Untersuchungen zur Erfassung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter Berücksichtigung von Wellenschlag / Wellenbelastung im Bearbeitungsgebiet Tideelbe

Endbericht - Ergebnisse 2018

Hamburg, April 2019

Auftraggeber:
Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt
Hamburg

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

Untersuchungen zur Erfassung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter Berücksichtigung von Wellenschlag / Wellenbelastung 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

Bearbeitung: Dipl.-Biol. Gabriele Stiller
Biologische Kartierungen und Gutachten
(Projektleitung, Kartierung, Auswertung, Bericht)

Mitarbeit: Dipl.-Ing. Michael Stöber
Biologische Kartierungen und Gutachten
(technische Unterstützung bei Geländeuntersuchungen)

Hamburg, 6. April 2019

Titelfoto

Probestelle TEL-MP-W1-S - Schwarztonnensand:
auflaufende Schiffswellen im Makrophytenbestand im Sommer 2018

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Aufgabenstellung 1

2 Untersuchungsgebiet und Probestellen 1

3 Methoden 2
3.1 WRRL-Untersuchung gemäß BMT-Verfahren 3
3.2 Transektkartierung und Einmessen der unteren Vegetationsgrenze 3
3.3 Erfassung biotischer Parameter 5

4 Ergebnisse 6
4.1 Kurzdarstellung der Makrophytenbestände und Bewertung des ökologischen Zustands gem. WRRL und des Arteninventars 6
4.2 Transektkartierung und untere Vegetationsgrenze 10
4.3 Biotische Parameter der dominanten Röhrichte 15

5 Zusammenfassung 19

6 Literatur 21
6.1 Zitierte Literatur 21
6.2 Bestimmungsliteratur 22

Anhang

Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern (*Auszug*) ..... Tab. A1
Stammdaten ..... Tab. A2
Legende Vegetations- und Biotoptypen ..... Tab. A3
Vegetations- bzw. Biotoptyp-Aufbau der Transekte ..... Tab. A4
Plot-Koordinaten biotische Parameter ..... Tab. A5
Mittelwerte, Minimum und Maximum der biotischen Parameter ..... Tab. A6
Kartierprotokolle TEL-MP-W1-W3

Anlage CD

Endbericht inkl. Anhang
Fotodokumentation
Tab. A1: Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern
Kartierprotokolle
Datentabellen: Profile + unt Veg + Plots
Profilzeichnungen 2015 bis 2018
Halmprotokolle + Auswertung der biotischen Parameter

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Lage der drei Wellenschlag-Monitoringstellen: Schwarztonnensand (TEL-MP-W1-S), Bielenberg (TEL-MP-W2-B) und Hollerwettern (TEL-MP-W3-H) 2

Abb. 2: Schematische Darstellung des 100 m langen, uferparallelen WRRL-Kartierabschnitts sowie der drei Transekte am Beispiel der Probestelle Bielenberg (W2-B) 4

Abb. 3: Transektkartierung gemeinsam mit dem WSA-Vermesser mittels DGPS-Empfänger im flusszugewandten Pionierröhricht (links) sowie im ufernahen Schilf-Röhricht (rechts) im Sommer 2018 4

Abb. 4: Erfassung der biotischer Parameter der dominanten Röhrichte: Rahmen und Zollstock zur Höhenmessung (links) sowie Dickenmessung mit Messschieber (rechts) 5

Abb. 5: Standorttypieindex (STI_{MT}) sowie ökologische Zustandsklassen (ÖZK) der Qualitätskomponente Makrophyten an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen Schwarztonnensand (W1-S), Bielenberg (W2-B) und Hollerwettern (W3-H) im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2018 8

Abb. 6: Schwarztonnensand (W1-S) im Juli 2018: Aufgrund der fahrrinnennahen Lage (links) ist das Sandwatt seit der Ersterfassung nahe der Niedrigwasserlinie um bis zu 50 cm erodiert und stark verfestigt (rechts). 10

Abb. 7: Bielenberg (W2-B) im Juli 2018: Erosionserscheinungen im ufernahen Watt (links) sowie Übersandungstendenzen im wasserseitigen Makrophytenbewuchs (rechts) 11

Abb. 8: Hollerwettern (W3-H) im Juli 2018: Die durch Ablagerung von Feinsedimenten wasserseitig der Makrophyten entstandene mächtige Auflage war kaum begehbar. 11

Abb. 9: Verlauf der wasserseitigen unteren Vegetationsgrenze an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen für die Jahre 2015 bis 2018 sowie Lage der Plots (Luftbilder: Stand 2016) 14

Abb. 10: Halmdicke (oben) und Halmhöhe (unten) der Strandsimsen-Bestände im flusszugewandten Randbereich (v=vorn) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (h=hinten) an den beiden Monitoringstellen Schwarztonnensand (W1) und Hollerwettern (W3) für die Untersuchungsjahre 2015 bis 2018 17

Abb. 11: Halmdicke (links) und Halmhöhe (rechts) der Schilf-Bestände im flusszugewandten Randbereich (v=vorn) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (h=hinten) an der Monitoringstelle Bielenberg (W2) für die Untersuchungsjahre 2015 bis 2018 18

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Beschreibung der Makrophytenbestände an den drei Monitoringstellen „Wellenschlag“ im Hinblick auf stattgefundene Veränderungen im Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 6-7

Tab. 2: Aufstellung der im Sommer 2018 innerhalb der Transekte an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen nachgewiesenen Rote Liste-Arten (GARVE 2004: Kategorie „landesweite Einstufung“, KORNECK et al. 1996, MIERWALD & ROMAHN 2006) ... 12

Tab. 3: Anzahl der Röhrichthalme pro Quadratmeter im flusszugewandten, wasserseitigen Randbereich (= vordere Plots) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (= hintere Plots) an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen für die Untersuchungsjahre 2015-2018 (vgl. „Auswertung der biotischen Parameter“ auf CD) 16

1 Einleitung und Aufgabenstellung

Im Messprogramm zum Planfeststellungsbeschluss vom 23. April 2012 zur „Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe für 14,5 m tiefgehende Containerschiffe“ ist neben dem Monitoring von Veränderungen der Vegetation durch den Einfluss der herrschenden Salinitäten auch ein Monitoring zum Einfluss des Wellenschlags auf die Vegetation in der Tideelbe durchzuführen. Während das Salinitätsmonitoring seit 2008 jährlich durchgeführt wird (STILLER 2019a), startete das Wellenschlag-Monitoring in 2015 (STILLER 2016a).

Dabei soll die Stabilität der unterhalb der mittleren Tidehochwasserlinie siedelnden Vegetationsbestände (hier: Makrophyten) vor dem Hintergrund prognostizierter Veränderungen von Seegang, Schiffs- und Windwellen durch die geplante Fahrinnenanpassung überwacht werden. Erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten und die vom Schiffsverkehr erzeugten Wellen können zu einer starken mechanischen Belastung der Elbufer führen (Projektbüro Fahrrinnenanpassung 2007 sowie www.fahrrinnenausbau.de). In der Folge kann es zu Uferabbrüchen und Erosion einschließlich Vegetationsschädigungen bis hin zum Ausfall von Pflanzenbeständen kommen. Auch kann die Zunahme von Strömung und Wellenschlag zur Übersandung von Schlickwatten führen.

Das Untersuchungsprogramm sowie die Lage der Untersuchungsstandorte zum Wellenschlag-Monitoring wurden zwischen dem Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hamburg (WSA), der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und der Auftragnehmerin sowie den Ländern Hamburg, Niedersachsen und Schleswig-Holstein im Rahmen der Beweissicherung der Fahrrinnenanpassung abgestimmt. Hiernach werden Vegetationskartierungen, Wellen- und Strömungsmessungen (2015) sowie UAS-gestützte Befliegungen zur Erstellung von Ortholuftbildern und digitalen Oberflächenmodellen an drei exponierten Standorten im Bearbeitungsgebiet Tideelbe durchgeführt (BfG 2013, 2014, PETERS et al. 2016, WSA 2014, STILLER 2016a, 2017).

Als Träger des Vorhabens „Fahrrinnenanpassung“ ist das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt, Hamburg, für die Umsetzung der im Planfeststellungsbeschluss genannten Untersuchungen zuständig. Im Jahr 2016 wurde Dipl.-Biol. Gabriele Stiller, Hamburg, mit der Durchführung der botanischen Arbeiten für die Jahre 2016 bis 2018 beauftragt. Diese beinhalten Untersuchungen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie, Transektvermessungen sowie die Erfassung biotischer Parameter für die dominanten Röhrichte (WSA 2014). Nachfolgend werden die Ergebnisse für das Untersuchungsjahr 2018 vorgestellt.

2 Untersuchungsgebiet und Probestellen

Zur Erfassung von Vegetationsveränderungen durch Wellenschlag bzw. Wellenbelastungen wurden exponierte Standorte ausgewählt. Besonders durch schiffsinduzierten Wellenschlag sind fahrrinnennahe Standorte ohne vorgelagerte größere Wattflächen gefährdet, die gleichzeitig infolge der Fahrrinnenanpassung evtl. versteilen können (fehlender Auslauf für Wellen) sowie sandige Ufer und Ufer mit bestehenden Abbruchkanten. Darüber hinaus müssen hinreichend ausgeprägte Vegetationsbestände vorhanden sein, um die Auswirkungen veränderter Wellenbelastungen erfassen zu können.

Unter Berücksichtigung dieser sowie weiterer Vorgaben, wie Lage zum MThw, naturnahe, von Buhnen weitgehend unbeeinflusste bzw. wenig beeinflusste Standorte, Bodenarten, Ausschluss von besonderen Strömungsverhältnissen in der Nähe von Nebenelben sowie Erreichbarkeit, wurden „Empfehlungen für die Auswahl dreier exponierter Standorte zum

Monitoring von Makrophytenbeständen an der Unterelbe“ durch die BfG erarbeitet (BfG 2013). Aus den hierin vorgeschlagenen acht Standorten wurden im September/ Oktober 2014 gemeinsam mit allen Beteiligten drei Standorte ausgewählt und fixiert.

Bei den Untersuchungsstellen für das Wellenschlag-Monitoring handelt es sich um die folgenden drei in Abbildung 1 dargestellten Standorte Schwarztonnensand (Strom-km 665,6), Bielenberg (Strom-km 669,7) und Hollerwettern (Strom-km 680,7), die allesamt im Übergangsgewässer der Tideelbe liegen.

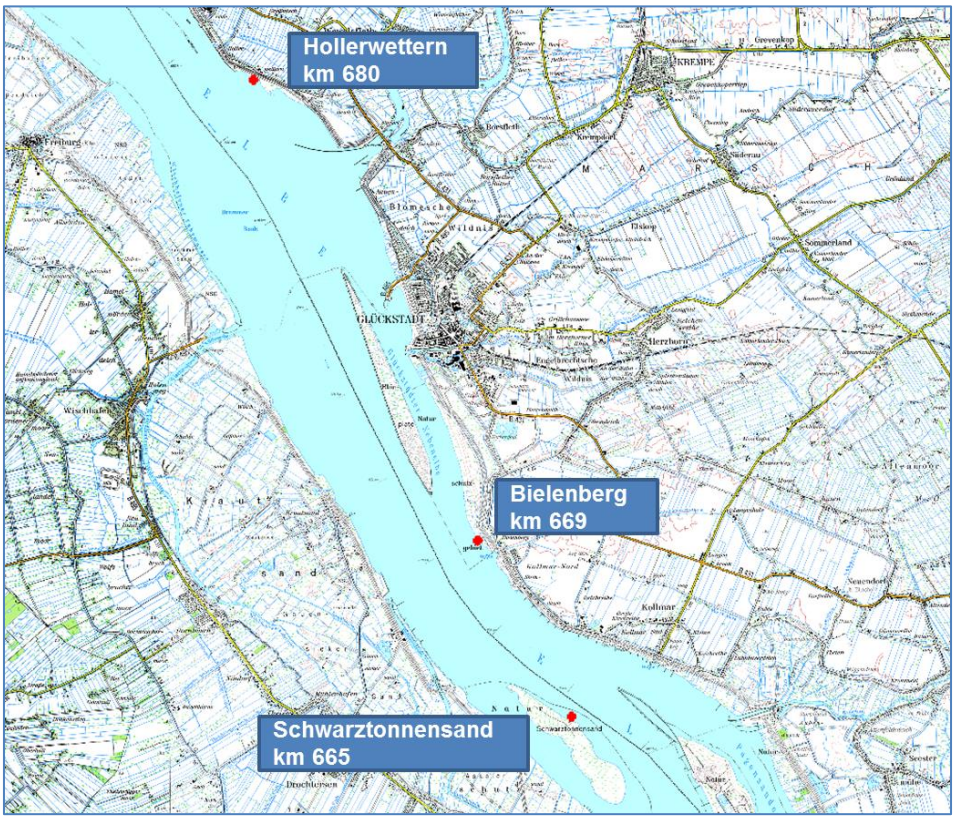

Abb. 1: Lage der drei Wellenschlag-Monitoringstellen: Schwarztonnensand (TEL-MP-W1-S), Bielenberg (TEL-MP-W2-B) und Hollerwettern (TEL-MP-W3-H)

3 Methoden

Die Untersuchungen zu den Vegetationskartierungen gliedern sich gemäß Monitoringprogramm des WSA (2014) in die flächenhafte Erfassung der Makrophytenbestände nach WRRL-Methodik, Transektvermessungen sowie Einmessen der unteren Vegetationsgrenze und die Erfassung von biotischen Parametern zur Dokumentation von Unterschieden im Wuchsverhalten der dominanten Röhrichte (vgl. auch STILLER 2016a).

Während die WRRL-Untersuchungen und die Erhebung der biotischen Parameter der Röhrichte allein durch die Gutachterin sowie Mitarbeiter ihres Büros durchgeführt wurden, erfolgten die Transektvermessungen sowie das Einmessen der flusszugewandten Vegetationsgrenze und der Plots mit Unterstützung eines Vermessers seitens des WSA Hamburg, der mit einem DGPS-Empfänger (Differential Global Positioning System) ausgerüstet war. Der für die Untersuchungen auf Schwarztonnensand notwendige Transfer zur Insel wurde 2018 durch den Auftraggeber sichergestellt.

3.1 WRRL-Untersuchung gemäß BMT-Verfahren

Die Erfassung der Vegetation an den drei Monitoringstellen erfolgte nach der „Verfahrensanleitung zur Bewertung der Qualitätskomponente Makrophyten in Tidegewässern Nordwestdeutschlands gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie“, dem sog. BMT-Verfahren (STILLER 2011). Eine detaillierte Beschreibung der Durchführung der Geländearbeiten sowie die zur Bewertung notwendigen Formeln und Tabellen können der Verfahrensanleitung entnommen werden.

