzen Steckbriefen näher beschrieben worden (STILLER 2009a-b). Diese Beschreibungen sollen nachfolgend aufgrund der fortgeschrittenen Zeit kurz aktualisiert werden (Tab. 1), um die teils stattgefundenen Veränderungen auch textlich darzustellen.

Sämtliche Details zu Artenzusammensetzung, Besiedlungsstruktur und Standortparametern der Untersuchung im Jahr 2015 sind in den Kartierprotokollen sowie in Tabelle A3 im Anhang dokumentiert.

Tab. 1: Aktualisierung der Beschreibungen der Makrophytenbestände (STILLER 2009a-b) an den sechs Monitoringstellen „Salinität“ im Hinblick auf stattgefundenen Veränderungen im Untersuchungszeitraum 2008-2015

TEL-MP-Sal-L1 - Hamelwörden	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 678,3)
	
Der ca. 35 m breite Schilf-Bestand (<i>Phragmites australis</i>) einschließlich seiner Begleitarten ist seit Beginn der Untersuchungen stabil und zeigt 2015 erste minimale wasserseitige Ausbreitungstendenzen. Seit 2010 bedecken Algen-Polster (<i>Vaucheria</i> spp.) mosaikartig das vorgelagerte Watt und sorgen so für dessen Verfestigung und damit die Möglichkeit der Ansiedlung von Makrophyten. So sind hier zwischenzeitig Strandsimsen-Keimlinge (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) und Wasserstern-Polster (<i>Callitriche stagnalis</i>) aufgetreten, die jedoch in 2015 - ohne augenscheinlich sichtbaren Grund - wieder fast vollständig ausgeblieben sind. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist nach wie vor üppig und sehr vital ausgebildet (Foto rechts). Sporadisch konnten vereinzelte Brackwasserarten (<i>Cotula coronopifolia</i>) und/oder Salzpflanzen (<i>Aster tripolium</i>) im Bestand nachgewiesen werden.	
TEL-MP-Sal-L2 - Freiburger Außendeich	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 684,4)
	
Der Makrophytenbestand setzte sich hier in 2008 aus einer 20 m breiten, wasserseitig siedelnden Strandsimsen-Zone (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) und einer uferwärts anschließenden ebenfalls 20 m breiten Schilf-Zone (<i>Phragmites australis</i>) zusammen. Im Monitoringzeitraum ist der Schilf-Bestand sowohl von den Seiten her als auch vom Ufer her in die Strandsimse vorgerückt und hat sich so auf Kosten der Strandsimse auf gut 30 m verbreitert. Die Strandsimse wurde nicht nur vom Ufer her überwachsen, sondern gleichzeitig wasserseitig übersandet, wie die abgestorbenen Rhizome zeigen, so dass ihr Bestand nur noch eine Breite von ca. 6 m aufweist. Während sich die Ausdehnung der einzelnen Zonen stark verschoben hat, ist die Gesamtausdehnung des Makrophytenbestandes nur geringfügig zurückgegangen. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist weiterhin mäßig entwickelt mit wenigen blühenden und fruchtenden Exemplaren (Foto rechts). Im Untersuchungszeitraum kamen sowohl Brackwasserarten als auch Salzpflanzen (<i>Aster tripolium</i>) vereinzelt im Bestand vor.	

Tab. 1: Fortsetzung

TEL-MP-Sal-L3 - Schöneworther Außendeich	Übergangsgewässer T1 - mesohalin / (km 687,4)
	
Der Standort wurde 2008 von einem ca. 40 m breiten Makrophytenstreifen aus je einem 20 m Schilf- (<i>Phragmites australis</i>) und Strandsimsen-Bestand (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) besiedelt. Im Verlauf des Monitorings ist es zur uferwärtigen Auflandung und damit zur wasserseitigen Verlagerung der MThw-Linie innerhalb des Schilfbestands gekommen. Gleichzeitig ist das Schilf wasserseitig in den Strandsimsen-Bestand vorgedrungen, so dass es kaum an Ausdehnung eingebüßt hat. Die Strandsimsen-Zone ist dagegen schmaler geworden (ca. 14 m). Auch weist der Strandsimsen-Bestand wasserseitig Erosionsschäden und freigespülte Rhizomfelder auf. Da viele Begleitarten an der Grenze von Schilf zur Strandsimse wachsen, wurden/werden diese von Schilf überwachsen. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist dagegen weitgehend unverändert, d. h. mäßig entwickelt mit wenigen blühenden und fruchtenden Exemplaren. Im Untersuchungszeitraum traten sowohl Brackwasserarten als auch Salzpflanzen (<i>Aster tripolium</i>, <i>Cochlearia anglica</i>; Foto rechts) regelmäßig im Bestand auf.	
TEL-MP-Sal-R1 - unterhalb Glückstadt	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 676,2)
	
Der Makrophytenbestand wurde anfangs von einem knapp 40 m breiten Röhricht mit weitgehend typischer Zonierung aus Schilf (<i>Phragmites australis</i>), Strandsimse (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) und Teichsimsen (<i>Schoenoplectus</i> spp.) geprägt. Nach starkem Verbiss durch Wasservögel sowie Schafe, die bei Niedrigwasser den Bestand beweideten, war es 2011 zum Ausfall der wasserseitigen Vegetationsbestände gekommen und zur Verringerung der Ausdehnung auf nunmehr 20 m bei gleichzeitiger Durchmischung der dominanten Röhrichte. Im Jahr 2015 hatten sich die Makrophyten etwas erholt und es waren erstmals Ansätze der ehemaligen Strand- und Teichsimsen-Zonen erkennbar. - Durch den Verbiss war auch der Sumpf-Dotterblumen-Bestand (<i>Caltha palustris</i>) anfangs nur mäßig bis schlecht ausgebildet. Auch er hat sich in den letzten beiden Jahren sehr gut entwickelt (Foto rechts). Salzpflanzen traten hier bislang keine auf, maximal Brackwasserarten (<i>Cotula coronopifolia</i>) konnten vereinzelt festgestellt werden. - Die Verringerung der flächenhaften Ausdehnung der Makrophyten hatte 2011 zur Verschlechterung des Zustands gem. WRRL geführt (vgl. Kap. 4.2).	

Tab. 1: Fortsetzung

TEL-MP-Sal-R2 - Großarentsee	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 686,7)
	
Der gut 90 m breite Makrophytenbestand wies 2008 ein uferwärtiges Schilfröhricht (<i>Phragmites australis</i>) auf, dem wasserseitig ein Strandsimsen-Röhricht (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) und diesem eine nahezu geschlossene Salz-Teichsimsen-Zone (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>) vorgelagert waren. Im Verlauf des Monitorings zeigte der Standort uferwärts im Schilf- und Strandsimsen-Röhricht Auflandungstendenzen. Hierdurch ist es bislang nur zu leichten Verschiebungen der Zonen gekommen: In dem Maße in dem das Schilf wasserseitig in den Strandsimsen-Bestand vorgerückt ist, rückt nun auch die Strandsimse in den wasserseitigen Teichsimsen-Bestand vor. Während sich die Zonen verschieben, ist die Artenzusammensetzung sehr stabil. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist weiterhin extrem üppig und sehr vital ausgebildet (Foto rechts). Salzpflanzen konnten bislang nicht festgestellt werden. Lediglich Brackwasserarten (<i>Eleocharis uniglumis</i>) treten regelmäßig auf.	
TEL-MP-Sal-R3 - St. Margarethen (Ost)	Übergangsgewässer T1 - mesohalin / (km 689,5)
	
Der von Schilf (<i>Phragmites australis</i>) dominierte Röhrichtbestand siedelt oberhalb einer Steinschüttung und wies 2008 eine Breite von ca. 50 m auf. Der Standort ist im Lauf der Jahre uferwärts im Bereich der MThw-Linie zunehmend aufgelandet und unterliegt hier nicht mehr dem regelmäßigen Tideneinfluss. Der Bereich wird nun von Rohrglanzgras dominiert. Im Jahr 2014 wurde die MThw-Linie wasserseitig entsprechend verschoben, so dass der Makrophytenbestand nur noch eine Breite von 34 m aufweist. Die ohnehin wenigen wasserseitigen Begleitarten sind teils ausgefallen. - Dies betrifft jedoch nicht den Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>), der nach wie vor üppig und sehr vital ausgebildet ist (Foto rechts). Salzpflanzen traten hier bislang keine auf, maximal Brackwasserarten (<i>Eleocharis uniglumis</i>) konnten ganz vereinzelt festgestellt werden. - Die Verringerung der flächenhaften Ausdehnung der Makrophyten hatte 2014 zur Verschlechterung des Zustands gem. WRRL geführt (vgl. Kap. 4.2).	

4.2 Bewertung des ökologischen Zustands und Zuverlässigkeit der Ergebnisse

In der nachstehenden Abbildung 2 sind die Ergebnisse der Berechnung des Standorttypieindex-Makrophyten in Tidegewässern (STI_{MT}) und die hieraus resultierende Bewertung des ökologischen Zustands gemäß WRRL der sechs Probestellen für die Jahre 2008 bis 2015 dargestellt. Die Berechnungen des STI -Makrophyten finden sich in Tabelle A1 im Anhang und auf CD.

Hiernach zeigt sich, dass die Bewertungsergebnisse im Jahr 2015 für alle Probestellen identisch sind mit denen aus dem Jahr 2014. Somit hat es gegenüber dem Vorjahr keine bewertungsrelevanten Veränderungen der Makrophytenbestände gegeben.

Was den gesamten Monitoringzeitraum 2008-2015 anbelangt, so weisen vier der sechs Probestellen jeweils einen **mäßigen ökologischen Zustand** und damit gleiche Einstufungen auf. Dabei zeigen die drei Messstellen am linken Ufer (Sal-L1 bis Sal-L3) durchweg identische STI_{MT} -Werte über den betrachteten Zeitraum. Bei der mittleren Messstelle am rechten Ufer (Sal-R2) pendelte der STI_{MT} -Wert zunächst innerhalb der Klassengrenzen des mäßigen Zustands, ist jedoch seit 2011 gleichbleibend.

Über den 8-jährigen Monitoringzeitraum 2008-2015 hat es somit für vier der sechs Messstellen keine oder nur geringfügige Veränderungen der STI_{MT} -Werte innerhalb der Klassengrenzen des mäßigen Zustands gegeben. Ursache für die geringfügigen Änderungen in den STI_{MT} -Werten sind Verschiebungen in der **Artenzusammensetzung** der Makrophytenbestände, wobei es sich in erster Linie um natürliche interannuelle Schwankungen im Arteninventar handelt.

