

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

Endbericht - Ergebnisse 2018



Hamburg, März 2019

Auftraggeber:
Wasserstraßen- 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 2018

Auftraggeber:

Wasserstraßen- 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, März 2019

Titelfoto

Probestelle TEL-MP-Sal-L2 – Freiburger Außendeich bei Niedrigwasser im Sommer 2018

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Bearbeitungsgebiet und Probestellen	1
3	Geländeuntersuchungen und Bewertungsverfahren	2
4	Ergebnisse 2018 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	11
4.4	Auswertung des Arteninventars unter Berücksichtigung von Artenanzahl und Vorkommen von Zeigerarten	15
5	Zusammenfassung	22
6	Literatur	24
6.1	Zitierte Literatur	24
6.2	Bestimmungsliteratur	26

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-2018
Fotodokumentation	TEL-MP-Sal-L1-L3 und R1-R3
Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern	Tab. A1
Statistische Berechnungen 2008-2018	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 des WRRL-Überblicksmonitorings im Bearbeitungsgebiet Tideelbe (STILLER 2008, 2009a)	1
Abb. 2:	Standorttypieindex (STI _{MT}) sowie ökologische Zustandsklassen (ÖZK) der sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Untersuchungszeitraum 2008-2018 für die Qualitätskomponente Makrophyten im Bearbeitungsgebiet Tideelbe	6
Abb. 3:	Probestelle Sal-L2 zu Beginn des Monitorings 2008 (links) und im Jahr 2018 (rechts): Der wasserseitige Strandsimsen-Bestand ist nahezu ausgefallen. Gleichzeitig hat sich das Schilf stromwärts ausgedehnt und bildet streckenweise die untere Vegetationsgrenze.	8
Abb. 4:	Ablagerung von Feinsedimenten im Bereich der wasserseitigen Vegetationsgrenze der Makrophyten an den Probestellen Sal-L2 (links) und Sal-L3 (rechts) im Jahr 2018	8
Abb. 5:	Mittelwerte für den Standorttypieindex Makrophyten für die sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ im Zeitraum 2008-2018 mit Angabe des 95 %-Vertrauensbereichs	10
Abb. 6:	Gesamtartenzahl der Qualitätskomponente Makrophyten an den sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ im Monitoringzeitraum 2008-2018	15
Abb. 7:	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 im Monitoringzeitraum 2008-2018	16
Abb. 8:	Anzahl der Zeigerarten, d. h. Süßwasserarten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S=4-6) und Salzpflanzen (S=7-9), jeweils für alle sechs operativen Messstellen zusammen im Monitoringzeitraum 2008-2018	17
Abb. 9:	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 im Monitoringzeitraum 2008-2018	18
Abb. 10:	Mittlere ungewichtete (oben) und gewichtete (unten) Salzzahl für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen im Monitoringzeitraum 2008-2018 im Vergleich - Sortierung der Messstellen nach <u>Strom-km</u> in Fließrichtung	19
Abb. 11:	Entwicklung der mittleren gewichteten Salzzahl für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen im Monitoringzeitraum 2008-2018	20

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Beschreibung der Makrophytenbestände an den sechs Monitoringstellen „Salinität“ im Hinblick auf stattgefundene Veränderungen im Untersuchungszeitraum 2008-2018	3-5
Tab. 2:	Vorkommen, Pflanzenmenge und Vitalität zweier ausgewählter Süßwasserarten (Salzzahl S = 0) an den sechs Monitoringstellen „Salinität“	12
Tab. 3:	Pflanzenarten an den sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe sowie Angabe der Stetigkeit, d. h. der Häufigkeit des Auftretens der Arten an den sechs Probestellen, über den Monitoringzeitraum 2008-2018	13-14

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Vor dem Hintergrund einer mit der Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe 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 2018 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 2008-2017 (STILLER 2009a+b, 2010, 2011a, 2013-2015, 2016a, 2017, 2018a).

Mit der Aufnahme dieses Monitorings in den Planfeststellungsbeschluss zur Fahrrinnenanpassung im Jahr 2013 hat das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt (WSA), Hamburg, als Träger des Vorhabens die Auftragsvergabe übernommen. Im Jahr 2016 wurde Dipl.-Biol. Gabriele Stiller, Hamburg, mit der Durchführung der Arbeiten für die Jahre 2016-2018 beauftragt.

2 Bearbeitungsgebiet und Probestellen

Die Messstellen zur Überwachung von Vegetationsveränderungen in der Tideelbe liegen in dem für die Vegetation entscheidenden Abschnitt (STILLER 2009a+b) 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.

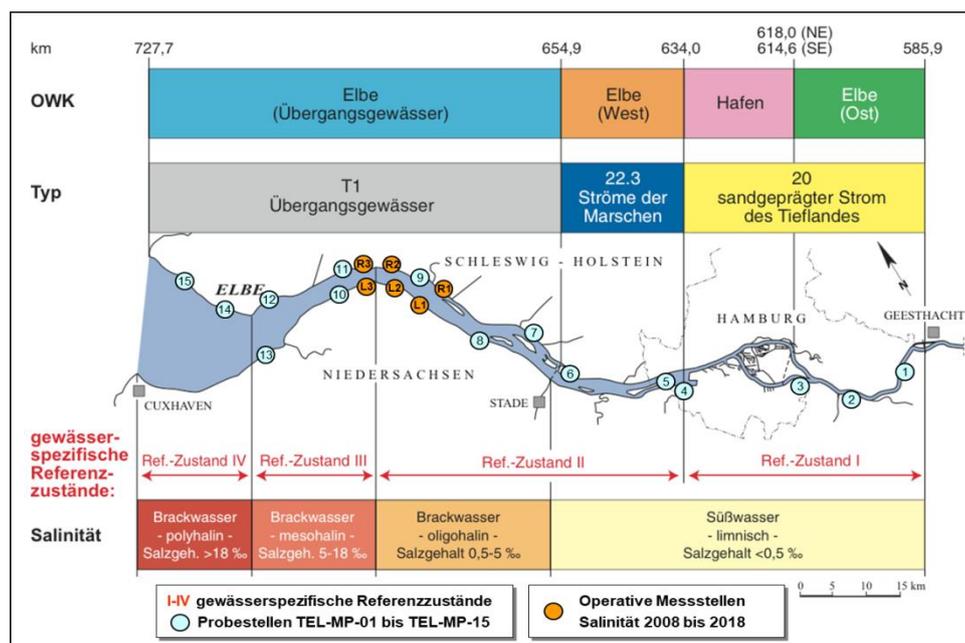


Abb. 1: Lage der sechs operativen Messstellen „Salinität“ innerhalb der 15 Messstellen des WRRL-Überblicksmonitorings im Bearbeitungsgebiet Tideelbe (STILLER 2008, 2009a)

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 2018 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 Anhang sowie auf CD).

4 Ergebnisse 2018 und Vergleich zu früheren Untersuchungen

Wie im Monitoringprogramm vorgegeben wurden die in 2018 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 2017 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). Eine Aktualisierung der ausführlichen Beschreibung der Standortverhältnisse und der Makrophytenbestände aus den Jahren 2008 und 2009 findet sich im Bericht zu den Untersuchungen in 2015 (STILLER 2016a). Diese wird nachfolgend erneut aktualisiert, um die im Monitoringzeitraum 2016-2018 stattgefundenen Veränderungen ebenfalls textlich darzustellen. Ergänzt werden die Beschreibungen durch je ein Foto aus dem Sommer (links) und dem Frühjahr (rechts).

Sämtliche Details zu Artenzusammensetzung, Besiedlungsstruktur und Standortparametern der Untersuchung im Jahr 2018 sind in den Kartierprotokollen sowie in Tabelle A3 im Anhang dokumentiert.

Tab. 1: Beschreibung der Makrophytenbestände an den sechs Monitoringstellen „Salinität“ im Hinblick auf stattgefundenene Veränderungen im Untersuchungszeitraum 2008-2018

TEL-MP-Sal-L1 - Hamelwörden	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 678,3)
	
<p>Der ca. 35 m breite Schilf-Bestand (<i>Phragmites australis</i>) einschließlich seiner Begleitarten ist seit Monitoringbeginn in 2008 vom Arteninventar her stabil. Die seit 2015 beobachtete wasserseitige Ausbreitungstendenz hat sich fortgesetzt, so dass der Schilf-Bestand 2018 knapp 40 m Breite misst. 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. Tatsächlich sind zwischenzeitlich und auch in 2018 immer wieder Strandsimsen-Keimlinge (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) und weitere Arten (zuletzt <i>Cotula coronopifolia</i>, <i>Alisma plantago-aquatica</i>) aufgetreten. Dieser sehr schütterere Bewuchs erstreckt sich knapp 90 m bis zum 1. Priel, die <i>Vaucheria</i>-Polster augenscheinlich sogar bis zur Fahrrinne hin. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist - vermutlich gefördert durch die winterliche Schilf-Mahd - weiterhin üppig und sehr vital ausgebildet. - Sporadisch treten immer wieder vereinzelte Brackwasserarten (<i>Cotula coronopifolia</i>) und/oder Salzpflanzen (<i>Aster tripolium</i>) im Bestand auf.</p>	
TEL-MP-Sal-L2 - Freiburger Außendeich	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 684,4)
	
<p>Der Makrophytenbestand setzte sich in 2008 aus einer 20 m breiten, wasserseitigen 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 als auch vom Ufer her in die Strandsimse vorgerückt und hatte sich bis 2015 auf Kosten der Strandsimse auf gut 30 m wasserseitig ausgebreitet. Seit dem ist der Standort im Bereich von MThw aufgelandet und unterliegt nicht mehr durchgehend dem Tideneinfluss, so dass der Makrophytenanteil des Schilf-Röhrchts in 2018 nur noch 20 m beträgt. Die Strandsimse wurde nicht nur vom Ufer her überwachsen, sondern auch wasserseitig durch Sedimentation beeinträchtigt. 2015 betrug ihre Ausdehnung noch 6 m. In 2018 ist ihre Zone in der Mitte kaum mehr als 2 m breit, so dass der Makrophytenbestand 2018 insgesamt 22 m Breite misst. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist weiterhin mäßig entwickelt mit wenigen blühenden und fruchtenden Exemplaren. Durch das rückwärtige Überwachsen und die Ablagerung von Sedimenten innerhalb der Strandsimsen-Zone sind mittlerweile fast alle Begleitarten ausgefallen. - Die Verringerung der flächenhaften Ausdehnung der Makrophyten hatte 2016 zur Verschlechterung des Zustands gem. WRRL geführt (vgl. Kap. 4.2).</p>	

Tab. 1: Fortsetzung

TEL-MP-Sal-L3 - Schöneworther Außend.	Übergangsgewässer T1 - mesohalin / (km 687,4)
	