Hiernach wurde die Kartierung der drei festgelegten Probestellen je 1x im Frühjahr und zur Hauptvegetationsperiode durchgeführt. Neben Artenzusammensetzung und Pflanzenmenge wurden die Zusatzkriterien zur Besiedlungsstruktur (Ausdehnung, Vegetationszonierung und Vitalität) durch Abschnitts- und Transektkartierungen im Gelände erfasst. Außerdem wurden relevante Standortfaktoren innerhalb des jeweils 100 m langen, uferparallelen, homogenen Untersuchungsabschnitts im Bereich der ausgewählten Probestellen gemäß dem vorliegenden Kartierprotokoll erhoben. Sämtliche Details zu Artenzusammensetzung, Besiedlungsstruktur und Standortparametern der Untersuchungen aus 2018 sind in den Kartierprotokollen sowie in Tabelle A2 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 nach WRRL bewertet (vgl. Tab. A1 im Anh. sowie auf CD).

3.2 Transektkartierung und Einmessen der unteren Vegetationsgrenze

Um die mit den möglichen Vegetationsveränderungen einhergehenden Standortveränderungen, wie z. B. Veränderungen der Geländehöhen bzw. Abbrüche, erfassen zu können, wurden die Geländehöhen der untersuchten Abschnitte anhand von sog. Transektvermessungen ermittelt. Je Probestelle wurden dem Monitoringprogramm (WSA 2014) entsprechend drei Transekte eingemessen, d. h. an Anfang, Mitte und Ende des 100 m langen WRRL-Kartierabschnitts (vgl. Abb. 2 und 3). Die Transekte verlaufen rechtwinklig zur Fahrrinne und reichen jeweils von der MTnw-Linie bis ca. 20 m über die MThw-Linie hinaus (vgl. auch seit 2009 laufende Untersuchungen zum Monitoring auf Neßsand im Auftrag der Hamburg Port Authority, STILLER 2016c, 2019b).

Die Transektkartierungen erfolgten - wie in den Vorjahren - an drei Tagen im Juli (16.-18.07.2018) gemeinsam mit einem Vermesser des WSA. Analog zur Ersterfassung wurde entlang der bestehenden Transekte im Abstand von 2 m oder beim Wechsel des vorherrschenden Vegetationstyps jeweils ein Geländepunkt einschließlich Geländehöhe mittels DGPS eingemessen. Bei homogenen Wattstrecken wurde der Abstand vergrößert, während auftretende Abbruchkanten entsprechend kleinräumiger eingemessen wurden.

Außer der Geländehöhe wurde auf einer Breite von 5 m, d. h. ca. 2,5 m rechts und links des Messpunktes bzw. des Transektverlaufs die dominante Vegetation bzw. der Biotoptyp erfasst. Die Einstufung der Vegetation entlang der Transekte erfolgte auf Bestandsebene anhand der dominanten Pflanzenarten (vgl. Tab. A3 im Anh.). Heterogene Vegetationsbestände sowie vegetationsfreie Abschnitte (z. B. Sandwatt) wurden auf Ebene der Biotoptypen (BRANDT & ENGELSCHALL 2011, DRACHENFELS 2011) eingestuft.

Im Anschluss an die Transektkartierungen wurde für den 100 m langen WRRL-Kartierabschnitt jeweils auch der Verlauf der flusszugewandten unteren Vegetationsgrenze mittels DGPS eingemessen (Abb. 2; vgl. Datentabelle „unt Veg“ auf CD).

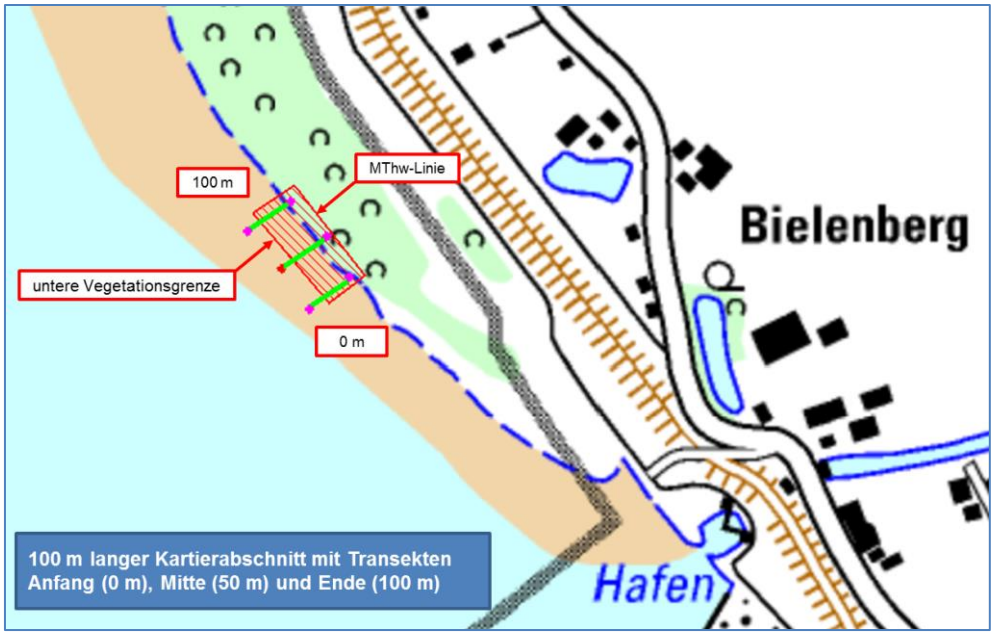

Abb. 2: Schematische Darstellung des 100 m langen, uferparallelen WRRL-Kartierabschnitts sowie der drei Transekte am Beispiel der Probestelle Bielenberg (W2-B)

Abb. 3: Transektkartierung gemeinsam mit dem WSA-Vermesser mittels DGPS-Empfänger im flusszugewandten Pionierröhricht (links) sowie im ufernahen Schilf-Röhricht (rechts) im Sommer 2018

Nach Abschluss der Vermessungsarbeiten wurden ausgehend von den gemessenen Geländepunkten Transektzeichnungen im Maßstab 1:500 durch den Auftraggeber gefertigt und durch die Auftragnehmerin geprüft. Hierzu wurden alle Geländepunkte zusammen mit den Vegetationsdaten und den Geländehöhen in Form von Profillinien mit Bezug zum Normalhöhennull (NHN) bzw. zum aktuellen MThw und MTnw des jeweiligen Standorts dargestellt (vgl. Datentabelle „Profile“ sowie Profilzeichnungen auf CD).

Zusätzlich zu den Profilzeichnungen wurden die Vegetationsdaten tabellarisch aufbereitet (vgl. Tab. A4 im Anh.). Hierbei wurden für einzelne Abschnitte der Transekte außer den vorherrschenden Pflanzenarten auch Begleitarten sowie Besonderheiten dokumentiert.

3.3 Erfassung biotischer Parameter

Neben den flächenhaften Untersuchungen der Makrophytenbestände an den Monitoringstellen anhand der WRRL-Untersuchung (vgl. Kap. 3.1) wurden in der flusszugewandten unteren Vegetationszone die biotischen Parameter Halmstärke, Halmlänge und Halmdichte des dominanten Röhrichts ermittelt.

Zur Aufnahme dieser Parameter waren je Monitoringstelle im Zuge der Erstkartierung insgesamt 10 Plots zufallsbasiert verteilt und eingemessen worden. Dabei wurden jeweils 5 Plots in den unmittelbar flusszugewandten randlichen Röhrichtbeständen und 5 Plots hierzu in einem Abstand von 2-5 m uferwärts innerhalb des Bestands platziert. Um den eingemessenen Punkt wurde ein kreisförmiger Rahmen mit einem Durchmesser von 40 cm gelegt (Abb. 4, links). Dieser bietet eine eindeutige Flächengröße, um die Messungen der Parameter räumlich und in den nachfolgenden Jahren vergleichbar zu erheben.

Im Jahr 2018 wurden die eingemessenen Plots erneut aufgesucht und die Höhe aller Pflanzen innerhalb des Kreises mit einem Zollstock (in cm und auf 1 cm gerundet) und die zur jeweiligen Pflanze gehörende Halmdicke (in mm und auf 0,1 mm gerundet) gemessen. Die Dickenmessung erfolgte je nach dominantem Röhricht in 5 cm (*Bolboschoenus maritimus*) bzw. 10 cm (*Phragmites australis*) Höhe über dem Boden mit einem Messschieber mit Digitalanzeige (Abb. 4, rechts). Berücksichtigt wurden ausschließlich lebende Pflanzen (CARUS & SCHRÖDER 2014).

Abb. 4: Erfassung der biotischer Parameter der dominanten Röhrichte: Rahmen und Zollstock zur Höhenmessung (links) sowie Dickenmessung mit Messschieber (rechts)

Um Halmhöhe und -dicke möglichst am Ende der Wachstumsphase zu erfassen, waren die Arbeiten im Zuge der Ersterfassung Ende August 2015 durchgeführt worden. Da zu diesem Zeitpunkt jedoch bereits erste Halme aufgrund der fortgeschrittenen Vegetationsperiode abgebrochen bzw. abgängig waren, wurden die Erhebungen ab dem Jahr 2016 und somit auch in 2018 früher vorgenommen, und zwar im Juli (vgl. auch CARUS & SCHRÖDER 2013, 2014). Hierdurch konnten die Arbeiten mit den Transektvermessungen kombiniert werden, wodurch sich der zeitliche Aufwand vor allem für den Vermesser des WSA reduziert hat. Die Halmhöhen und -dicken sind in Halmprotokollen zusammen mit Angaben zum Standort bzw. weiteren Arten dokumentiert (vgl. Halmprotokolle auf CD). Die Koordinaten der Plots sind in einer gesonderten Tabelle zusammengefasst (Tab. A5 im Anh. sowie Datentabelle „Plots“ auf CD). Die Halmdichte wurde über die Anzahl der Halme pro Untersuchungsfläche ermittelt und die erhobenen Daten in Tabellen und Grafiken aufbereitet (vgl. Kap. 4.3, Tab. A6 im Anh. sowie „Auswertung der biotischen Parameter“ auf CD).

4 Ergebnisse

4.1 Kurzdarstellung der Makrophytenbestände und Bewertung des ökologischen Zustands gem. WRRL und des Arteninventars

In Anlehnung an das WRRL- sowie das Salinitätsmonitoring in der Tideelbe (STILLER 2016b, 2019b) waren die in 2015 im Rahmen des Wellenschlag-Monitorings erstmals untersuchten Standorte mit ihren Makrophytenbeständen in Form von kurzen Steckbriefen vorgestellt worden (STILLER 2016a). Diese Beschreibungen werden nachfolgend aktualisiert, um die im Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 stattgefundenen Veränderungen auch textlich darzustellen.

Die Beschreibungen enthalten die wichtigsten Charakteristika der Standortparameter. Ferner werden die Makrophytenbestände anhand von dominanten Arten und der Zusatzkriterien (Ausdehnung, Vegetationszonierung und Vitalität) zur Beurteilung der Besiedlungsstruktur beschrieben (Tab. 1). Sämtliche Details zu Artenzusammensetzung, Besiedlungsstruktur sowie Standortparametern können den Kartierprotokollen sowie der Tabelle A2 im Anhang entnommen werden.

Tab. 1: Beschreibung der Makrophytenbestände an den drei Monitoringstellen „Wellenschlag“ im Hinblick auf stattgefundene Veränderungen im Monitoringzeitraum 2015 bis 2018

TEL-MP-W1-S - Schwarztonnensand	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 665,6)
	Ufermorphologie: naturnahes, unverbautes Ufer mit relativ festem Sandwatt mit geringer Schlickauflage oder Rippelstruktur, gefolgt von kleiner Abbruchkante zum Sumpfsimsen-/ Strandsimsen-Bestand hin, oberhalb davon kleine Erosionsrinnen bzw. Kolke; Ufer flach und breit, fahrrinnennah Gewässerumfeld: Ufervegetation: Röhricht + Weidengebüsche Umland: Sukzession / NSG / Insellage
Der Standort wird seit 2015 uferwärts von einem geschlossenen Schilf-Röhricht (*Phragmites australis*) besiedelt, das einen ausgeprägten Frühjahrsaspekt mit Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*) und Bitterem Schaumkraut (*Cardamine amara*) aufweist. Vorgelagert findet sich eine schmale Zone aus Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) und/oder Sumpfsimse (*Eleocharis uniglumis*). Weiter stromwärts siedelt abschnittsweise die Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*), die stromauf von den gefährdeten und seltenen Teichsimsen-Arten *Sch.* x *carinatus* und *Sch. pungens* abgelöst wird. Darüber hinaus sind alle typischen Tideröhrichtarten mehr oder weniger häufig vertreten. Im Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 ist der Makrophytenbestand stabil und vital ausgebildet. Tendenziell rücken jedoch Schilf und/oder Strandsimse in die jeweils vorgelagerte Strand-, Teich- bzw. Sumpfsimsen-Zone vor. Den uferwärtigen Verlust hat die Strandsimse abschnittsweise durch wasserseitiges Vordringen in das vegetationsfreie Watt ausgeglichen, so dass sich der Makrophytenbestand stromab leicht ausgedehnt hat. Im Gegensatz hierzu ist der Teichsimsen-Bestand über den Monitoringzeitraum stromaufwärts lichter geworden. Die maximale Siedlungstiefe des Röhrichts beträgt ca. 1,7 m unter MThw. Die Ausdehnung ist mit 59 m weiter optimal. Die Vegetationszonen sind nicht klar abgegrenzt, sondern mehr oder weniger durchmischt und teils unvollständig. Der wasserseitig aufgelichtete Bestand zeigt eine mäßige Vitalität.	