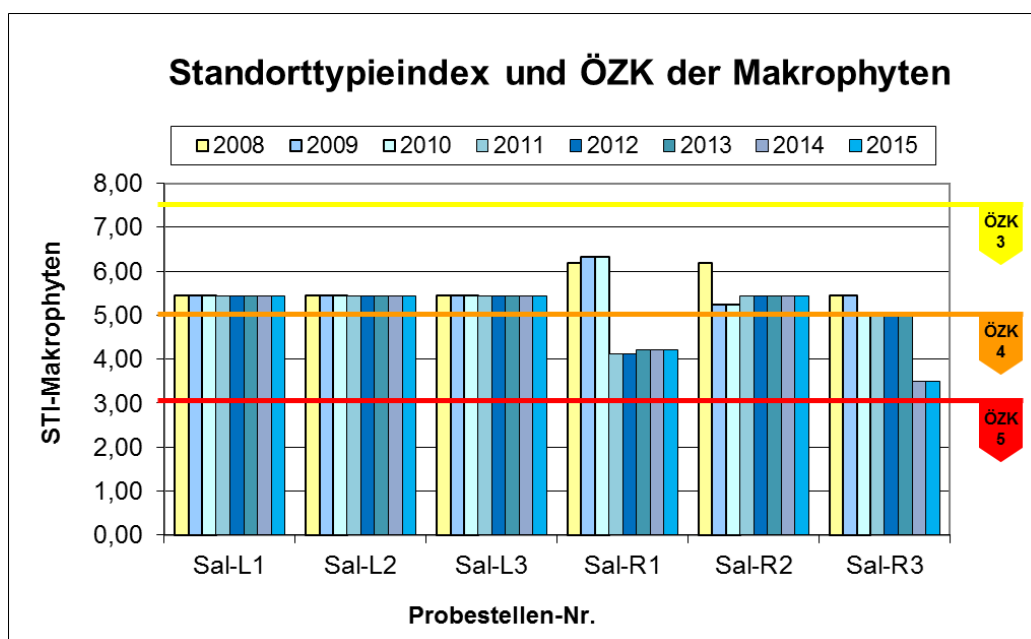


Abb. 2: Standorttypieindex (STI_{MT}) sowie ökologische Zustandsklassen (ÖZK) der sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Untersuchungszeitraum 2008 bis 2015 für die Qualitätskomponente Makrophyten im Bearbeitungsgebiet Tideelbe

Bewertungen gem. WRRL: ÖZK 1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = mäßig, 4 = unbefriedigend, 5 = schlecht

Im Gegensatz zu diesen geringfügigen Veränderungen in der Artenzusammensetzung hatten die Veränderungen der Besiedlungsstruktur an der Messstelle Sal-R1 im Jahr 2011

zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustands von „mäßig“ auf „**unbefriedigend**“ geführt (vgl. Tab. 1). Die Ursachen, die hier zur Verringerung der flächenhaften Ausdehnung und damit zur Veränderung der Besiedlungsstruktur geführt hatten, wurden u. a. auf Beweidung der Makrophyten durch Schafe bei Niedrigwasser zurückgeführt (vgl. STILLER 2010, 2011a). Obwohl die Beeinträchtigungen durch die Beweidung in den vergangenen Untersuchungsjahren augenscheinlich abgenommen haben, hat sich der Makrophytenbestand noch nicht auf den Ausgangszustand regeneriert, sondern stagniert auf dem niedrigeren Niveau.

Bei der **Besiedlungsstruktur**, die sich aus den Parametern räumliche Ausdehnung, Vegetationszonierung und Vitalität zusammensetzt, konnte in den vergangenen Jahren bei einigen der Messstellen im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe eine Verringerung des Parameters „räumliche Ausdehnung“ festgestellt werden (vgl. Tab. 1). Im Zuge der natürlichen Sukzession kommt es zur uferwärtigen Auflandung und damit zur wasserseitigen Verlagerung der MThw-Linie. Da bislang keinerlei wasserseitige Ausbreitung an den Messstellen festgestellt werden konnte, hat sich hierdurch der eigentliche Makrophytenanteil (d. h. die räumliche Ausdehnung) an der Ufervegetation verringert. Dies bedeutet, dass sich die terrestrische Vegetation auf Kosten der amphibischen Makrophyten ausbreitet.

Dabei sind insbesondere die wasserseitigen Vegetationsbestände der Strand- (*Bolboschoenus maritimus*) und/oder Teichsimsen (*Schoenoplectus* spp.) von den Verlusten betroffen, da das Schilf (*Phragmites australis*) die Verlagerung der MThw-Linie meist mit einem Vordringen in die wasserseitig vorgelagerte Strandsimsen-Zone ausgleicht. Diese wiederum kann durch Auflandung, wie ansatzweise bei Probestelle Sal-R2 beobachtet (vgl. Tab. 1), in die Teichsimse vordringen und diese Zone verschmälern. Durch diese Entwicklungen kann außer dem Parameter „Ausdehnung“ auch die „Vegetationszonierung“ beeinträchtigt und damit die Besiedlungsstruktur zusätzlich verschlechtert werden.

Während sich diese Entwicklungen bei den Messstellen Sal-L2 und Sal-L3 bislang noch nicht auf das Bewertungsergebnis ausgewirkt haben (vgl. auch STILLER 2014), hatte die Sukzession bei der Probestelle Sal-R3 im Jahr 2014 zur Verschlechterung des Bewertungsergebnisses von „mäßig“ auf „unbefriedigend“ geführt. Ähnliche Entwicklungen waren auch bei einigen der WRRL-Monitoringstellen im äußeren Ästuar festgestellt worden (STILLER 2013b) und müssen bei der Interpretation von Veränderungen der Vegetationsbestände zukünftig berücksichtigt werden.

Somit hat nach Probestelle Sal-R1 im Jahr 2011 mit Sal-R3 im Jahr 2014 eine weitere Probestelle im Verlauf der acht Untersuchungsjahre eine Veränderung der Bewertung erfahren, und zwar jeweils vom mäßigen zum unbefriedigenden ökologischen Zustand.

Trotz der stattgefundenen Veränderungen handelt es sich bei den für das operative Monitoring „Salinität“ festgelegten Messstellen im Hinblick auf die Artenzusammensetzung noch um **stabile, gut etablierte Vegetationsbestände**. Dies war eine der Voraussetzungen für das Monitoring von Veränderungen der Vegetation unter Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet Tideelbe. Aufgrund der überwiegend klassengrenzen-nahen Lage der Bewertungsergebnisse können jedoch zukünftig auch geringfügige negative Veränderungen zum Wechsel in die benachbarte, d. h. in den vorliegenden Fällen durchweg schlechtere Bewertungsklasse führen.

Für grenznahe Werte stellt sich daher die Frage nach der Zuverlässigkeit der Einstufung der Messstellen in die entsprechende Bewertungsstufe. Aber auch Bewertungsergebnisse, die deutlich innerhalb der Klassengrenzen liegen, unterliegen einer gewissen Bestim-

mungsunsicherheit. Vor allem wenn es, wie bei den Probestellen Sal-R1 und Sal-R3, zu einem Wechsel der Bewertungsstufe gekommen ist. In diesen Fällen ist ebenfalls fraglich, wie zuverlässig der jeweils ermittelte ökologische Zustand ist. Gemäß WRRL (IKSE 2009) sind folglich Schätzungen hinsichtlich des Grades der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Ergebnisse anzugeben.

Die Bewertungsergebnisse aus dem „Salinitätsmonitoring“ waren erstmals mit dem Bericht aus 2012 (STILLER 2013a) auf ihre Zuverlässigkeit und Genauigkeit ausgewertet worden. Sämtliche Details zur Vorgehensweise, zu den Begrifflichkeiten und den statistischen Berechnungen finden sich dort sowie in den Ausführungen zum WRRL-Monitoring bzw. zu den Variabilitätsuntersuchungen (STILLER 2009c).

Um die unten dargestellten Auswertungen nachvollziehen zu können, nachfolgend kurz die wesentlichen Begrifflichkeiten bzw. Annahmen aus den vorgenannten Gutachten: Unter **Zuverlässigkeit** ist die Wahrscheinlichkeit zu verstehen, mit der das Bewertungsergebnis innerhalb eines vorgegebenen Bereichs (= Vertrauensbereich) liegt. Unter **Genauigkeit** ist die Breite des Vertrauensbereichs zu verstehen. Darüber hinaus setzt sich die Zuverlässigkeit der Zustandsbewertungen aus einer **Kombination** aus der Breite des Vertrauensbereichs (= Genauigkeit) des Ergebnisses und dessen Lage innerhalb der Zustandsklassen zusammen. Dabei kann die Genauigkeit je nach Lage des Intervalls bezogen auf die Zustandsklassen in den Hintergrund treten.

In Abbildung 3 sind die 95 %-Vertrauensbereiche für die Mittelwerte der sechs Salinitäts-Monitoringstellen für den Zeitraum 2008-2015 dargestellt (Berechnungen vgl. Tab. A2 im Anhang und auf CD).