<p>Der Standort wurde 2008 von einem ca. 40 m breiten Makrophytenbestand aus je 20 m Schilf (<i>Phragmites australis</i>) und Strandsimsen-Zone (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) besiedelt. Im Verlauf des Monitorings ist es zur uferwärtigen Auflandung und damit zur wasserseitigen Verlagerung der MThw-Linie innerhalb des Schilf-Bestandes gekommen. Gleichzeitig ist das Schilf in den Strandsimsen-Bestand vorgerückt, so dass die Schilf-Grenze mehrfach wasserseitig verschoben wurde. Da viele Begleitarten an der Grenze von Schilf zur Strandsimse wachsen, wurden/werden diese von Schilf überwachsen. Der Strandsimsen-Bestand wies im Monitoringverlauf wasserseitig Erosionsschäden und freigespülte Rhizomfelder auf, die in 2018 übersandet sind. Zwar war die Strandsimse 2016 leicht ins Watt vorgerückt, erreicht jedoch nicht mehr ihre ursprüngliche Ausdehnung. Der Makrophytenbestand ist in 2018 noch 29 m breit. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist seit Monitoringbeginn weitgehend unverändert, d. h. mäßig entwickelt mit wenigen blühenden und fruchtenden Exemplaren. - Im Untersuchungszeitraum traten sowohl Brackwasserarten als auch Salzpflanzen (<i>Aster tripolium</i>) regelmäßig im Bestand auf.</p>	
TEL-MP-Sal-R1 - unterhalb Glückstadt	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 676,2)
	
<p>Der Makrophytenbestand wurde 2008 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 Vegetation gekommen und zur Verringerung der Ausdehnung auf 23 m bei gleichzeitiger Durchmischung der dominanten Röhrichte. Bis 2018 sind zwei wasserseitig vorgelagerte Teichsimsen-Inseln komplett ausgefallen. Der Teichsimsen-Saum, der sich zuletzt regeneriert hatte, ist erneut ausgefranst bzw. lückig und um wenige Meter schmaler geworden, so dass die Makrophyten in 2018 insgesamt 21 m Breite aufweisen. - Der Sumpf-Dotterblumen-Bestand (<i>Caltha palustris</i>) war anfangs durch den Verbiss nur mäßig ausgebildet, hat sich jedoch in den letzten Jahren gut entwickelt. - Während Brackwasserarten (<i>Cotula coronopifolia</i>) im Monitoringzeitraum regelmäßig auftraten, kam mit der Strandaster (<i>Aster tripolium</i>) 2018 erstmals auch eine Salzpflanze im Bestand vor. - Die Verringerung der flächenhaften Ausdehnung der Makrophyten hatte 2011 zur Verschlechterung des Zustands gem. WRRL geführt (vgl. Kap. 4.2).</p>	

Tab. 1: Fortsetzung

TEL-MP-Sal-R2 - Großarentsee	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 686,7)
	
<p>Der gut 90 m breite Makrophytenbestand wies 2008 ein uferwärtiges Schilf-Röhricht (<i>Phragmites australis</i>) auf, dem wasserseitig eine geschlossene Strandsimsen-Zone (<i>Bolboschoenus maritimus</i>) und dieser vor allem stromauf und stromab Salz-Teichsimsen-Bestände (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>) vorgelagert waren. Im Verlauf des Monitorings zeigte der Standort uferwärts im Schilf- und Strandsimsen-Röhricht Auflandungstendenzen. Hierdurch ist es zu leichten Verschiebungen der Zonen gekommen. Da das Schilf in die Strandsimsen-Zone vorgerückt ist, hat sich letztere v.a. in der Probestellenmitte verschmälert. Gleichzeitig rückt die Strandsimse stromauf und stromab leicht in den wasserseitigen Teichsimsen-Bestand vor, so dass diese Zone schmaler geworden ist. Während sich die Zonen verschoben haben, ist die Gesamt-Ausdehnung unverändert und auch die Artenzusammensetzung ist weiterhin stabil und damit artenreich. - Der Sumpf-Dotterblumen-Aspekt (<i>Caltha palustris</i>) ist weiterhin extrem üppig und sehr vital ausgebildet, wobei jedoch die wasserseitig im Strandsimsen-Röhricht siedelnden Exemplare ausgefallen sind. - Salzpflanzen konnten bislang nicht festgestellt werden. Lediglich Brackwasserarten (<i>Eleocharis uniglumis</i>) treten regelmäßig auf.</p>	
TEL-MP-Sal-R3 - St. Margarethen (Ost)	Übergangsgewässer T1 - mesohalin / (km 689,5)
	
<p>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. Dieser Bereich wird zunehmend von Rohr-Glanzgras (<i>Phalaris arundinacea</i>) dominiert. Im Jahr 2014 wurde die MThw-Linie wasserseitig entsprechend verschoben, so dass der Makrophytenbestand seit dem 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. - Während Brackwasserarten (<i>Eleocharis uniglumis</i>) im Monitoringzeitraum bereits vereinzelt auftraten, kam mit der Strandaster (<i>Aster tripolium</i>) 2018 erstmals auch eine Salzpflanze im Bestand auf. - Die Verringerung der flächenhaften Ausdehnung der Makrophyten hatte 2014 zur Verschlechterung des Zustands gem. WRRL geführt (vgl. Kap. 4.2).</p>	

4.2 Bewertung des ökologischen Zustands und Zuverlässigkeit der Ergebnisse

In 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 2018 dargestellt. Hiernach weisen alle sechs Makrophytenbestände im Jahr 2018 die gleichen Bewertungsergebnisse wie im Vorjahr 2017 auf. Somit sind die Makrophyten im Jahr 2018 an jeweils drei Standorten in einem mäßigen (Sal-L1, Sal-L3 und Sal-R2) bzw. unbefriedigenden (Sal-L2, Sal-R1 und Sal-R3) ökologischen Zustand, während zu Beginn des Monitorings in 2008 alle sechs Standorte einen mäßigen Zustand aufwiesen.

Dies bedeutet, dass über den 11-jährigen Monitoringzeitraum 2008 bis 2018 drei der Standorte nach wie vor gleiche Bewertungsergebnisse aufweisen, während sich die Bewertung für drei Standorte über den genannten Zeitraum verändert hat (Abb. 2).

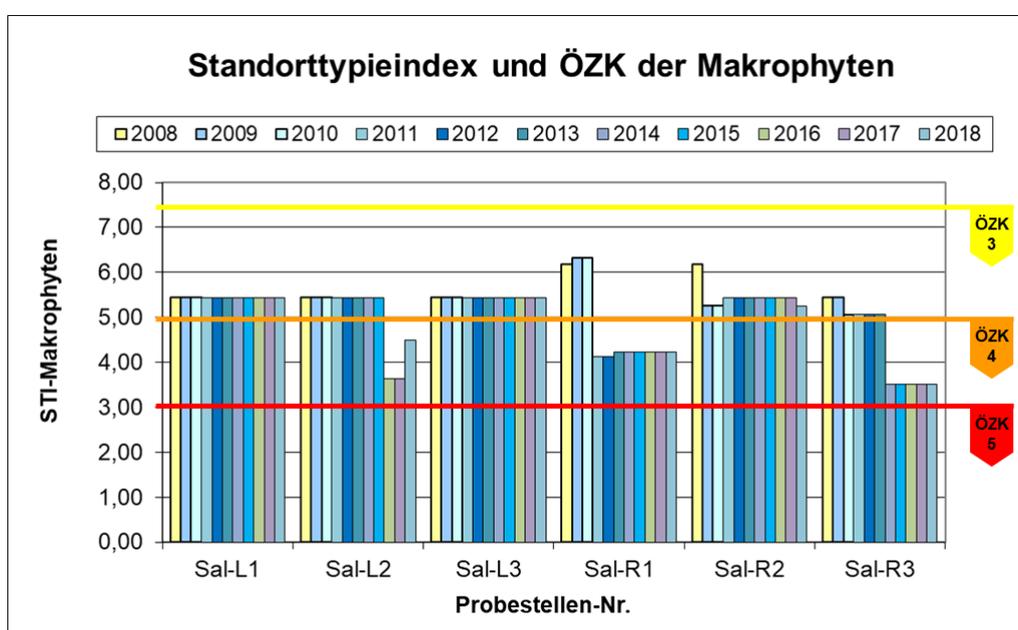


Abb. 2: Standorttypieindex (STI_{MT}) sowie ökologische Zustandsklassen (ÖZK) der sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Untersuchungszeitraum 2008-2018 für die Qualitätskomponente Makrophyten im Bearbeitungsgebiet Tideelbe

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

Seit der Erstaufnahme in 2008 unveränderte Bewertungsergebnisse zeigen die Messstellen Sal-L1, Sal-L3 und Sal-R2. Hier befinden sich die Makrophytenbestände durchweg in einem **mäßigen ökologischen Zustand**. Dabei zeigen die beiden Messstellen am linken Ufer (Sal-L1 und Sal-L3) sogar identische STI_{MT} -Werte über den gesamten Monitoringzeitraum. Bei der mittleren Messstelle am rechten Ufer (Sal-R2) pendelte der STI_{MT} -Wert zunächst innerhalb der Klassengrenzen des mäßigen Zustands, war jedoch seit 2011 gleichbleibend. In 2018 ist er geringfügig gesunken, ohne dass dies Auswirkungen auf das Bewertungsergebnis hatte.

Über den 11-jährigen Monitoringzeitraum 2008 bis 2018 hat es somit für die drei Messstellen Sal-L1, Sal-L3 und Sal-R2 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.

Im Gegensatz zu Veränderungen im Arteninventar haben sich im Monitoringzeitraum festgestellte Veränderungen der **Besiedlungsstruktur** an den Messstellen Sal-L2, Sal-R1 und Sal-R3 auf die Bewertungsergebnisse ausgewirkt. Dabei hat an allen drei Standorten die flächenhafte Ausdehnung der Makrophyten abgenommen (vgl. Tab. A1 sowie Kartierprotokolle), was jeweils zu einer Verschlechterung des ökologischen Zustands von „mäßig“ zu „unbefriedigend“ geführt hat.

Als Ursache für die Verringerung der flächenhaften Ausdehnung und damit Abwertung der Besiedlungsstruktur an der Messstelle Sal-R1 im Jahr 2011 kam, wie beschrieben (vgl. STILLER 2010, 2011a), u. a. die Beweidung der Makrophyten durch Schafe bei Niedrigwasser infrage. 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 seit dem auf dem niedrigeren Niveau (STILLER 2018a). Dabei hat sich die Ausdehnung in 2018 gegenüber dem Jahr 2017 wasserseitig geringfügig um wenige Meter verringert (vgl. Tab. 1).

