bfg Bundesanstalt für Gewässerkunde

KLIWAS
Klima · Wasser · Schifffahrt

Die Vegetation an Tideelbe und Tideweser im Klimawandel

Ergebnisse aus dem KLIWAS-Projekt „Ästuarvegetation und Vorlandschutz“ sowie dem BfG-Projekt „Biogene Uferstabilisierung“

Die Vegetation an Tideelbe und Tideweser im Klimawandel

Ergebnisse aus dem KLIWAS-Projekt „Ästuarvegetation und Vorlandschutz“ sowie dem BfG-Projekt „Biogene Uferstabilisierung“

Koblenz, Dezember 2013

Foto: Hils, BfG

Impressum

Herausgeber: **Dr. Eva-Maria Bauer**
Maike Heuner, heuner@bafg.de
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Autoren: **Anke Bahls**, TU Berlin
Dr. Eva-Maria Bauer, BfG, Koblenz
Tim Bildstein, BioConsult, Bremen
Jana Carus, Universität Potsdam
Ulrike Faude, Universität Bonn
Dr. Elmar Fuchs, BfG, Koblenz
Maike Heuner, BfG, Koblenz
Prof. Dr. Kai Jensen, Universität Hamburg
Christoph Kinkeldey, HafenCity Universität Hamburg
Prof. Dr. Birgit Kleinschmit, TU Berlin
Katharina Kleiß, Universität Hamburg
Ursula Köhler-Loum, Berne
Dr. Dietmar Kraft, Berlin
Dr. Jürgen Meyerdirks, Oldenburg
Anna Roeder, Universität Hamburg
Prof. Dr. Jochen Schiewe, HafenCity Universität Hamburg
Prof. Dr. Sebastian Schmidtlein, Karlsruher Institut für Technologie
Wiebke Schoenberg, Universität Hamburg
Prof. Dr. Boris Schröder, TU Braunschweig
Hans-Hermann Schröder, KÜFOG, Loxstedt-Ueterlande
Uwe Schröder, BfG, Koblenz
Dr. Bastian Schuchardt, BioConsult, Bremen
Alexandra Silinski, Universiteit Antwerpen
Dr. Andreas Sundermeier, BfG, Koblenz
Stefan Wittig, BioConsult, Bremen

Abbildungsrechte: Bundesanstalt für Gewässerkunde (wenn nicht anders angegeben)

Druck: Druckerei Fuck, Koblenz

DOI: 10.5675/Tideelbe_Tideweser_Klima_2013

www.bafg.de, www.kliwas.de

Inhalt

		Seite
1	**Wozu?**	5
2	**Biogene Uferstabilisierung**	6
3	**Verhalten dreier Röhrichtarten unter dem Einfluss der Hydrodynamik**	8
4	**Wellenexperimente – zwei Pionierröhrichte im Vergleich**	10
5	**Überlebensstrategien der Meer-Strandsimse: Ein Wellenkanalexperiment**	12
6	**Einfluss des hydrodynamischen Gezeitenregimes auf zwei Röhrichtarten**	14
7	**Auswirkungen von Störungen auf das Tideröhricht**	16
8	**Auswirkungen der winterlichen Schilfmahd auf das Tideröhricht**	18
9	**Überflutungstoleranz von Röhricht- und Neophytenarten**	20
10	**Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs auf Biotoptypen**	22
11	**Hyperspektralanalysen zu Störstellen und Röhrichten im Elbeästuar**	24
12	**Konzeption für ein Langzeitmonitoring mit Satellitendaten**	26
13	**Modellierung und Visualisierung von Unsicherheiten in den Ergebnissen**	28
14	**Zusammenschau und Empfehlungen für ein nachhaltiges Ufer- und Vorland-management**	30
15	**Zum Weiterlesen: Veröffentlichungen, Berichte und Poster aus den Projekten**	33
	Dank	39

1 Wozu?

Elmar Fuchs, Uwe Schröder & Andreas Sundermeier (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Die Ästuare von Elbe und Weser sind geschützte Lebensräume für Pflanzen und Tiere und gleichzeitig wichtige Wirtschaftsräume. Den steigenden Ansprüchen des Verkehrsträgers Schifffahrt muss die WSV ebenso gerecht werden wie den Anforderungen hinsichtlich eines nachhaltigen Umgangs mit den natürlichen Ressourcen. Die Unterhaltung der Wasserstraßen und die Nutzung der Vorländer müssen bereits heute Veränderungen des Tideregimes berücksichtigen. Ist eine weitere Anpassung dieser Aktivitäten vor dem Hintergrund des Klimawandels notwendig?
In den beiden Ästuaren spielen die tidebeeinflussten Röhrichte und deren Funktionen als Uferschutz und Lebensraum eine besondere Rolle. Aufbauend auf den Erkenntnissen des laufenden BfG-Projektes „Biogene Uferstabilisierung“ (Kap. 2) zur historischen Entwicklung der Röhrichte und ihrer heutigen Nutzbarkeit als naturnahe Ufersicherung wurde im KLIWAS-Projekt „Ästuarvegetation und Vorlandschutz“ (Kap. 3 - 13) das Verhalten von Individuen, Beständen, der gesamten Röhrichtzone bis hin zu den Biotopen des Vorlandes analysiert. Das letztgenannte Projekt ist Teil des Ressortforschungsprogramms KLIWAS des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, in dem seit März 2009 die Folgen des zu erwartenden Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt und mögliche Anpassungsoptionen der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) untersucht werden.

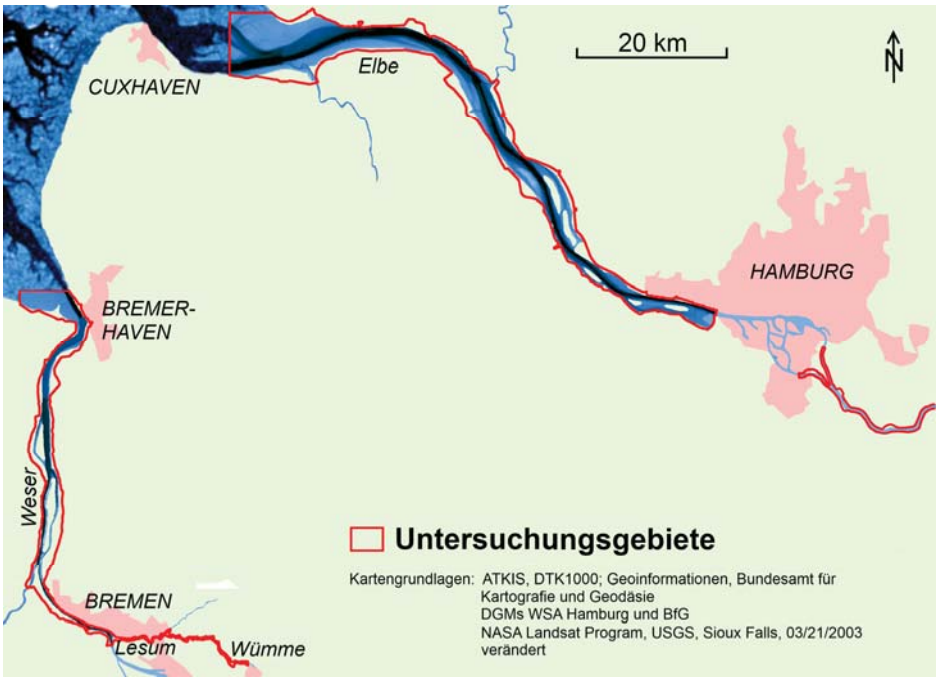


Abb. 1-1: Untersuchungsgebiete der beiden Projekte

Das Projektteam konnte herausfinden, wie Röhrichte auf den Tideeinfluss, hydraulischen Stress und die Landnutzung reagieren. Aus den Erkenntnissen konnten Modelle entwickelt und Projektionen zur Dynamik der Röhrichte im Klimawandel abgeleitet werden. Um die zukünftige Entwicklung der Ufervegetation zu beobachten, wurden Methoden der Fernerkundung auf ihre Anwendbarkeit hin geprüft. Aktuell werden die Ergebnisse im BfG-Projekt „Biogene Uferstabilisierung“ genutzt, um den Einsatz von Röhricht als Alternative zur technischen Ufersicherung zu untersuchen.
Aus der Zusammenschau aller Ergebnisse (Kap. 14) wurden Empfehlungen für das Vorlandmanagement und eine nachhaltige Uferunterhaltung der WSV im Hinblick auf den Klimawandel abgeleitet.

2 Biogene Uferstabilisierung

Uwe Schröder & Elmar Fuchs (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Fragestellung

Die prognostizierten Auswirkungen der Fahrrinnenanpassung 1999 der Tideelbe wurden in einem Monitoring überprüft. In diesem Rahmen sind umfangreiche Untersuchungen zum Thema Röhrichte initiiert worden. Ihre Entwicklung wurde mittels moderner Fernerkundungsdaten und historischer Luftbilder analysiert. Daraus entstanden die Projekte „Biogene Uferstabilisierung“ (Röhrichte als Alternative zur technischen Ufersicherung) und „ElbService“ (gestartet 2012).

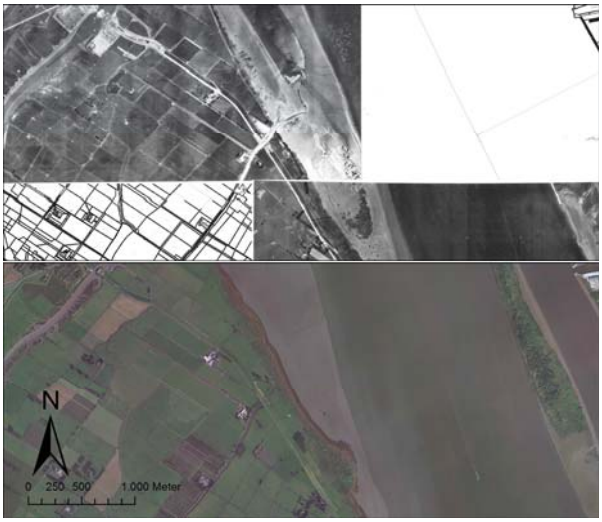


Abb. 2-1: Luftbilder 1978 (oben) und 2010 (unten) im Gebiet Wischhafen zeigen deutliche Unterschiede

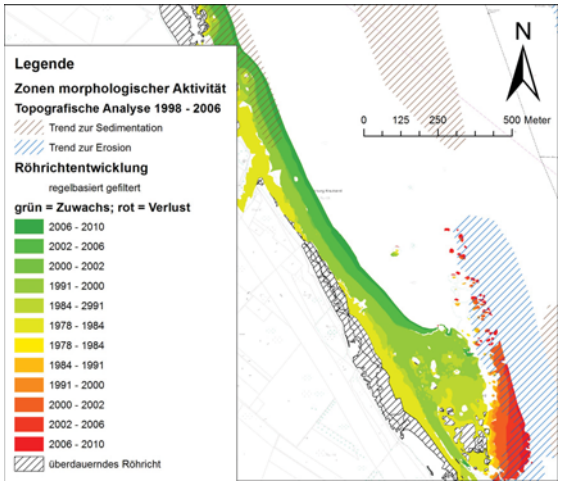


Abb. 2-2: Analyse der Röhrichtentwicklung im Gebiet Wischhafen zwischen 1978 und 2010