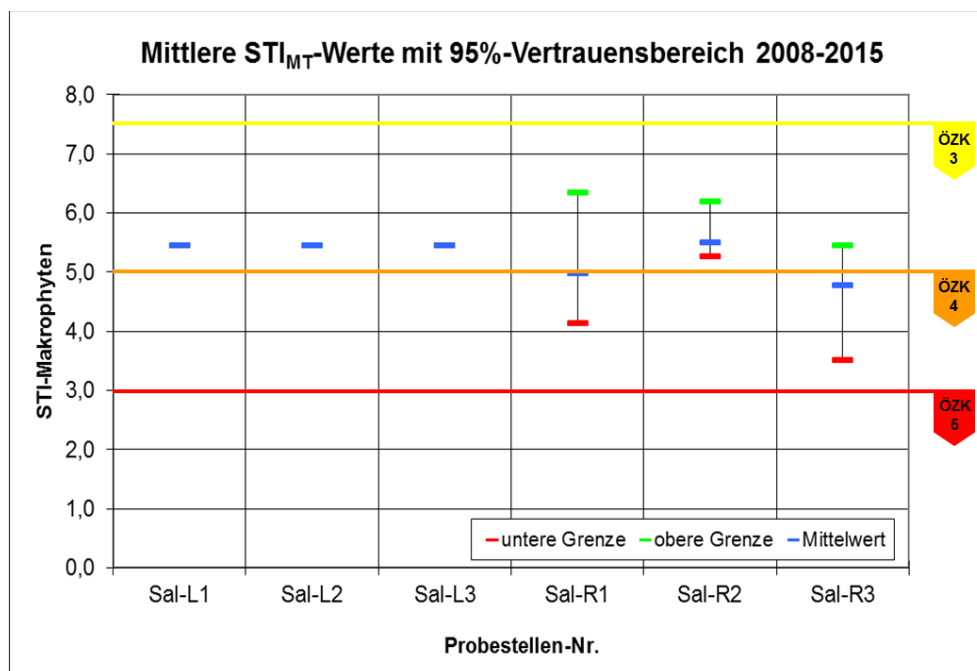


Abb. 3: Mittelwerte für den Standorttypenindex Makrophyten für die sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ im Zeitraum 2008-2015 mit Angabe des 95 %-Vertrauensbereichs

Bei Betrachtung der Spanne der Vertrauensbereiche der einzelnen Probestellen fällt auf, dass diese unterschiedlich groß ist. Wie beschrieben, entspricht die Breite des Vertrauens-

ensbereichs der Genauigkeit des Wertes. Je kleiner die Spannen, d. h. die Abweichung vom Mittelwert, desto größer ist die Genauigkeit und umgekehrt. Danach lassen sich die Probestellen in zwei Gruppen einteilen: Solche mit großer (Sal-L1 bis Sal-L3) und solche mit geringerer (Sal-R1 bis Sal-R3) Genauigkeit.

Darüber hinaus spielen die Grenzen zwischen den ökologischen Zustandsklassen eine entscheidende Rolle: Solange die Vertrauensbereiche **in Gänze innerhalb einer Zustandsklasse** liegen, ist die Genauigkeit von untergeordneter Bedeutung, denn die Bestimmung der Zustandsklasse ist damit eindeutig (BMLFUW 2008). Dies trifft für vier Monitoringstellen zu, und zwar Sal-L1 bis Sal-L3 sowie Sal-R2. Bei den Monitoringstellen Sal-R1 und Sal-R3 reichen die Vertrauensbereiche dagegen **über zwei ökologische Zustandsklassen hinweg**. Hier weist die Zuordnung zu einer der Zustandsklassen einen geringeren Grad an Zuverlässigkeit auf.

Unabhängig von der Genauigkeit, d. h. der Intervallgröße, fällt in Abbildung 3 auf, dass fast alle Intervalle mit einem ihrer Grenzwerte nahe einer Zustandsklassengrenze liegen. Diese Messstellen könnten zukünftig bereits infolge geringer (hier: negativer) Änderungen in ihrer Ausprägung in die angrenzende Bewertungsklasse hinein rutschen. Für Messstellen, deren Vertrauensbereiche nahe an einer Klassengrenze liegen, wurde folglich eine mittlere Zuverlässigkeit angenommen (STILLER 2009c). Somit zeichnen sich die Zustandsbewertungen aus durch:

hohe Zuverlässigkeit, wenn ihr Vertrauensbereich in Gänze innerhalb einer Zustandsklasse und im Bereich um die Klassenmitte herum liegt

mittlere Zuverlässigkeit, wenn ihr Vertrauensbereich in Gänze innerhalb einer Zustandsklasse, jedoch nahe einer Klassengrenze liegt

geringe Zuverlässigkeit, wenn der Vertrauensbereich über die Klassengrenzen hinausgeht

Unter Berücksichtigung dieser Annahmen ergibt sich auch unter Einbeziehung der Untersuchungen in 2015 für die Bewertungsergebnisse der drei Salinitäts-Monitoringstellen am linken Ufer (Sal-L1 bis Sal-L3) trotz der hohen Genauigkeit der Ergebnisse jeweils nur eine mittlere Zuverlässigkeit. Gleiches gilt für Sal-R2. Die Ergebnisse der Monitoringstellen Sal-R1 und Sal-R3 weisen dagegen eine geringe Zuverlässigkeit auf. Keines der Ergebnisse hat eine hohe Zuverlässigkeit.

Da Zuverlässigkeit und Genauigkeit statistische Kenngrößen sind, ist davon auszugehen, dass der Vertrauensbereich sowohl in seiner Breite (d. h. Genauigkeit) als auch in seiner Lage (d. h. Zuverlässigkeit) umso stabiler wird, je mehr Daten vorliegen. Dies haben z. B. die WRRL-Untersuchungen an der Tideelbe gezeigt (STILLER 2013b).

Aber auch für den vorliegenden Datenpool hat die Erhöhung der Anzahl der Untersuchungen dies teils bestätigt: Im Vergleich zu den Berechnungen nach fünf Untersuchungen (STILLER 2013a) aus dem Jahr 2012 hat die Genauigkeit mit der hier vorliegenden achten Untersuchung für die Messstellen Sal-R1 und Sal R2 erneut geringfügig zugenommen (vgl. Tab. A2 im Anh.). Bei Sal L1 bis Sal L3 ist die Genauigkeit unverändert hoch, da die Zustandsbewertungen exakt gleich geblieben sind. Aufgrund der Stabilität und der überwiegend großen Genauigkeit der vorliegenden Ergebnisse, sollten sich zukünftig stattfindende Veränderungen der Makrophytenbestände entsprechend deutlich ankündigen.

4.3 Vitalität und Stetigkeit ausgewählter Arten

Gemäß Monitoringkonzept stehen zur Überwachung von Vegetationsveränderungen infolge erhöhter Salinitäten im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe die **Süßwasserarten** im Vordergrund (STILLER 2009a). Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich der Ausfall von Arten zunächst mit einem Rückgang der Pflanzenmenge und mit einer Verschlechterung der Vitalität ankündigt. Neben der Pflanzenmenge ermöglicht somit die Einschätzung der Vitalität die Entwicklung der betreffenden Art über die Jahre hinweg zu beurteilen.

Der aufgrund des heutigen Salzgradienten vorhandene Gradient der **Vitalität** wurde u. a. am Beispiel der Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*) als Vertreter der Süßwasserarten im Längsverlauf der Probestellen dargestellt (STILLER 2009b). In der folgenden Tabelle 2 sind die im Gelände erhobenen Daten zu Pflanzenmengen und Vitalität für alle Untersuchungsjahre für die Sumpf-Dotterblume und eine weitere Süßwasserart, die Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*), zusammengefasst.

Tab. 2: Vorkommen, Pflanzenmenge und Vitalität zweier ausgewählter Süßwasserarten (Salzzahl S = 0) an den sechs Monitoringstellen „Salinität“

Erläuterungen s. Text sowie Legende - * nicht repräsentativ, da kein Frühjahrsaspekt

Vorkommen, Pflanzenmenge und Vitalität ausgewählter Pflanzenarten						
Untersuchungs-jahr	linkes Ufer			rechtes Ufer		
	Sal-L1	Sal-L2	Sal-L3	Sal-R1	Sal-R2	Sal-R3
Sumpf-Dotterblume (<i>Caltha palustris</i>)						
2008*	4 / ☉	3 / ☉	2 / ○	3 / ☉	3 / ○	4 / ☉
2009	4 / ●	2 / ☉	3 / ○	3 / ○	4 / ●	4 / ●
2010	4 / ●	3 / ☉	3 / ○	3 / ○	4 / ●	4 / ●
2011	4 / ●	3 / ☉	3 / ○	3 / oo	4 / ●	4 / ●
2012	4 / ●	2 / ○	3 / ○	3 / ○	4 / ●	4 / ●
2013	4 / ●	2 / ○	3 / ☉	3 / ☉	4 / ●	4 / ●
2014	4 / ☉	2 / ○	3 / ○	3 / ●	4 / ●	4 / ●
2015	4 / ●	2 / ○	3 / ○	3 / ●	4 / ●	4 / ●
Gemeine Brunnenkresse (<i>Nasturtium officinale</i>)						
2008*	-	4 / ●	-	2 / ☉	-	-
2009	2 / ○	4 / ●	1 / ○	2 / ☉	-	-
2010	2 / ○	3 / ●	-	2 / ☉	-	-
2011	2 / ●	3 / ●	-	3 / ☉	-	2 / ☉
2012	2 / ●	3 / ●	-	3 / ☉	-	-
2013	2 / ●	3 / ●	-	3 / ☉	2 / ☉	1 / ☉
2014	2 / ●	3 / ●	-	4 / ☉	3 / ☉	1 / ☉
2015	2 / ●	3 / ☉	-	3 / ●	3 / ☉	-

Legende:

Pflanzenmenge (KÖHLER 1978)

- 1 sehr selten
- 2 selten
- 3 verbreitet
- 4 häufig
- 5 massenhaft bzw. dominant

Vitalität (BRAUN-BLANQUET 1964)

- generativ und vegetativ sehr gut entwickelt, den Lebenszyklus vollständig durchlaufend
- ☉ gut entwickelt, aber nur zur generativen Entwicklung fähig
- schwächer (mäßig) entwickelt, mit eingeschränkter vegetativer Vermehrung
- oo schlecht entwickelt, d.h. gelegentlich keimend, aber nicht zur vegetativen Vermehrung fähig

Salzzahl (ELLENBERG et al. 2001):

Glykophyten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S=4-6) und Salzpflanzen (S=7-9)

Auch nach acht Untersuchungsjahren zeigen Pflanzenmenge und Vitalität für beide Arten an den einzelnen Probestellen keine gerichteten Entwicklungstendenzen. Der parallel zum Salzgradienten verlaufende Gradient der Vitalität der Sumpf-Dotterblumen-Bestände (*Caltha palustris*) ist an den Monitoringstellen am linken Elbufer (Sal-L1 bis Sal-L3) über

die Jahre mehr oder weniger deutlich zu erkennen. Bei den Probestellen am rechten Ufer geht die Vitalität weniger mit der Längszonierung einher. Die Gründe hierfür sind standortspezifisch (STILLER 2010, 2011a). Da außer dem Salzgradienten weitere Faktoren ausschlaggebend sind für das Vorkommen und den Zustand der Pflanzenarten, ist es wichtig, die Entwicklung des jeweiligen Standorts von einem Jahr zum anderen zu vergleichen.