Bei der **Besiedlungsstruktur**, die sich aus den Parametern räumliche Ausdehnung, Vegetationszonierung und Vitalität zusammensetzt, konnten unabhängig von diesen lokalen bzw. probestellenspezifischen Beeinträchtigungen in den vergangenen Jahren bei fast allen Messstellen eine Verringerung des Parameters „räumliche Ausdehnung“ festgestellt werden (STILLER 2018a, vgl. auch STILLER 2016a, 2019a, 2019b+c in Vorb.). Im Zuge der natürlichen Sukzession kommt es zur uferwärtigen Auflandung und damit potenziell zur wasserseitigen Verlagerung der MThw-Linie. Da meist keine wasserseitige Ausbreitung erfolgt, verringert sich hierdurch der eigentliche Makrophytenanteil (d. h. die räumliche Ausdehnung) an der Ufervegetation. Dies bedeutet, dass sich die terrestrische Vegetation auf Kosten der amphibischen Makrophyten ausbreitet.

Von den Verlusten sind dabei insbesondere die wasserseitigen Vegetationsbestände der Strand- (*Bolboschoenus maritimus*) und/oder Teichsimsen (*Schoenoplectus* spp.) 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 in die Teichsimse vordringen und diese Zone verschmälern. Dieser Vorgang kann bei Probestelle Sal-R2 seit 2016 beobachtet werden (STILLER 2017) und hat in 2018 dazu geführt, dass der Schilf-Bestand sich ausgedehnt und die beiden vorgelagerten Zonen aus Strand- und Teichsimse jeweils schmaler geworden sind (vgl. Kartierprotokoll im Anhang). Durch diese Entwicklungen kann außer dem Parameter „Ausdehnung“ mittelfristig auch die „Vegetationszonierung“ beeinträchtigt und damit die Besiedlungsstruktur zusätzlich verschlechtert werden.

In den vergangenen Untersuchungsjahren waren diese Entwicklungen insbesondere für die Messstellen Sal-L2, Sal-L3 und Sal-R3 beschrieben worden, ohne dass dies zunächst Auswirkungen auf die Bewertungsergebnisse hatte. Nachdem die beschriebenen Vorgänge der Sukzession jedoch bei der Probestelle Sal-R3 im Jahr 2014 zur Verschlechterung des Bewertungsergebnisses von „mäßig“ auf „unbefriedigend“ geführt haben (STILLER 2015), traf dies im Jahr 2016 auch für die Messstelle Sal-L2 zu (STILLER 2017). Das Schilf rückte hier von den Seiten und vom Ufer her in die Strandsimse vor und hatte in der Mitte der Probestelle nahezu die untere Vegetationsgrenze erreicht und damit die Strandsimse fast überwachsen (Abb. 3). Diese Tendenz hat sich 2018 fortgesetzt.



Abb. 3: Probestelle Sal-L2 zu Beginn des Monitorings 2008 (links) und im Jahr 2018 (rechts): Der wasserseitige Strandsimse-Bestand ist nahezu ausgefallen. Gleichzeitig hat sich das Schilf stromwärts ausgedehnt und bildet streckenweise die untere Vegetationsgrenze.

Nur an Messstelle Sal-L3 haben sich die Entwicklungen noch nicht auf das Bewertungsergebnis ausgewirkt. Hier konnte der durch Überwachsen mit Schilf entstandene Verlust der Strandsimse in 2016 noch durch wasserseitiges Vordringen des Bestandes ins Watt hinein weitgehend ausgeglichen werden. Im Jahr 2017 war das Schilf weiter wasserseitig in die Strandsimse vorgerückt, ohne dass diese sich erneut wasserseitig ausbreiten konnte. Daher hat die Strandsimse etwa ein Drittel ihrer Ausdehnung (von 19 m auf 13 m) eingebüßt, so dass auch hier mittelfristig ein Verlust der charakteristischen Zonierung des Tideröhrichts droht. Verschärft wird dieser Prozess wie bei Probestelle Sal-L2 durch Ablagerung von Feinsedimenten im wasserseitigen Bewuchs (Abb. 4, rechts).



Abb. 4: Ablagerung von Feinsedimenten im Bereich der wasserseitigen Vegetationsgrenze der Makrophyten an den Probestellen Sal-L2 (links) und Sal-L3 (rechts) im Jahr 2018

Während im Jahr 2018 alle Bewertungsergebnisse gegenüber dem Vorjahr stabil geblieben sind, haben im Verlauf der 11 Untersuchungsjahre die Probestellen Sal-R1 im Jahr 2011, Sal-R3 im Jahr 2014 und Sal-L2 im Jahr 2016 eine Veränderung der Bewertung erfahren, und zwar jeweils vom mäßigen zum unbefriedigenden ökologischen Zustand.

Gerade die wasserseitige Ausdehnung der Bestände konnte bislang nur an wenigen Standorten im Bearbeitungsgebiet beobachtet werden, während die übrigen Entwicklungen (z. B. uferwärtige Auflandungen und Vordringen von Schilf in die wasserseitigen Pionierzonen) auch bei einigen der WRRL-Monitoringstellen im äußeren Ästuar in den Jahren 2015 und 2018, aber auch beim Monitoring auf der Hamburger Elbinsel Neßsand und dem sog. Wellenschlagmonitoring festgestellt wurden (STILLER 2016b+c, 2018b, 2019a, 2019b+c in Vorb.). Wie beschrieben, handelt es sich bei den Auflandungen ursprünglich um einen natürlichen Prozess der Sukzession am jeweiligen Standort.

Darüber hinaus können anthropogen bedingte morphologische Veränderungen im Bearbeitungsgebiet Tideelbe zur Beschleunigung von Auflandungsprozessen führen (STILLER 2016b+c, 2017, 2018a). Diese Beobachtungen müssen entsprechend bei der Interpretation von Veränderungen der Vegetationsbestände durch veränderte Salinitäten zukünftig berücksichtigt werden.

Aufgrund der teils klassengrenznahen Lage der Bewertungsergebnisse (vgl. Abb. 2) können zukünftig auch geringfügige Veränderungen zum Wechsel in die benachbarte, d. h. in den vorliegenden Fällen schlechtere Bewertungsklasse führen. Hier stellt sich 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 Bestimmungsunsicherheit. Vor allem wenn es, wie bei den Probestellen Sal-L2, 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 des Standorttypieindex Makrophyten waren erstmals mit dem Bericht aus 2012 (STILLER 2013) auf ihre Zuverlässigkeit und Genauigkeit hin 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 folgenden Auswertungen nachvollziehen zu können, vorab 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 5 sind die 95 %-Vertrauensbereiche für die Mittelwerte der sechs Salinitäts-Monitoringstellen für den Zeitraum 2008 bis 2018 dargestellt (Berechnungen vgl. Tab. A2 im Anhang und auf CD). Wie beschrieben, entspricht die Breite des Vertrauensbereichs 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 und Sal-L3) und solche mit geringerer (Sal-L2, 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 nur noch für drei Monitoringstellen zu, und zwar Sal-L1, Sal-L3 sowie Sal-R2. Bei den Monitoringstellen Sal-L2, Sal-R1, Sal-R3 reichen die Vertrauensbereiche aufgrund der stattgefundenen Veränderungen dagegen über zwei ökologische Zustandsklassen hinweg. Hier weist die Zuordnung zu einer der Zustandsklassen einen geringeren Grad an Zuverlässigkeit auf.

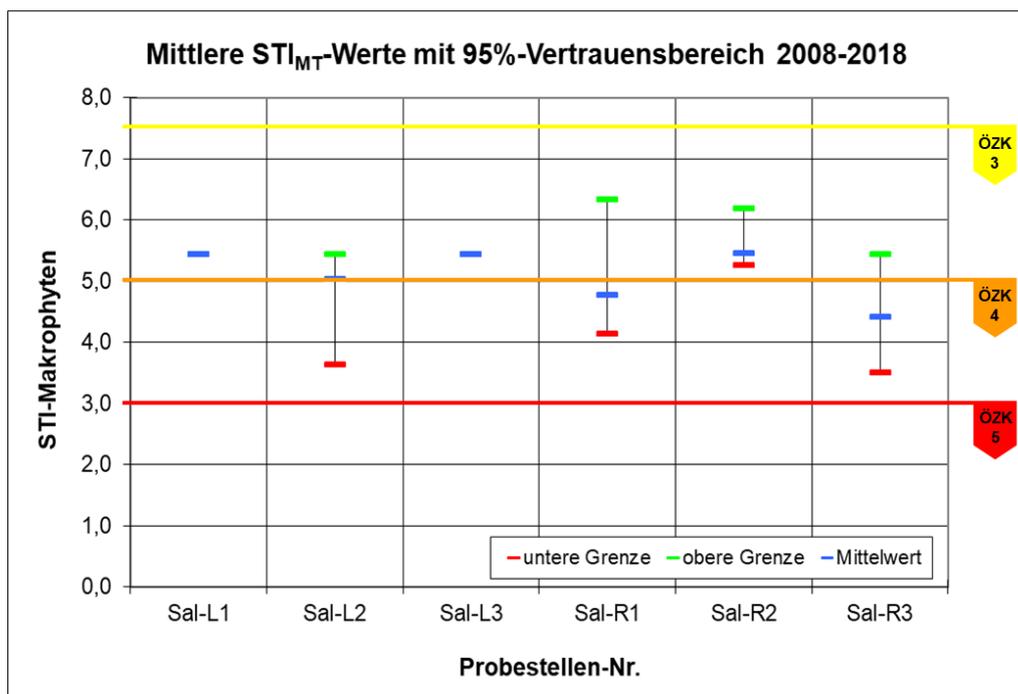


Abb. 5: Mittelwerte für den Standorttypieindex Makrophyten für die sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ im Zeitraum 2008-2018 mit Angabe des 95 %-Vertrauensbereichs

Unabhängig der Genauigkeit, d. h. der Intervallgröße, fällt in Abbildung 5 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 aus 2018 für die Bewertungsergebnisse der beiden Salinitäts-Monitoringstellen am linken Ufer Sal-L1 und Sal-L3 trotz der hohen Genauigkeit der Ergebnisse nach wie vor nur eine mittlere Zuverlässigkeit. Gleiches gilt für Sal-R2. Die Ergebnisse der Monitoringstellen Sal-L2, 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 2016b).

Für den vorliegenden Datenpool hat die Erhöhung der Anzahl der Untersuchungen dies ebenfalls teils bestätigt: Im Vergleich zu den Berechnungen nach fünf Untersuchungen (STILLER 2013) aus dem Jahr 2012 hat die Genauigkeit mit der hier vorliegenden 11-ten Untersuchung für die Messstellen Sal-R1 und Sal-R2 weiter und für Sal-R3 sowie Sal-L2 nach zwischenzeitlicher Zunahme wieder leicht zugenommen (vgl. Tab. A2 im Anhang). Bei Sal-L1 und Sal-L3 ist die Genauigkeit unverändert hoch, da die Zustandsbewertungen exakt gleich geblieben sind.