Ergebnisse

Die Entwicklung der Röhrichte ist in den letzten 50 Jahren insbesondere durch die großen Baumaßnahmen in den 1970er und 1980er Jahren geprägt. Der Ausbau der Landesschutzdeiche und die Fahrrinnenvertiefung von 1974-1978 veränderten massiv die Ufer durch Vorspülungen und Abgrabungen (Abb. 2-1). In vielen Gebieten enstanden neue Lebensräume, die sich in den folgenden Jahrzehnten zum heutigen Landschaftsbild formten (Abb. 2-2). Für die Prognose der Entwicklung von Röhrichten an bisher technisch gesicherten Ufern, die ggf. zurückgebaut werden sollen (Abb. 2-3), wurden

Abb. 2-3: Ufer Nebenelbe Pagensand mit Steinschüttung und Damm

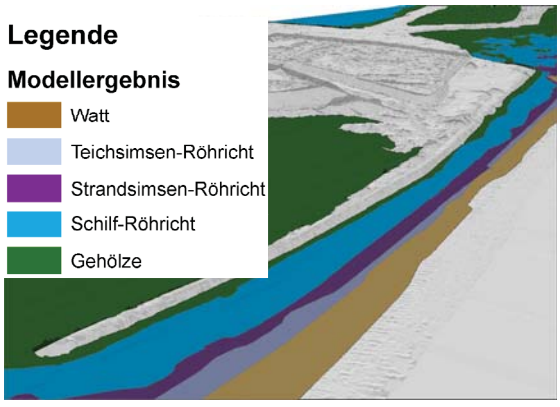


Abb. 2-4: Modellierung der Vegetation im Falle der Abtragung des Dammes und Uferabflachung

Habitatmodelle entwickelt. Für einige Uferabschnitte wurden bereits verschiedene Varianten des Uferrückbaus erarbeitet und anhand der Modelle Umsetzungsvorschläge abgeleitet (Abb. 2-4).

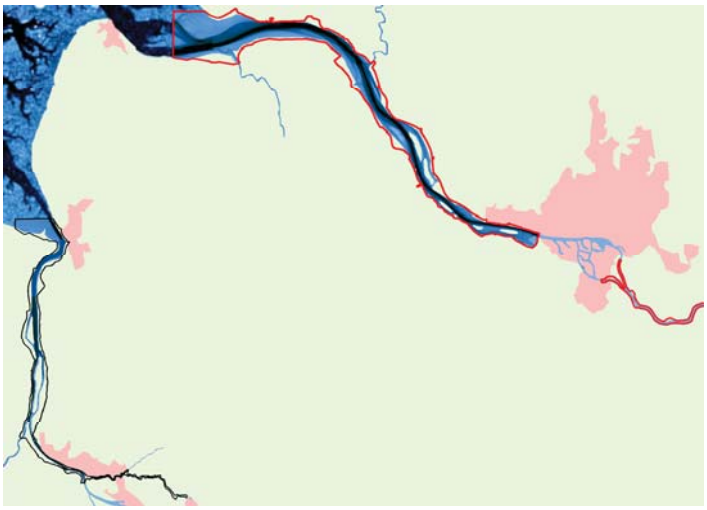


Abb. 2-5: Lage der Untersuchungsgebiete

Ausblick ElbService

Aber nicht nur die Vegetation ist für die Stabilität der Ufer verantwortlich. Auch die Böden und Sedimente tragen das ihre dazu bei, abhängig u. a. vom Substrat, der Salinität, des organischen Anteils. Im Projekt ElbService wird genau dieser Frage in Zusammenarbeit mit der Uni Kiel nachgegangen (Abb. 2-6). Strukturreiche und naturnahe Ufer haben nicht nur einen naturschutzfachlichen Wert für Fauna und Flora. Auch geringere Unterhaltungskosten für die WSV können berücksichtigt werden und nicht zuletzt ist die höhere Attraktivität als Naherholungsgebiet nicht zu vernachlässigen. Wir arbeiten mit der Uni Göttingen zusammen, um diesen „Ökosystemleistungen“ auch einen konkreten Wert zuweisen zu können (Abb. 2-7).

Abb. 2-6: Bodenprofil in Eschschallen, Foto: Uni Kiel

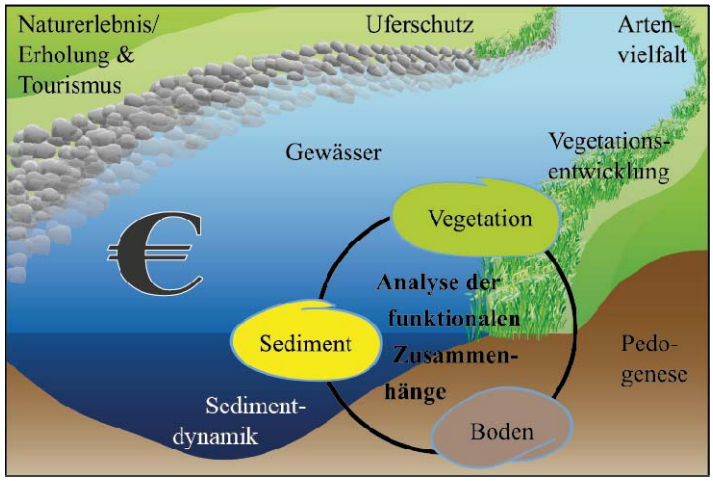


Abb. 2-7: Schema zur Verzahnung der Uferkompartimente und ihrer Leistungen

Schlussfolgerungen

- Die modellgestützte Prognose der Entwicklung der Röhrichte ist möglich, muss aber die morphologischen Veränderungen einbeziehen.
- Die Stabilität der Uferböden und -sedimente ist messbar.
- Naturnahe Ufer sind wertvoll. Es bleibt zu untersuchen, welchen „Wert“ sie haben.

3 Verhalten dreier Röhrichtarten unter dem Einfluss der Hydrodynamik

Maike Heuner (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Fragestellung

Die Ufervegetation der gezeitenbeeinflussten Elbe und Weser ist von Röhrichten geprägt. Die Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*), Meer-Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) und das Schilf (*Phragmites australis*) sind typische Vertreter dieser Vegetation (Abb. 3-3). Welche Einflussfaktoren steuern ihre Verbreitung und was passiert, wenn sich das Klima ändert? Umfangreiche Daten wurden mit einem geographischen Informationssystem analysiert (Untersuchungsgebiete: Abb. 3-4).

Ergebnisse

Wesentliche Einflussfaktoren sind u. a. die Höhe über Mittlerem Tidehochwasser (MThw), die Distanz zur Fahrrinnenmitte (stellvertetender Faktor für die schiffsinduzierten Wellen) und die Hydrodynamik, die aus der Ufermorphologie (Gleit-, Prallhang) resultiert. Abb. 3-1 zeigt, dass deutliche Schwellwerte der Röhrichtverbreitung in Richtung Fahrrinnenmitte existieren, die sich je nach Fluss unterscheiden. Die Betrachtung der Höhen in Bezug zu MThw entlang der Vegetationsgrenze zeigt (Abb. 3-2), dass sich die Verbreitung der Arten an den Prallhängen der Elbe deutlich in der Höhe unterscheidet. Beim Gleithang der Elbe und bei der Weser insgesamt ist die Verbreitung indifferent. Schilf kann hier an der Vegetationsgrenze genauso tief siedeln wie die Pionierarten Meer-Strandsimse und Salz-Teichsimse.

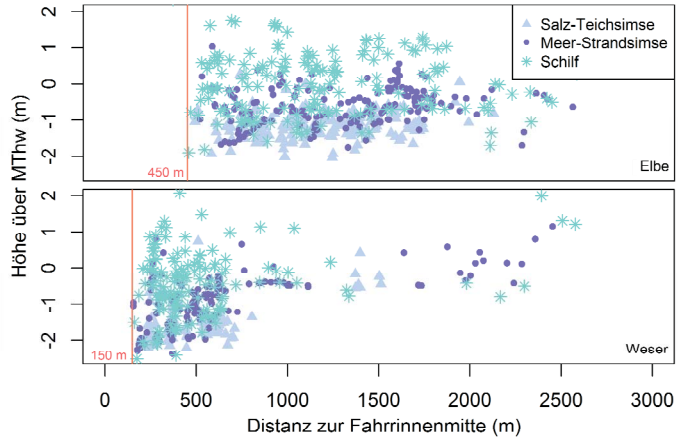


Abb. 3-1: Streuung dreier Röhrichtarten innerhalb der Vegetation und entlang der Vegetationsgrenze zum Watt (in Straten zufällig ausgewählte Datenpunkte Elbe: n=534, Weser n=440). Schwellwerte der Röhrichtvorkommen zur Fahrrinnenmitte sind in rot dargestellt

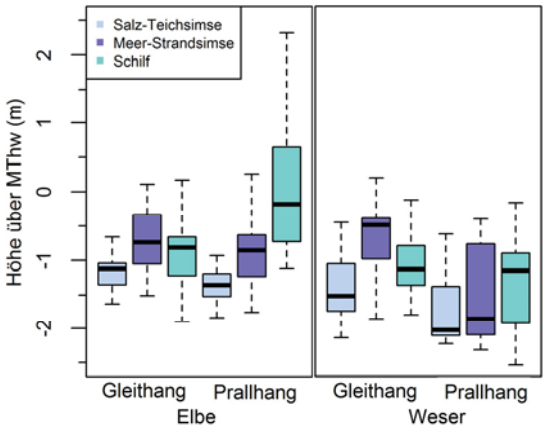


Abb. 3-2: Spannweite dreier Röhrichtarten entlang der Vegetationsgrenze zum Watt, auf welchen Höhen sie über bzw. unter (minus) MThw vorkommen (in Straten zufällig ausgewählte Datenpunkte Elbe: n=175, Weser n=137).

Eine Folge des Klimawandels ist der Meeresspiegelanstieg, der das MThw in den küstennahen Flüssen ansteigen lässt. Die Habitate der Röhrichte verändern sich in der nahen Zukunft nur geringfügig (Abb. 3-5). In der fernen Zukunft jedoch, bei einem deutlichen MThw-Anstieg, sind deutliche Habitateinbußen zu erwarten, sofern kein Sediment zum Mitwachsen der Watten zur Verfügung steht. Abb. 3-5 (rechts unten) verdeutlicht, dass die Auswirkungen gerade bei flachen Ufern besonders gravierend sein können.