Tab. 1: *Fortsetzung*

TEL-MP-W2-B - Bielenberg	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 669,7)
	Ufermorphologie: naturnahes, unverbautes Ufer mit relativ festem Sandwatt und kleiner Abbruchkante im Schilf-Röhricht, wasserseitig in 2018 mit freigespülten Auenlehmresten; Ufer mäßig flach und breit, fahrrinnenfern Gewässerumfeld: Ufervegetation: Röhricht + Weidengehölze Umland: Deich mit Intensivgrünland
Seit der Ersterfassung 2015 wird der Standort Bielenberg von einem durchgehenden Schilf-Saum (*Phragmites australis*) geprägt, dem abschnittsweise ein schmaler Sumpfsimsen-Gürtel (*Eleocharis uniglumis*) vorgelagert ist. Der Frühjahrsaspekt wird in erster Linie von Scharbockskraut (*Ranunculus ficaria*) gebildet. Dort wo die Sumpfsimse wasserseitig fehlt, weist das Schilf starke Erosionsschäden mit freigespülten Rhizomen auf. Die relativ vielen Begleitarten kommen nur mit ein bis wenigen Exemplaren im Bestand vor. Im Schilf-Bestand ist eine kleine Abbruchkante ausgebildet, die stromab auch die untere Vegetationsgrenze bildet. Im Vergleich zur Ersterfassung in 2015 ist der Makrophytenbestand 2018 weitgehend unverändert. Allerdings rückt das Schilf in die vorgelagerte Sumpfsimsen-Zone vor, so dass diese in der Probestellenmitte nur noch eine Breite von einem Meter aufweist. Die maximale Siedlungstiefe der Sumpfsimse liegt bei ca. 1,5 m unter MThw. Die Ausdehnung ist mit knapp 20 m gering und da die Pionierzonen fast völlig fehlen ist die Vegetationszonierung unvollständig. Die wasserseitigen Pflanzen sind teils stark in ihrer Vitalität beeinträchtigt. - Stromauf grenzt unmittelbar an den Kartierabschnitt ein kleiner Bestand der vom Aussterben bedrohten Kleinen Dreikantigen Teichsimse (*Schoenoplectus pungens*) an.	

TEL-MP-W3-H - Hollerwettern	Übergangsgewässer T1 - oligohalin / (km 680,7)
	Ufermorphologie: naturnahes, unverbautes Ufer mit relativ festem Sandwatt, das in 2018 eine 30-40 cm mächtige Feinsedimentauflage aufweist, die kaum begehbar ist; Ufer flach und breit, fahrrinnennah Gewässerumfeld: Ufervegetation: Röhricht Umland: Deich mit Intensivgrünland
Der Strandort wird seit 2015 von einem artenreichen Tideröhricht mit typischen Begleitarten geprägt, wobei der Frühjahrsaspekt mit Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*) nur mäßig ausgebildet ist. Die Zonierung ist mitunter undeutlich ausgeprägt. Uferwärts dominiert teils Schilf (*Phragmites australis*), teils Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*). Letztere ist überwiegend mit Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), typischen Hochstauden (*Lythrum salicaria*) und Kleinröhrichtarten (*Nasturtium officinale*) vermischt. Wasserseitig kommt die Sumpfsimse (*Eleocharis uniglumis*) teils rasenbildend im Unterwuchs vor. Dort, wo sich die Pflanzen entmischen, bilden sie wechselnde Dominanzbestände. Ab der Mitte stromabwärts ist der Strandsimse die Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) vorgelagert. Im Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 ist der Makrophytenbestand stabil und vital ausgebildet, dabei sind jedoch Schilf und/oder Rohrglanzgras in die vorgelagerte Strandsimsen-Zone vorgerückt. Den uferwärtigen Verlust hat die Strandsimse abschnittsweise durch wasserseitiges Vordringen in das vegetationsfreie Watt ausgeglichen, dennoch ist der Makrophytenbestand schmaler geworden. Die maximale Siedlungstiefe des Röhrichtsaums beträgt ca. 1,5 m. Die Ausdehnung ist mit 70 m optimal. Vegetationszonierung und Vitalität weichen nur geringfügig vom Referenzzustand ab.	

In Abbildung 5 sind die Ergebnisse der Berechnung des Standorttypieindex-Makrophyten (STI_{MT}) und die hieraus resultierende Bewertung des **ökologischen Zustands** der drei Probestellen für die vier Untersuchungsjahre 2015 bis 2018 dargestellt. Die Berechnungen des STI-Makrophyten finden sich in Tabelle A1 im Anhang und auf CD (vgl. auch STILLER 2016a, 2017, 2018). Hiernach weisen die Makrophytenbestände der drei Standorte im Jahr 2018 jeweils die gleiche Einstufung auf wie in den Vorjahren. Dies bedeutet, dass sich die Makrophytenbestände der Standorte Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) in einem mäßigen ökologischen Zustand befinden. Am Standort Bielenberg (W2-B) weisen die Makrophyten einen unbefriedigenden Zustand auf. Während der STI_{MT}-Wert an der Messstelle Schwarztonnensand (W1-S) in allen vier Untersuchungsjahren identisch ist, pendeln die STI_{MT}-Werte an den Standorten Bielenberg (W2-B) und Hollerwettern (W3-H) innerhalb der Klassengrenzen des jeweiligen ökologischen Zustands.

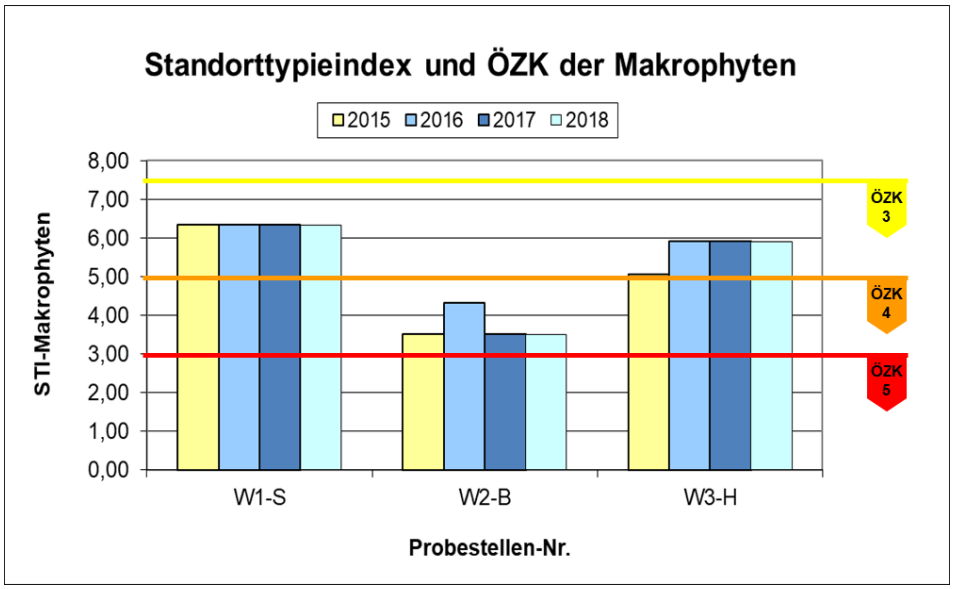

Abb. 5: Standorttypieindex (STI_{MT}) sowie ökologische Zustandsklassen (ÖZK) der Qualitätskomponente Makrophyten an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen Schwarztonnensand (W1-S), Bielenberg (W2-B) und Hollerwettern (W3-H) im Untersuchungszeitraum 2015 bis 2018

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

Ursache für die Schwankungen der STI_{MT}-Werte an den beiden Standorten sind Veränderungen in der **Artenzusammensetzung** der Makrophytenbestände. Am Standort Bielenberg waren im Jahr 2016 Arten der ökologischen Kategorie 1, die als Störzeiger (*Anthriscus sylvestris*, *Barbarea stricta*) gelten, ausgefallen, so dass der STI_{MT}-Wert leicht gestiegen war (vgl. STILLER 2005). In 2017 konnten wiederum Arten (*Anthriscus sylvestris, Ranunculus repens*, *Rumex obtusifolia*) dieser Kategorie nachgewiesen werden, wodurch der Wert auf das Niveau der Erstkartierung zurückfiel und dieses in 2018 gehalten hat durch erneutes Auftreten von Arten der Kategorie 1 (*Phalaris arundinacea*). Bei Hollerwettern war in 2016 erstmals eine sensible Art aus der ökologischen Kategorie 4 (*Schoenoplectus triqueter*) zusätzlich erfasst worden, die sowohl 2017 als auch 2018 nachgewiesen werden konnte, so dass der STI_{MT}-Wert entsprechend hoch geblieben ist. Derartige Veränderungen können als bestandsinterne interannuelle bzw. temporäre Schwankungen der Artenzusammensetzung unter den aktuellen Gegebenheiten an den Monitoringstandorten bzw. im Bearbeitungsgebiet angesehen werden (vgl. STILLER 2016b, 2018).

Bei der **Besiedlungsstruktur**, die sich aus den Parametern räumliche Ausdehnung, Vegetationszonierung und Vitalität zusammensetzt, und die neben der Artenzusammensetzung in die Bewertung des ökologischen Zustands der Makrophyten gemäß WRRL einfließt, hat es über den 4-jährigen Monitoringzeitraum ebenfalls keine bewertungsrelevanten Veränderungen gegeben. In 2018 wurden jedoch erneut leichte Verschiebungen der unteren Vegetationsgrenzen und vor allem der vorherrschenden Röhrichtarten untereinander beobachtet. Dabei ist es an allen drei Standorten zu einer wasserseitigen Ausdehnung der uferwärtigen Röhrichte (Schilf, Rohrglanzgras) und einer Verschmälerung der wasserseitig siedelnden Pionierzonen (Strand-, Teich- und Sumpfsimse) gekommen, wie anhand die Transektkartierungen detailliert erfasst wurde (vgl. Kap. 4.2). Bei den beobachteten Vegetationsveränderungen, die mit Auflandungen einhergehen, handelt es sich 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 2019a, 2019c in Vorb.). Insgesamt wurden die in 2016 und 2017 an den drei Monitoringstandorten beobachteten ersten Tendenzen der Sukzession der Pflanzenbestände in 2018 durchweg bestätigt.

Darüber hinaus haben sich die in 2016 und 2017 gegenüber der Erstkartierung für die flusszugewandten Vegetationsbestände dokumentierten Erosionserscheinungen am Standort Bielenberg (W2-B) insbesondere am und stromauf des Transekts 669,749 (vgl. Kap. 4.2) für die Sumpfsimse und vor allem für die exponierten Schilf-Bestände auch in 2018 leicht fortgesetzt. Die in 2016 an diesem Standort abschnittsweise beobachtete Übersandung der Sumpfsimsen-Bestände war in 2017 weniger deutlich zu beobachten, aber am stromabwärts gelegenen Ende der Probestelle für die Schilf-Bestände augenscheinlich wahrnehmbar. In 2018 sind auch die Sumpfsimsen-Bestände stromab wieder leicht übersandet (vgl. Kap. 4.2 sowie Abb. 7, rechts).

Die an den drei für das Wellenschlag-Monitoring ausgewählten Standorten vorgefundenen Makrophytenbestände waren bei der Auswertung der Ergebnisse der Erstkartierung in 2015 ausführlich im Hinblick auf das Vorkommen von gegenüber mechanischen Belastungen sensiblen und/oder toleranten Pflanzenarten ausgewertet und verglichen worden (STILLER 2016a, BAUER et al. 2014, GIERSCH & SCHIRMER 2002, HEUNER 2013).

Hiernach weisen die Makrophytenbestände der drei exponierten Standorte an den flusszugewandten unteren Vegetationsgrenzen mit der Sumpfsimse (*Eleocharis uniglumis*) und den Teichsimsen (*Schoenoplectus* spp.) gegenüber mechanischen Belastungen tolerante Pflanzenarten auf. Im Gegensatz hierzu sind die Bereiche, an denen die Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) bzw. Schilf (*Phragmites australis*) wasserseitig siedeln gegenüber den derzeitigen und ganz besonders gegenüber zunehmenden mechanischen Belastungen empfindlich. Dennoch ist es nach 2016 in den Jahren 2017 und auch in 2018 gerade bei den Teichsimsen am Standort Schwarztonnensand (W1-S) abschnittsweise zu wasserseitigen Verlusten durch Auflichten der Bestände gekommen. Im Vergleich hierzu hatte sich der stromexponierte Strandsimsen-Bestand bei Hollerwettern (W3-H) 2016 und 2017 streckenweise ins Watt hinein ausgedehnt. In 2018 trifft dies nur noch für einen kurzen stromauf gelegenen Abschnitt zu, während die Bestände auf der übrigen Strecke gegenüber 2017 wieder leicht zurückgewichen sind und stromab wieder die Ausdehnung von 2015 aufweisen, wie die Ergebnisse der Transektkartierung und der Vermessung der unteren Vegetationsgrenze im Folgenden zeigen.

4.2 Transektkartierung und untere Vegetationsgrenze

Ergänzend zu den flächenhaften WRRL-Untersuchungen wurden je Monitoringstandort die drei im Zuge der Erstkartierung in 2015 festgelegten Transekte an Anfang, Mitte und Ende des 100 m langen WRRL-Kartierabschnitts (vgl. Abb. 2, Kap. 3.2) erneut vermessen bzw. die Geländehöhen und die dazugehörigen Vegetationsbestände erfasst. Zum Vergleich der Geländehöhen und der Vegetation über die Monitoringjahre hinweg wurden die Daten der **Transektvermessungen** der 3. Wiederholungskartierung in 2018 in die Profilzeichnungen mit den Profillinien aus den Jahren 2015 bis 2017 übernommen. Diese enthalten die genaue Ausdehnung (= Strecke) der Vegetationsbestände bzw. Biotoptypen und deren Lage zum Normalhöhennull (NHN) bzw. zur MThw- und MTnw -Linie sowie die Geländehöhen je Vermessungspunkt (vgl. Profilzeichnungen 2015 bis 2018 auf CD). Ein Vergleich der Profilzeichnungen aus 2015, 2016 und 2017 ergab für alle drei Standorte im Jahr 2017 erste erkennbare Veränderungen sowohl für die **Vegetationsbestände** als auch die **Geländehöhen** gegenüber der Ersterfassung, von denen sich im Jahr 2018 ein Teil bestätigt bzw. fortgesetzt hat.

Während die Geländehöhen am Standort **Schwarztonnensand (W1-S)** über den Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 im uferwärtigen Vegetationsbestand unverändert sind, sind die wasserseitigen Bereiche leicht um ca. 10 cm aufgelandet. Das anschließende vegetationsfreie Sandwatt ist zunächst weitgehend unverändert. Kurz oberhalb von MTnw war das Sandwatt in 2017 noch leicht erhöht, während es in 2018 hier sowie an der Niedrigwasserlinie und darunter Richtung Fahrrinne (Abb. 6, links) zur Erosion gekommen ist. Stromauf wurden dabei ca. 15 cm, stromab bis zu 50 cm abgetragen, so dass das Sandwatt hier versteilt und stark verfestigt ist (Abb. 6, rechts). Wesentliche Veränderung der Vegetation seit der Ersterfassung ist der Ausfall bzw. das Auflichten der Teichsimsen (*Schoenoplectus* spp.) am stromaufwärts gelegenen Transekt, so dass die Pionierzone hier nur noch sehr schütter ausgebildet ist. Darüber hinaus ist an den beiden stromabwärts folgenden Transekten im Zuge der Sukzession jeweils ein Vordringen des Schilfs (*Phragmites australis*) um bis zu 5 m in die vorgelagerten Pionierzonen bzw. in das hier teils siedelnde Rohrglanzgras-Röhricht (*Phalaris arundinacea*) zu beobachten. Gleichzeitig sind die Pionierröhrichte hier minimal in das vorgelagerte Watt vorgerückt.