4.3 Vitalität und Stetigkeit ausgewählter Arten

Zur Überwachung von Vegetationsveränderungen infolge erhöhter Salinitäten im Bearbeitungsgebiet Tideelbe stehen gemäß Monitoringkonzept 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 daher auch die Einschätzung der Vitalität die Entwicklung der betreffenden Art über die Jahre hinweg zu beurteilen.

Der aufgrund des zu Beginn des Monitorings herrschenden 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.

Die Daten zeigen, dass insbesondere die Sumpf-Dotterblumen-Bestände (*Caltha palustris*) auch nach 11 Untersuchungsjahren hinsichtlich Pflanzenmenge und Vitalität unverändert bzw. weitgehend stabil sind. Dabei ist der parallel zum Salzgradienten verlaufende Gradient der Vitalität der Sumpf-Dotterblumen-Bestände 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).

Im Gegensatz zur Sumpf-Dotterblume erweist sich die Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) als weniger stabil - sowohl hinsichtlich der Pflanzenmengen als auch der Vitalität. Sie tritt überwiegend nur temporär an den Probestellen auf, kam jedoch bis zum Jahr 2015 an zwei Probestellen (Sal-L2 und Sal-R1) durchgehend und mit ähnlichen Abundanz und gleichbleibender Vitalität vor, so dass diese Standorte zur Überwachung von Veränderungen gut geeignet waren. An der Probestelle Sal-L2 war sie im Zeitraum 2008 bis 2015 häufig bis verbreitet, im Jahr 2016 jedoch nur noch selten anzutreffen. Seit 2017 ist sie komplett ausgefallen (Tab. 2). Wie die Pflanzenmengen zeigen, ereignete sich der Ausfall der Brunnenkresse relativ abrupt und vor allem ohne vorherige Vitalitätseinschränkungen, wie sie im Fall von steigenden Salzgehalten angenommen worden waren (s. o.). Als mögliche Ursache für den Komplettausfall dieser Süßwasserart kommen Ablagerungen von Feinsedimenten infrage, die seit einiger Zeit im Bereich der Probestelle beobachtet wurden (vgl. Abb. 4, Kap. 4.2 sowie STILLER 2018a). Somit hat hier vermutlich nicht der Faktor Salz zum Ausfall der Süßwasserart geführt, sondern der Einfluss der Sedimentation, wodurch die Pflanzen beeinträchtigt wurden. Hierfür sprechen auch der Ausfall weiterer vereinzelt vorkommender Arten in den Jahren 2017 und 2018 sowie der kontinuierliche Rückgang der Artenzahl an der Probestelle Sal-L2 (vgl. Abb. 6, Kap. 4.4).

Inwiefern die Interpretation der Veränderungen bzw. deren Ursachen zutreffen und ob der Ausfall der Brunnenkresse dauerhaft ist, müssen die weiteren Untersuchungen bzw. Entwicklungen zeigen. Da außer dem Salzgradienten offenbar 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.

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 / ●
2016	4 / ●	2 / ○	3 / ○	3 / ●	4 / ●	4 / ●
2017	4 / ●	2 / ☉	3 / ☉	3 / ☉	4 / ●	4 / ●
2018	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 / ☉	-
2016	-	1 / ☉	-	3 / ●	3 / ☉	-
2017	-	-	-	3 / ●	3 / ☉	-
2018	-	-	-	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

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 alle seit 2008 an den sechs Monitoringstellen nachgewiesenen Pflanzenarten sortiert nach der Salzzahl (ELLENBERG et al. 2001) aufgeführt, wobei die beiden zuvor ausgewerteten Süßwasserarten Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*) und Brunnenkresse (*Nasturtium officinale*) sowie weitere gegenüber erhöhter Salinität empfindliche Zeigerarten gelb markiert sind. Ferner ist in der Tabelle die Stetigkeit, d. h. die Häufigkeit des Auftretens der Pflanzenarten an den sechs Monitoringstellen für die Untersuchungsjahre 2008 bis 2018 angegeben. Hiernach hat es für die von Anfang an hochsteten Arten über die 11 Untersuchungsjahre keine Veränderungen gegeben. Mit dem Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria* ssp. *bulbifera*) gehört eine weitere Süßwasserart zu den hochsteten Arten, während die zwischenzeitig ebenfalls hochstete Brunnenkresse seit 2015 weniger stet ist. Was Einzelvorkommen von Arten an einer oder wenigen Probestellen anbelangt, so gab es über die Jahre immer wieder kleinere Verschiebungen. Diese Beobachtungen unter den im Monitoringzeitraum 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 an den sechs operativen Messstellen „Salinität“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe sowie Angabe der Stetigkeit, d. h. der Häufigkeit des Auftretens der Arten an den sechs Probestellen, über den Monitoringzeitraum 2008-2018 - Legende s. u.

Wissenschaftlicher Name	Salz-zahl	Stetigkeit										
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
<i>Acorus calamus</i>	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
<i>Agrostis gigantea</i>	0	0	0	0	2	1	1	1	3	2	2	2
<i>Alisma plantago-aquatica</i>	0	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	2
<i>Anthriscus sylvestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Atriplex prostrata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0
<i>Bidens cernua</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
<i>Bidens tripartita</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Caltha palustris</i>	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Calystegia sepium</i>	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Cardamine amara</i>	0	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1	0
<i>Eleocharis palustris</i>	0	1	1	0	1	2	1	1	2	1	1	1
<i>Equisetum palustre</i>	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1
<i>Glyceria maxima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Juncus ranarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Lycopus europaeus</i>	0	1	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2
<i>Lysimachia nummularia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Mentha aquatica</i>	0	1	1	2	2	2	3	2	2	2	3	3
<i>Myosotis scorpioides</i>	0	0	1	2	2	2	3	1	1	2	3	4
<i>Nasturtium officinale</i>	0	2	2	3	4	5	5	3	4	3	4	2
<i>Persicaria hydropiper</i>	0	2	2	2	2	2	2	2	5	2	1	2
<i>Phalaris arundinacea</i>	0	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Tab. 3: Fortsetzung

Wissenschaftlicher Name	Salz- zahl	Stetigkeit										
		2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
<i>Plantago major</i>	0	0	0	0	1	1	1	3	0	0	1	0
<i>Ranunculus ficaria</i> ssp. <i>bulb.</i>	0	5	5	5	6	6	6	6	6	3	3	2
<i>Rumex conglomeratus</i>	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	2
<i>Rumex obtusifolius</i>	0	1	1	0	0	1	0	2	4	3	1	0
<i>Senecio erraticus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Sium latifolia</i>	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0
<i>Solanum dulcamara</i>	0	1	1	2	2	3	2	3	2	1	1	1
<i>Stachys palustris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Veronica catenata</i>	0	3	3	4	3	5	3	2	5	3	2	2
<i>Phragmites australis</i>	0-3 *	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Rumex crispus</i>	0-3 *	2	2	1	2	4	2	2	4	5	2	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	0-6 *	6	6	6	6	6	6	5	4	6	6	5
<i>Angelica archangelica</i>	1	4	3	3	4	5	5	6	6	5	5	5
<i>Callitriche stagnalis</i>	1	1	1	0	0	0	3	1	0	1	0	0
<i>Epilobium hirsutum</i>	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
<i>Juncus articulatus</i>	1	2	1	2	2	2	3	1	2	1	2	2
<i>Lythrum salicaria</i>	1	3	3	6	4	5	5	5	6	6	5	4
<i>Schoenoplectus lacustris</i>	1	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	0
<i>Schoenoplectus pungens</i>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Typha angustifolia</i>	1	2	2	2	2	2	2	0	3	2	2	2
<i>Typha latifolia</i>	1	1	2	0	0	0	0	3	0	0	1	0
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
<i>Deschampsia wibeliana</i>	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4
<i>Festuca arundinacea</i>	2	1	1	1	2	1	0	0	1	1	1	1
<i>Ranunculus sceleratus</i>	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0
<i>Schoenoplectus x carinatus</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
<i>Schoenoplectus triquetar</i>	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i>	3	6	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6
<i>Cotula coronopifolia</i>	5	1	1	0	1	2	1	2	3	0	1	1
<i>Eleocharis uniglumis</i>	5	3	4	4	3	4	4	4	5	5	6	4
<i>Aster tripolium</i>	8	4	2	3	2	3	2	1	2	2	2	2
<i>Cochlearia anglica</i>	8	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0
S = 0 (Glykophyten)		16	16	16	17	20	20	21	21	22	20	22
S = 1-3 (leichte Versalzung ertragend)		18	17	16	15	15	14	15	16	16	17	14
S = 4-6 (Brackwasserarten)		2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2
S = 7-9 (Salzpflanzen)		1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1
Gesamt-Zeigerartenzahl aller Probestellen je Jahr		37	37	35	36	39	38	40	40	41	41	39

Arten sortiert nach zunehmender **Salzzahl** (Legende s.u.); aufgeführt sind alle seit 2008 an den Probestellen nachgewiesenen Arten für die eine Salzzahl vorliegt; Erläuterungen s. Text

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)

¹⁾ = Salzzahl von *Juncus bufonius* agg. verwendet, zu dem *J. ranarius* nach Wisskirchen & Haeupler (1998) gehört;

²⁾ = Salzzahl von *Plantago major* ssp. *major* verwendet

* Arten, die in Küstennähe höhere Salztoleranz aufweisen (Ökotypen oder Unterarten).

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 Artenpektrum auf den Rückgang bzw. den Ausfall von Süßwasserarten sowie das Auftreten, die Zunahme und Etablierung von salztoleranten Taxa überwacht werden. Außer zu Artenverschiebungen kann es dabei durch den Ausfall von Arten zur Artenverarmung kommen.

Abbildung 6 zeigt die **Gesamtartenzahl** an den sechs Probestellen für den 11-jährigen Monitoringzeitraum. Für alle Probestellen ergaben sich über den Untersuchungszeitraum sowohl Zu- als auch Abnahmen der Artenzahlen. Gegenüber der Ersterfassung im Jahr 2008 ist die Artenzahl an Probestelle Sal-L1 im Jahr 2018 gleich geblieben, während sie sich an den Probestellen am rechten Ufer Sal-R1 bis Sal-R3 in 2018 gegenüber der Ausgangssituation durchweg leicht erhöht zeigt. An den Messstellen Sal-L2 und Sal-L3 ist es dagegen im Vergleich zu 2008 zu einer Abnahme der Artenzahl gekommen. Dabei setzte sich der Artenrückgang an Probestelle Sal-L2 seit 2014 bis 2017 kontinuierlich fort und stagniert in 2018 auf dem niedrigen Niveau. Bei Sal-L3 hat sich der seit 2015 anhaltende Abwärtstrend auch 2018 weiter fortgesetzt.