Abb. 3-3: Typische Röhrichtzonierung

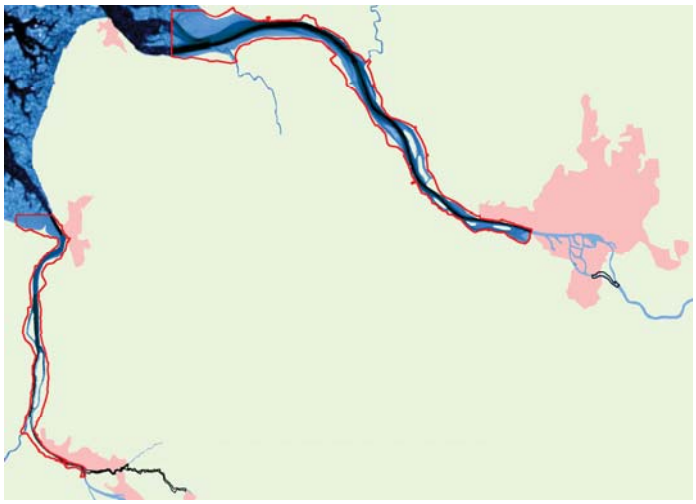


Abb. 3-4: Lage der Untersuchungsgebiete

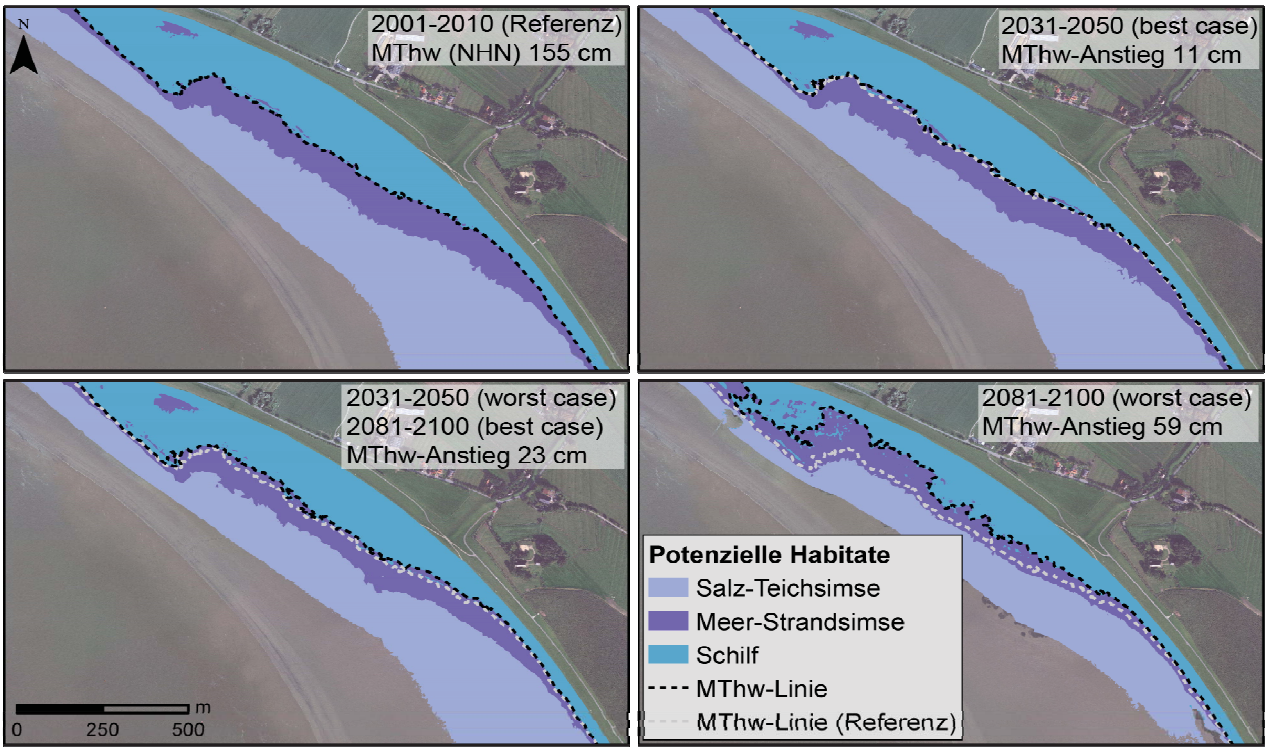


Abb. 3-5: Änderung der potenziellen Röhrichthabitate und der MThw-Linie bei gleichbleibender Topographie, Grundlage: A1B-Szenario (4. IPCC-Bericht), Ausschnitt: Hollerwettern (Elbe-km 679-681)

Schlussfolgerungen

- Die Artenzusammensetzung der Tideröhrichte passt sich bis zu bestimmten Schwellwerten der zunehmenden Hydrodynamik an.
- Wie sich die Habitate der Röhrichte im Klimawandel verändern, hängt maßgeblich vom Sedimentdargebot im Fluss und der Höhe des Meeresspiegelanstiegs ab.

4 Wellenexperimente – zwei Pionierröhrichte im Vergleich

Maike Heuner (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Fragestellung

Die Pionierarten Meer-Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) und Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) besiedeln die Wattflächen der Elbe und Weser. Sie bilden die Vegetationsgrenze der Marsch und sind den Wellen direkt ausgesetzt. In ihrer äußeren Erscheinung unterscheiden sich die Arten deutlich (Abb. 4-1). Unterscheiden sich die Arten auch im Verhalten gegenüber Wellen? Welche Art hält der Wellenbelastung besser stand? Welche Wellenreduktion leisten sie?

Abb. 4-1: links: Salz-Teichsimse, rechts: Meer-Strandsimse

Ergebnisse

Die unterschliedliche Beschaffenheit der Arten spiegelt sich im Verhalten gegenüber Wellen wider: Die Meer-Strandsimse weist sowohl in unterschiedlichen Wassertiefen als auch bei unterschiedlichen Wellenperioden eine höhere Widerstandskraft auf (Abb.4-3). Die Widerstandskraft ist u. a. abhängig von der Oberfläche der Pflanze und deren Inhaltsstoffen (Cellulose, Lignin, Silikat). Sie spiegelt sich auch in der stärkeren Ermüdung der Meer-Strandsimse wider (Abb. 4-4 und 4-5). Bei durchschnittlicher Wellenbelastung (Wellenperiode = 2 s) ist die Ermüdung der Pioniere zu vernachlässigen. Sie steigt jedoch bei überdurchschnittlicher Wellenbelastung (Wellenperiode = 10 s) stark an. Aus diesen Ergebnissen ist abzuleiten, dass die Salz-Teichsimse Wellenbelastungen besser standhält. Hingegen leistet die Meer-Strandsimse eine doppelte bis dreifache Wellenreduktion gegenüber der Salz-Teichsimse (Abb. 4-6).

Abb. 4-2: Bi-Metall zur Messung der Widerstandskraft des Pflanzenstängels.

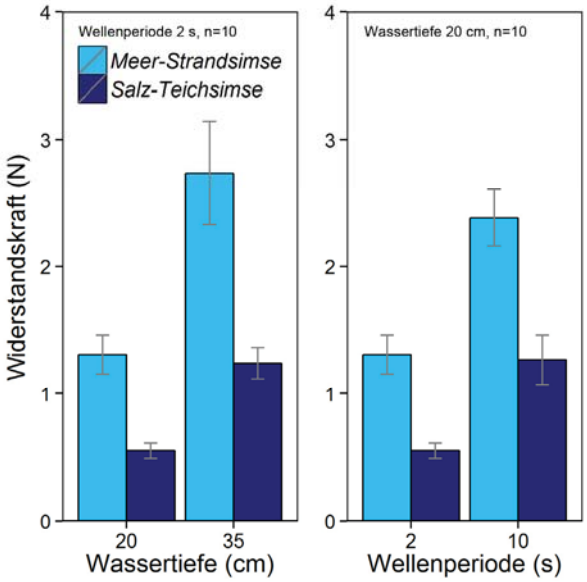


Abb. 4-3: Mittelwerte der Widerstandskraft inklusive Standardfehler

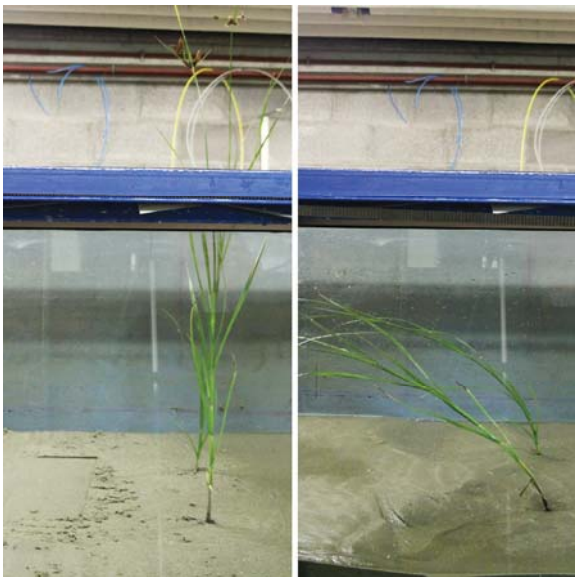


Abb. 4-4: Ermüdung der Meer-Strandsimse, links vor und rechts nach dem Wellenlauf, Wellenkanal der Universität Gent, Belgien

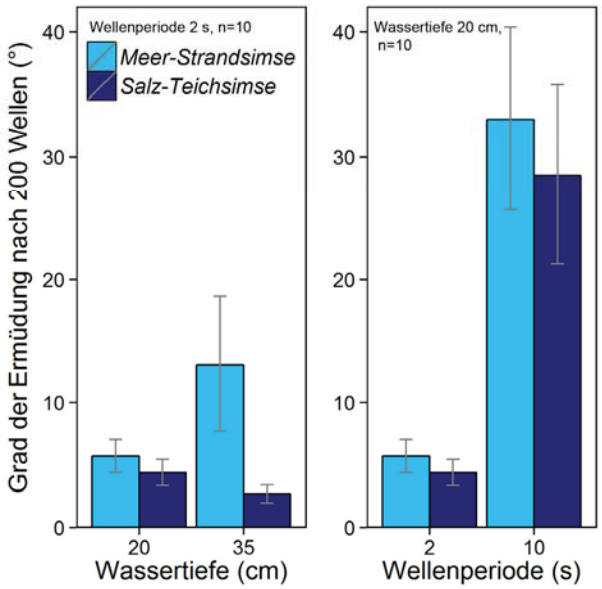


Abb. 4-5: Mittelwerte der Ermüdung inklusive Standardfehler

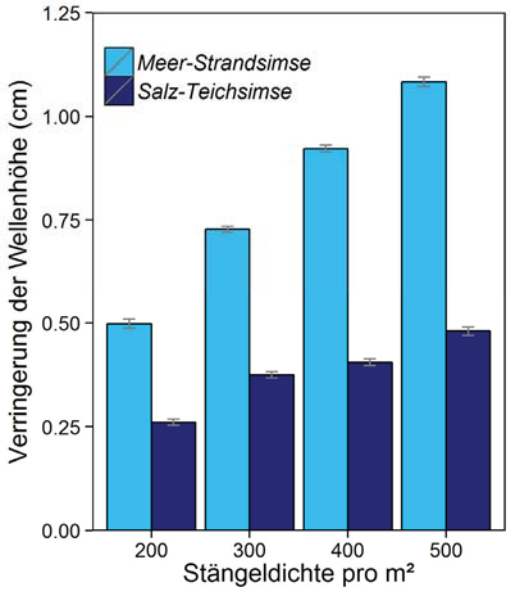


Abb. 4-6: Mittelwerte der Verringerung von Wellenhöhen inklusive Standardfehler, Eingangswelle 4 cm

Abb. 4-7: Testbestand der Meer-Strandsimse von 1,6 m Länge mit 500 Stängeln pro m², Wellenanlage des Royal Netherlands Institute for Sea Research in Yerseke

Schlussfolgerungen

- Die innere und äußere Beschaffenheit der Pflanze hat einen messbaren Einfluss auf ihre Wellenbelastung und auf ihre Funktion der Wellenreduzierung.
- Die Ergebnisse liefern eine Erklärung dafür, dass die Salz-Teichsimse auf geringeren Höhen zum mittleren Tidehochwasser wächst als die Meer-Strandsimse.