Der Vergleich der Standorte bzw. Vegetationsbestände untereinander kann jedoch ergänzend herangezogen werden. Hierzu dient die Betrachtung der **Stetigkeit** des Vorkommens von Arten. Hochstete, d. h. an allen oder der Mehrzahl der Untersuchungsstellen vorkommende Arten sind verbindende Elemente. Ihr Ausfall an einer Probestelle oder mehreren kann mögliche Veränderungen bedeuten. Arten mit sehr geringer Stetigkeit sind dagegen oft eher zufällige Begleiter (DIERSCHKE 1994, DIERSSEN 1990).

In Tabelle 3 sind die Pflanzenarten und deren Pflanzenmengen sortiert nach der Salzzahl (ELLENBERG et al. 2001) für die sechs Messstellen aufgeführt, wobei die beiden zuvor ausgewerteten Süßwasserarten Sumpf-Dotterblume und Brunnenkresse sowie weitere gegenüber erhöhter Salinität empfindliche Zeigerarten gelb markiert sind. Rechts in der Tabelle ist die Stetigkeit der Pflanzenarten an den sechs Monitoringstellen für die Untersuchungsjahre 2008 bis 2015 angegeben. Hiernach hat es für die von Anfang an hochsteten Arten über die acht Untersuchungsjahre keine Veränderungen gegeben. Mit Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) und Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria* ssp. *bulbifera*) gehören mittlerweile zwei weitere Süßwasserarten zu den hochsteten Arten, da sie ebenfalls an fast allen bzw. allen sechs Messstellen vorkommen. Was Einzelvorkommen von Arten an einer oder wenigen Probestellen anbelangt, so gab es über die Jahre immer wieder kleinere Verschiebungen. Diese Beobachtungen unter den heute im Bearbeitungsgebiet herrschenden Bedingungen bilden eine wichtige Grundlage für die Beurteilung von möglichen zukünftigen Entwicklungen im Falle von anthropogen bedingten Veränderungen der Salinitäten.

Tab. 3: Pflanzenarten und Pflanzenmengen (Legende vgl. Tab. 2) der Taxa an den sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe für das Jahr 2015 sowie Angabe der Stetigkeit über den Monitoringzeitraum 2008-2015

Arten sortiert nach zunehmender Salzzahl (ELLENBERG et al. 2001, vgl. Legende Tab. 2); aufgeführt sind alle seit 2008 an den Probestellen nachgewiesenen Arten für die eine Salzzahl vorliegt; Erläuterungen s. Text - * Arten, die in Küstennähe höhere Salztoleranz aufweisen (Ökotypen oder Unterarten)

Gewässertyp gem. EG-WRRL		Übergangsgewässer T1						Stetigkeit							
Probestellen-Nr.	TEL-MP-	linkes Ufer			rechtes Ufer										
		Sal-L1	Sal-L2	Sal-L3	Sal-R1	Sal-R2	Sal-R3								
		Artenzahl je Probestelle	19	13	18	24	22								
Wissenschaftlicher Name	Salz-zahl	oligo-halin	oligo-halin	meso-halin	oligo-halin	oligo-halin	meso-halin	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
<i>Acorus calamus</i>	0							0	1	1	1	0	1	1	1
<i>Agrostis gigantea</i>	0	1		2				2	1	1	1	3	2	2	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0	3			2	2		3	3	3	2	3	2	2	2
<i>Anthriscus sylvestris</i>	0							0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Atriplex prostrata</i>	0							0	0	0	0	2	1	0	0
<i>Bidens cernua</i>	0							0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Bidens tripartita</i>	0							0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Caltha palustris</i>	0	4	2	3	3	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6

Tab. 3: Fortsetzung

Gewässertyp gem. EG-WRRL		Übergangsgewässer T1						Stetigkeit							
Probestellen-Nr.	TEL-MP-	linkes Ufer			rechtes Ufer										
		Sal-L1	Sal-L2	Sal-L3	Sal-R1	Sal-R2	Sal-R3								
Artenzahl je Probestelle		19	13	18	24	22	11								
Wissenschaftlicher Name	Salz-zahl	oligo-halin	oligo-halin	meso-halin	oligo-halin	oligo-halin	meso-halin	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
<i>Calystegia sepium</i>	0	2	2	2	2	3	1	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Cardamine amara</i>	0					2	2	2	2	1	1	2	2	1	0
<i>Eleocharis palustris</i>	0					2		1	2	1	1	2	1	1	1
<i>Equisetum palustre</i>	0					1		1	1	1	1	0	1	0	1
<i>Glyceria maxima</i>	0							0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Juncus ranarius</i>	0							0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lycopus europaeus</i>	0			1				1	2	2	1	1	2	1	2
<i>Lysimachia nummularia</i>	0							0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Mentha aquatica</i>	0		1		3			2	2	3	2	2	2	3	3
<i>Myosotis scorpioides</i>	0				1	1		2	2	3	1	1	2	3	4
<i>Nasturtium officinale</i>	0	2	3		3	3		4	5	5	3	4	3	4	2
<i>Persicaria hydropiper</i>	0				2	1		2	2	2	2	5	2	1	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0	2	2	1	3	2	3	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Plantago major</i>	0			1				1	1	1	3	0	0	1	0
<i>Ranunculus ficaria ssp. bulbifera</i>	0	1	1	3	1	4	3	6	6	6	6	6	3	3	2
<i>Rumex conglomeratus</i>	0							0	1	2	2	2	2	2	2
<i>Rumex obtusifolius</i>	0							0	1	0	2	4	3	1	0
<i>Senecio erraticus</i>	0							0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sium latifolia</i>	0							0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Solanum dulcamara</i>	0		1			2		2	3	2	3	2	1	1	1
<i>Stachys palustris</i>	0							0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Veronica catenata</i>	0	2			3	2		3	5	3	2	5	3	2	2
<i>Phragmites australis</i>	0-3 *	5	5	5	4	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Rumex crispus</i>	0-3 *				1	2		2	4	2	2	4	5	2	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	0-6 *	3	2	3	2	2	2	6	6	6	5	4	6	6	5
<i>Angelica archangelica</i>	1	2	2	2		2		4	5	5	6	6	5	5	5
<i>Callitriche stagnalis</i>	1							0	0	3	1	0	1	0	0
<i>Epilobium hirsutum</i>	1							0	1	0	1	1	1	1	1
<i>Juncus articulatus</i>	1	1			2			2	2	3	1	2	1	2	2
<i>Lythrum salicaria</i>	1	1		1	4		1	4	5	5	5	6	6	5	4
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	1	2			3			2	2	2	3	2	1	1	0
<i>Typha angustifolia</i>	1	3			4			2	2	2	0	3	2	2	2
<i>Typha latifolia</i>	1							0	0	0	3	0	0	1	0
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	2	3	4	4	5	4	2	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Deschampsia wibeliana</i>	2	3		1	3	3	1	5	5	5	5	5	5	5	4
<i>Festuca arundinacea</i>	2			1		1		2	1	0	0	1	1	1	1
<i>Ranunculus sceleratus</i>	2							0	0	0	0	1	0	2	0
<i>Schoenoplectus x carinatus</i>	2				2			1	1	1	1	1	1	1	2
<i>Schoenoplectus pungens</i>					2			1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Schoenoplectus triquetus</i>	2				2			1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Schoenoplectus tabernaemon.</i>	3	1	1	2	4	3	1	6	6	6	5	6	6	6	6
<i>Cotula coronopifolia</i>	5	2						1	2	1	2	3	0	1	1
<i>Eleocharis uniglumis</i>	5			1	4	3		3	4	4	4	5	5	6	4
<i>Aster tripolium</i>	8		1	2				2	3	2	1	2	2	2	2
<i>Cochlearia anglica</i>	8			2				1	1	1	1	0	1	1	0

4.4 Auswertung des Arteninventars unter Berücksichtigung von Artenanzahl und Vorkommen von Zeigerarten

Die Makrophytenbestände werden seit Beginn des Monitorings auf das Vorkommen von Süß- und Brackwasserarten bzw. Salzpflanzen (sog. Zeigerarten) hin ausgewertet. Hiermit soll das Artenspektrum auf den Rückgang bzw. den Ausfall von Süßwasserarten sowie das Auftreten, die Zunahme und Etablierung von halotoleranten Taxa überwacht werden. Außer zu Artenverschiebungen kann es dabei durch den Ausfall von Arten zur Artenverarmung kommen.

Abbildung 4 zeigt die **Gesamtartenzahl** an den sechs Probestellen für den 8-jährigen Monitoringzeitraum. Hiernach konnten im Jahr 2015 an allen sechs Probestellen weniger Makrophyten nachgewiesen werden als in 2014. Ansonsten ergaben sich jedoch mit einer Ausnahme für alle Standorte sowohl Zu- als Abnahmen der Artenzahlen über den Untersuchungszeitraum. Lediglich Probestelle Sal-L1 weist nach einer anfänglichen höheren Artenzahl einen kontinuierlichen Rückgang auf, ohne dass es einen wahrnehmbaren Grund hierfür gibt. Die Veränderungen können insgesamt als Bandbreite interannueller Schwankungen der Artenzahlen unter den derzeitigen Gegebenheiten im Bearbeitungsgebiet angesehen werden.