Während die an den Standorten Sal-L1 sowie Sal-R1 bis Sal-R3 beobachteten Veränderungen noch innerhalb der Bandbreite interannueller Schwankungen der Artenzahlen unter den derzeitigen Gegebenheiten im Bearbeitungsgebiet liegen dürften, sind an den Probestellen Sal-L2 und Sal-L3 inzwischen vermutlich weitere Einflüsse, wie z. B. die Auflandung der Standorte (vgl. Kap. 4.2+4.3), für den Artenrückgang verantwortlich.

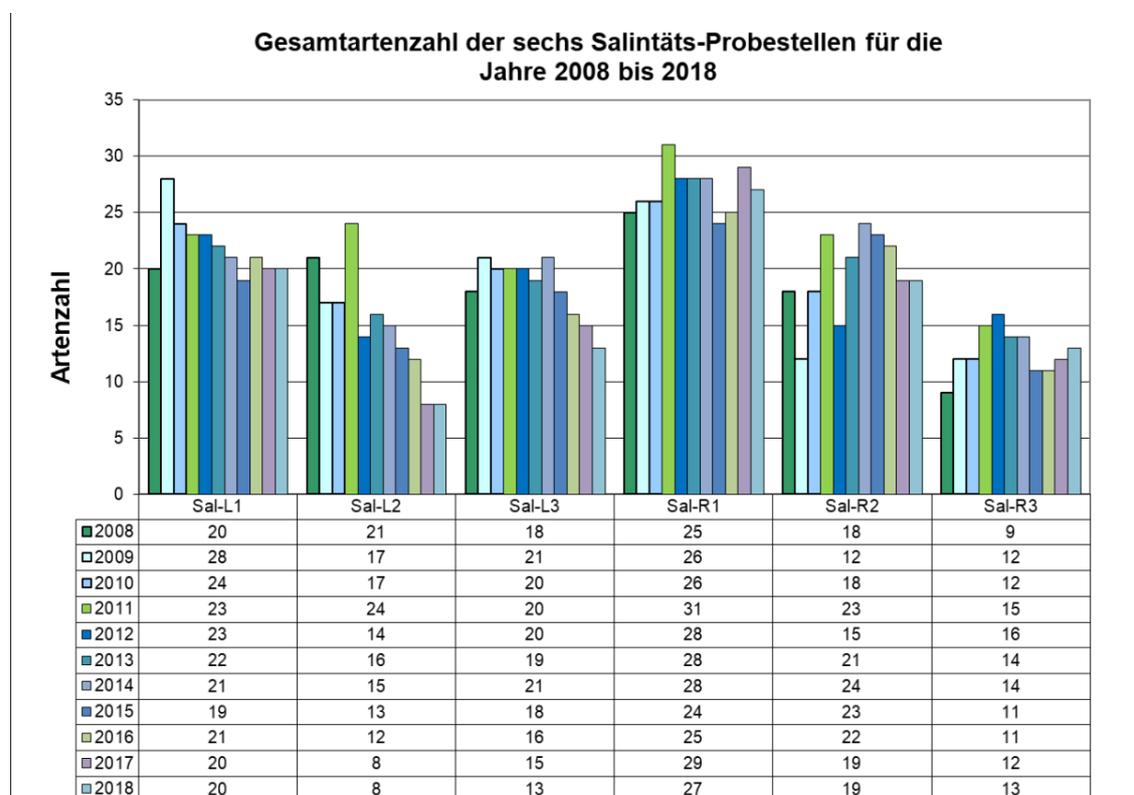


Abb. 6: Gesamtartenzahl der Qualitätskomponente Makrophyten an den sechs operativen Monitoringstellen „Salinität“ im Monitoringzeitraum 2008-2018

In Abbildung 7 sind die Anteile der **Zeigerarten** an der Gesamtartenzahl für den Standortfaktor Salz anhand der Salzzahl von ELLENBERG et al. (2001) für die 11 Untersuchungsjahre dargestellt. 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.

Hiernach haben die Süßwasserarten (= Glykophyten; $S = 0$), und die Arten, die schwache Versalzung ertragen können ($S = 1-3$) an allen Probestellen mit jeweils 40-50 % ähnlich hohe Anteile. Mit einer Ausnahme (Sal-L2) waren auch im Jahr 2018 an allen Probestellen weitere Artengruppen vertreten. So konnten an vier Probestellen (Sal-L1, Sal-R1 bis Sal-R3) die in vorangegangenen Untersuchungen vorgefundenen Brackwasserarten ($S = 4-6$) bestätigt werden. An zwei der Probestellen am linken Ufer (Sal-L1 und Sal-L3) wurden auch die bereits bei früheren Untersuchungen auftretenden Salzpflanzen ($S = 7-9$) im Jahr 2018 bestätigt. An den beiden Probestellen Sal-R1 und Sal-R3 konnten dagegen in 2018 erstmals Salzpflanzen ($S = 7-9$) im Makrophytenbestand nachgewiesen werden.

Nachdem bis 2017 nur an den drei Probestellen am linken Elbufer sowohl Süßwasser-, Brackwasser- als auch echte Salzwasserarten vorkamen, konnten im Jahr 2018 erstmals auch an zwei der Untersuchungsstellen am rechten Ufer (Sal-R1 und Sal-R3) Zeigerarten für Süß-, Brack- und Salzwasser erfasst werden. Unter Berücksichtigung der Daten aus 2018 zeigt sich gegenüber den ersten Monitoringjahren 2008/2009 insbesondere für die Messstelle Sal-L3 eine mehr oder weniger deutliche Abnahme der Anzahl der Süßwasserarten, während bei Sal-R2 eine leichte Zunahme dieser Gruppe zu beobachten ist.

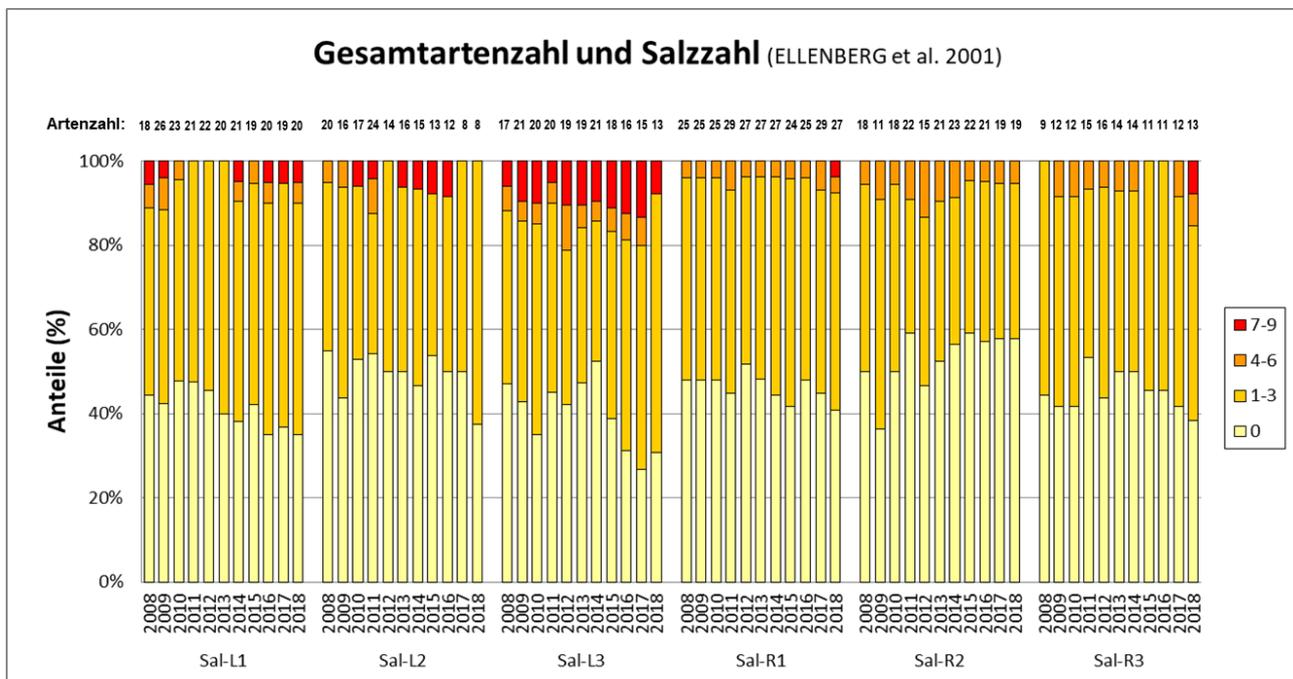


Abb. 7: **Gesamtartenzahl** und Anteil der Süßwasserarten ($S=0$), Arten, die leichte Versalzung ertragen ($S=1-3$), Brackwasserarten ($S=4-6$) und Salzpflanzen ($S=7-9$) an den sechs operativen Messstellen im Monitoringzeitraum 2008-2018

Hinweis: Die hier angegebene Artenzahl kann von der Gesamtartenzahl der Probestelle abweichen (vgl. Abb. 6 sowie Tab. A1 im Anh.), da bei der Auswertung nur die Arten berücksichtigt sind, für die eine Salzzahl vorliegt.

Im Vergleich zu den beiden zuvor angesprochenen Messstellen Sal-L3 und Sal-R2 lassen die übrigen Probestellen keinen derart deutlichen Trend der Entwicklung der Anzahl der Zeigerarten erkennen. Betrachtet man jedoch die Anzahl der Zeigerarten für die einzelnen Untersuchungsjahre jeweils für alle sechs Probestellen zusammen, lässt sich eine Tendenz erkennen, wie aus Abbildung 8 hervorgeht. Hiernach hat die Gruppe der Süßwasserarten ($S = 0$) von 22 im Jahr 2008 auf 16 Arten in 2018 abgenommen. Dies entspricht einer Abnahme von 56 auf 43 %. Der Anteil der Arten die schwache Versalzung ertragen können ($S = 1-3$) ist von 14 auf 18 angestiegen, was einer Zunahme von 36 auf 47 % entspricht. Die Anzahl der Brackwasserarten und Salzpflanzen ist mit 1-2 Arten über die Jahre konstant. Dabei sind die Gesamtartenzahlen aller Zeigerarten über den 11-jährigen Monitoringzeitraum weitgehend gleich geblieben (vgl. Tab. 3, letzte Zeile).