5 Überlebensstrategien der Meer-Strandsimse: Ein Wellenkanalexperiment

Alexandra Silinski (Universiteit Antwerpen, Ecosystem Management Research Group)

Fragestellung

Feldbeobachtungen und -messungen an der Schelde (Südwestniederlande) deuten darauf hin, dass die Besiedlung der Wattflächen vor allem durch die sich klonal ausbreitende Vegetationsfront der Marschen geschieht. Warum gelingt die – theoretisch mögliche – Besiedlung der Wattflächen durch Keimlinge (wichtig zum Genaustausch) und selbst durch robustere Ableger nur in seltenen Fällen? Anhand der Meer-Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*), die in der Region eine verbreitete Pionierpflanze ist, haben wir in einem Wellenkanal getestet, inwiefern die Lebensphase der Pflanze (adulte Ableger oder nur wenige Wochen alte Keimlinge) einerseits und die Wellenperiode der eintreffenden Wellen andererseits beim Überleben und Etablieren auf der Wattfläche eine Rolle spielen.

Abb. 5-1: Keimlinge (links) und Ableger (rechts) in der Aufzucht, Juni 2012

Abb. 5-2: Erosion rings um den Stängel eines Ablegers

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die unterschiedlichen altersspezifischen Pflanzeneigenschaften zu unterschiedlichen Reaktionen unter Wellenbelastung führen: Zum einen sind die Ableger aufgrund ihres Alters, der dickeren Stängel etc. deutlich steifer als die jungen Keimlinge, was zu einer höheren Widerstandskraft bei gleicher Wellenbelastung führt. Vor allem bei einer größeren Wassertiefe erfahren die Ableger deutlich mehr Zugkraft bzw. leisten mehr Widerstand als die Keimlinge (Abb. 5-3).

Betrachtet man den Zustand der Pflanzen nach den jeweiligen Tests, d. h. ihre Ermüdung nach je 200 Wellen (siehe Abb. 5-4), ist ersichtlich, dass die 2 s-Wellen – stellvertretend für natürliche Windwellen – so gut wie keinen Schaden anrichten. Die 10 s-Wellen jedoch – stellvertretend für langperiodige, primäre Schiffswellen – führen vor allem bei den Keimlingen, aber auch bei den Ablegern zu erheblichen Schäden und machen ein langfristiges Überleben und Etablieren wohl unmöglich.

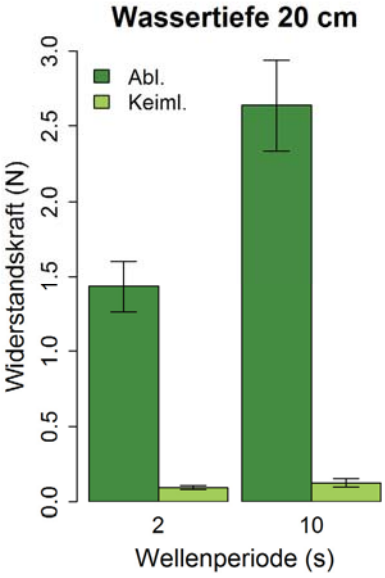


Abb. 5-3: Widerstandskraft bei 20 cm Wassertiefe

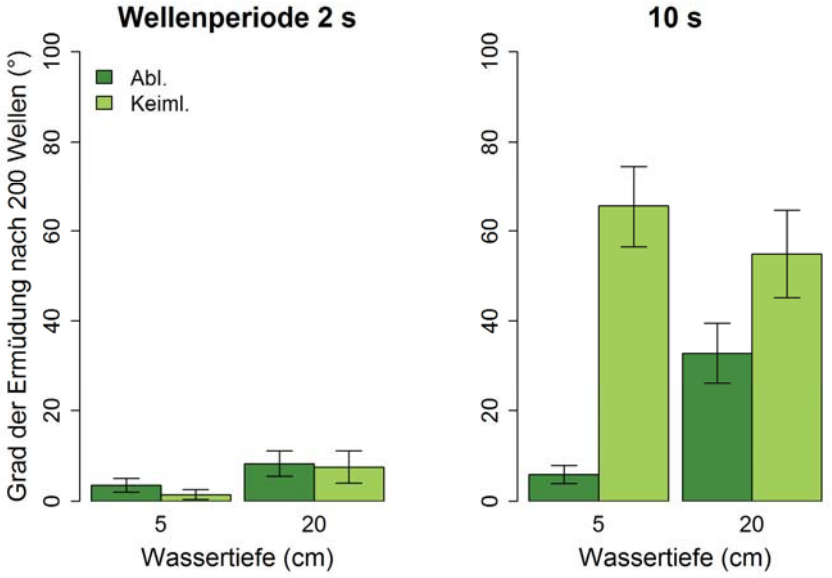


Abb. 5-4: Grad der Ermüdung der beiden Lebensphasen nach je 200 Wellen

Diese Ergebnisse deuten auf lebensphasenspezifische Überlebensstrategien hin: Die Keimlinge beugen einer Entwurzelung durch hohe Biegsamkeit vor, wohingegen die Ableger den großen Zugkräften mit einer guten Verankerung im Boden durch tiefe Wurzeln trotzen. Die Ergebnisse zur Ermüdung der Pflanzen (Abb. 5-4) zeigen überdies, dass diese Überlebensstrategien deutlich besser für natürliche Windwellen funktionieren als für langperiodige (Schiffs-)Wellen. Angewandt auf die Wasserstraßen würde dies bedeuten, dass Schiffe und die möglichen Auswirkungen ihrer Wellen auf die Pflanzen berücksichtigt werden müssen, wenn man die Erhaltung oder Ausdehnung eines Deichvorlandes anstrebt.

Schlussfolgerungen

- Keimlinge und Ableger haben unter Wellenbelastung ihre eigenen, lebensphasenspezifischen Überlebensstrategien
- Langperiodige Wellen (z. B. primäre Schiffswellen) können möglicherweise die Ausbreitung von Vorlandvegetation und mittelbar auch die Ausdehnung von Vorländern einschränken.

6 Einfluss des hydrodynamischen Gezeitenregimes auf zwei Röhrichtarten

Jana Carus (Universität Potsdam, Institut für Erd- und Umweltwissenschaften) **&**
Boris Schröder (TU Braunschweig, Institut für Geoökologie, Abteilung Umweltsystemanalyse)

Fragestellung

Die natürliche Ufervegetation an gezeitenbeeinflussten Gewässern stellt durch die Reduzierung von Wellen- und Strömungsenergie einen wichtigen Erosionsschutz für die Flussufer dar. Inwiefern beeinflusst die entstehende mechanische Belastung Zonierung und Wachstum der vorkommenden Röhrichtarten Meer-Strandsimse (*Bolboschoenus maritimus*) und Schilf (*Phragmites australis*)?

Abb. 6-1: Typische Zonierung der Meer-Strandsimse (links) und Schilf (rechts) entlang des Brackwasserbereichs der Elbe.

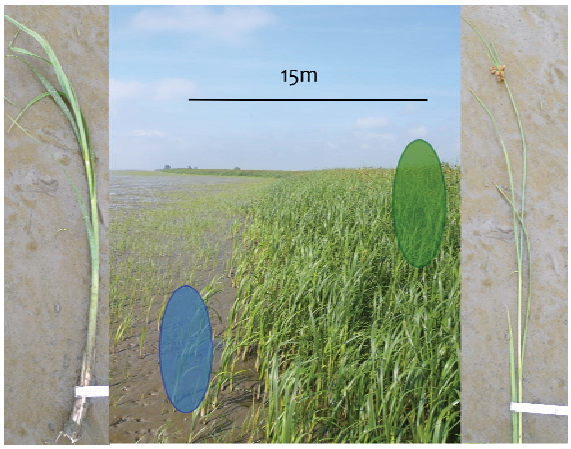


Abb. 6-2: Unterschiedliche Wuchsformen der Meer-Strandsimse: dicke Pflanzen am Rand (●) und dünne Pflanzen innerhalb der Vegetation (●).

Ergebnisse

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die maximale Überflutungshöhe bei Tidehochwasser ein wichtiger Faktor für die Zonierung der beiden Röhrichtarten ist. Das Vorkommen der beiden Arten wird zudem von der Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst (Abb. 6-3).

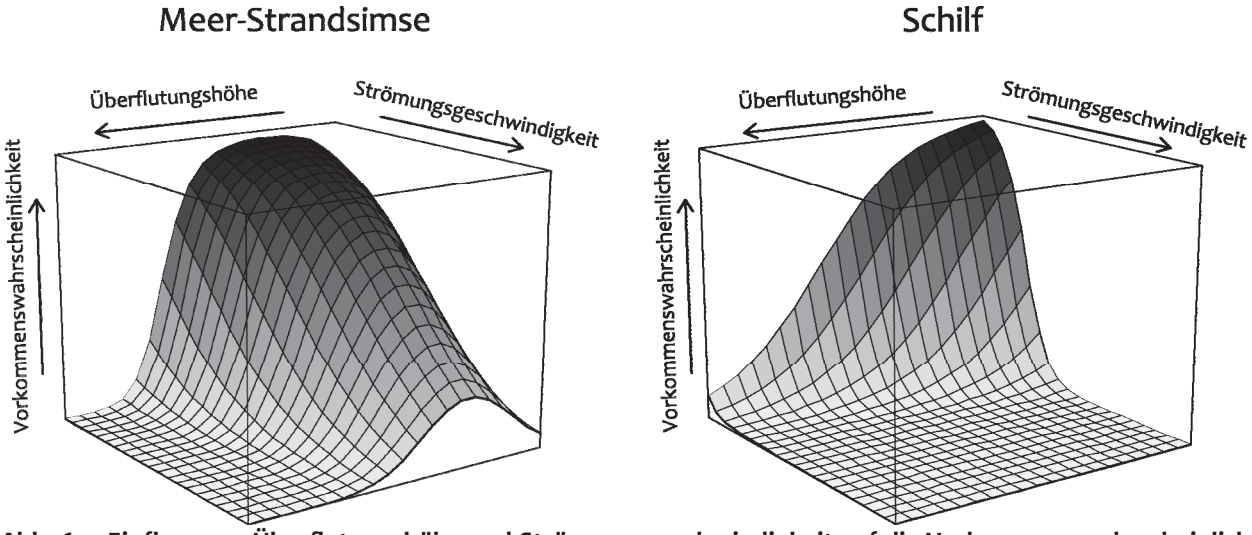


Abb. 6-3: Einfluss von Überflutungshöhe und Strömungsgeschwindigkeit auf die Vorkommenswahrscheinlichkeit von Meer-Strandsimse (links) und Schilf (rechts), errechnet mittels verallgemeinerten linearen Modellen.