Abb. 6: Schwarztonnensand (W1-S) im Mai bzw. Juli 2018: Aufgrund der fahrrinnennahen Lage (links) ist das Sandwatt seit der Ersterfassung nahe der Niedrigwasserlinie um bis zu 50 cm erodiert und stark verfestigt (rechts).

Bei **Bielenberg (W2-B)** sind die Geländehöhen innerhalb der Vegetation im Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 unverändert. Das wasserseitig anschließende Sandwatt hatte bis

2017 einen Abtrag von 5-10 cm erfahren, der sich bis 2018 auf 15 bis 20 cm vergrößert hat. Durch die Erosion des festen Sandwatts sind ufernah Reste alter Auenlehmschichten freigelegt worden, wie in Abbildung 7, links, erkennbar ist. Was die Vegetation anbelangt, so ist auch hier das Schilf im Zuge der Sukzession in die vorgelagerte Pionierzone, die Sumpfsimse (*Eleocharis uniglumis*), vorgerückt. Da die Sumpfsimse sich wasserseitig überwiegend nicht wesentlich ausbreiten konnte, u. a. da die Bestände übersandet wurden (Abb. 7, rechts), bildet das Schilf in der Mitte fast die wasserseitige Vegetationsgrenze. Stromabwärts, wo das Schilf bereits seit Monitoringbeginn die untere Vegetationsgrenze bildet, ist an einem ca. 10 m langen Abschnitt ein deutlicher Vegetationsrückgang festzustellen im Vergleich zu 2015 (vgl. auch Abb. 9).

Abb. 7: Bielenberg (W2-B) im Juli 2018: Erosionserscheinungen im ufernahen Watt (links) sowie Übersandungstendenzen im wasserseitigen Makrophytenbewuchs (rechts)

Am Standort **Hollerwettern (W3-H)** waren die Geländehöhen in den Jahren 2015 bis 2017 nahezu unverändert. Bis 2018 haben die wasserseitigen Pflanzenbestände leichte Auflandungen in Höhe von 5-10 cm erfahren. Das wasserseitige Sandwatt wies 2018 sogar eine 30-40 cm mächtige sehr weiche Feinsedimentauflage auf, die nicht mehr bis zur Niedrigwasserlinie begehbar war (Abb. 8). Auch hier sind die Vegetationsbestände entlang der drei Transekte durch Sukzessionsprozesse geprägt. Dabei sind vor allem Schilf (*Phragmites australis*) und Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) wasserseitig in das Strandsimsen-Röhricht vorgedrungen. Am stromauf gelegenen Transekt hat sich die Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) auch 2018 weiter ins Watt hinein ausgedehnt, so dass der Makrophytenbestand hier um ca. 11 m zugenommen hat. Am mittleren und stromab gelegenen Transekt ist die wasserseitige Ausdehnung der Pionierzone in 2018 gegenüber 2015 unverändert.

Abb. 8: Hollerwettern (W3-H) im Juli 2018: Die durch Ablagerung von Feinsedimenten wasserseitig der Makrophyten entstandene mächtige Auflage war kaum begehbar.

Die Vegetationsdaten aus den Transektvermessungen wurden zusätzlich zu den Profilzeichnungen tabellarisch aufbereitet (vgl. Tab. A4 im Anh.). Hierbei wurden für einzelne Abschnitte der Transekte außer den vorherrschenden Pflanzenarten auch Begleitarten sowie Besonderheiten dokumentiert. Diese Daten können die Interpretation von Entwicklungen bzw. stattgefundenen Vegetationsveränderungen unterstützen.

Trotz der beschriebenen Verschiebungen der Vegetationsgrenzen entspricht das im Jahr 2018 entlang der Transekte nachgewiesene Arteninventar weitgehend dem Inventar der Erstkartierung. Dies gilt auch für die Rote Liste-Arten. Das heißt in 2018 konnten die gleichen Rote Liste Arten entlang der Transekte erfasst werden wie bei der Ersterfassung in 2015 (STILLER 2016a). Außerdem konnten seit 2017 zwei weitere gefährdete Arten erfasst werden, so dass 2018 insgesamt sieben Arten an den Transekten auftraten, die auf den Roten Listen Niedersachsens und/oder Schleswig-Holsteins stehen. Vier davon werden auch auf der bundesweiten Roten Liste geführt (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Aufstellung der im Sommer 2018 innerhalb der Transekte an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen nachgewiesenen Rote Liste-Arten (GARVE 2004: Kategorie „landesweite Einstufung“, KORNECK et al. 1996, MIERWALD & ROMAHN 2006)

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	Nds.	SH	D
Caltha palustris	Sumpf-Dotterblume	3	V	-
Cardamine amara	Bitteres Schaumkraut	-	V	-
Chaerophyllum bulbosum	Knolliger Kälberkopf	-	3	-
Deschampsia wibeliana	Wibel-Schmiele	3	-	R!!
Schoenoplectus pungens	Kleine Dreikantige Teichsimse	1	1	1
Schoenoplectus triqueter	Dreikantige Teichsimse	3	2	2
Schoenoplectus x *carinatus*	Gekielte Teichsimse	3	1	2

Rote Liste-Status: 0 = ausgestorben; 1 = vom Aussterben bedroht; 2 = stark gefährdet, 3 = gefährdet; G = Gefährdung unbekannten Ausmaßes; R = extrem selten / in besonderem Maße verantwortlich; V = Vorwarnliste; D = Daten unzureichend; !! = besonders hohe Verantwortlichkeit

Mit Sumpf-Dotterblume (*Caltha palustris*) und Bitterem Schaumkraut (*Cardamine amara*) finden sich hierunter zwei charakteristische Arten des Frühjahrsaspekts der Tideröhrichte. Zu den Besonderheiten der Tidebereiche gehört auch die Wibel-Schmiele (*Deschampsia wibeliana*), deren Verbreitung auf das Elbe-Ästuar beschränkt ist, so dass die Bundesländer hier besondere Verantwortung für den Erhalt dieser Pflanzenart tragen. Während die Wibel-Schmiele an allen drei Standorten an fast allen Transekten auftrat, konnten Sumpf-Dotterblume und Bitteres Schaumkraut auch in 2018 nur bei Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) nachgewiesen werden. Grund hierfür ist, dass die Transektvermessung im Sommer stattfindet, wenn die Frühjahrarten nahezu vollständig vergangen sind (STILLER 2005, 2011). Im Zuge der WRRL-Frühjahrskartierung wurden beide Arten in den vergangenen Jahren auch am Standort Bielenberg (W2-B) nachgewiesen. Im Jahr 2018 konnte hier nur die Sumpf-Dotterblume erfasst werden (s. Kartierprotokolle im Anh.). Am Standort Bielenberg konnte in 2018 im uferwärtigen Weidenbestand außerdem der in Schleswig-Holstein gefährdete Knollige Kälberkopf (*Chaerophyllum bulbosum*) erfasst werden, bei dem es sich um eine weitere typische Elbtalpflanze handelt.

Bestätigt haben sich in 2018 erneut die Vorkommen der Kleinen Dreikantigen Teichsimse (*Schoenoplectus pungens*) und der Gekielten Teichsimse *(Sch.* x *carinatus*), beides sel-

tene Teichsimsen des Tidebereichs. Sie gelten auch bundesweit als extrem selten und sind daher stark gefährdet oder sogar vom Aussterben bedroht. Sie wurden beide bei Schwarztonnensand am stromauf liegenden Transekt erfasst. Gerade in diesem Abschnitt konnte anhand der Transektkartierung jedoch seit 2016 ein Rückgang bzw. Auflichten des Bestands verzeichnet werden (vgl. Profilzeichnungen auf CD), so dass diese Bestände im Jahr 2018 erneut in ihrer Ausdehnung bzw. Bestandsdichte abgenommen hatten. Eine weitere der seltenen Teichsimsen, die Dreikantige Teichsimse (*Sch. triqueter*), konnte auch im Jahr 2018 außer über die WRRL-Untersuchung an einem der Transekte am Standort Hollerwettern erfasst werden (vgl. Tab. A4 im Anh.).

Neben den seltenen bzw. gefährdeten Pflanzenarten fiel in den ufernahen Biotopen im Jahr 2018 erstmals vermehrt eine gebietsfremde Pflanzenart, ein sog. Neophyt auf. Hierbei handelt es sich um das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*), das oberhalb von MThw innerhalb des Schilf-Röhrichts bzw. auf dem Deckwerk siedelte. Die Art verhält sich invasiv und kann heimische Pflanzenarten verdrängen. Nach Absterben ihrer oberirdischen Pflanzenteile zum Winter hin hinterlässt sie unbewachsene Uferböschungen, die dann der Erosion ausgesetzt sind. Ihre Ausbreitung in naturnahen Biotopen ist entsprechend unerwünscht (vgl. auch http://neobiota.bfn.de/). Die Vorkommen sollten im Zuge des Monitorings beobachtet und gegebenenfalls durch Pflegemaßnahmen zurückgedrängt werden, um negative Effekte auf die naturnahen Vegetationsbestände der Monitoringstandorte zu verhindern (vgl. STILLER 2019b).

Im Zuge der Transektkartierungen war für die 100 m langen WRRL-Kartierabschnitte der drei Standorte auch der Verlauf der flusszugewandten **unteren Vegetationsgrenze** mittels DGPS eingemessen worden (vgl. Daten „unt Veg“ auf CD). Hierdurch soll die Entwicklung des wasserseitigen Vegetationssaums im Hinblick auf Veränderungen überwacht werden. Außerdem ergänzt diese Erhebung die Luftbilddaten der flächenhaften Erfassung der Vegetationsbestände aus der UAS-Befliegung (i. A. BfG 2014/2015 sowie 2017, 2018, i. A. WSA 2014 und 2016; vgl. auch BfG 2018). Die folgende Abbildung 9 zeigt die drei Monitoringstandorte und die Ergebnisse der Vermessung der wasserseitigen unteren Vegetationsgrenze für die vier Untersuchungsjahre 2015 bis 2018. Ein Vergleich der Linien bestätigt die bei den Transektvermessungen beschriebenen Entwicklungen, so dass sich die verschiedenen Untersuchungsmethoden des Monitoringprogramms sehr gut ergänzen.

Deutlich wird, dass sich der wasserseitige Vegetationsverlust bei **Schwarztonnensand (W1-S)** bislang auf einen relativ kurzen Abschnitt stromauf begrenzt. Die im übrigen Streckenverlauf von 2015/2016 zu 2017 beobachtete wasserseitige Ausdehnung der Strand- und Teichsimsen-Bestände hat sich in 2018 in geringerem Umfang fortgesetzt. Mit Ausnahme des erwähnten stromauf gelegenen Abschnitts hat sich der Makrophytenbestand bei Schwarztonnensand von 2015 zu 2018 im Mittel um ca. 2 m (von 57 m auf 59 m) ins Watt hinein ausgedehnt. Bei **Bielenberg (W2-B)** deutet sich von 2015 zu 2018 neben dem stromabwärts wasserseitig anhaltenden Röhricht-Verlust eine leichte Zunahme des Röhrichts stromab der Mitte an, während der übrige, stromauf gelegene Abschnitt von der Ausdehnung her seit der Ersterfassung 2015 unverändert ist. Bei **Hollerwettern (W3-H)** hatte sich die wasserseitige Ausdehnung des Röhrichts im Zeitraum 2015 bis 2017 fast über den gesamten 100 m langen Monitoringabschnitt erstreckt. Im Jahr 2018 konnten sich die Makrophytenbestände nur noch stromauf leicht ins Watt ausdehnen. Stromab der Mitte ist der wasserseitige Vegetationssaum wieder auf die Ausdehnung in 2016 zurückgegangen.

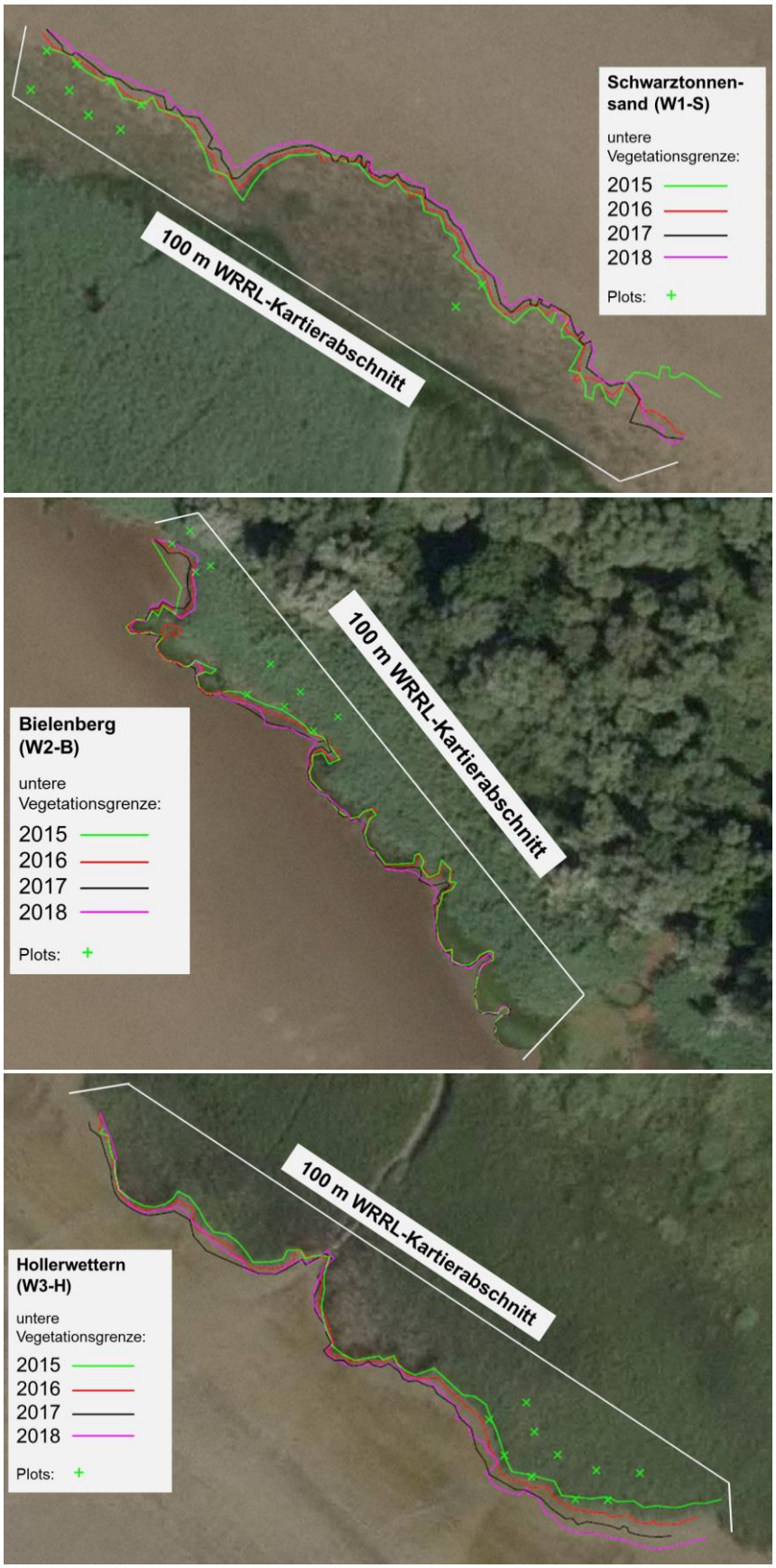

Abb. 9: Verlauf der wasserseitigen unteren Vegetationsgrenze an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen für die Jahre 2015 bis 2018 sowie Lage der Plots (Luftbilder: Stand 2016)

4.3 Biotische Parameter der dominanten Röhrichte

Gemäß Monitoringprogramm (WSA 2014) werden zur Dokumentation von Unterschieden im Wuchsverhalten der dominanten Röhrichte an den Monitoringstellen auch biotische Parameter der vorherrschenden Arten erfasst.