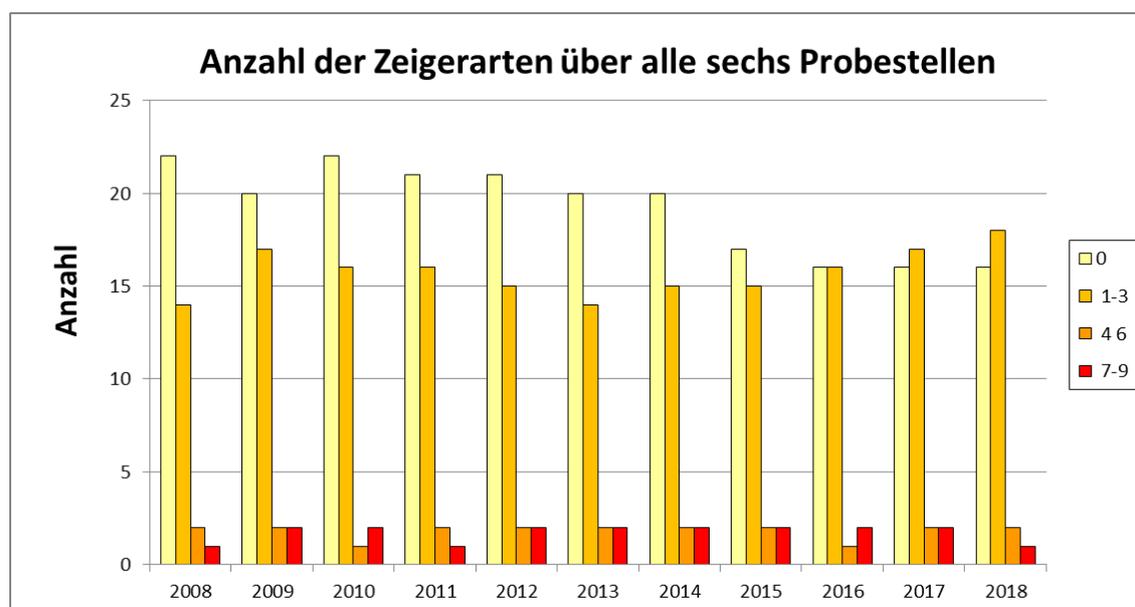


Abb. 8: **Anzahl** der Zeigerarten, d. h. Süßwasserarten ($S=0$), Arten, die leichte Versalzung ertragen ($S=1-3$), Brackwasserarten ($S=4-6$) und Salzpflanzen ($S=7-9$), jeweils für alle sechs operativen Messstellen zusammen im Monitoringzeitraum 2008-2018

Nachdem die Makrophytenbestände über einen langen Zeitraum im Hinblick die Anzahl der jeweils vorkommenden Zeigerarten für den Standortfaktor „Salz“ weitgehend konstant waren, zeigen sich anhand der Untersuchungen der letzten Jahre erste Tendenzen. Dabei hat die Anzahl der Süßwasserarten vor allem nach 2014 abgenommen. Gleichzeitig ist der Anteil der Arten die leichte Versalzung ertragen in diesem Zeitraum leicht angestiegen. D. h. mit dem Jahr 2015 bzw. danach konnten die größten Veränderungen festgestellt werden. Seit dem wurde immer wieder auf die im Zuge der Geländearbeiten beobachteten Sedimentationsprozesse hingewiesen (vgl. Kap. 4.1-4.3, vgl. STILLER 2017, 2018a), die zum Ausfall von einzelnen Pflanzenarten geführt hatten.

Bei der Betrachtung der **quantitativen Anteile** der Zeigerarten anhand der Pflanzenmenge in der folgenden Abbildung 9, 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 Röhrcharten 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. Die Abbildung zeigt auch, dass es über den 11-jährigen Untersuchungszeitraum an fast allen 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.

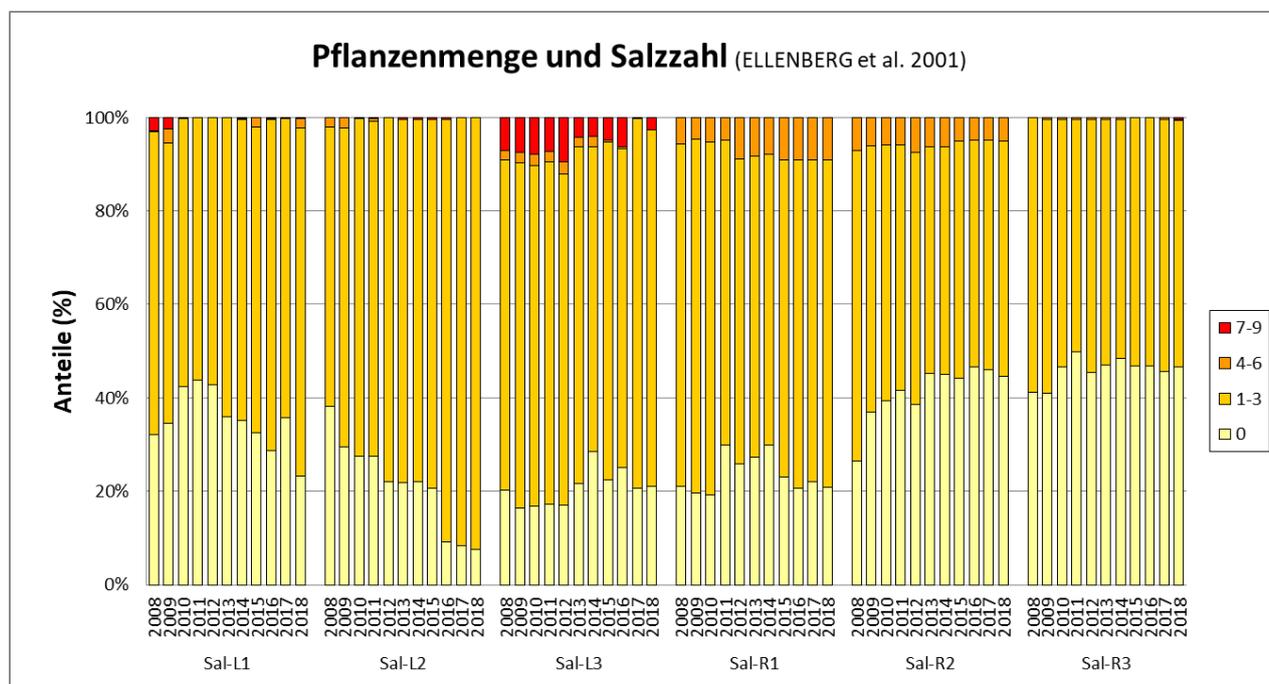


Abb. 9: **Pflanzenmenge** und Anteil der Süßwasserarten (S=0), Arten, die leichte Versalzung ertragen (S=1-3), Brackwasserarten (S=4-6) und Salzpflanzen (S=7-9) an den sechs operativen Messstellen im Monitoringzeitraum 2008-2018

Wie schon in den Jahren 2015 bis 2017 sind auch in 2018 bei zwei Messstellen anhand des ausgewerteten Datenpools deutlichere Tendenzen zu beobachten: Die bis 2015 an Messstelle Sal-L2 festgestellte leichte, kontinuierliche Abnahme der Süßwasserarten zugunsten der Arten, die leichte Versalzung ertragen, hatte sich in 2016 fortgesetzt, und zwar mit einem deutlichen Sprung, der sich 2017 und 2018 bestätigt hat. Bei Sal-R2 ist die Entwicklung umgekehrt. D. h. hier haben die Süßwasserarten über den Monitoringzeitraum gegenüber den Arten, die leichte Versalzung ertragen mengenmäßig zugelegt. Mit Ausnahme dieser Entwicklungen zeigen sich keine Tendenzen von Zu- oder Abnahmen 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.

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 durch die Bildung von **Mittelwerten** Vegetationsbestände unmittelbar zu vergleichen. 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.

Abbildung 10 zeigt die **mittleren Salzzahlen** der Vegetationsbestände der sechs Monitoringstellen für die 11 Untersuchungsjahre 2008 bis 2018. 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 u. a. im Untersuchungskonzept (STILLER 2009a+b) 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. 10, oben) fast an allen Probestellen zwischen den Untersuchungsjahren deutlicher schwankt, da diese stark vom Auftreten bzw. Ausfall einzelner Arten abhängt. Die gewichtete mittlere Salzzahl (Abb. 10, unten) ist dagegen für fast alle Probestellen über den Betrachtungszeitraum stabiler und daher auch in erster Linie zur Interpretation weiterer Veränderungen heranzuziehen.

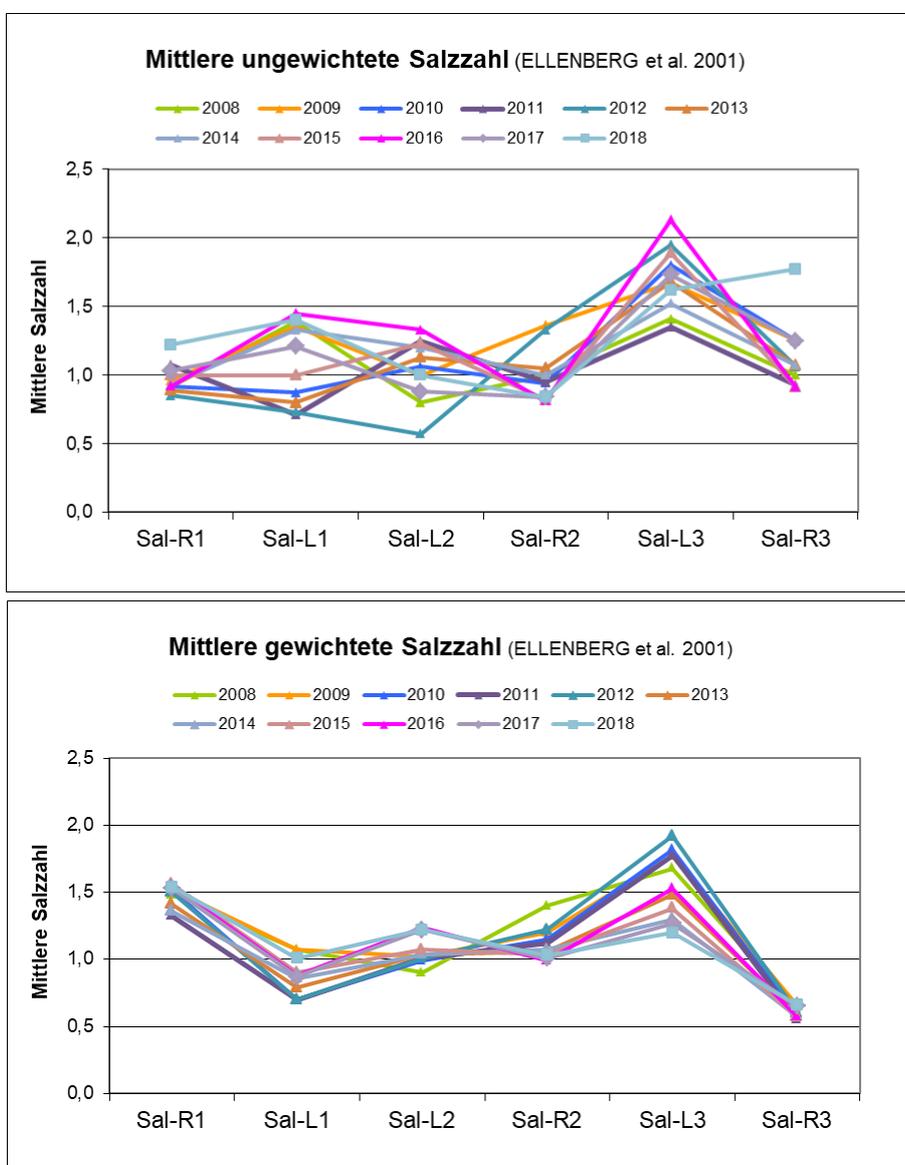


Abb. 10: Mittlere ungewichtete (oben) und gewichtete (unten) **Salzzahl** für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen im Monitoringzeitraum 2008-2018 im Vergleich - Sortierung der Messstellen nach Strom-km in Fließrichtung