Das Optimum der Schilfvorkommenswahrscheinlichkeit liegt bei einer geringeren Überflutungshöhe als das der Meer-Strandsimse. Mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit nimmt die Vorkommenswahrscheinlichkeit für beide Arten ab. Diese Abnahme ist für das Schilf allerdings viel stärker als für die Meer-Strandsimse. Außerdem kommt Schilf bei sehr hohen Strömungsgeschwindigkeiten nicht mehr vor. Die der Strömung stärker ausgesetzte Meer-Strandsimse zeigt zwei unterschiedliche Wuchsformen (Abb. 6-2). Biomechanische Untersuchungen ergaben, dass sich diese Unterschiede im Durchmesser der Triebe auf die Stabilität (Maximalkraft vor Bruchversagen und Biegesteifigkeit) der Pflanzen auswirken. Die Pflanzen am Rande der Vegetation erwiesen sich als stabiler als die innerhalb des Vegetationsgürtels (Abb. 6-5). Bei einem Vergleich aller Pflanzen vom Rand des Vegetationsgürtels zeigte sich ein linearer Zusammenhang zwischen beiden Stabilitätsparametern und der Strömungsgeschwindigkeit (Abb. 6-6).

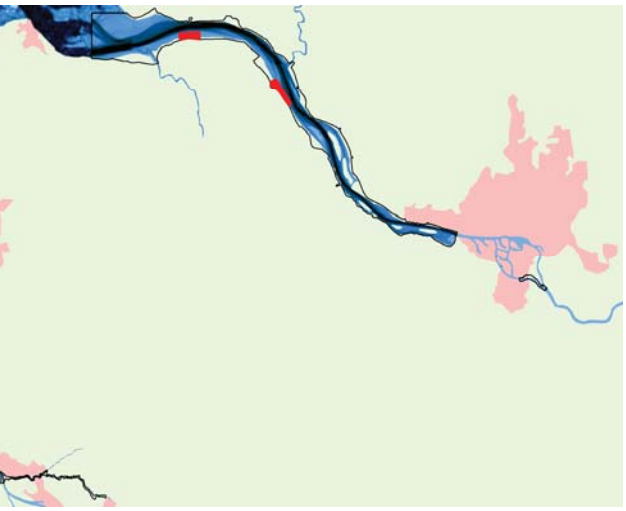


Abb. 6-4: Lage der Untersuchungsgebiete

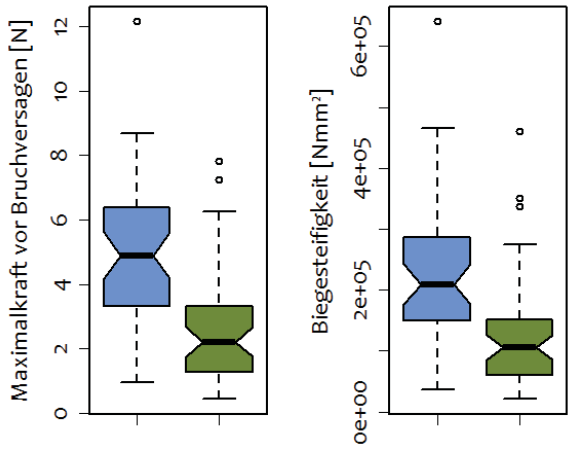


Abb. 6-5: Vergleich der Stabilität von Trieben der Meer-Strandsimse am Rand (●) und innerhalb der Vegetation (●), n=96.

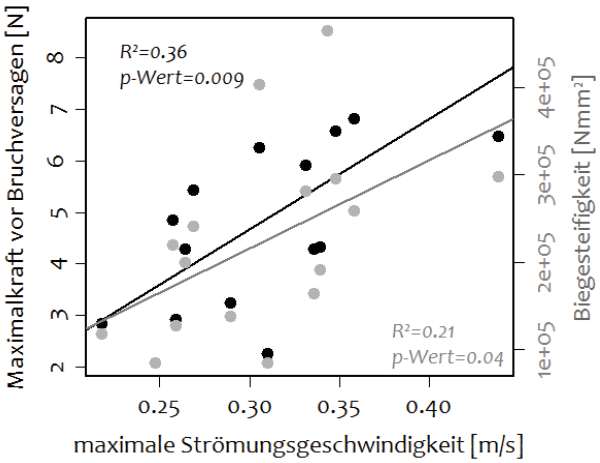


Abb. 6-6: Direkter Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Stabilität der Meer-Strandsimsen am Rand der Vegetation.

Schlussfolgerungen

- Überflutungshöhe und Strömungsgeschwindigkeit sind wichtige Faktoren der Röhrichtzonierung an der Tideelbe.
- Strömungsgeschwindigkeit beeinflusst das Wachstum und daraus folgend die Stabilität der Meer-Strandsimse. Dieser Zusammenhang erlaubt es, vom Pflanzendurchmesser auf die Strömungsverhältnisse verschiedener Standorte zu schließen.

7 Auswirkungen von Störungen auf das Tideröhricht

Eva-Maria Bauer (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz), **Ursula Köhler-Loum** (Berne) **& Hans-Hermann Schröder** (KÜFOG, Loxstedt-Ueterlande)

Fragestellung

Neben den quasi regelmäßig wirksamen Standortfaktoren (z. B. Höhe zu Mittlerem Tidehochwasser), die das grundsätzliche Verbreitungsmuster der Röhrichtvegetation bestimmen (vgl. Kap. 3), gibt es unregelmäßig auftretende und mehr oder weniger kurzfristig wirksame Störungen, die kleinräumig Strukturen und/ oder Vegetationstypen verändern (Abb. 7-1). In drei Gebieten des Elbeästuars (Abb. 7-2) wurde auf 56 Dauerflächen vier Jahre lang untersucht, wie Störungsmuster und Röhrichtentwicklung zusammenhängen und wie die „Selbstreparatur" des Röhrichts nach Störungsereignissen abläuft. Ergänzend wurden Ergebnisse der Hyperspektralanalysen (vgl. Kap. 11) sowie Digitale Geländemodelle (WSA Hamburg & BfG) genutzt.

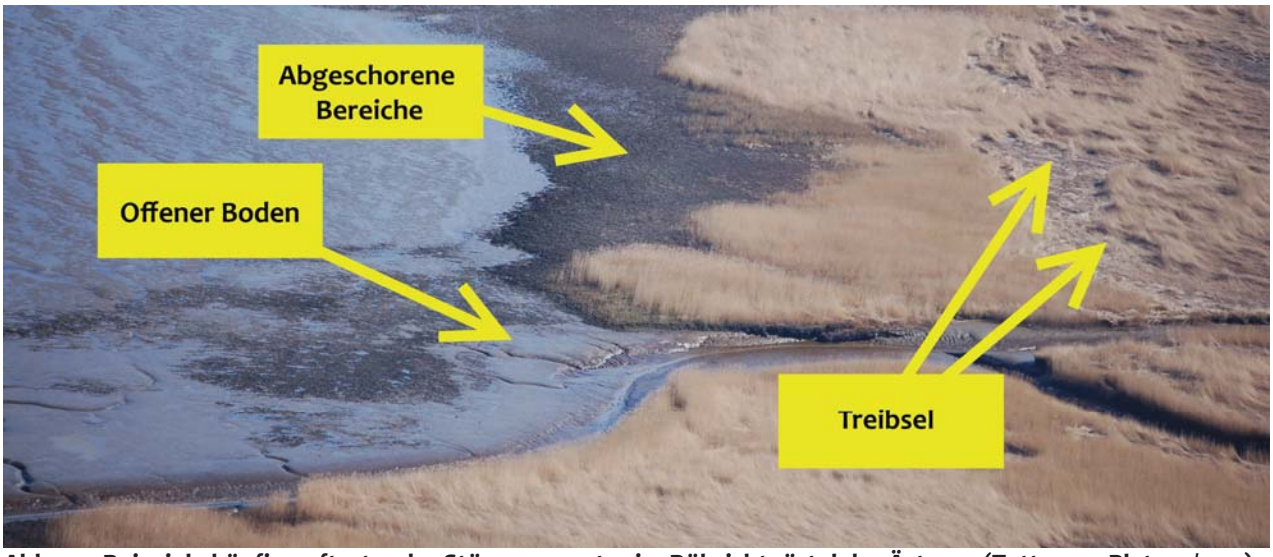


Abb. 7-1: Beispiele häufig auftretender Störungsmuster im Röhrichtgürtel der Ästuare (Tettenser Plate, 3/2011)

Ergebnisse

Das Störungs- und Sukzessionsschema (Abb. 7-3) zeigt häufige Störungsursachen, die Muster, die diese hervorrufen sowie Vegetationstypen, die im Sommer nach der Störung auf den entsprechenden Flächen gefunden werden. Das Schema gilt für eine Situation mit geringer hydrodynamischer Belastung. Solange keine Störung auftritt, dominiert hier Schilf *(Phragmites australis)*. Auf Eisschurflächen wachsen Vegetationstypen, die von Schilf, Meer-Strandsimse *(Bolboschoenus maritimus)* oder Teichsimsen-Arten (*Schoenoplectus* spp.) dominiert werden. Durch Erosion oder Sedimentation geschaffene offene Bodenstellen werden von Pionierröhrichten oder krautigen Pionierfluren besetzt. Auf Treibselflächen, d. h. Flächen, auf denen Pakete von zusammengeschwemmtem totem Pflanzenmaterial abgesetzt wurden, wachsen in der Folge Schilf- oder Rohrkolben-Röhrichte bzw. krautige Pionierfluren (mit Stickstoffzeigern wie Schwarzfrüchtigem Zweizahn (*Bidens frondosa*) oder Großer Brennnessel (*Urtica dioica*)). Wenn sich die Störungen nicht wiederholen, beginnt jeweils eine Sukzession zurück zum Schilf-Röhricht.