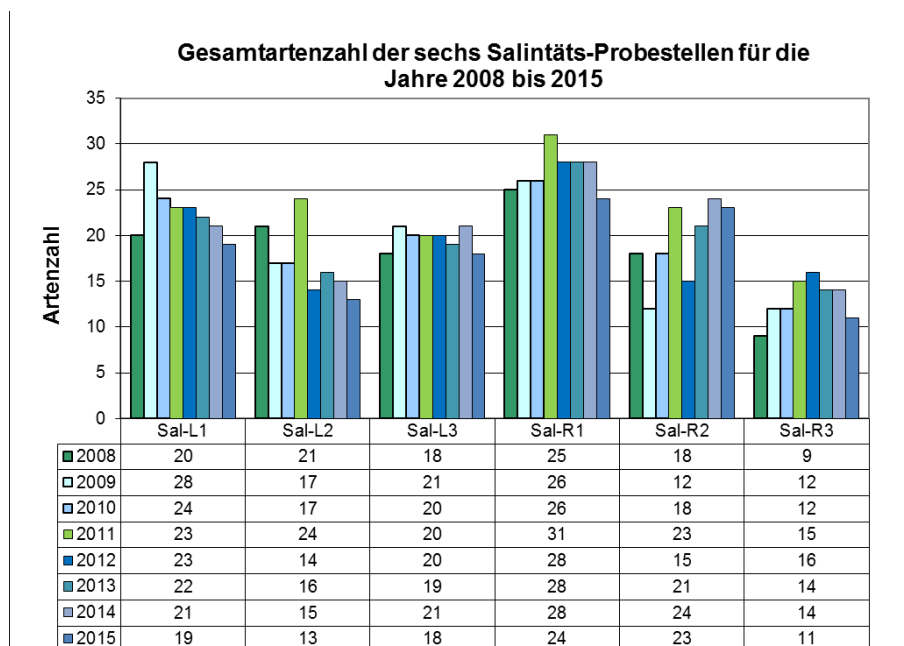


Abb. 4: Gesamtartenzahl der Qualitätskomponente Makrophyten an den sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015

Abbildung 5 auf der nächsten Seite zeigt den Anteil der Zeigerarten an der Gesamtartenzahl für den Standortfaktor Salz anhand der Salzzahl von ELLENBERG et al. (2001) für die acht Untersuchungsjahre im Vergleich. Die sich anhand der Präsenz der Arten ergebende **qualitative Verteilung** zeigt weiterhin große Ähnlichkeiten der Messstellen untereinander, da ähnliche Standorte für die Untersuchung ausgewählt worden waren.

An allen Probestellen haben die Glykophyten ($S = 0$) und die Arten, die schwache Versalzung ertragen können ($S = 1-3$) mit je 40-50 % ähnlich hohe Anteile. Darüber hinaus waren auch im Jahr 2015 an allen Probestellen weitere Artengruppen vertreten. So konnten an vier Probestellen (Sal-L1+L3 und Sal-R1-R2) die in vorangegangenen Untersuchungen

vorgefundenen Brackwasserarten (S = 4-6) bestätigt werden. An den Probestellen Sal-L2 und Sal-L3 wurden auch in 2015 die Salzpflanzen (S = 7-9) bestätigt.

Damit kommen nach wie vor nur an den Probestellen am linken Elbufer sowohl Süßwasser-, Brackwasser- als auch echte Salzwasserarten vor, während an den Untersuchungsstellen am rechten Ufer bislang keine Salzpflanzen nachgewiesen werden konnten.

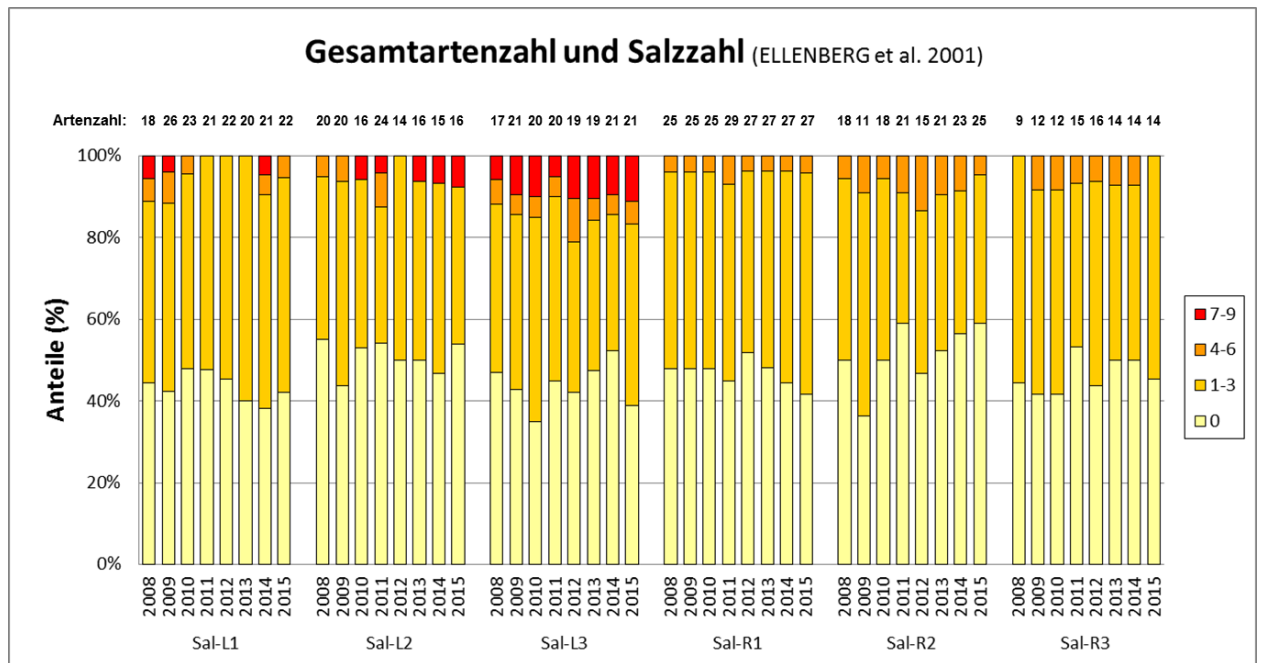


Abb. 5: **Gesamtartenzahl** und Anteil der Süßwasserarten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S=4-6) und Salzpflanzen (S=7-9) an den sechs operativen Messstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015

Hinweis: Die hier angegebene Artenzahl kann von der Gesamtartenzahl der Probestelle (vgl. Abb. 4 sowie Tab. A1 im Anh.) abweichen, da bei der Auswertung nur die Arten berücksichtigt sind, für die eine Salzzahl vorliegt.

Bei der Betrachtung der **quantitativen Anteile** der Zeigerarten anhand der Pflanzenmenge in Abbildung 6 auf der folgenden Seite, zeigt sich, dass mengenmäßig die Arten, die leichte Versalzung (S = 1-3) ertragen, an allen Messstellen den größten Anteil ausmachen. Der Grund dafür ist, dass die vorherrschenden Röhrichtarten zu dieser Gruppe gehören (vgl. Tab. 3). Die Glykophyten (S = 0) rekrutieren sich dagegen überwiegend aus den Begleitarten, so dass ihr Mengenanteil entsprechend geringer ist. Gleiches gilt für die ebenfalls als Begleiter auftretenden Brackwasserarten sowie für die Salzpflanzen.

Abbildung 6 zeigt auch, dass es über den Untersuchungszeitraum an den Probestellen immer wieder leichte Verschiebungen zwischen den Mengenanteilen der Glykophyten und den Arten, die leichte Versalzung ertragen gab. Gleiches gilt für die Anteile der Brackwasserarten und Salzpflanzen.

Bei zwei Messstellen sind anhand des derzeitigen Datenpools Tendenzen zu beobachten: Für die Messstelle Sal-L2 ist über die acht Jahre eine leichte Abnahme der Süßwasserarten zugunsten der Arten, die leichte Versalzung ertragen zu beobachten. Bei Sal-R2 ist die Entwicklung umgekehrt. D. h. hier haben die Süßwasserarten über den Monitoringzeitraum gegenüber den Arten, die leichte Versalzung ertragen mengenmäßig leicht zugelegt. Über alle Standorte betrachtet zeigen sich jedoch keine Tendenzen von Zu- oder Abnah-

men von Arten unterschiedlicher Salztoleranzen. Die Darstellung bzw. Auswertung der quantitativen Anteile der Zeigerarten dient als Basis für das Monitoring, da dem Ausfall von Arten i. Allg. zunächst eine Verringerung der Pflanzenmenge vorausgeht.

Als **Fazit** kann festgehalten werden, dass es über alle sechs Messstellen gesehen sowohl qualitativ als auch quantitativ keine gerichteten Verschiebungen innerhalb der Artenzusammensetzung bezogen auf den Faktor Salz in den acht Untersuchungsjahren 2008 bis 2015 gab.

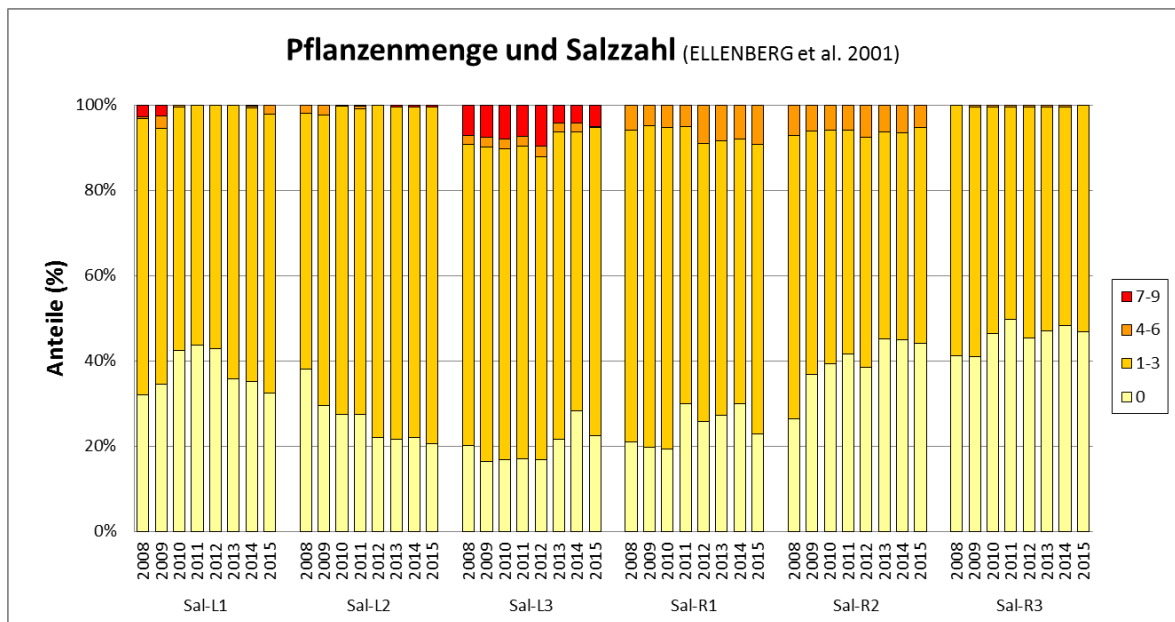


Abb. 6: **Pflanzenmenge** und Anteil der Süßwasserarten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S=4-6) und Salzpflanzen (S=7-9) an den sechs operativen Messstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015

Die bisherigen Auswertungen spiegeln das Spektrum der an den Messstellen festgestellten Pflanzenarten bezogen auf den Standortfaktor Salz wider. Die Salzzahl nach ELLENBERG et al. (2001) bietet darüber hinaus die Möglichkeit der Bildung von **Mittelwerten** zum unmittelbaren Vergleich von Vegetationsbeständen. Dabei können die mittleren Zeigerwerte ebenfalls qualitativ, d. h. lediglich nach der Präsenz der Arten, und quantitativ, d. h. gewichtet nach der Pflanzenmenge jeder einzelnen Art, berechnet werden.