Hintergrund ist, dass es einen morphologischen Unterschied zwischen Strandsimsen-Sprossen (*Bolboschoenus maritimus*) am Rande der Vegetation und innerhalb des Vegetationsgürtels gibt. Hiernach haben die wasserseitigen Halme einen größeren Durchmesser als die dünneren Halme innerhalb des geschlossenen Bestands. Das unterschiedliche Wachstum wird durch die Hydrodynamik verursacht, wobei sowohl die Strömungsgeschwindigkeit als auch die Wellenhöhe einen Einfluss darauf haben (CARUS et al. 2016; SILINSKI et al. 2017). Es lässt sich demnach eine Aussagen dahingehend machen, dass anhand des Pflanzendurchmessers die hydrodynamische Belastung verschiedener Standorte abgeleitet werden kann. Die Pflanzen am wasserseitigen Rand sind stabiler als innerhalb des Vegetationsgürtels, um sich den höheren mechanischen Belastungen z. B. durch Wellenschlag anzupassen.

Für das Monitoring dieser Zusammenhänge werden die Parameter Halmdichte, Halmdicke und Halmhöhe an fest eingemessenen Untersuchungsflächen im Gelände ermittelt. An jeder Monitoringstelle werden jeweils fünf sog. Plots in den unmittelbar flusszugewandten randlichen Röhrichtbeständen (nachfolgend auch als „vordere“ oder „vorn“ gelegene Plots bezeichnet) und fünf Plots innerhalb der Bestände (nachfolgend auch als „hintere“ oder „hinten“ gelegene Plots bezeichnet), d. h. insgesamt 10 kreisförmige Plots mit einem Durchmesser von 40 cm untersucht (vgl. Abb. 9, Kap. 4.2).

Die Beobachtungen hinsichtlich der morphologischen Unterschiede beziehen sich auf die Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*), so dass diese Art im Mittelpunkt der Untersuchungen steht. An den Wellenschlag-Monitoringstellen bildet die Strandsimse jedoch nur bei Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) wasserseitige Dominanzbestände. Am Standort Bielenberg (W2-B) besteht der wasserseitige Vegetationssaum überwiegend aus Sumpfsimse (*Eleocharis uniglumis*), die aufgrund der geringen Halmdicke und Halmhöhe für die angedachte Untersuchung nicht geeignet ist. Hier wurden die biotischen Parameter für das abschnittweise ebenfalls wasserseitig siedelnde Schilf-Röhricht (*Phragmites australis*) erhoben, um mögliche Entwicklungen zu beobachten.

Die im Gelände erhobenen Daten sind in Halmprotokollen für alle Plots dokumentiert (vgl. Halmprotokolle auf CD). Die Koordinaten der eingemessenen Kreismittelpunkte sind in einer Tabelle im Anhang zusammengefasst (vgl. Tab. A5). Darüber hinaus wurden die Daten aus 2018 analog zu den Jahren 2015 bis 2017 ausgewertet (vgl. Tab. A6 sowie „Auswertung der biotischen Parameter“ auf CD) und werden nachfolgend vorgestellt.

Tabelle 3 zeigt das Ergebnis der Ermittlung der **Halmdichte** pro Quadratmeter für die drei Monitoringstandorte. Hiernach haben sich die Halme der Strandsimse an den Standorten Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) in den hinteren Plots gegenüber den vorderen Plots in den Jahren 2015 und 2016 wie erwartet verdichtet. In 2017 waren die Unterschiede zwischen der vorderen und den hinteren Plots nur noch minimal. In 2018 nimmt die Halmdichte pro Quadratmeter bei Schwarztonnensand von 99 Halmen wasserseitig auf 132 Halme im Bestand zu. Bei Hollerwettern liegt die Halmdichte in den vorderen und hinteren Plot mit 258 Halmen pro Quadratmeter gleich hoch. Beim Schilf (Bielenberg, W2-B) ist die Halmdichte wasserseitig mit 186 Halmen deutlich größer als innerhalb des Bestands, wo 100 Halme pro Quadratmeter gezählt wurden. Damit sind Halmdichte

und auch das Verhältnis der vorderen und der hinteren Plots zueinander für die Schilf-Bestände im gesamten Monitoringzeitraum 2015 bis 2018 unverändert (Tab. 3).

Tab. 3: Anzahl der Röhrichthalme pro Quadratmeter im flusszugewandten, wasserseitigen Randbereich (= vordere Plots) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (= hintere Plots) an den drei Wellenschlag-Monitoringstellen für die Untersuchungsjahre 2015 bis 2018 (vgl. „Auswertung der biotischen Parameter“ auf CD)

Monitoringstellen	**Anzahl der Halme pro Quadratmeter**							
	vordere Plots				hintere Plots			
	2015	2016	2017	**2018**	2015	2016	2017	**2018**
Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*)								
W1-S - Schwarztonnensand	72	45	116	**99**	167	102	120	**132**
W3-H - Hollerwettern	57	64	202	**258**	185	205	219	**258**
Schilf (*Phragmites australis*)								
W2-B - Bielenberg	202	205	181	**186**	132	131	108	**100**

Was die Strandsimse anbelangt, so hat ihre Halmdichte in 2018 im Vergleich zur Ersterfassung 2015 an der Monitoringstelle Schwarztonnensand wasserseitig zugenommen und innerhalb des Bestands abgenommen. Dabei ist es nach Auflichtung der Bestände in 2016 bei den folgenden Untersuchungen in 2017 und 2018 wieder zu einer Verdichtung gekommen. Bei Hollerwettern hat die Halmdichte sowohl vorne als auch hinten in 2018 erneut zugenommen. Grund für die Zunahme der Halmdichte bei Hollerwettern könnte die wasserseitige Ausbreitung des Röhrichtsaums sein (vgl. Kap. 4.2). Im Schutz der neuen flusszugewandten Ausbreitungszone hat sich der ehemals wasserseitige Bestand (= vordere Plots) verdichtet. Gleiches gilt für den dahinter liegenden Bestand (= hintere Plots). Hierfür spricht auch, dass die Anzahl der Halme seit der Ersterfassung in 2015 wasserseitig extrem stark zugenommen hat, während die Zunahme in den hinteren Plots geringer ist, da hier u. U. das Maximum der Bestandsdichte erreicht sein könnte.

Ob es sich bei den für die Strandsimse von 2015 zu 2018 an den beiden Standorten festgestellten Veränderungen um gerichtete Entwicklungen oder um temporäre Erscheinungen handelt, müssen die weiteren Untersuchungen zeigen.

Die folgenden Abbildungen 10 und 11 zeigen die Mittelwerte sowie Minimum- und Maximumwerte für Halmdicke und Halmhöhe für die Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) an den Standorten Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) jeweils für die fünf vorderen und die fünf hinteren Plots an den einzelnen Monitoringstellen für die Untersuchungsjahre 2015 bis 2018 (STILLER 2016a, 2017, 2018 sowie „Auswertung der biotischen Parameter“ auf CD).

Aus Abbildung 10, oben, geht hervor, dass die Auswertung der **Halmdicke** im Jahr 2015 die von CARUS & SCHRÖDER (2013, 2014) beschriebenen morphologischen Unterschiede der Strandsimse für die Bestände auf Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) bestätigt. Das heißt die wasserseitigen Halme (= v) hatten durchweg einen größeren Durchmesser als die dünneren Halme innerhalb des geschlossenen Bestands (= h). Bei den Daten aus 2016 fällt auf, dass dies nur noch für die Strandsimsen-Sprosse am Standort Hollerwettern zutrifft. Dabei ist jedoch der Unterschied des Durchmessers zwischen vorn und hinten wachsenden Halmen deutlich geringer geworden. In 2016 errei-

chen die wasserseitig siedelnden Halme noch nicht einmal den Durchmesser der innerhalb des Bestands wachsenden Halme in 2015, d. h. sie sind durchweg dünner. Dies kann an dem zuvor beschriebenen Vorrücken der Strandsimse liegen, wodurch die Plots nunmehr alle mehr oder weniger geschützt zurück liegen. In 2017 und 2018 wiesen die wasserseitigen Halme sowohl bei Schwarztonnensand als auch bei Hollerwettern wiederum einen größeren Durchmesser als die dünneren Halme innerhalb des geschlossenen Bestands auf. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den vorn und hinten wachsenden Halmen vor allem bei Hollerwettern, wo die Bestände sich wasserseitig ausdehnen, deutlich geringer als im Jahr der Erstkartierung 2015.

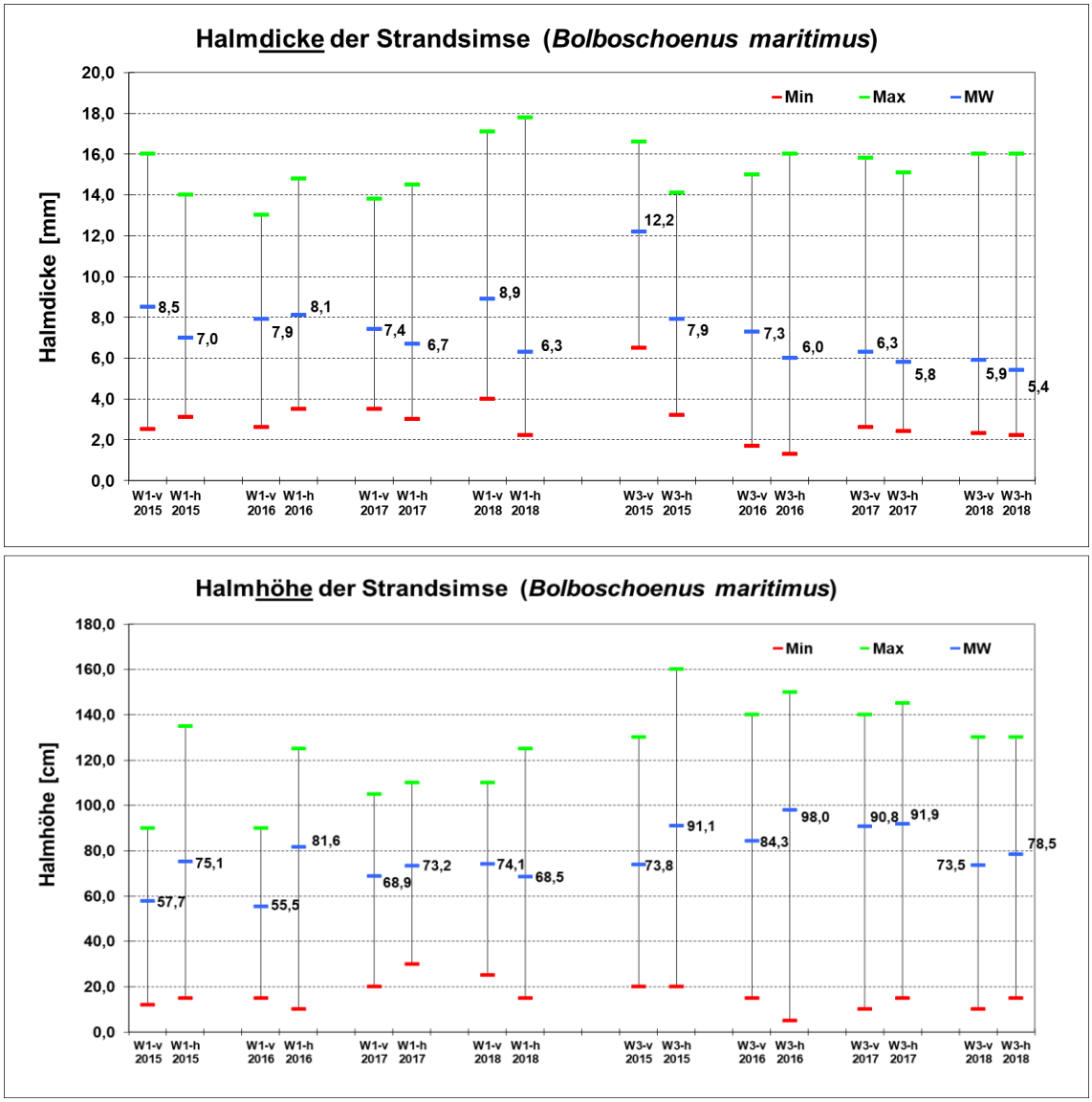

Abb. 10: Halmdicke (oben) und Halmhöhe (unten) der Strandsimsen-Bestände im flusszugewandten Randbereich (v=vorn) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (h=hinten) an den beiden Monitoringstellen Schwarztonnensand (W1) und Hollerwettern (W3) für die Untersuchungsjahre 2015 bis 2018

Die **Halmhöhe** verhält sich bei der Strandsimse an den beiden Standorten Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) über die drei Untersuchungsjahre 2015 bis 2017 zunächst gleich: Das heißt sie nahm von vorn nach hinten zu, wie aus Abbildung 11

hervorgeht. Dabei hatten sich die Unterschiede der Halmhöhen der vorderen und hinteren Plots bei Hollerwettern über die drei Untersuchungsjahre kontinuierlich verringert und waren in 2017 nur noch minimal. Als mögliche Ursachen kommen hier das wasserseitige Vorrücken und das Verdichten der Strandsimsen-Bestände in Frage. Bei Schwarztonnensand betrug der Unterschied in 2017 ebenfalls nur noch wenige Zentimeter. Im Jahr 2018 waren die Strandsimsen-Halme bei Hollerwettern wie in den vorangegangenen Untersuchungsjahren in den hinteren Plots höher als in den vorderen Plots. Bei Schwarztonnensand waren dagegen erstmals die wasserseitigen Halme höher als die Halme der hinteren Plots innerhalb des Bestands.