Im Zuge des Klimawandels ist zu erwarten, dass die Luft- und Wassertemperaturen weiter steigen. Damit sind in Zukunft weniger Eistage und entsprechend weniger Eisschurflächen zu erwarten. In der Folge würde man eine geringere Gesamtfläche mit Pionierröhrichten erwarten. Andererseits wird es voraussichtlich höhere Windwellen und lokal höhere Fließgeschwindigkeiten geben, so dass insgesamt

mehr offener Boden, mehr Pioniervegetation und dadurch eine höhere Vegetationsdynamik zu erwarten sind. Die Häufigkeit und Intensität von Sturmfluten wird sich in Zukunft voraussichtlich nicht signifikant ändern, auch wenn höhere Scheitelwasserstände bei Sturmflut zu erwarten sind. Eine klimawandelbedingte Zunahme in der Gesamt-Treibselmenge wird nicht erwartet. Voraussichtlich wird jedoch, bedingt durch höhere Scheitelwasserstände, Treibsel in Zukunft häufiger deichnah abgelagert werden, was ggf. einen höheren Unterhaltungsaufwand der Deiche verursachen wird.

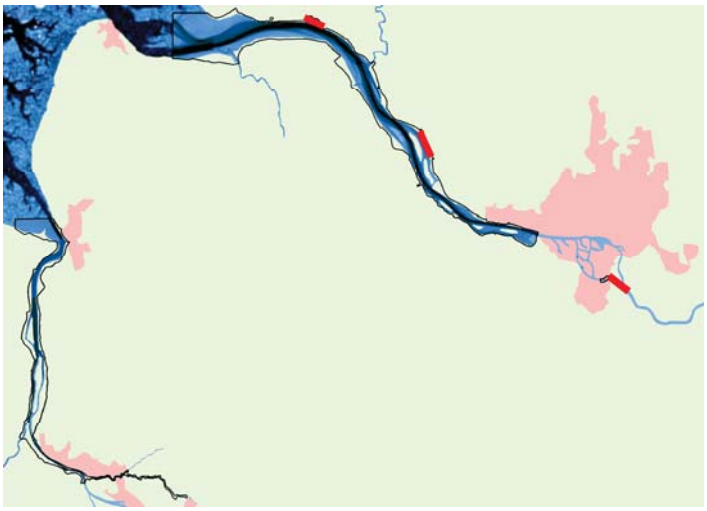


Abb. 7-2: Lage der Untersuchungsgebiete

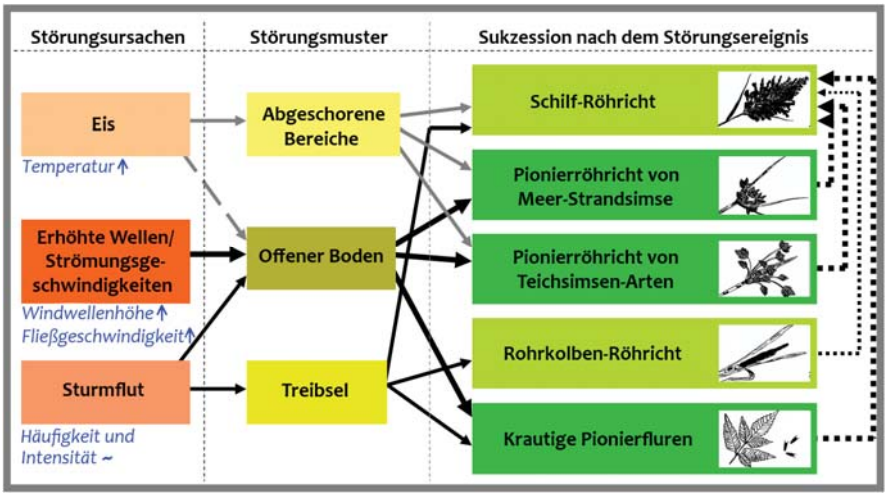


Abb. 7-3: Ursachen und Wirkungen von Störungen im Klimawandel. blau: Ergebnisse anderer KLIWAS-Projekte (KLIWAS-Schriftenreihe, Bd. 22); Zunahme der Fließgeschwindigkeit ist ein lokaler Trend

Schlussfolgerungen

- Es wird eine klimawandelbedingt erhöhte Vegetationsdynamik im Tideröhricht erwartet, die Pionierarten begünstigt.
- Ein positiver Effekt der verstärkten Dynamik kann eine lokal erhöhte Artenvielfalt sein.
- Invasive Neophyten können sich mancherorts auf zusätzlichen offenen Bodenstellen etablieren (negativer Effekt).
- Die Erosionsschutzfunktion des Tideröhrichts wird durch eine erhöhte Vegetationsdynamik geschwächt.
- Zukünftig steigende Sturmflut-Scheitelwasserstände werden voraussichtlich häufiger zu deichnahen Treibselablagerungen führen, was einen erhöhten Unterhaltungsaufwand der Deiche verursachen kann.

8 Auswirkungen der winterlichen Schilfmahd auf das Tideröhricht

Eva-Maria Bauer (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Fragestellung

Winterliche Schilfmahd zur Reetgewinnung ist eine traditionelle Nutzungsweise der Ästuarvegetation (Abb. 8-1). Manche heute anzutreffenden Schilfgebiete, wie z. B. Eschschallen, wurden in ihrer Ausdehnung durch die Anpflanzung von Schilf *(Phragmites australis)* und durch eine mehr als 100jährige Bewirtschaftung gefördert. Ende des 20. Jahrhunderts wurde die winterliche Schilfmahd an der Tideelbe eingestellt. An der Weser wird sie nach wie vor praktiziert, u. a. auch von Pächtern auf WSV-Flächen. Es werden immer wieder naturschutzbezogene und z. T. auch erosionsschutzbezogene Argumente gegen eine Reetnutzung angeführt. Im vorliegenden Teilprojekt wurde geprüft, inwieweit diese – aus botanischer Sicht – berechtigt sind. Hierzu wurden in acht Gebieten entlang Tideweser und Wümme (Abb. 8-5) über 50 Probeflächen untersucht. Diese waren jeweils mindestens vier Jahre in Folge einheitlich bewirtschaftet (bzw. ungenutzt). Zusätzlich wurden Neophyten an der Wümme erfasst, um zu beurteilen, ob diese durch die Mahd gefördert werden.

Abb. 8-1: Schilfmahd mit Raupenfahrzeug an der Weser und Reetdach in Seestermühe an der Elbe

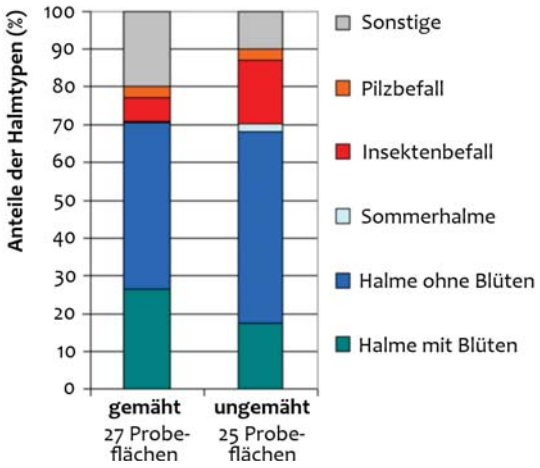


Abb. 8-2: Veränderung der Bestandesstruktur durch Schilfmahd

Ergebnisse

Winterliche Schilfmahd verändert die Bestandesstruktur und Artenzusammensetzung des Tideröhrichts in mehrfacher Weise: Im Sommer nach der Mahd wachsen auf den Flächen deutlich mehr Halme pro m² (Abb. 8-4) und der Anteil blühender Halme ist höher als auf ungemähten Flächen (Abb. 8-2). Der für die Stabilität der Halme entscheidende Halmdurchmesser zeigt keinen signifikanten Einfluss der Mahd. Der Anteil von Halmen, die durch Insektenbefall am Blühen gehindert werden, wird durch die Mahd gesenkt (Abb. 8-2). Die Rote Liste-Art Sumpfdotterblume ist auf Mahdflächen viel häufiger und bietet hier frühfliegenden Insekten Nahrung (Abb. 8-3).

Abb. 8-3: Die Rote-Liste-Art Sumpfdotterblume wird durch Schilfmahd gefördert

Von den invasiven Neophyten (gebietsfremden, sich in Deutschland stark ausbreitenden Pflanzenarten) wurde entlang der Wümme insbesondere das Drüsige Springkraut *(Impatiens glandulifera)* häufig angetroffen. Es bildet auf ungemähten Flächen teilweise große Bestände, während auf Mahdflächen nur selten einzelne Individuen dieser Art gefunden wurden.

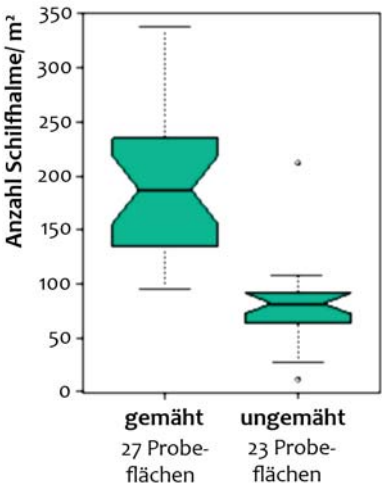


Abb. 8-4: Halmdichte und Nutzung

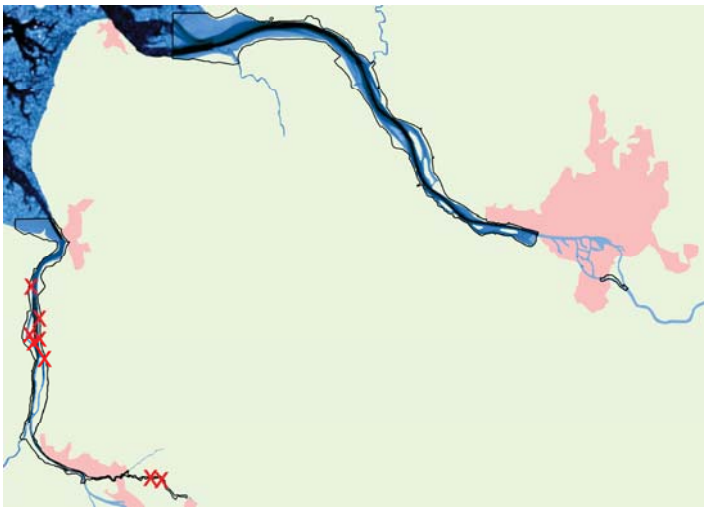


Abb. 8-5: Lage der Probeflächen im Untersuchungsgebiet

Tab. 8-1: Vor- und Nachteile von Schilfmahd im Tideröhricht

	Vorteile	Nachteile
Erosionsschutz	+ Besserer Erosionsschutz ab der Vegetationsperiode bis zur winterlichen Mahd dank höherer Halmdichte	- verminderter Erosionsschutz *ab* dem Zeitpunkt der winterlichen Mahd bis zur Vegetationsperiode
Naturschutz	+ starke Förderung der Rote Liste-Art Sumpfdotterblume, die zum Nahrungsangebot frühfliegender Insekten beiträgt + Neophyten seltener als auf nahegelegenen ungemähten Flächen	

Tab. 8-1 gibt einen Überblick über Vor- und Nachteile der Schilfmahd im Tideröhricht.