Die folgende Abbildung 7 zeigt die **mittleren Salzzahlen** der Vegetationsbestände der sechs Monitoringstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015 im Vergleich. Dabei sind die Monitoringstellen unabhängig von der Uferseite anhand der Strom-km in Fließrichtung sortiert. Hierdurch wird deutlich, dass die mittleren Salzzahlen - entgegen den Erwartungen - keine kontinuierliche Zunahme im Längsverlauf des Elbestroms zeigen. Ursache hierfür ist, wie beschrieben, die Tatsache, dass nicht nur der Salzgehalt selbst, sondern auch andere standortspezifische Faktoren die Verteilung von Süßwasserarten und Salzpflanzen im Bearbeitungsgebiet beeinflussen können. Zumindest tendenziell ist jedoch eine Zunahme der Salzzahl im Längsverlauf erkennbar.

Betrachtet man die einzelnen Messstellen unabhängig von ihrer Lage im Bearbeitungsgebiet, zeigt sich, dass die ungewichtete Salzzahl (Abb. 7, oben) fast durchweg an allen Probestellen zwischen den Untersuchungsjahren deutlicher schwankt, da diese stark vom

Auftreten bzw. Ausfall einzelner Arten abhängt. Die gewichtete mittlere Salzzahl (Abb. 7, unten) ist dagegen für fast alle Probestellen über den gesamten Betrachtungszeitraum stabiler und daher auch in erster Linie zur Interpretation zukünftiger Veränderungen heranzuziehen.

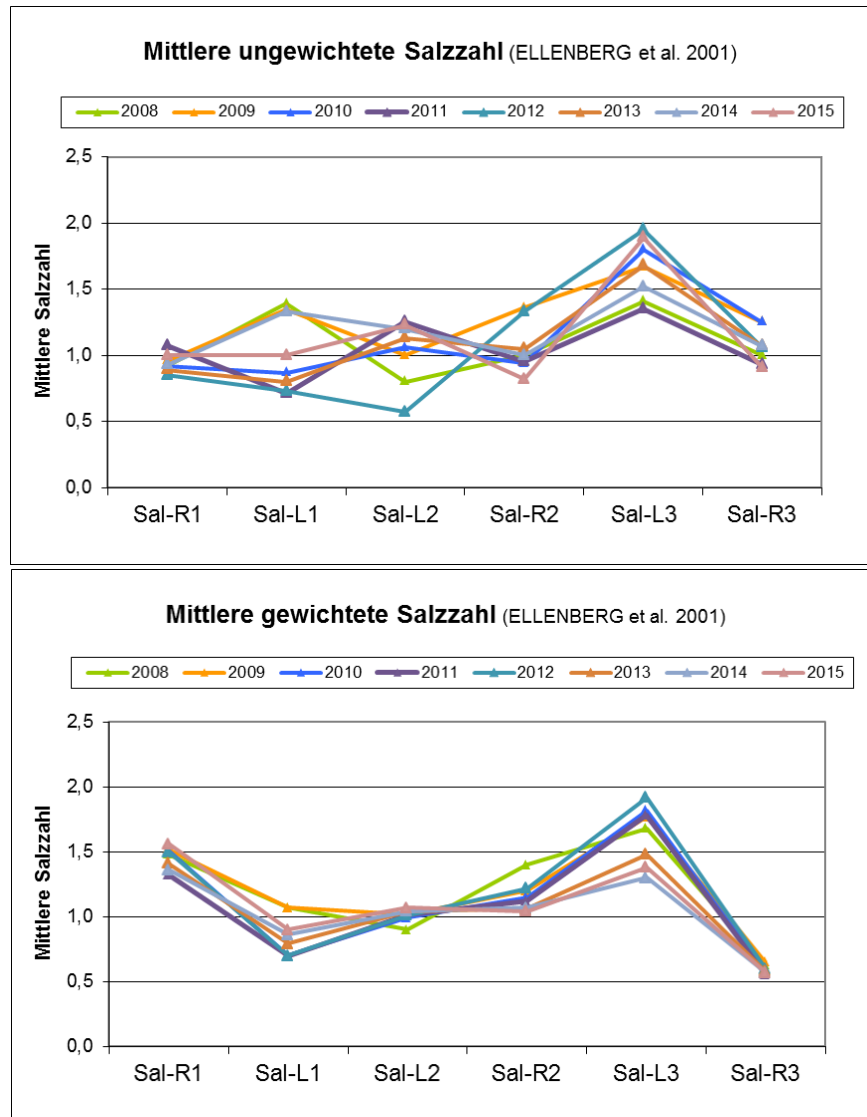


Abb. 7: Mittlere ungewichtete (oben) und gewichtete (unten) **Salzzahl** für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen für die acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015 im Vergleich - Sortierung der Messstellen nach Strom-km in Fließrichtung

Dass die gewichteten mittleren Salzzahlen für die einzelnen Probestellen über die bisherigen Untersuchungsjahre relativ geringe Abweichungen aufweisen, wird auch in Abbildung 8 auf der nächsten Seite deutlich.

Hiernach weichen die Mittelwerte der sechs Vegetationsbestände im Jahr 2015 nicht (Sal-L2, Sal-R2-R3) oder nur gering (Sal-L1+L3, Sal-R1) von denen aus dem Vorjahr ab. Aber auch über den gesamten Untersuchungszeitraum betrachtet liegen alle Werte mit zwei Ausnahmen im Rahmen der für die zurückliegenden Jahre berechneten Zahlen. Bei den Ausnahmen handelt es sich um die Untersuchungsstellen Sal-L1 und Sal-L3.

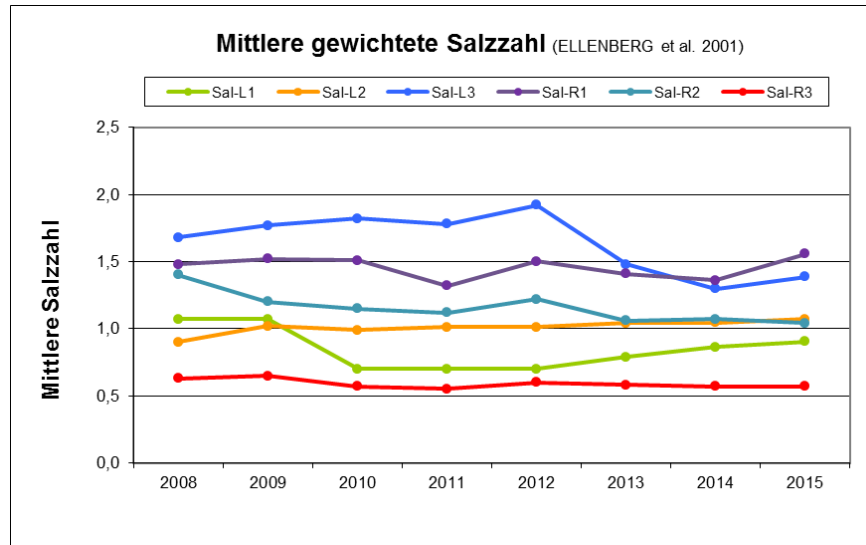


Abb. 8: Entwicklung der mittleren gewichteten **Salzzahl** für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen im Verlauf der acht Untersuchungsjahre 2008 bis 2015

An der Messstelle Sal-L1 waren kurz nach Beginn des Monitorings die wenigen Brackwasserarten und Salzpflanzen ausgefallen und damit die mittlere Salzzahl gesunken. Seit 2014 konnten diese wieder im Bestand beobachtet werden und damit auch ein Anstieg der Salzzahl. Bei Sal-L3 lag die mittlere Salzzahl im Jahr 2013 unter dem bis dahin ermittelten Minimum und ist in 2014 noch einmal gefallen. Ursache ist der Ausfall einer Brackwasserart und die geringere Quantität einer Salzpflanze. In 2015 wurden diese durch einen geringeren Anteil an Süßwasserarten kompensiert, so dass die Salzzahl wieder leicht gestiegen ist. Diese Beobachtungen liegen durchweg innerhalb des natürlichen Schwankungsbereichs, so dass insgesamt über den Monitoringzeitraum 2008 bis 2015 für die sechs Vegetationsbestände kein Trend zur Zu- oder Abnahme der mittleren Salzzahlen festzustellen ist.

Auch nach acht Untersuchungsjahren kann als **Fazit** festgehalten werden, dass sich die Vegetationsbestände hinsichtlich der **Zeigerarten** sehr stabil zeigen. Da im bisherigen Monitoringzeitraum keine weiteren Belastungen im Bearbeitungsgebiet aufgetreten sind, dürfte es sich bei den beobachteten überwiegend geringfügigen Veränderungen um bestandsinterne natürliche interannuelle Schwankungen handeln - soweit in einem derart anthropogen überprägten System wie der Tideelbe von „natürlich“ gesprochen werden kann (vgl. STILLER 2009c).

Die seit 2008 durchgängige Untersuchungsreihe beinhaltet die unter den jetzigen Salinitätsverhältnissen gegebenen temporären bzw. jährlichen Bestandsschwankungen. Im Falle von zukünftigen gerichteten Salinitätsveränderungen im Bearbeitungsgebiet müsste die Reaktion der Makrophytenbestände entsprechend deutlich angezeigt werden.

Anhand der durchgehenden Untersuchungsreihe besteht außerdem die Möglichkeit der Verrechnung bzw. statistischen Auswertung. Aus diesem Grund sollte bis zur und über einen gewissen Zeitraum auch nach Durchführung der Maßnahme „Fahrrinnenanpassung“ ein jährliches Monitoring beibehalten werden.

5 Zusammenfassung

Im Jahr 2008 wurde mit dem „Salinitätsmonitoring“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe begonnen, um im Fall der Durchführung einer weiteren Fahrrinnenanpassung und den damit prognostizierten **Salinitätsveränderungen** mögliche vorhabensbedingte Veränderungen der Vegetationsbestände erfassen zu können.