Die Entwicklung der gewichteten mittleren Salzzahlen an den einzelnen Probestellen über den gesamten Untersuchungszeitraum 2008 bis 2018 ist in Abbildung 11 dargestellt, und zwar zur besseren Übersichtlichkeit getrennt für die je drei Probestellen am rechten bzw. linken Ufer. Hiernach weisen die Makrophytenbestände der Probestellen Sal-R1 und Sal-R3 über den gesamten Untersuchungszeitraum nahezu identische mittlere Salzzahlen und damit hinsichtlich des Faktors „Salz“ ein stabiles Arteninventar auf. Stärkere Schwankungen der Salzzahlen zeigen die Untersuchungsstellen Sal-L1 und Sal-L3, wo der zwischenzeitliche Ausfall von Brackwasserarten und/oder Salzpflanzen zu einer Abnahme der Salzzahl geführt hatte. Durch erneutes Aufkommen von Arten dieser Gruppen sind die Salzzahlen in beiden Fällen wieder leicht gestiegen. Darüber hinaus ist für die Messstelle Sal-L2 eine kontinuierliche Zunahme und für Sal-R2 eine ebensolche Abnahme der Salzzahl zu erkennen.

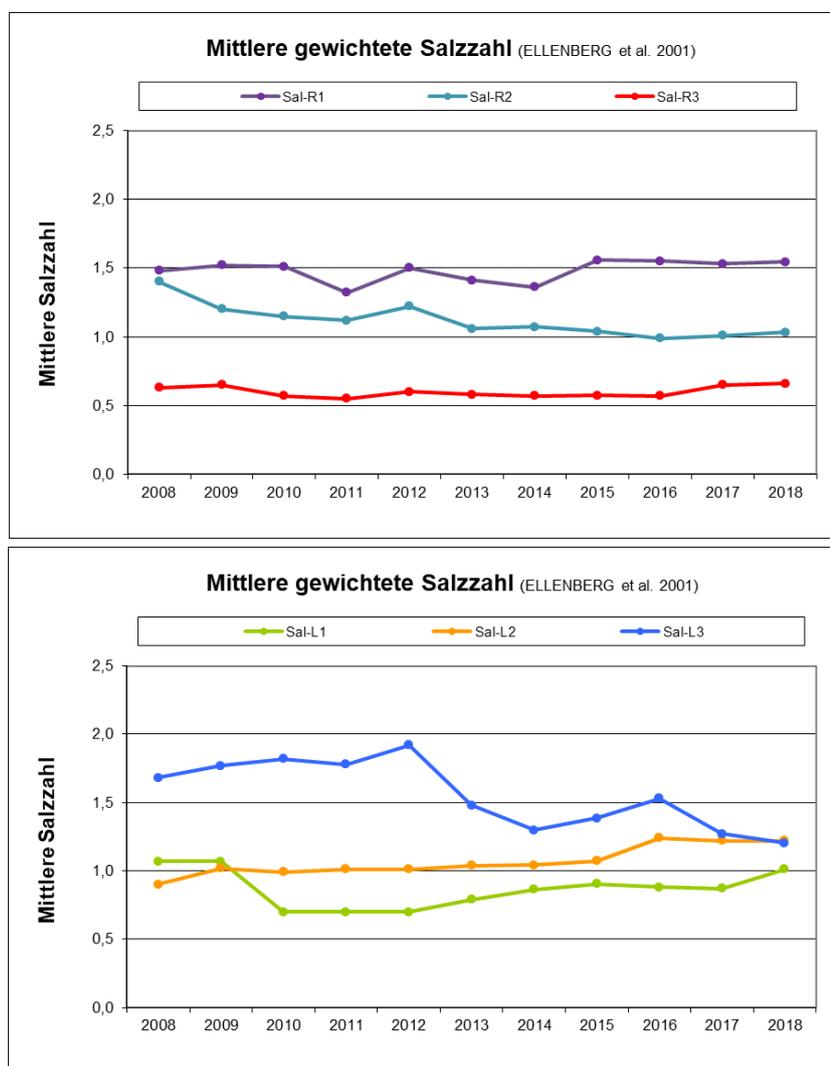


Abb. 11: Entwicklung der mittleren gewichteten **Salzzahl** für die Vegetationsbestände der sechs operativen Monitoringstellen im Monitoringzeitraum 2008-2018 – oben: rechtes Ufer, unten: linkes Ufer

Zusammenfassend betrachtet ergibt sich für eine Messstelle eine Zunahme und für zwei Messstellen eine Abnahme der mittleren gewichteten Salzzahlen. Für drei Messstellen ergeben sich keine bzw. kaum Veränderungen der gewichteten Salzzahlen in 2018 ge-

genüber 2008. Damit zeigt sich kein einheitliches Bild hinsichtlich der Entwicklung der Zeigerarten im Monitoringzeitraum 2008 bis 2018. Das heißt auch wenn sich für einzelne Probestellen mittlerweile Trends zur qualitativen und/oder quantitativen Zu- oder Abnahme von Zeigerarten ergeben, kann bei Betrachtung aller sechs Probestellen als **Fazit** festgehalten werden, dass es keine gerichteten Verschiebungen innerhalb der Artenzusammensetzung bezogen auf den Faktor Salz im Monitoringzeitraum von 2008 bis 2018 gibt.

Während die Betrachtung der Artenbestände der einzelnen Probestellen somit keine gerichteten Veränderungen im Hinblick auf den Standortfaktor „Salz“ anzeigt, ergibt sich bei Zusammenfassung aller an den sechs Messstellen vorkommenden Zeigerarten für die einzelnen Jahre ein anderes Bild (vgl. Abb. 8): Hiernach hat die Anzahl der Süßwasserarten seit dem Jahr 2015 abgenommen. Gleichzeitig ist die Anzahl der Arten die leichte Versalzung ertragen in diesem Zeitraum angestiegen. D. h. mit dem Jahr 2015 bzw. danach konnten die größten Veränderungen festgestellt werden. Seit dem wurde immer wieder auf die im Zuge der Geländearbeiten beobachteten Sedimentationsprozesse hingewiesen (vgl. Kap. 4.1-4.3), die zum Ausfall von einzelnen Pflanzenarten und teils auch zu Verschiebungen der Abundanzen der vorkommenden Zeigerarten geführt haben könnten (vgl. Abb. 9). Besonders hiervon betroffen sind die Standorte Sal-L2 und Sal-L3, die einen starken Rückgang der Artenzahlen über den Monitoringzeitraum erfahren haben, der nicht mehr innerhalb der Bandbreite interannueller Schwankungen der Artenzahlen liegen dürfte, sondern vermutlich durch Auflandung der Standorte (vgl. Kap. 4.2+4.3) hervorgerufen wurde.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass es sich bei den beobachteten Veränderungen um bestandsinterne natürliche interannuelle Schwankungen handelt - soweit in einem derart anthropogen überprägten System wie der Tideelbe von „natürlich“ gesprochen werden kann (vgl. STILLER 2009c). Bei Betrachtung der seit 2008 durchgängigen Untersuchungsreihe haben im Vergleich zum Beginn des Monitorings in den letzten Untersuchungsjahren jedoch offenbar weitere Einflüsse, wie z. B. Sedimentationsprozesse, zu den Veränderungen im Arteninventar beigetragen.

Wie beschrieben, handelt es sich bei den Auflandungen ursprünglich um einen natürlichen Prozess der Sukzession am jeweiligen Standort. Darüber hinaus können ggf. anthropogen bedingte morphologische Veränderungen im Bearbeitungsgebiet Tideelbe zur Beschleunigung von Auflandungsprozessen führen (STILLER 2016b+c, 2017).

Mit Start der Fahrrinnenanpassung im Jahr 2019 beginnt das Monitoring von Veränderungen der Makrophytenbestände vor dem Hintergrund der prognostizierten möglichen Verschiebung der oberen Brackwassergrenze. Dabei sind die mit der Umsetzung der Baumaßnahmen einhergehenden morphologischen Veränderungen inkl. Sedimentumlagerungen bei der Betrachtung der Entwicklung der Makrophytenbestände zu berücksichtigen, da sich die Auswirkungen von veränderten Salinitäten und Sedimentationsprozessen, wie sich gezeigt hat, überlagern können.

Um mögliche Vegetationsveränderungen nach Beginn der Baumaßnahme rechtzeitig zu identifizieren, sollte über einen gewissen Zeitraum auch nach Durchführung der Maßnahme „Fahrrinnenanpassung“ ein jährliches Monitoring beibehalten werden, so wie gemäß Planfeststellungsbeschluss vorgesehen.

5 Zusammenfassung

Im Jahr 2008 wurde das „Salinitätsmonitoring“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe gestartet, 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 2018 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 2017 verglichen.

Im Jahr 2018 sind die Makrophyten an jeweils drei Standorten in einem mäßigen bzw. unbefriedigenden **ökologischen Zustand**, während zu Beginn des Monitorings in 2008 alle sechs Standorte einen mäßigen Zustand aufwiesen. Dabei hatte eine Probestelle (Sal-R1) in 2011 eine Verschlechterung von „mäßig“ zu „unbefriedigend“ erfahren und stagniert seit dem auf dem niedrigeren Niveau. Mögliche 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 seit dem für andere Standorte beschrieben und hatten im Jahr 2016 zur Verschlechterung des Zustands der Makrophyten an einer weiteren Messstelle (Sal-L2) geführt.