Schlussfolgerungen

- Winterliche Schilfmahd bringt für Erosionsschutz- und Lebensraumfunktion des Tideröhrichts aus botanischer Sicht mehr Vorteile als Nachteile mit sich.
- Diese Ergebnisse sind konträr zu Ergebnissen für Schilfmahd an Seen. Dies zeigt die Wichtigkeit naturraumbezogener Untersuchungen.
- Um Ufererosion im Tideröhricht vorzubeugen, sollten flusswärts ungemähte Randstreifen verbleiben.
- Für eine Gesamtbewertung der Schilfmahd müssen außer botanischen auch zoologische, landschaftsbildbezogene und sozioökonomische Aspekte berücksichtigt werden.

9 Überflutungstoleranz von Röhricht- und Neophytenarten

Wiebke Schoenberg, Anna Roeder, Katharina Kleiß & Kai Jensen (Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek)

Fragestellung

Seit der Mitte des letzten Jahrhunderts haben sich die Standortbedingungen in den tidebeeinflussten Vordeichflächen (Marschen) deutlich verändert: Umfangreiche menschliche Eingriffe haben u.a. zu einem Anstieg des Mittleren Tidehochwassers (MThw) bei gleichzeitigem Absinken des Mittleren Tideniedrigwassers (MTnw) geführt, wodurch Überflutungshäufigkeit und -dauer der Marschen beeinflusst werden. Zudem mischen sich in die typische Röhrichtvegetation (Abb. 9-1) heute auch eingewanderte Pflanzenarten (Neophyten), zu denen das Drüsige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) und der Japan-Knöterich (*Fallopia japonica*) zählen. Der Klimawandel wird voraussichtlich aufgrund des Meeresspiegelanstiegs die Dynamik der Tide weiter verstärken und fördert aufgrund steigender Temperaturen das Vorkommen von Neophyten. Im Rahmen dieses Teilprojektes von KLIWAS 3.09 wurde untersucht, welche Auswirkungen ein verändertes Überflutungsregime auf die Ausprägung der typischen Tide-Röhrichte hat. Zusätzlich wurden erste Untersuchungen zur Überflutungstoleranz des Drüsigen Springkrauts und des Japan-Knöterichs durchgeführt. Hierzu wurden am Elbeästuar speziell entwickelte Tidetreppen installiert, die es ermöglichen, Pflanzen einer unterschiedlichen Überstauungsdauer und -höhe auszusetzen (Abb. 9-2, Abb. 9-4).

Abb. 9-1: Tideröhrichte an der Elbe bei Krautsand

Abb. 9-2: Versuchsaufbau im Hamburger Hafen

Ergebnisse

Das Tidegeschehen des Elbeästuars wirkt sich an den fünf Untersuchungsstandorten unterschiedlich auf die Überstauungsdauer aus. Dies ist auf den besonderen Verlauf der Tidewelle zurückzuführen, der durch ein rasches Auflaufen der Flutwelle im Inneren des Ästuars, also im Bereich des Hamburger Hafens, und einen langsameren Ebbstrom gekennzeichnet ist. So wurde z. B. am westlichen Untersuchungsstandort Wedel das Pflanzenmaterial auf einer Höhe von zwei Metern unter MThw etwa eine Stunde länger überflutet als am südöstlich gelegenen Standort Lauenbruch im Harburger Hafen. Um die Effekte von Veränderungen des MThw oder auch des MTnw auf die Vegetation abschätzen zu können, sollte entsprechend immer die räumliche Lage eines Standorts berücksichtigt werden.

Abb. 9-3: Konkurrenzversuch mit typischen Röhrichtarten

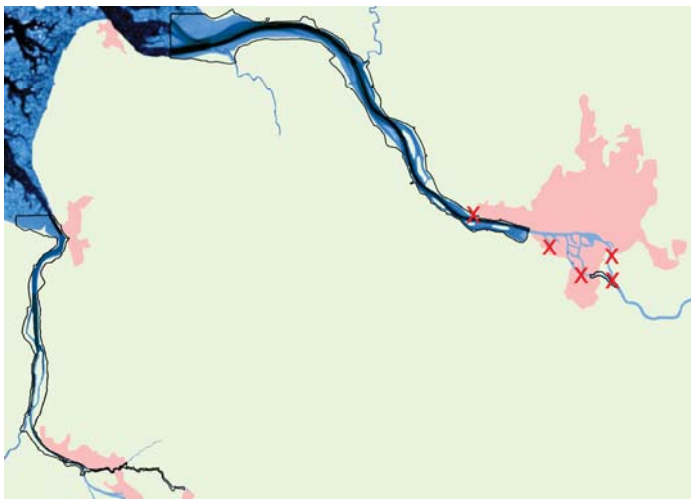


Abb. 9-4: Standorte der Tidetreppen

Generell zeigten die hier untersuchten Röhrichtarten eine hohe Toleranz gegenüber einer zunehmenden Überstauungsdauer. Eine über ca. 10 Stunden pro Tag hinausgehende Überstauungsdauer (entsprechend einer Lage ab ca. 2 m unter MThw) wirkte sich jedoch auf die Vitalität aller betrachteten Röhrichtarten negativ aus. Neben der Überstauungsdauer kann die Konkurrenz durch andere Röhrichtarten ein wesentlicher Faktor für die Ausprägung der typischen Vegetationszonierung in den Marschen sein. Besonders die Salz-Teichsimse (*Schoenoplectus tabernaemontani*) zeigte eine hohe Überflutungstoleranz und zugleich eine ausgeprägte Konkurrenzkraft. Das Schilf (*Phragmites australis*) erwies sich unabhängig von der Überstauungsdauer als konkurrenzkräftigste der untersuchten Röhrichtarten.

Lang andauernde, hohe Überflutung führte zu einem Absterben des einjährigen Drüsigen Springkrauts, dessen Vorkommen somit beschränkt wird. Die Vitalität des mehrjährigen Japan-Knöterichs wurde durch Überstauung im Versuchzeitraum hingegen kaum beeinflusst.

Schlussfolgerungen

- Die Interaktion von Konkurrenz, Überflutungsregime und Anpassungsfähigkeit der Pflanzenarten beeinflusst die Vegetationszonierung.
- Die hohe Überflutungstoleranz der Tideröhrichte ermöglicht eine Besiedlung von Standorten 1.50 m unter MThw.
- Veränderungen von MThw oder MTnw sollten immer unter Berücksichtigung der räumlichen Lage eines Standorts bewertet werden.

Universität Hamburg
DER FORSCHUNG | DER LEHRE | DER BILDUNG

10 Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs auf Biotoptypen

Bastian Schuchardt, Tim Bildstein, Stefan Wittig (BioConsult, Bremen), **Jürgen Meyerdirks** (Oldenburg) **& Dietmar Kraft** (Berlin)

Fragestellung und Vorgehen

Zentrale Frage des Teilprojektes ist, wie sich die Biotoptypen der Vorländer der Ästuare von Weser und Elbe und damit deren Nutzbarkeit und Erosionsstabilität unter Klimawandelbedingungen verändern könnten. Die Bearbeitung erfolgte auf der Grundlage flächendeckender Biotoptypenkarten sowie ergänzender Höhendaten. Die Karten wurden anhand von Daten der WSV, der Länder und der BfG sowie Rasterdaten zur Geländehöhe aus den digitalen Geländemodellen (DGM) von WSV und BfG hergestellt, wobei die Geländehöhe über mittlerem Tidehochwasser (MThw) in Form des Medians pro Biotop in ein „virtuelles Geländemodell" eingeht. Die Analyse der Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs erfolgt für sog. „Fokusflächen" innerhalb der Untersuchungsgebiete Elbe und Weser (Abb. 10-2). Das Vorkommen der hier betrachteten Biotoptypen des Vorlandes und der vorgelagerten Röhrichte leitet sich aus konkreten Standortfaktoren her. Neben den naturräumlichen Gegebenheiten eines Ästuars, bei denen die Topographie und die von ihr abhängigen Überflutungshäufigkeiten eine zentrale Rolle spielen, ist es die Nutzung durch den Menschen, die deren Lage und Verteilung bestimmen. Für die zukünftige Verteilung der Biotoptypen ist neben dem Meeresspiegelanstieg deren Mitwachsverhalten in den verschiedenen räumlichen Situationen entscheidend. Das Mitwachsvermögen und -verhalten der einzelnen Biotoptypen wurde aus den Ergebnissen einer Literaturrecherche abgeleitet.

Zusammen mit Modellierungsergebnissen der BAW zu den Wasserständen konnten so zwei „Mitwachs-Szenarien" für die Jahre 2050 und 2100 definiert werden. In diesem stark vereinfachten Ansatz wird von Mitwachsraten im unteren Bereich der möglichen Spannweiten ausgegangen („worst case").

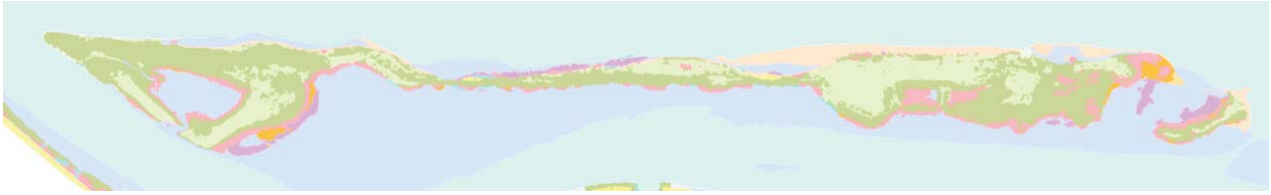
Grundlage des „Szenarios 2100" war die Annahme, dass das MThw in der offenen Nordsee im Jahr 2100 ca. 80 cm höher als heute sein wird. Für diese Situation sind die Auswirkungen auf u. a. das MThw in Elbe und Weser von der BAW modelliert worden. Danach würde es in der Elbe zu einem stromauf zunehmenden Anstieg des MThw von 89 bis 93 cm und an der Weser zu einem stromauf tendenziell abnehmenden Anstieg von 89 cm im äußeren und 77 cm im mittleren Ästuar bis 81 cm an der Mündung der Wümme kommen. Für das Szenario 2050 wird von einem einheitlichen Anstieg des MThw um 30 cm ausgegangen. Resultat sind „virtuelle Geländemodelle" für beide Szenarien, anhand derer nach der Analyse der Verteilung der Biotoptypen außerhalb der Sommerpolder mögliche Veränderungen der Biotope aufgezeigt werden können.