Seit Erarbeitung und Erprobung des Untersuchungskonzeptes in 2008 und 2009 werden die Untersuchungen jährlich durchgeführt, um den Datenpool zu erhöhen und Erkenntnisse über das jährliche Veränderungspotenzial der Vegetationsbestände (hier: Makrophyten) zu gewinnen. Vor diesem Hintergrund wurden die sechs im Übergangsgewässer unterhalb von Glückstadt festgelegten Monitoringstellen im Jahr 2015 erneut untersucht, nach WRRL bewertet und auf das Vorkommen von Zeigerarten (Süßwasser- und Brackwasserarten sowie Salzpflanzen) hin ausgewertet. Ferner wurden die Ergebnisse mit denen aus den Jahren 2008 bis 2014 verglichen.

Im Jahr 2015 hat es gegenüber dem Vorjahr keine bewertungsrelevanten Veränderungen der Makrophytenbestände gegeben. Unter Berücksichtigung der Bewertungsergebnisse aus 2015 ergibt sich für vier der sechs Messstellen über den nunmehr 8-jährigen Monitoringzeitraum 2008-2015 die gleiche Einstufung, und zwar ein mäßiger **ökologischer Zustand**. Eine Probestelle (Sal-R1) hatte in 2011 eine Verschlechterung von „mäßig“ zu „unbefriedigend“ erfahren und stagniert seit dem auf dem niedrigeren Niveau. Ursache für die Verschlechterung waren direkte Schädigungen durch Beweidung der Tideröhrichte bei Niedrigwasser, was zu einer Verringerung der flächenhaften Ausdehnung des Bestandes geführt hatte. Im Jahr 2014 hatte ein weiterer Makrophytenbestand (Sal-R3) eine Verschlechterung von „mäßig“ auf „unbefriedigend“ erfahren. Durch uferseitige Auflandung und Sukzession hat sich hier die terrestrische Vegetation zunehmend auf Kosten der amphibischen Makrophyten ausgebreitet und so zur Verringerung der Ausdehnung der Makrophyten und Abwertung der Besiedlungsstruktur geführt. Ähnliche Entwicklungen wurden auch bei Sal-L2 und Sal-L3 sowie einigen der WRRL-Monitoringstellen im äußeren Ästuar festgestellt und sind entsprechend bei der Interpretation von Veränderungen der Vegetationsbestände zukünftig zu berücksichtigen.

Trotz der quantitativen Veränderungen sind die Vegetationsbestände im Hinblick auf die **Artenzusammensetzung**, d. h. qualitativ als **stabil** einzustufen. Die WRRL-Zustandsbewertungen weisen jedoch aufgrund der klassengrenzennahen Lage fast aller Ergebnisse bzw. der Wechsel der Bewertungsstufe eine geringe bis mittlere Zuverlässigkeit auf und können bereits durch geringfügige negative Veränderungen in eine andere (hier: schlechtere) Bewertungsstufe rutschen. Mit Erhöhung des Datenpools im Jahr 2015 hat jedoch die Genauigkeit der Bewertungsergebnisse gegenüber dem Vorjahr für einige Messstellen weiter zugenommen. Neben der zeitlichen Durchgängigkeit ist somit die Anzahl der Untersuchungen für die Beurteilung von Veränderungen und die Einschätzung der Zuverlässigkeit der Ergebnisse wesentlich, was weiterhin für ein jährliches Monitoring spricht.

Im Hinblick auf die **Vitalität und Stetigkeit der Zeigerarten** ergaben sich sowohl qualitativ als auch quantitativ nur geringe Veränderungen seit der Ersterhebung in 2008. Da im bisherigen Monitoringzeitraum keine weiteren Belastungen im Bearbeitungsgebiet aufgetreten sind, dürfte es sich hierbei um bestandsinterne interannuelle bzw. temporäre Schwankungen handeln. Im Falle von zukünftigen gerichteten Salinitätsveränderungen im Bearbeitungsgebiet müsste die Reaktion der Makrophytenbestände entsprechend deutlich angezeigt werden.

6 Literatur

6.1 Zitierte Literatur

- BMLFUW (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT - Sektion VII) (2008): Gewässerzustandsüberwachungsverordnung (GZÜV) Oberflächengewässer - Umsetzung 2007-2009. - Wien, 68 S. (www.lebensministerium.at).
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. - Springer, Berlin, Wien, New York, 865 S.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. - Ulmer, Stuttgart, 683 S.
- DIERSSEN, K. (1990): Einführung in die Pflanzensoziologie (Vegetationskunde). - Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 241 S.
- ELLENBERG, H., H. E. WEBER, R. DÜLL, V. WIRTH & W. WERNER (2001): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. - Scripta Geobotanica XVIII, Göttingen, 262 S.
- IKSE (INTERNATIONALE KOMMISSION ZUM SCHUTZ DER ELBE) (2009): Bewirtschaftungsplan nach Artikel 13 der Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Teil A. Stand 18.09.2009, 116 S.
- KOHLER, A. (1978): Methoden zur Kartierung von Flora und Vegetation von Süßwasserbiotopen. - Landschaft + Stadt, 10 (2), 73-85.
- LOZÁN, J. L. & H. KAUSCH (2007): Angewandte Statistik für Naturwissenschaftler. - Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 303 S.
- PROJEKTBURO FAHRRINNENANPASSUNG BEIM WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT HAMBURG (2007): Fahrrinnenanpassung Unter- und Außenelbe - Das Projekt im Überblick. - Hamburg, 40 S.
- STILLER, G. (2008): Überblicksweise Überwachung der Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. - Gutachten i. A. der ARGE ELBE, Wassergütestelle Elbe, Hamburg, 31 S. + Anh.
- STILLER, G. (2009a): Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2008). - Gutachten i. A. des SONDERAUFGABENBEREICHS TIDEELBE - Wassergütestelle Elbe, Hamburg, 20 S. + Anh.
- STILLER, G. (2009b): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2009). - Gutachten i. A. des SONDERAUFGABENBEREICHS TIDEELBE - Wassergütestelle Elbe, Hamburg, 15 S. + Anh.
- STILLER, G. (2009c): Fortschreibung der Untersuchungen zur Ermittlung von Ursachen für die Variabilität von Makrophytenbestände im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe. - Gutachten i. A. des Sonderaufgabenbereichs Tideelbe - Wassergütestelle Elbe, Hamburg, 15 S. + Anh.
- STILLER, G. (2010): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2010). - Gutachten i. A. der Flussgebietsgemeinschaft Elbe, Magdeburg, 14 S. + Anh.
- STILLER, G. (2011a): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2011). - Gutachten i. A. der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, 14 S. + Anh.

- STILLER, G. (2011b): Verfahrensanleitung zur Bewertung der Qualitätskomponente Makrophyten in Tidegewässern Nordwestdeutschlands gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie (BMT-Verfahren). Gutachten i. A. des NLWKN, Betriebsstelle Stade, 34 S. + Anh.
- STILLER, G. (2013a): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2012). - Gutachten i. A. der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, 16 S. + Anh.
- STILLER, G. (2013b): Untersuchung und Bewertung der Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie im Rahmen des Koordinierten Elbemessprogramms 2012. - Gutachten i. A. der Freien und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, 20 S. + Anh.
- STILLER, G. (2014): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2013). - Gutachten i. A. des Wasser- und Schifffahrtsamtes, Hamburg, 16 S. + Anh.
- STILLER, G. (2015): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2014). - Gutachten i. A. des Wasser- und Schifffahrtsamtes, Hamburg, 17 S. + Anh.

6.2 Bestimmungsliteratur

- FRAHM, J.-P. (1998): Moose als Bioindikatoren. - Quelle & Meyer, Wiesbaden, 187 S.
- FRAHM, J.-P., W. FREY (1992): Moosflora. - Ulmer, Stuttgart, 528 S.
- HAEUPLER, H. & T. MUER (2000): Bildatlas der Farn- und Blütenpflanzen Deutschland. - Ulmer, Stuttgart, 759 S.
- KRAUSCH, H.-D. (1996): Farbatlas Wasser- und Uferpflanzen. - Ulmer, Stuttgart, 315 S.
- KRESKEN, G.-U. (2000): Vorläufiger Bestimmungsschlüssel der Gattung *Callitriche*. - Botan. Verein zu Hamburg e. V., Regionalstelle Pflanzenschutz, 7 S.
- OBERDORFER, E. (1994): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. - Ulmer, Stuttgart, 1050 S.
- RAABE, E.-W. (1975): Über die großen *Scirpus*-Arten unserer Gewässer. - Kieler Notizen zur Pflanzenkunde in Schleswig-Holstein, 7 (3) 46-57.
- ROTHMALER, W. (1997-2002): Exkursionsflora von Deutschland. - G. Fischer, Jena, Stuttgart, Bd. 1; Spektrum Akad. Verlag, Heidelberg, Berlin, Bd. 3 und 4.
- WEYER, K. VAN DE & C. SCHMIDT (2007): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. - Nettetal.
- WISSKIRCHEN, R. & H. HAEUPLER (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. - Ulmer, Stuttgart, 765 S.