Beim Schilf am Standort Bielenberg (W2-B) sind keine Unterschiede zwischen den vier Untersuchungsjahren 2015 bis 2018 festzustellen, und zwar sowohl hinsichtlich der Halmdicke als auch der Halmhöhe (Abb. 12 sowie Tab. A6 im Anh.) Hier sind die wasserseitigen Halme durchweg dünner und kürzer als die Halme innerhalb des Bestands, die entsprechend dicker und höher sind.

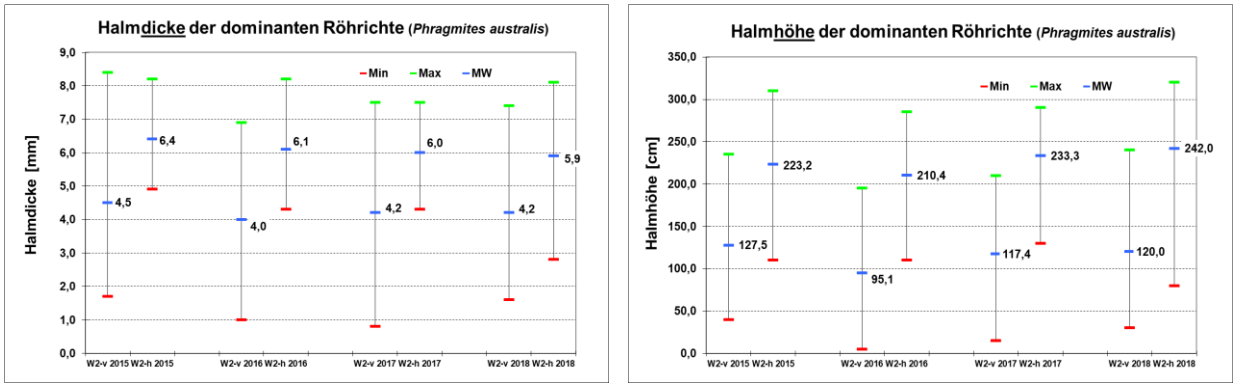

Abb. 11: Halmdicke (links) und Halmhöhe (rechts) der Schilf-Bestände im flusszugewandten Randbereich (v=vorn) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (h=hinten) an der Monitoringstelle Bielenberg (W2) für die Untersuchungsjahre 2015 bis 2018

Mit der in 2015 festgelegten Verteilung der Plots konnten die von CARUS & SCHRÖDER (2013, 2014) nachgewiesenen unterschiedlichen Wuchsformen bzw. Halmdicken bei der Strandsimse im Jahr 2016 und teils in den Jahren 2017 und 2018 nicht mehr eindeutig bestätigt werden. Grund hierfür sind die im Monitoringzeitraum stattgefundenen Veränderungen der Vegetationsbestände, die sich teils in das wasserseitig vorgelagerte Watt hinein ausgedehnt haben.

Aufgrund der Erfahrungen aus dem WRRL-Monitoring, den Untersuchungen auf Neßsand und dem Salinitätsmonitoring (STILLER 2016a) im Bereich der Tideelbe war im Zuge der Ersterfassung darauf hingewiesen worden, dass für das unterschiedliche Wuchsverhalten der Strandsimsen-Pflanzen u. U. weitere Ursachen infrage kommen, die bei der Interpretation der biologischen Parameter berücksichtigt werden sollten: Dort wo es z. B. durch Windwurf innerhalb geschlossener Strandsimsen-Bestände zu lokalen Freiflächen kommt, sind die über die Rhizome neu austreibenden Sprosse ebenfalls durchweg dicker als ältere und/oder blühende Sprosse. Die Bereiche sind keiner unmittelbaren Strömung ausgesetzt, sondern es sind Areale mit geringerer Vegetationsdichte bzw. fehlender Konkurrenz durch andere Pflanzenbestände, d. h. ideale Standorte für neue, dann meist dickere Sprosse (Details vgl. STILLER 2016a).

5 Zusammenfassung

Das Wasserstraßen- und Schifffahrtsamt Hamburg hat sich als Träger des Vorhabens „Fahrrinnenanpassung“ verpflichtet, ein Monitoring zur Beweissicherung der Makrophytenbestände im Bearbeitungsgebiet Tideelbe, bis zwölf Jahre nach Ausbau, jährlich durchzuführen. Nachdem das Monitoring zur Erfassung von Veränderungen der Makrophyten unter Berücksichtigung der Salinitätsverhältnisse bereits seit 2008 jährlich an sechs Monitoringstellen durchgeführt wird, wurde im Jahr 2015 mit dem Monitoring zum Einfluss von Wellenschlag an drei exponierten Standorten begonnen.

Hierzu waren in den Jahren 2014/2015 drei wellenschlag-exponierte Standorte ausgewählt und festgelegt worden, und zwar Schwarztonnensand (Strom-km 665,6), Bielenberg (km 669,7) und Hollerwettern (km 680,7). Ferner wurde ein Monitoringprogramm mit allen Beteiligten abgestimmt, das neben Vegetationskartierungen auch Wellen- und Strömungsmessungen sowie Drohnenbefliegungen umfasst. Im vorliegenden Gutachten werden die Ergebnisse der **3. Wiederholung der Vegetationskartierung** vorgestellt. Diese gliedern sich in Untersuchungen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie, Transektvermessungen sowie die Erfassung biotischer Parameter für die dominanten Röhrichte. Alle Untersuchungen in 2018 wurden analog zu denen in 2015 bis 2017 durchgeführt.

Die **Untersuchung und Bewertung nach WRRL** ergab für die Makrophytenbestände an allen drei Standorten im Jahr 2018 gleiche Einstufungen wie bei der Erstkartierung in 2015. Hiernach befinden sich die Makrophytenbestände bei Schwarztonnensand (W1-S) und Hollerwettern (W3-H) in einem mäßigen ökologischen Zustand. Am Standort Bielenberg (W2-B) weisen sie einen unbefriedigenden Zustand auf. An allen Standorten wurden neben geringen Veränderungen im Arteninventar leichte Verschiebungen der unteren Vegetationsgrenzen und der vorherrschenden Röhrichtarten untereinander beobachtet, die über die Transektvermessungen detailliert erfasst wurden. Nach wie vor weisen die Makrophytenbestände der drei Standorte an den flusszugewandten unteren Vegetationsgrenzen gegenüber mechanischen Belastungen sowohl tolerante als auch empfindliche Pflanzenarten auf.

Die Auswertung der **Transektvermessungen**, bei denen außer den unter MThw siedelnden Makrophyten auch die Vegetationsbestände bis 20 m oberhalb von MThw erfasst wurden, ergab für alle drei Standorte im Jahr 2017 erste erkennbare Veränderungen sowohl für die **Geländehöhen** als auch die **Vegetationsbestände** gegenüber der Ersterfassung. Ein Großteil dieser Entwicklungen hat sich 2018 bestätigt bzw. fortgesetzt. Innerhalb der uferwärtigen Vegetationsbestände sind die <u>Geländehöhen</u> weitgehend unverändert, in den flusszugewandten Beständen dagegen leicht um 5-10 cm erhöht. Das wasserseitig vorgelagerte vegetationsfreie Sandwatt ist bei Schwarztonnensand (W1-S) und Bielenberg (W2-B) durch Erosion gekennzeichnet, und zwar in einer Größenordnung von 15-20 cm bei Bielenberg und bei Schwarztonnensand nahe der Niedrigwasserlinie bis zu 50 cm. Im Gegensatz hierzu konnten bei Hollerwettern (W3-H) Auflandungen mit Feinsedimenten in Höhe von 30-40 cm gemessen werden. Die <u>Vegetationsbestände</u> sind neben leichten wasserseitigen Verlusten vor allem durch Sukzessionsprozesse gekennzeichnet: Im Monitoringzeitraum ist es an allen drei Standorten zum Vorrücken der uferwärtigen Röhrichte (Schilf, Rohrglanzgras) in die wasserseitig siedelnden Pionierzonen (Strand-, Teich- und Sumpfsimse) gekommen, die sich folglich verschmälert haben. Durch die Verschmälerung der für die Tideröhrichte charakteristischen Pionierzonen kann es mittelfristig zu Beeinträchtigungen der Makrophytenbewertung nach WRRL kommen. Bei den beobachteten Vegetationsveränderungen, die mit Auflandungen einhergehen, handelt

es sich 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. Die beschriebenen Prozesse der Sukzession der Vegetationsbestände sowie die Auflandungs- bzw. Erosionserscheinungen der Wattflächen spiegeln die im Zuge des WRRL- und Salinitätsmonitorings in der Tideelbe festgestellten Entwicklungen wider.

Die Vermessung der flusszugewandten **unteren Vegetationsgrenze** hat bestätigt, dass der wasserseitige Vegetationsverlust bei Schwarztonnensand auf einen kurzen Abschnitt stromauf begrenzt ist. Die wasserseitige Ausdehnung der Pionierzone bei Hollerwettern wiederum erstreckt sich in 2018 ebenfalls nur noch auf einen kurzen stromauf gelegenen Abschnitt. Bei Bielenberg ist die Ausdehnung des Vegetationsbestands in 2018 gegenüber 2015 fast unverändert. Zusammen mit der Erfassung der **biotischen Parameter** Halmdichte, Halmdicke und Halmhöhe ergänzen sich die verschiedenen Untersuchungsmethoden des Monitoringprogramms sehr gut.

Die Ergebnisse der im Zeitraum 2015 bis 2018 durchgeführten Monitoringuntersuchungen beschreiben den Ist-Zustand vor Beginn der Umsetzung der Fahrrinnenanpassung unter den derzeit herrschenden mechanischen Belastungen der Elbufer mit Wellenschlag. Mit Start der genehmigten Fahrrinnenanpassung im Jahr 2019 beginnt das Monitoring von Veränderungen der Makrophyten- bzw. Vegetationsbestände vor dem Hintergrund prognostizierter möglicher Veränderungen von Seegang, Schiffs- und Windwellen an den drei Monitoringstandorten bzw. im Bearbeitungsgebiet.

6 Literatur

6.1 Zitierte Literatur

BAUER, E.-M., M. HEUNER, A. BAHLS, T. BILDSTEIN, J. CARUS, U. FAUDE E. FUCHS, K. JENSEN, C. KINKELDEY, B. KLEINSCHMIT, K. KLEIß, U. KÖHLER, D. KRAFT, J. MEYERDIRKS, A. ROEDER, J. SCHIEWE, S. SCHMIDTLEIN, W. SCHOENBERG, B. SCHRÖDER, H.-H. SCHRÖDER, U. SCHRÖDER, B. SCHURCHARDT A. SILINSKI, A. SUNDERMEIER & S. WITTIG (2014): Klimabedingte Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung. Schlussbericht KLIWAS-Projekt 3.09. KLIWAS-24/2014. BfG, Koblenz, 47 S.

BRANDT, I. & B. ENGELSCHALL (2011): Kartieranleitung und Biotoptypenschlüssel für die Biotopkartierung in Hamburg einschließlich der Definitionen besonders geschützter Biotope nach § 30 BNatSchG in Verbindung mit § 14 HmbBNatSchAG und unter Berücksichtigung der Lebensraumtypen gemäß FFH-Richtlinie der EG. - Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, Hamburg, 328 S.

BfG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2013): Empfehlungen für die Auswahl dreier exponierter Standorte zum Monitoring von Makrophyten in der Unterelbe (Beweissicherung FAP), Stand: Dez. 2013 - Koblenz, 36 S.

BfG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2014): Untersuchungskonzept Makrophytenmonitoring, Stand: 07.01.2014 - Koblenz, 4 S.

BfG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2015): Erste Einschätzung der Ist-Zustandsaufnahme der drei exponierten Standorte im Rahmen des Wellenschlagmonitorings, Stand: 21.09.2015 - Koblenz, 6 S.

BfG (BUNDESANSTALT FÜR GEWÄSSERKUNDE) (2018): 1. Zwischenbericht „Makrophytenmonitoring“ - Einfluss des schiffserzeugten Wellenschlags auf emerse Makrophyten der Tideelbe am Beispiel dreier exponierter Standorte - Ist-Zustand 2015, BfG-1945, Stand: Jan. 2018 - Koblenz, 30 S.

CARUS, J. & B. SCHRÖDER (2013): Einfluss des hydromorphologischen Gezeitenregimes auf zwei Röhrichtarten.- In: Die Vegetation an Tideelbe und Tideweser im Klimawandel Ergebnisse aus dem KLIWAS-Projekt "Ästuarvegetation und Vorlandschutz" sowie dem BfG-Projekt "Biogene Uferstabilisierung", Koblenz, S. 14-15.

CARUS, J. & B. SCHRÖDER (2014): Analyse abiotischer und biotischer Treiber der Röhrichtentwicklung im tidebeeinflussten Bereich der Elbe - Entwicklung und Parametrisierung eines mechanistischen Wachstumsmodells. Abschlussbericht. - KLIWAS-Schriftenreihe 26/2014. BfG (Hrsg.), Koblenz, 95 S.

CARUS, J., M. PAUL & B. SCHRÖDER (2016): Vegetation as self-adaptive coastal protection: Reduction of current velocity and morphologic plasticity of a brackish marsh pioneer. *Ecology and Evolution*, **6**(6), S. 1579-1589, DOI: 10.1002/ece3.1904.