Bei der Auswertung des Arteninventars bezogen auf den Standortfaktor „Salz“ zeigt sich kein einheitliches Bild hinsichtlich der **Entwicklung der Zeigerarten** im Monitoringzeitraum 2008 bis 2018. Auch wenn sich für einzelne Probestellen mittlerweile Trends zur qualitativen und/oder quantitativen Zu- oder Abnahme von Zeigerarten ergeben, kann bei Betrachtung aller sechs Probestellen als Fazit festgehalten werden, dass es keine gerichteten Verschiebungen innerhalb der Artenzusammensetzung bezogen auf den Faktor Salz im Monitoringzeitraum von 2008 bis 2018 gibt. Bei Zusammenfassung aller an den sechs Messstellen vorkommenden Zeigerarten für die einzelnen Jahre hat jedoch die Anzahl der Süßwasserarten von 22 Arten in 2008 auf 16 Arten in 2018 abgenommen. Gleichzeitig ist die Anzahl der Arten die leichte Versalzung ertragen in diesem Zeitraum angestiegen, und zwar von 14 auf 18 Arten. Während die Artenzahlen bis 2014 relativ stabil waren, konnten mit dem Jahr 2015 bzw. danach die größten Veränderungen festgestellt werden. Seit dem wurde immer wieder auf die beobachteten Sedimentationsprozesse hingewiesen, die zum Ausfall von einzelnen Pflanzenarten und teils auch zu Verschiebungen der Abundanzen der vorkommenden Zeigerarten geführt hatten.

Die von 2008 bis 2018 durchgehende Untersuchungsreihe beschreibt den Ist-Zustand vor Beginn der Umsetzung der Fahrrinnenanpassung im Jahr 2019 unter den herrschenden Salinitätsverhältnissen. Zunächst wurde angenommen, dass es sich bei den im Monitoringzeitraum beobachteten Veränderungen überwiegend um bestandsinterne natürliche

interannuelle Schwankungen handelt. Mittlerweile konnten besonders unter Berücksichtigung der letzten Untersuchungen jedoch Beeinträchtigungen z. B. durch verstärkte Sedimentationsprozesse beobachtet werden. Diese Entwicklungen müssen entsprechend bei der Interpretation von Veränderungen der Vegetationsbestände durch veränderte Salinitäten beim zukünftigen Monitoring berücksichtigt werden, zumal diese durch die Baumaßnahmen zur Fahrrinnenanpassung ebenfalls Veränderungen erfahren könnten.

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 FAHRRIENENANPASSUNG 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. (2013): 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. (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.
- STILLER, G. (2016a): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2015). - Gutachten i. A. des Wasser- und Schifffahrtsamtes, Hamburg, 20 S. + Anh.
- STILLER, G. (2016b): Untersuchung und Bewertung der Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie im Rahmen des Koordinierten Elbemessprogramms 2015. - Gutachten i. A. des NLWKN, Betriebsstelle Stade, 19 S. + Anh.
- STILLER, G. (2016c): Monitoring von Vegetationsveränderungen am Nordufer der Elbinsel Neßsand mit Schweinsand - 3. Wiederholungskartierung 2015. Gutachten i. A. der HPA, Hamburg Port Authority, Hamburg, 27 S. + Anh.
- STILLER, G. (2017): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2016). - Gutachten i. A. des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes, Hamburg, 18 S. + Anh.
- STILLER, G. (2018a): Fortschreibung der Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet der Tideelbe (2017). - Gutachten i. A. des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes, Hamburg, 18 S. + Anh.
- STILLER, G. (2018b): Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung von Wellenschlag / Wellenbelastung im Bearbeitungsgebiet Tideelbe 2017. - Gutachten i. A. des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes, Hamburg, 17 S. + Anh.
- STILLER, G. (2019a): Monitoring von Vegetationsveränderungen am Nordufer der Elbinsel Neßsand mit Schweinsand - 4. Wiederholungskartierung 2017. Gutachten i. A. der HPA, Hamburg Port Authority, Hamburg, 26 S. + Anh.
- STILLER, G. (2019b in Vorb.): Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung von Wellenschlag / Wellenbelastung im Bearbeitungsgebiet Tideelbe 2018. - Gutachten i. A. des Wasserstraßen- und Schifffahrtsamtes, Hamburg.
- STILLER, G. (2019c in Vorb.): Untersuchung und Bewertung der Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie im Rahmen des Koordinierten Elbemessprogramms 2018. - Gutachten i. A. des NLWKN, Betriebsstelle Stade.

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. (2016+2017): 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 2018“ 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 2008-2018

Stammdaten

Tab. A3: Stammdaten der sechs operativen Messstellen „Salinität 2018“ 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 2018“ 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	2018	29.07.	29.07.	29.07.	30.07.	30.07.	30.07.
Artenzahl je Probestelle		20	8	13	27	19	13
Bsges	Besiedlungsstrukturfaktor (submerse + emerse MP)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	max. Siedlungstiefe [m] (untere Vegetationsgrenze)	0,50	0,80	0,80	1,00	1,00	0,50
	Ausdehnung Makrophyten [m]	39,00	22,00	29,00	21,00	92-99	34,00
	Besiedlungsstruktur emerse MP: Zusatzkriterien						
	Ausdehnung (1-3 Punkte)	2	1	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	5	6	5	7	5
Bs	Besiedlungsstrukturfaktor (emerse Makrophyten)	0,75	0,50	0,75	0,50	0,75	0,50

	1	2,05	0,00	0,33	4,88	5,28	9,41
Summe der prozentualen Quantitäten der vier ökologischen Kategorien ¹⁾	2	64,87	67,26	66,22	28,73	52,26	59,23
	3	33,08	32,74	33,44	63,04	42,45	31,36
	4	0,00	0,00	0,00	3,35	0,00	0,00

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

	1	5		5	5	4	4
K_{DA} -Werte der ökologischen Kategor	2	10	10	10	9	10	10
	3	14	14	14	15	14	14
	4				16		
Summe der K_{DA} -Werte		29	24	29	45	28	28

Berechnung des STI-Makrophyten und Einstufung in die Bewertungsstufen des ökologischen Zustands							
$\sum K_{DA} / \text{Anzahl der ökologischen Kategorien}$		9,67	12,00	9,67	11,25	9,33	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	0,50	0,75	0,50	0,75	0,50
STI-Makrophyten in Tidegewässern		5,44	4,50	5,44	4,22	5,25	3,50
EQR (Ecological Quality Ratio)		0,45	0,38	0,45	0,35	0,44	0,29
ökologischer Zustand		3	4	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 2008-2018

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
2016		5,44	3,63	5,44	4,22	5,44	3,50
2017		5,44	3,63	5,44	4,22	5,44	3,50
2018		5,44	4,50	5,44	4,22	5,25	3,50
n		11	11	11	11	11	11
n-1		10	10	10	10	10	10
Mittelwert		5,44	5,03	5,44	4,77	5,46	4,42
t		2,23	2,23	2,23	2,23	2,23	2,23
s		0,00	0,74	0,00	0,98	0,26	0,89
\sqrt{n}		3,32	3,32	3,32	3,32	3,32	3,32
$T_x = t \times s / \sqrt{n}$		0,00	0,50	0,00	0,66	0,17	0,60
$\mu_{u,o} = \text{Mittelwert} \pm T_x$		95 % - Vertrauensbereich					
untere Grenze		5,44	4,53	5,44	4,11	5,28	3,82
obere Grenze		5,44	5,53	5,44	5,42	5,63	5,02
Genauigkeit % 2018		0,00	9,95	0,00	13,75	3,18	13,55
Genauigkeit % 2017		0,00	10,75	0,00	14,99	3,43	14,00
Genauigkeit % 2016		0,00	8,83	0,00	16,44	3,89	14,22
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 2018“ 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		20.05.+29.07.2018	20.05.+29.07.2018	20.05.+29.07.2018
Salinität		oligohalin	oligohalin	mesohalin
Stromkilometer		678,3	684,4	687,4
Gewässerbite [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	3522817	3519521
		HW	5963430	5968243
Ufermorphologie	naturnah / verbaut	naturnah	naturnah	naturnah
	sonstige Strukturen / Besonderheiten	Schlickwatt	Sandwatt mit Schlickanteilen, aufgesandet / stellenw. Abbruchkante	Sandwatt teilw. überschlickt; stellenw. Abbruchkante
Lage der Probestelle im Strom		fahrrinnenfern	fahrrinnenfern	fahrrinnennah
Uferneigung (flach <1:20, mittel 1:5 - 1:20, steil >1:5)		flach	mittel	flach
Substrat des MP-Wuchsortes	Schlick [%]	100	20	40
	Ton / Lehm [%]	0	0	0
	Sand [%]	0	80	60
	Steine / Blöcke [%]	0	0	0
Ufervegetation		Röhricht	Röhricht	Röhricht
Ausdehnung Ufervegetation [m]		2,0	23,0	43,0
angrenzende Umlandnutzung		Ex-/Intensivgrünland	Extensivgrünl./Sukzess.	Extensivgrünland
Ausdehnung des Deichvorlandes [m]		734,0	141,0	267,0
Algenaspekt (<i>Enteromorpha</i> , Faden- bzw. Grünalgen, <i>Vaucheria</i> , Sonst.)		F + V (häufig)	V + G + E (verbreitet)	E + V (massenhaft)

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		06.05.+30.07.2018	06.05.+30.07.2018	06.05.+30.07.2018
Salinität		oligohalin	oligohalin	mesohalin
Stromkilometer		676,2	686,7	689,5
Gewässerbite [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	3526624	3518673
		HW	5963526	5971532
Ufermorphologie	naturnah / verbaut	naturnah	naturnah	verbaut / Steinschüttung
	sonstige Strukturen / Besonderheiten	Sandwatt mit stark wassergesättigter Schlickauflage	Sandwatt mit weicher Mischwattauflage zw. Steinbunnen und Leitwerk	Mischwattbereich oberhalb Steinschüttung
Lage der Probestelle im Strom		fahrrinnenfern	fahrrinnenfern	fahrrinnennah
Uferneigung (flach <1:20, mittel 1:5 - 1:20, steil >1:5)		flach	mittel	flach
Substrat des MP-Wuchsortes	Schlick [%]	90	20	80
	Ton / Lehm [%]	0	0	0
	Sand [%]	10	80	20
	Steine / Blöcke [%]	0	0	0
Ufervegetation		Röhricht / Hochstauden	Röhricht	Röhricht
Ausdehnung Ufervegetation [m]		66,0	9,0	306,0
angrenzende Umlandnutzung		halbrud. Gras-/Staudenflu	Deich / Intensivgrünland	Ex-/Intensivgrünland
Ausdehnung des Deichvorlandes [m]		213,0	53,0	1.067,0
Algenaspekt (<i>Enteromorpha</i> , Fadenalgen, <i>Vaucheria</i> , Sonst.)		V + F (verbreitet)	F + V (verbreitet)	E auf Steinschüttung + V im Schilf (häufig)