Anhang

Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern

Tab. A1: Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern und Zuordnung zu den ökologischen Zustandsklassen einschl. Angabe des EQR für die sechs operativen Messstellen „Salinität 2015“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe (Auszug, Details s. Tab. A1 Teil I bis III auf CD)

Statistische Berechnungen

Tab. A2: Zustandsbewertungen (hier als STI_{MT}-Werte) der sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe und Berechnung der Vertrauensbereiche für den Monitoringzeitraum 2008-2015

Stammdaten

Tab. A3: Stammdaten der sechs operativen Messstellen „Salinität 2015“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe - (s. a. Kartierprotokolle TEL-MP-Sal-L1-L3 und TEL-MP-Sal-R1-R3)

Kartierprotokolle

TEL-MP-Sal-L1-L3 und TEL-MP-Sal-R1-R3

Tab. A1: Berechnung des **STI-Makrophyten** in Tidegewässern und Zuordnung zu den ökologischen Zustandsklassen einschl. Angabe des EQR für die sechs operativen Messstellen „Salinität 2015“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe (Auszug, Details s. Tab. A1 Teil I bis III auf CD)

Prozentuale Quantitäten der ökologischen Kategorien, einzelne und summierte K_{DA} -Werte, Verrechnung mit den Faktoren zur Besiedlungsstruktur, berechnete STI_{MT} -Werte und deren Zuordnung zum EQR bzw. zu den ökologischen Zustandsklassen

	Gewässername / -typ / -subtyp gem. EG-WRRL		Übergangsgewässer T1					
	Probestellen-Nr. / Bezeichnung	TEL-MP	Sal-L1	Sal-L2	Sal-L3	Sal-R1	Sal-R2	Sal-R3
	Erfassungsjahr / Aufnahmedatum	2015	26.07.	26.07.	26.07.	02.08.	02.08.	02.08.
	Artenzahl je Probestelle		19	13	18	24	23	11
Bsges	Besiedlungsstrukturfaktor (submerse + emerse MP)		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	max. Siedlungstiefe [m] (untere Vegetationsgrenze)		0,50	0,60	0,60	1,00	1,00	0,50
	Ausdehnung Makrophyten [m]		35,00	37,00	32,00	23,00	91-100	34,00
	Besiedlungsstruktur emerse MP: Zusatzkriterien							
	Ausdehnung (1-3 Punkte)		2	2	2	1	3	2
	Vegetationzonierung (1-3 Punkte)		1	2	2	2	2	1
	Vitalität (1-3 Punkte)		3	2	2	2	2	2
	Summe Zusatzkriterien		6	6	6	5	7	5
Bs	Besiedlungsstrukturfaktor (emerse Makrophyten)		0,75	0,75	0,75	0,50	0,75	0,50

Summe der prozentualen Quantitäten der vier ökologischen Kategorien ¹⁾	1	2,08	3,07	0,62	3,85	1,51	9,96
	2	55,84	58,24	63,69	34,81	55,77	60,15
	3	42,08	38,70	35,69	57,92	42,53	29,89
	4	0,00	0,00	0,00	3,42	0,00	0,00

¹⁾ ohne die nicht bis zur Art bestimmten und daher nicht eingestuft Taxa

K_{DA} -Werte der ökologischen Kate	1	5	5	5	5	5	4
	2	10	10	10	9	10	10
	3	14	14	14	15	14	14
	4				16		
Summe der K_{DA} -Werte		29	29	29	45	29	28

Berechnung des STI-Makrophyten und Einstufung in die Bewertungsstufen des ökologischen Zustands							
$\sum K_{DA} / \text{Anzahl der ökologischen Kategorien}$		9,67	9,67	9,67	11,25	9,67	9,33
Bs-Faktor _{ges} (submerse+emerse Makrophyten)		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Bs-Faktor (emerse Makrophyten)		0,75	0,75	0,75	0,50	0,75	0,50
STI-Makrophyten in Tidegewässern		5,44	5,44	5,44	4,22	5,44	3,50
EQR (Ecological Quality Ratio)		0,45	0,45	0,45	0,35	0,45	0,29
ökologischer Zustand		3	3	3	4	3	4

Erläuterungen zur Berechnung:

Die Berechnung des STI_{MT} basiert auf der Grundlage der prozentualen Quantitäten der vorkommenden ökologischen Kategorien und erfolgt über die Aufsummierung der gewichteten K_{DA} -Werte, dividiert durch die Anzahl der vorkommenden ökologischen Kategorien und die Multiplikation mit dem bzw. den Faktoren zur Besiedlungsstruktur.

Tab. A2: Zustandsbewertungen (hier als STI_{MT} -Werte) der sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe und Berechnung der Vertrauensbereiche für den Monitoringzeitraum 2008-2015

PS-Nr.	TEL-MP-	Sal-L1	Sal-L2	Sal-L3	Sal-R1	Sal-R2	Sal-R3
Untersuchungsjahre		STI_{MT}					
2008		5,44	5,44	5,44	6,19	6,19	5,44
2009		5,44	5,44	5,44	6,33	5,25	5,44
2010		5,44	5,44	5,44	6,33	5,25	5,06
2011		5,44	5,44	5,44	4,13	5,44	5,06
2012		5,44	5,44	5,44	4,13	5,44	5,06
2013		5,44	5,44	5,44	4,22	5,44	5,06
2014		5,44	5,44	5,44	4,22	5,44	3,50
2015		5,44	5,44	5,44	4,22	5,44	3,50
n		8	8	8	8	8	8
n-1		7	7	7	7	7	7
Mittelwert		5,44	5,44	5,44	4,97	5,49	4,77
t		2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37
s		0,00	0,00	0,00	1,09	0,30	0,80
$\sqrt{n}$		2,83	2,83	2,83	2,83	2,83	2,83
$T_x = t \times s / \sqrt{n}$		0,00	0,00	0,00	0,91	0,25	0,67
$\mu_{u,o} = \text{Mittelwert} \pm T_x$		95 % - Vertrauensbereich					
untere Grenze		5,44	5,44	5,44	4,06	5,24	4,10
obere Grenze		5,44	5,44	5,44	5,88	5,73	5,43
Genauigkeit % 2015		0,00	0,00	0,00	18,30	4,53	14,01
Genauigkeit % 2014		0,00	0,00	0,00	19,22	5,04	11,58
Genauigkeit % 2013		0,00	0,00	0,00	23,40	6,67	3,97
Genauigkeit % 2012		0,00	0,00	0,00	27,08	8,79	4,96

Berechnungen und statistische Tabellen Student-Verteilung s. Lozán & Kausch (2007)

Legende

n	= Anzahl der Untersuchungen
Mittelwert	= arithmetisches Mittel
t	= Wert der t-Verteilung aus Student-Verteilung für FG = n-1 und P = 0,05 (5%)
s	= Standardabweichung
T_x	= Intervall (Abweichung)
$\mu_{u,o}$	= <u>Vertrauensbereich</u> , zweiseitig (unten, oben)
Genauigkeit	= Abweichung vom Mittelwert in %

Tab. A3: Stammdaten der sechs operativen Messstellen „Salinität 2015“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe - (s. a. Kartierprotokolle TEL-MP-Sal-L1-L3 und TEL-MP-Sal-R1-R3)

Gewässertyp gem. EG-WRRL		Übergangsgewässer T1		
Oberflächenwasserkörper		Elbe (Übergangsgewässer)		
Probestellen-Nr.	TEL-MP-	Sal-L1	Sal-L2	Sal-L3
Bezeichnung		Hamelwörden	Freiburger Außendeich	Schöneworther Außend.
Datum der Kartierung		02.05.+26.07.2015	02.05.+26.07.2015	02.05.+26.07.2015
Salinität		oligohalin	oligohalin	mesohalin
Stromkilometer		678,3	684,4	687,4
Gewässerbreite [km]		3,80	2,50	2,10
Exposition der Probestelle		NO	NO	NNO
Geogr. Koord. (obere Veg.-grenze)	RW			
	HW			
Geogr. Koord. (untere Veg.-grenze)	RW	3522814	3519521	3517253
	HW	5963427	5968243	5969853
Ufermorphologie	naturnah / verbaut	naturnah	naturnah	naturnah
	sonstige Strukturen / Besonderheiten	Schlickwatt	Sandwatt / stellenw. Abbruchkante	Sandwatt mit Sandrippeln, stellenw. Abbruchkante
Lage der Probestelle im Strom		fahrrinnenfern	fahrrinnenfern	fahrrinnennah
Uferneigung (flach <1:20, mittel 1:5 - 1:20, steil >)		flach	mittel	flach
Substrat des MP-Wuchsortes	Schlick [%]	100	10	20
	Ton / Lehm [%]	0	0	0
	Sand [%]	0	90	80
	Steine / Blöcke [%]	0	0	0
Ufervegetation		Röhricht	Röhricht	Röhricht
Ausdehnung Ufervegetation [m]		2,0	10,0	30,0
angrenzende Umlandnutzung		Ex-/Intensivgrünland	Extensivgrünl./Sukzess.	Extensivgrünland
Ausdehnung des Deichvorlandes [m]		734,0	130,0	260,0
Algenaspekt (<i>E nteromorpha</i> , Faden- bzw. Grünalgen, <i>V aucheria</i> , Sonst.)		F / V (häufig)	V + F (verbreitet)	E + V (verbreitet)

Gewässertyp gem. EG-WRRL		Übergangsgewässer T1		
Oberflächenwasserkörper		Elbe (Übergangsgewässer)		
Probestellen-Nr.	TEL-MP-	Sal-R1	Sal-R2	Sal-R3
Bezeichnung		unterhalb Glückstadt	Großarentsee	St. Margarethen (Ost)
Datum der Kartierung / Erstkartierung		02.05.+02.08.2015	02.05.+02.08.2015	02.05.+02.08.2015
Salinität		oligohalin	oligohalin	mesohalin
Stromkilometer		676,2	686,7	689,5
Gewässerbreite [km]		3,50	2,00	2,60
Exposition der Probestelle		WSW	SSW	S
Geogr. Koord. (obere Veg.-grenze)	RW			
	HW			
Geogr. Koord. (untere Veg.-grenze)	RW	3526622	3518673	3516015
	HW	5963523	5971532	5972563
Ufermorphologie	naturnah / verbaut	naturnah	naturnah	verbaut / Steinschüttung
	sonstige Strukturen / Besonderheiten	Schlickwatt mit instabilem und wassergesättigtem Schlick	Sandwatt zwischen Steinbuhnen und Leitwerk	Mischwattbereich oberhalb Steinschüttung
Lage der Probestelle im Strom		fahrrinnenfern	fahrrinnenfern	fahrrinnennah
Uferneigung (flach <1:20, mittel 1:5 - 1:20, steil >)		flach	mittel	flach
Substrat des MP-Wuchsortes	Schlick [%]	80	0	80
	Ton / Lehm [%]	0	0	0
	Sand [%]	20	100	20
	Steine / Blöcke [%]	0	0	0
Ufervegetation		Röhricht / Hochstauden	Röhricht	Röhricht
Ausdehnung Ufervegetation [m]		65,0	11,0	306,0
angrenzende Umlandnutzung		halbrud. Gras-/Staudenfl.	Deich / Intensivgrünland	Ex-/Intensivgrünland
Ausdehnung des Deichvorlandes [m]		215,0	55,0	1.067,0
Algenaspekt (<i>E nteromorpha</i> , Fadenalgen, <i>V aucheria</i> , Sonst.)		V (vereinzelt)	F / V (verbreitet)	E auf Steinschüttung / V im Schilf (häufig)