DRACHENFELS, O. V. (2011): Kartierschlüssel für Biotoptypen in Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlich geschützten Biotope sowie der Lebensraumtypen von Anhang I der FFH-Richtlinie. - Naturschutz und Landschaftspflege in Niedersachsen, Hannover, A/4, 326S.

GARVE, E. (2004): Rote Liste und Florenliste der Farn- und Blütenpflanzen in Niedersachsen und Bremen - 5. Fassung, Stand 1.3.2004, Inform. d. Naturschutz Niedersachs., Nr. 1, Hildesheim, 76 S.

GIERSCH, K. & M. SCHIRMER (2002): Kommentierte Literaturstudie zum Thema Röhricht. Universität Bremen, 71 S.

HEUNER M. (2013): Wellenexperimente - zwei Pionierröhrichte im Vergleich. - In: Die Vegetation an Tideelbe und Tideweser im Klimawandel Ergebnisse aus dem KLIWAS-Projekt "Ästuarvegetation und Vorlandschutz" sowie dem BfG-Projekt "Biogene Uferstabilisierung", Koblenz, S. 10-11.

KORNECK, D., M. SCHNITTLER & I. VOLLMER (1996): Rote Liste der Farn- und Blütenpflanzen (*Pteridophyta* et *Spermatophyta*) Deutschlands. - Schr.-R. f. Vegetationskunde, BfN, Bonn-Bad Godesberg, 28: 21-187.

MIERWALD, U. & K. ROMAHN (2006): Die Farn- und Blütenpflanzen Schleswig-Holsteins - Rote Liste. - Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-Holstein, Flintbek, Bd. 1, 122 S.

PETERS, K., A. STAHLMANN & M. KARCH (2016): Wellen- und Strömungsmessungen im Rahmen von Makrophytenuntersuchungen - Zusammenfassung der Ergebnisse. Ramboll IMS Ingenieurgesellschaft mbH

PROJEKTBÜRO FAHRRINNENANPASSUNG BEIM WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT HAMBURG (2007): Fahrrinnenanpassung Unter- und Außenelbe - Das Projekt im Überblick. - Hamburg, 40 S.

SILINSKI, A., K. SCHOUTENS, S. PUIJALON, J. SCHOELYNCK, D. LUYCKX, P. TROCH, P. MEIRE & S. TEMMERMAN (2017): Coping with waves: Plasticity in tidal marsh plants as self-adapting coastal ecosystem engineers. *Limnology and Oceanography*, S. 1-17, 10.1002/lno.10671.

STILLER, G. (2005): Bewertungsverfahren für die Qualitätskomponenten Makrophyten und Angiospermen in der Tideelbe gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. - Gutachten i. A. der ARGE ELBE, Wassergütestelle Elbe, Hamburg, 47 S.

STILLER, G. (2011): 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. (2016a): Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung vom Wellenschlag / Wellenbelastung im Bearbeitungsgebiet Tideelbe 2015. - Gutachten i. A. des WSA Hamburg, 18 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 Schweinesand - 3. Wiederholungskartierung 2015. Gutachten i. A. der HPA, Hamburg Port Authority, Hamburg, 27 S. + Anh.

STILLER, G. (2017): Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung vom Wellenschlag / Wellenbelastung im Bearbeitungsgebiet Tideelbe 2016. - Gutachten i. A. des WSA Hamburg, 16 S. + Anh.

STILLER, G. (2018): 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): Untersuchungen zur Überwachung von Veränderungen der Makrophytenbestände unter besonderer Berücksichtigung der Salinität im Bearbeitungsgebiet Tideelbe 2018. - Gutachten i. A. des WSA Hamburg, 25 S. + Anh.

STILLER, G. (2019b): Monitoring von Vegetationsveränderungen am Nordufer der Elbinsel Neßsand mit Schweinesand - 4. Wiederholungskartierung 2017. Gutachten i. A. der HPA, Hamburg Port Authority, Hamburg, 26 S. + Anh.

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.

WSA (WASSER- UND SCHIFFFAHRTSAMT) (2014) - Arbeitsprogramm Wellenschlag-Monitoring der Makrophytenbestände an der Tideelbe - Stand: 15.07.2014, Hamburg, 5 S.

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 (2011): Bestimmungsschlüssel für die aquatischen Makrophyten (Gefäßpflanzen, Armleuchteralgen und Moose) in Deutschland. - Fachbeiträge des Landesamtes für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (LUGV), Potsdam, Heft-Nr. 119 + 120, Bd. 1+2.

WISSKIRCHEN, R. & H. HAEUPLER (1998): Standardliste der Farn- und Blütenpflanzen Deutschlands. - Ulmer, Stuttgart, 765 S.

Anhang

Tab. A1: Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern und Zuordnung zu den ökologischen Zustandsklassen einschl. Angabe des EQR für die drei Messstellen „Wellenschlag-Monitoring 2018“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe (Auszug, Details s. Tab. A1 Teil I bis III auf CD)

Tab. A2: Stammdaten der drei Messstellen „Wellenschlag-Monitoring 2018“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe - (s. a. Kartierprotokolle TEL-MP-W1-W3)

Tab. A3: Legende der Vegetations- und Biotoptypen zum „Wellenschlag-Monitoring 2018“ - Stand: 18.07.2018

Tab. A4: Vegetations- bzw. Biotoptyp-Aufbau der im Jahr 2018 im Rahmen des Wellenschlag-Monitorings an den drei Standorten Schwarztonnensand, Bielenberg und Hollerwettern vermessenen und untersuchten Transekte - Reihenfolge der Begleitarten entspricht Häufigkeit ihres Auftretens (Legende der Vegetations- und Biotoptypen vgl. Tab. A3)

Tab. A5: Wellenschlag-Monitoring 2018: Zusammenstellung der Koordinaten des Kreismittelpunktes der Plots, an denen die biotischen Parameter untersucht wurden

Tab. A6: Wellenschlag-Monitoring: Mittlere Anzahl der Halme pro Quadratmeter sowie Mittelwert, Minimum und Maximum für Halmdicke und Halmhöhe der dominanten Röhrichte im flusszugewandten Randbereich (v=vorn) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (h=hinten) an den Monitoringstellen Schwarztonnensand (W1), Bielenberg (W2) und Hollerwettern (W3) für die Jahre 2015, 2016, 2017 und 2018

Kartierprotokolle

TEL-MP-W1-S, TEL-MP-W2-B und TEL-MP-W3-H

Tab. A1: Berechnung des STI-Makrophyten in Tidegewässern und Zuordnung zu den ökologischen Zustandsklassen einschl. Angabe des EQR für die drei Messstellen „Wellenschlag-Monitoring 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**	**W1-S**	**W2-B**	**W3-H**
	Erfassungsjahr / Aufnahmedatum	2018	17.07.	14.07.	14.07.
	Artenzahl je Probestelle		21	14	25
Bsges	**Besiedlungsstrukturfaktor (submerse + emerse MP)**		0,75	0,75	0,75
	max. Siedlungstiefe [m] (untere Vegetationsgrenze)		1,70	1,50	1,50
	Ausdehnung Makrophyten [m]		59,00	19,00	70,00
	Besiedlungsstruktur emerse MP: Zusatzkriterien				
	Ausdehnung (1-3 Punkte)		3	1	3
	Vegetationzonierung (1-3 Punkte)		2	1	2
	Vitalitat (1-3 Punkte)		2	2	3
	Summe Zusatzkriterien		7	4	8
Bs	**Besiedlungsstrukturfaktor (emerse Makrophyten)**		0,75	0,50	0,75

Summe der prozentualen Quantitäten der vier ökologischen Kategorien [1)]	**1**	4,87	2,87	14,38
	2	39,89	75,86	36,97
	3	40,61	20,98	44,23
	4	9,75	0,00	0,16

[1)] ohne die nicht bis zur Art bestimmten und daher nicht eingestuften Taxa

K_{DA}-Werte der ökologischen Kat	**1**	5	5	3
	2	9	10	9
	3	14	13	14
	4	17		16
Summe der K_{DA}-Werte		**45**	**28**	**42**

Berechnung des STI-Makrophyten und Einstufung in die Bewertungsstufen des ökologischen Zustands			
$\sum K_{DA}$ / Anzahl der ökologischen Kategorien	11,25	9,33	10,50
Bs-Faktor$_{ges}$ (submerse+emerse Makrophyten)	0,75	0,75	0,75
Bs-Faktor (emerse Makrophyten)	0,75	0,50	0,75
STI-Makrophyten in Tidegewässern	6,33	3,50	5,91
EQR (Ecological Quality Ratio)	0,53	0,29	0,49
ökologischer Zustand	3	4	3

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: Stammdaten der drei Messstellen „Wellenschlag-Monitoring 2018“ im Bearbeitungsgebiet Tideelbe - (s. a. Kartierprotokolle TEL-MP-W1-W3)

Gewässertyp gem. EG-WRRL			**Übergangsgewässer T1**		
Oberflächenwasserkörper			**Elbe (Übergangsgewässer)**		
Probestellen-Nr.		**TEL-MP-**	**W1-S**	**W2-B**	**W3-H**
Bezeichnung					
Datum der Kartierung			07.05. + 17.07.2018	06.05 +14.07.2018	01.05 +14.07.2018
Salinität			oligohalin	oligohalin	oligohalin
Stromkilometer			665,6	669,7	680,7
Gewässerbreite [km]			2,50	2,50	2,50
Exposition der Probestelle			NO	SW	SW
Geogr. Koord. UTM / ETRS89 (obere Veg.-grenze)		**E**	32N 530437.865	32N 528494.223	32N 523772.625
		N	5951857.845	5955693.843	5965487.366
Geogr. Koord. UTM / ETRS89 (untere Veg.-grenze)		**E**	32N 530477.660	32N 528479.719	32N 523714.820
		N	5951901.328	5955681.336	5965446.345
Ufermorphologie	**naturnah / verbaut**		naturnah	naturnah	naturnah
	sonstige Strukturen / Besonderheiten		Sandwatt vor kleiner Abbruchkante; Standort oberhalb davon mit kleineren Erosionsrinnen	Sandwatt / im Bestand kleine Abruchkante / im vorgelagerten Watt oberflächl. anstehende Schlicklinsen	mäßig festes Sandwatt mit wasserseitig tiefgründiger, teils nicht mehr begehbarer Schlickauflage
Lage der Probestelle im Strom			fahrrinnennah	fahrrinnenfern	fahrrinnennah
Uferneigung (flach <1:20, mittel 1:5 - 1:20, steil >1:5)			flach	mittel	flach
Substrat des MP-Wuchsortes	**Schlick [%]**		0	0	10
	Ton / Lehm [%]		0	10	0
	Sand [%]		100	90	90
	Steine / Blöcke [%]		0	0	0
Ufervegetation			Röhricht	Röhricht+Weidengehölze	Röhricht
Ausdehnung Ufervegetation [m]			37,0	141,0	47,0
angrenzende Umlandnutzung			Sukzession / NSG	Deichgrünland / Deich	Deichgrünland / Deich
Ausdehnung des Deichvorlandes [m]			entfällt, da Insel	172,0	93,0
Algenaspekt (*Enteromorpha*, Faden- bzw. Grünalgen, *Vaucheria*, Sonst.)			V + F (verbreitet)	V + F (verbreitet)	F (verbreitet)

Tab. A3: Legende der Vegetations- und Biotoptypen zum „Wellenschlag-Monitoring 2018“ - Stand: 18.07.2018

Zahlencode Stiller / WSA	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Hinweise bzw. dominante Pflanzenarten**
vegetationsfreie Biotope		
401	Sandwatt	< MThw
402	Schlickwatt	< MThw
404	Flachwasser	< MTnw
406	Auenlehm	< MThw
493	Leitwerk / Steinverwallung	< MThw
408	Sandwatt mit Schlicklinsen	< MThw
729	OK Böschung mit Deckwerk Steinschüttung	< und > MThw
730	OK Böschung mit Deckwerk Asphalt / Beton	< und > MThw
Röhrichte (< und > MThw)		
432	Rohrglanzgras	*Phalaris arundinacea*
433	Schilf	*Phragmites australis*
435	Schmalblättriger Rohrkolben	*Typha angustifolia*
439	Strandsimse	*Bolboschoenus maritimus*
417	Salz-Teichsimse	*Schoenoplectus tabernaemontani*
437	Sumpfsimse	*Eleocharis uniglumis*
422	Gekielte Teichsimse	*Schoenoplectus* x *carinatus*
425	Mischbestand (Röhricht + Hochstauden)	z. B. *Boma, Phar, Lysa, Ephi, Stpa*
426	Ruderalflur feuchter Standorte	z. B. *Phau, Case, Vicr, Anar*
Gehölze (entlang und > MThw)		
453	Weidenbestand	Bäume u/o Sträucher
Zusatzinformationen		
s	spärlich	<<< 25 % Deckung
ae	Äste überhängend	
rh	freigespülte Rhizome	tot u/o austreibend
w	Windwurf / Treibsel	

Tab. A4: Vegetations- bzw. Biotoptyp-Aufbau der im Jahr 2018 im Rahmen des Wellenschlag-Monitorings an den drei Standorten Schwarztonnensand, Bielenberg und Hollerwettern vermessenen und untersuchten Transekte - Reihenfolge der Begleitarten entspricht Häufigkeit ihres Auftretens (Legende der Vegetations- und Biotoptypen vgl. Tab. A3)

TEL-MP-W1-S - Schwarztonnensand - Transekt T1 = 665,506		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	sehr weich
401-s		*Schoenoplectus* x *carinatus, Schoenoplectus pungens, Bolboschoenus maritimus*
437	Sumpfsimsen-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus, Schoenoplectus* x *carinatus, Schoenoplectus pungens, Lythrum salicaria, Nasturtium officinalis*
401	Sandwatt	Auskolkung mit *Eleocharis uniglumis, Bolboschoenus maritimus*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Schoenoplectus tabernaemontani, Phragmites australis*
432	Rohrglanzgras-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus*
433	Schilf-Röhricht	wasserseitig: *Bolboschoenus maritimus, Agrostis stolonifera, Poa* sp, *Rumex* sp. Richtung MThw: *Caltha palustris, Calystegia sepium, Angelica archangelica* + Treibselsaum
453	Weidenbestand / Strauch-weiden (*Salix viminalis*)	*Phragmites australis, Calystegia sepium, Scrophularia nodosa*

TEL-MP-W1-S - Schwarztonnensand - Transekt T2 = 665,556 = Mitte		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	an unterer Vegetationsgrenze sehr weich; wasserseitig härter mit Sandrippeln
417	Salz-Teichsimsen-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus, Eleocharis uniglumis*
437	Sumpfsimsen-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus, Schoenoplectus tabernae-montani, Phragmites australis*
433	Schilf-Röhricht	wasserseitig: *Bolboschoenus maritimus* Richtung MThw: *Caltha palustris, Poa* sp., *Deschampsia wibeliana, Mentha* sp. + Treibselsaum
433-ae		*Salix viminalis*-Äste überhängend
453	Weidenbestand / Strauch-weiden (*Salix viminalis*)	*Phragmites australis, Caltha palustris, Angelica archan-gelica*, *Calystegia sepium, Cirsium oleraceum, Eupatorium cannabinum*

Tab. A4: *Fortsetzung*

TEL-MP-W1-S - Schwarztonnensand - Transekt T3 = 665,606		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	
439	Strandsimsen-Röhricht	
437	Sumpfsimsen-Röhricht	*Schoenoplectus tabernaemontani, Nasturtium officinale, Phalaris arundinacea*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Schoenoplectus tabernaemontani, Phalaris arundinacea, Eleocharis uniglumis, Nasturtium officinale*
425	Mischbestand (Röhricht + Hochstauden)	*Phalaris arundinacea, Bolboschoenus maritimus, Schoenoplectus tabernaemontani*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Phalaris arundinacea, Alisma plantago-aquatica, Eleocharis uniglumis*
432	Rohrglanzgras-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus, Eleocharis uniglumis*
433	Schilf-Röhricht	wasserseitig: *Bolboschoenus maritimus* Richtung MThw: *Caltha palustris, Cardamine amara, Poa* sp., *Calystegia sepium*
433-ae		*Salix viminalis*-Äste überhängend
453	Weidenbestand / Strauch-weiden (*Salix viminalis, S. alba*)	*Phragmites australis*, *Calystegia sepium, Cirsium olera-ceum, Eupatorium cannabinum* + Treibselsaum

Tab. A4: *Fortsetzung*

TEL-MP-W2-B - Bielenberg - Transekt T1 = 669,649		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	
406	Auenlehm	
401	Sandwatt	
437	Sumpfsimsen-Röhricht	*Phragmites australis*
433	Schilf-Röhricht	*Deschampsia wibeliana, Eleocharis uniglumis*
433-ae		*Salix* spp.-Äste überhängend
453	Weidenbestand / Strauchweiden (*Salix viminalis*)	*Phragmites australis*

TEL-MP-W2-B - Bielenberg - Transekt T2 = 669,699 = Mitte		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	
406	Auenlehm	
401	Sandwatt	
437	Sumpfsimsen-Röhricht	*Phragmites australis*
433	Schilf-Röhricht	wasserseitig: *Deschampsia wibeliana, Eleocharis uniglumis* Richtung MThw: *Ranunculus ficaria* (Speicherwurzeln), *Calystegia sepium, Anthriscus sylvestris, Rumex obtusifolius, Equisetum palustre, Glechoma hederaceum, Tussilago farfara, Chaerophyllum bulbosum*
433-ae		*Salix* spp.-Äste überhängend
453	Weidenbestand / Strauchweiden (*Salix viminalis*)	*Phragmites australis*

TEL-MP-W2-B - Bielenberg - Transekt T3 = 669,749		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	
406	Auenlehm	
401	Sandwatt	
433-s	Schilf-Röhricht	sehr lichter Bestand vor Abbruchkante
433		wasserseitig: *Deschampsia wibeliana, Eleocharis uniglumis* Richtung MThw: *Ranunculus ficaria* (Speicherwurzeln), *Chaerophyllum bulbosum, Calystegia sepium, Festuca arundinacea Anthriscus sylvestris, Angelica archangelica, Rumex* sp.
433-ae		*Salix* spp.-Äste überhängend
453	Weidenbestand / Baum- und Strauchweiden (*Salix alba, s. rubens, S. viminalis*)	*Phragmites australis, Chaerophyllum bulbosum, Glechoma hederaceum, Anthriscus sylvestris, Ranunculus repens*

Tab. A4: *Fortsetzung*

TEL-MP-W3-H - Hollerwettern - Transekt T1 = 680,619		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	wasserseitig der unteren Vegetationsgrenze aufgelandet, sehr weiche bis zur MTnw-Linie hin knietiefe Mischwattauflage
439	Strandsimsen-Röhricht	wasserseitig weitgehend 1-artig danach: *Eleocharis uniglumis* (teilw. rasenbildend), *Deschampsia wibeliana, Nasturtium officinale, Schoenoplectus tabernaemontani*
433	Schilf-Röhricht	< MThw: *Deschampsia wibeliana, Eleocharis uniglumis, Bolboschoenus maritimus, Myosotis scorpioides*
		> MThw: *Caltha palustris, Cardamine amara, Calystegia sepium, Lycopus europaeus, Agrostis stolonifera, Cirsium arvense, Salix viminalis*-Gebüsch
426	Ruderalflur feuchter Standorte	*Phragmites australis, Melilotus* sp., *Festuca arundinacea, Vicia cracca, Cirsium arvense, Angelica archangelica, Lythrum salicaria*
433	Schilf-Röhricht	*Calystegia sepium, Agrostis stolonifera, Mentha* sp., *Myosotis scorpioides, Lycopus europaeus, Caltha palustris, Solanum dulcamara, Angelica archangelica*
730	OK Böschung mit Deckwerk Asphalt, Beton	Eschen- + *Salix* spp.-Austrieb und Treibselsaum mit *Epilobium hirsutum*, *Calystegia sepium, Phragmites australis, Impatiens glandulifera* (=Neophyt!)

TEL-MP-W3-H - Hollerwettern - Transekt T2 = 680,669 = Mitte		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	wasserseitig der unteren Vegetationsgrenze aufgelandet, sehr weiche bis zum Leitdamm hin knietiefe Mischwattauflage
417	Salz-Teichsimsen-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Schoenoplectus tabernaemontani, Eleocharis uniglumis* (teilw. rasenbildend), *Lythrum salicaria, Deschampsia wibeliana, Nasturtium officinale, Phalaris arundinacea, Agrostis stolonifera, Schoenoplectus triqueter*
432	Rohrglanzgras-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus, Lythrum salicaria*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Phalaris arundinacea, Lythrum salicaria*
432	Rohrglanzgras-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus, Lythrum salicaria, Eleocharis uniglumis*, *Caltha palustris, Agrostis stolonifera, Nasturtium officinale, Mentha* sp.; zur Schilfgrenze hin: *Typha latifolia, Calystegia sepium*
433	Schilf-Röhricht	wasserseitig: *Bolboschoenus maritimus, Typha latifolia, Caltha palustris, Cardamine amara, Calystegia sepium* Richtung MThw außerdem: *Stachys palustris, Lythrum salicaria, Epilobium hirsutum, Impatiens glandulifera* (=Neophyt!) + Treibsel
730	OK Böschung mit Deckwerk Asphalt, Beton	Eschen- + *Salix* spp.-Austrieb und Treibselsaum mit *Phragmites australis, Calystegia sepium, Impatiens glandulifera* (=Neophyt!)

Tab. A4: *Fortsetzung*

TEL-MP-W3-H - Hollerwettern - Transekt T3 = 680,719		
Zahlencode	**Vegetations- / Biotoptyp**	**Begleitarten bzw. Hinweise**
401	Sandwatt	wasserseitig der unteren Vegetationsgrenze aufgelandet, sehr weiche knietiefe Mischwattauflage, , daher nicht bis MTnw-Linie vermessen
439	Strandsimsen-Röhricht	*Schoenoplectus tabernaemontani, Eleocharis uniglumis* (teilw. rasenbildend), *Deschampsia wibeliana, Phalaris arundinacea, Lythrum salicaria* wasserseitig: Strandsimse mit freigespülten Rhizomen
432	Rohrglanzgras-Röhricht	*Bolboschoenus maritimus*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Phalaris arundinacea, Lythrum salicaria, Schoenoplectus tabernaemontani, Mentha* sp., *Stachys palustris, Epilobium hirsutum*
425	Mischbestand aus Röhricht und Hochstauden	*Bolboschoenus maritimus, Stachys palustris, Lythrum salicaria, Phalaris arundinacea, Schoenoplectus tabernaemontani, Epilobium hirsutum, Eleocharis uniglumis*
439	Strandsimsen-Röhricht	*Phalaris arundinacea, Typha angustifolia, Mentha* sp., *Caltha palustris, Lythrum salicaria, Myosotis scorpioides, Schoenoplectus tabernaemontani, Agrostis stolonifera, Elymus uniglumis*
425	Mischbestand aus Röhricht und Hochstauden	*Phragmites australis, Bolboschoenus maritimus, Typha angustifolia, Epilobium hirsutum, Lythrum salicaria, Caltha palustris, Mentha* sp., *Phalaris arundinacea* + Treibsel
433	Schilf-Röhricht	*Lythrum salicaria, Epilobium hirsutum, Caltha palustris, Typha angustifolia, Stachys palustris* uferwärts mit dicker Treibselschicht
730	OK Böschung mit Deckwerk Asphalt, Beton	Eschen- + *Salix* spp.-Austrieb und Treibselsaum mit *Phragmites australis, Epilobium hirsutum, Stachys palustris, Calystegia sepium, Scrophularia nodosa*

Tab. A5: Wellenschlag-Monitoring 2018: Zusammenstellung der Koordinaten des Kreismittelpunktes der Plots, an denen die biotischen Parameter untersucht wurden

Projekt / Auftrag:	**MP / Wellenschlag**		
Titel:	**Halmdicke / -höhe / -dichte**		
Ort:	**S**chwarztonnensand / **B**ielenberg / **H**ollerwettern		
Datum:	17.07.2018 / 16.07.2018 / 18.07.2018		
Probestellen-Name:	X-xx.xx	(Plot-Nummer)	
Probenahme-Fläche:	0,1257 m^2	(Kreisfläche / Kreis: d = 0,4 m)	
UTM-Koordinaten:	s. u.	s. u.	(Kreismittelpunkt)

PS-Name / -Lage	**Übersicht**
TEL-MP-W1-S	**Schwarztonnensand**
TEL-MP-W2-B	**Bielenberg**
TEL-MP-W3-H	**Hollerwettern**

Probestellen-Name		
Plot-Nr.	**UTM / ETRS89**	
	E	**N**
TEL-MP-W1-S (Schwarztonnensand)		
S-01.01	530486.997	5951887.386
S-01.02	530441.186	5951911.527
S-01.03	530437.010	5951914.726
S-01.04	530432.495	5951917.022
S-01.05	530428.510	5951918.772
S-02.01	530483.455	5951884.502
S-02.02	530438.404	5951908.239
S-02.03	530434.136	5951910.165
S-02.04	530431.570	5951913.445
S-02.05	530426.376	5951913.585
TEL-MP-W2-B (Bielenberg)		
B-01.01	528477.615	5955691.788
B-01.02	528472.846	5955695.745
B-01.03	528466.800	5955697.731
B-01.04	528458.291	5955717.702
B-01.05	528454.454	5955722.344
B-02.01	528481.576	5955694.081
B-02.02	528475.462	5955698.164
B-02.03	528470.591	5955702.700
B-02.04	528460.756	5955718.747
B-02.05	528457.417	5955724.523

Probestellen-Name		
Plot-Nr.	**UTM / ETRS89**	
	E	**N**
TEL-MP-W3-H (Hollerwettern)		
H-01.01	523755.198	5965425.626
H-01.02	523750.362	5965425.717
H-01.03	523743.861	5965429.065
H-01.04	523739.843	5965432.230
H-01.05	523737.560	5965437.528
H-02.01	523759.944	5965429.632
H-02.02	523753.503	5965429.984
H-02.03	523747.717	5965432.333
H-02.04	523744.284	5965435.737
H-02.05	523743.094	5965440.033

Tab. A6: Wellenschlag-Monitoring: Mittlere Anzahl der Halme pro Quadratmeter sowie Mittelwert, Minimum und Maximum für Halmdicke und Halmhöhe der dominanten Röhrichte im flusszugewandten Randbereich (v=vorn) und innerhalb des dichteren Pflanzenbestands (h=hinten) an den Monitoringstellen Schwarztonnensand (W1), Bielenberg (W2) und Hollerwettern (W3) für die Jahre 2015, 2016, 2017 und 2018

	Anzahl der Halm pro Quadratmeter			
	Mittelwert			
	2015	**2016**	**2017**	**2018**
	Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*)			
W1 - v	72	45	116	99
W1 - h	167	102	120	132
W3 - v	57	64	202	258
W3 - h	185	205	219	258
	Schilf (*Phragmites australis*)			
W2 - v	202	205	181	186
W2 - h	132	131	108	100

	Halmdicke [mm]											
	Mittelwert				**Minimum**				**Maximum**			
	2015	**2016**	**2017**	**2018**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
	Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*)											
W1 - v	8,5	7,9	7,4	8,9	2,5	2,6	3,5	4,0	16,0	13,0	13,8	17,1
W1 - h	7,0	8,1	6,7	6,3	3,1	3,5	3,0	2,2	14,0	14,8	14,5	17,8
W3 - v	12,2	7,3	6,3	5,9	6,5	1,7	2,6	2,3	16,6	15,0	15,8	16,0
W3 - h	7,9	6,0	5,8	5,4	3,2	1,3	2,4	2,2	14,1	16,0	15,1	16,0
	Schilf (*Phragmites australis*)											
W2 - v	4,5	4,0	4,2	4,2	1,7	1,0	0,8	1,6	8,4	6,9	7,5	7,4
W2 - h	6,4	6,1	6,0	5,9	4,9	4,3	4,3	2,8	8,2	8,2	7,5	8,1

	Halmhöhe [cm]											
	Mittelwert				**Minimum**				**Maximum**			
	2015	**2016**	**2017**	**2018**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**
	Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*)											
W1 - v	57,7	55,5	68,9	74,1	12,0	15,0	20,0	25,0	90,0	90,0	105,0	110,0
W1 - h	75,1	81,6	73,2	68,5	15,0	10,0	30,0	15,0	135,0	125,0	110,0	125,0
W3 - v	73,8	84,3	90,8	73,5	20,0	15,0	10,0	10,0	130,0	140,0	140,0	130,0
W3 - h	91,1	98,0	91,9	78,5	20,0	5,0	15,0	15,0	160,0	150,0	145,0	130,0
	Schilf (*Phragmites australis*)											
W2 - v	127,5	95,1	117,4	120,3	40,0	5,0	15,0	30,0	235,0	195,0	210,0	240,0
W2 - h	223,2	210,4	233,3	242,0	110,0	110,0	130,0	80,0	310,0	285,0	290,0	320,0