Ergebnisse

Die in den Vorländern der Ästuare vorhandenen Biotoptypen reagieren auf die zunehmenden Überflutungen und den damit zunehmenden Sedimenteintrag mit einem biotoptyp- und lageabhängigen Mitwachsen. In Abhängigkeit von den oberirdischen Vegetationsstrukturen konnten drei Mitwachstypen mit hohem, mittlerem und (sehr) geringem Mitwachsvermögen differenziert werden. Diese

Tab. 10-1: Abschätzung der jährlichen Mitwachsraten nach Mitwachstypen [mm/a]

	Biotoptypen mit dichter Vegetation	Biotoptypen mit lichter Vegetation	Biotoptypen mit sehr lichter Vegetation
Mitwachsvermögen	**hoch**	**mittel**	**(sehr) gering**
Fokusfläche Innen	**5,25**	**4,75**	**4,25**
Fokusfläche Mitte	**10,5**	**9,5**	**8,5**
Fokusfläche Außen	**8,4**	**7,6**	**6,8**



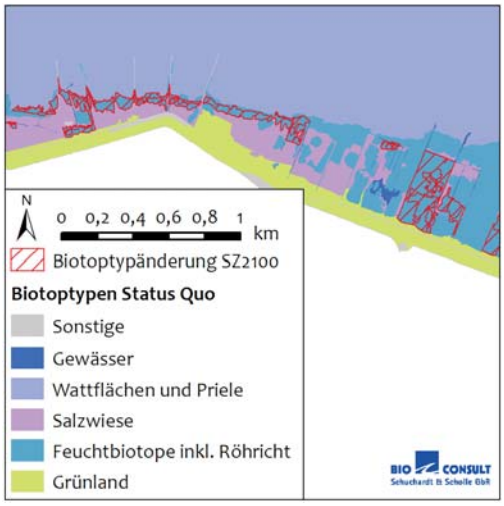


Abb. 10-1: Ausschnitt Biotoptypenänderungen Weser Außen

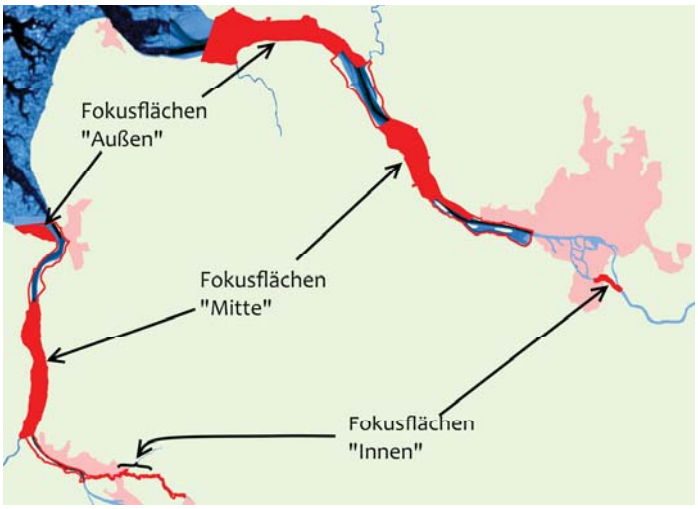


Abb. 10-2: Lage der Untersuchungsgebiete

führen unter Berücksichtigung der longitudinalen Lage im Ästuar und dem damit unterschiedlichen Schwebstoff-Dargebot zu unterschiedlichen jährlichen Mitwachsraten (Tab. 10-1).
Durch den angenommenen jährlichen Anstieg des MThw um 6,8 mm/a bis 2050 und 9,4 - 12,6 mm/a zwischen 2050 und 2100 kann es je nach Mitwachstyp und Lage im Ästuar früher oder später zu einem nicht ausreichenden Mitwachsen kommen, so dass sich die Höhe des Vorlandes über MThw je nach Typ unterschiedlich stark verringert. In der Folge erhöhen sich die Überflutungshäufigkeit und die Bodenfeuchte, so dass es zu einer Veränderung der Biotoptypen kommen kann, da diese nur innerhalb typspezifischer Höhenspannen vorkommen.
In den nicht sommerbedeichten Vorländern dominieren an Elbe und Weser Biotoptypen mit dichter und lichter Vegetation, so dass im Szenario 2050 nur im inneren Ästuar (Fokusfläche Innen) Biotoptypen-Veränderungen auftreten.
Im Szenario 2100 treten etwas größere Veränderungen auf, die an der Elbe aber nur die Fokusfläche „Innen“ in größerem Maße (37 % der Vorlandfläche) betreffen. Die Vorlandflächen im mittleren bzw. äußeren Elbästuar sind mit 15 - 18 % weniger von Biotoptypen-Veränderungen betroffen. An der Weser treten Veränderungen nur in den Fokusflächen „Außen“ und „Innen“ auf, wobei nur die Veränderungen „Außen“ quantifizierbar sind (17 % der Vorlandfläche) (Abb. 10-1).
Nach einer vereinfachten Biotoptypen-Abfolge umfassen die Veränderungen v. a. Grünland, das zu Feuchtgrünland wird, Landröhricht und Salzwiesen, die zu Wattröhricht (Röhricht des Brackwasserwatts bzw. des Flusswatts) werden und Wattröhricht, das zu vegetationslosem Watt wird. Vereinzelt sind auch Auwälder betroffen.

Schlussfolgerungen

- Ein Mitwachsen des Vorlandes ist voraussichtlich überwiegend möglich.
- Veränderungen durch nicht ausreichendes Mitwachsen sind auf Biotoptypen-Ebene voraussichtlich nur kleinräumig.
- Kleinräumig sind Vorlandverluste zu erwarten.
- Die Grenzen des Mitwachsens können entsprechend dieser Szenarien v. a. in den inneren Ästuaren erreicht werden

11 Hyperspektralanalysen zu Störstellen und Röhrichten im Elbeästuar

Ulrike Faude (Universität Bonn) **& Sebastian Schmidtlein** (Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Geographie und Geoökologie)

Fragestellung

Können Hyperspektraldaten, die hinsichtlich der Wellenlängen sehr stark differenziert sind, die Kartierungsgenauigkeit bei Störstellen, Pflanzengesellschaften und Pflanzenarten verbessern? Bringen diese Daten einen deutlich höheren Informationsgewinn als Multispektraldaten (mit i. d. R. vier Kanälen)? Wird dieser erhöht, wenn mehrere Jahreszeiten erfasst werden? Für die Beantwortung dieser Fragen wurden drei unterschiedliche Gebiete entlang der Tideelbe ausgewählt (Abb. 11-2). Alle drei Gebiete wurden im Frühjahr, Sommer und Herbst mit dem Hyperspektralsensor AISA Eagle beflogen. Die zum Vergleich herangezogenen Multispektraldaten wurden aus den Hyperspektraldaten generiert. Sie entsprechen der spektralen (nicht räumlichen!) Auflösung von HRSC-AX-Daten.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass sich mit Hyperspektraldaten in den meisten Fällen genauere Ergebnisse erzielen lassen als mit Multispektraldaten.

Kartierung von Störstellen

Die Frühjahrsdaten eignen sich sehr gut zur Identifizierung von Störstellen (umgeknicktes Röhricht, abgeschorene Bereiche, Treibsel), da diese Stellen zu dieser Jahreszeit noch nicht überwachsen sind. Die Hyperspektraldaten lassen auch eine gute Trennung von Treibsel und umgeknicktem Röhricht zu, obgleich sie sich aus der Ferne sehr ähneln.

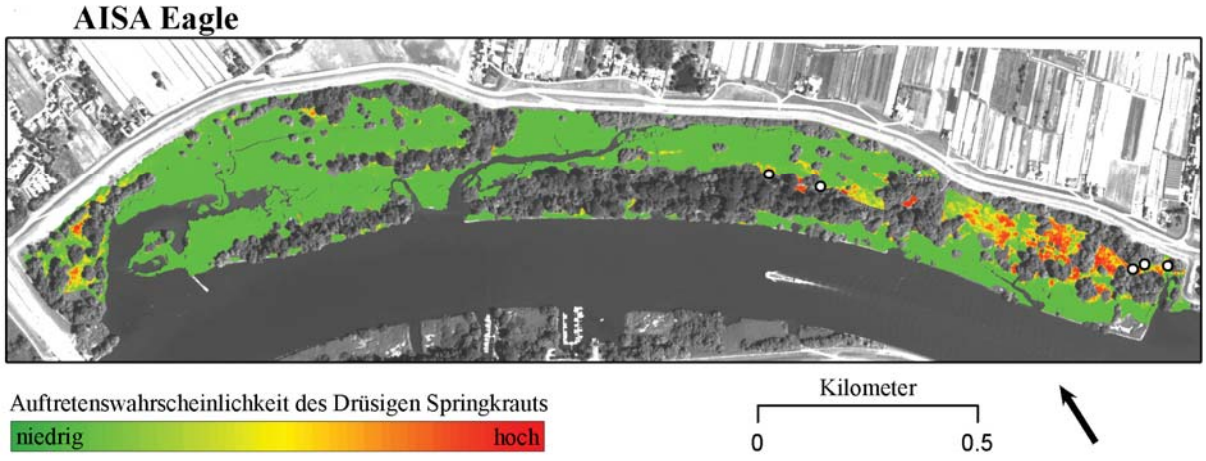
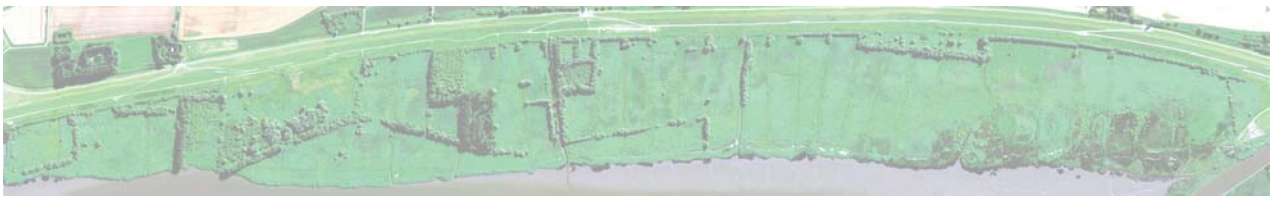


Abb. 11-1: Modellierung des Neophyten Drüsiges Springkraut im Heuckenlock

Artenzusammensetzung

Die Sommerdaten eignen sich am besten, um die Artenzusammensetzung zu kartieren. Die Vegetation ist dann voll entwickelt und weist die größten Reflexionsunterschiede auf. Jedoch erwies sich die Aufgabe manchmal als schwierig. Eine Pflanze mit besonders uneinheitlicher Reflexion war das Schilf, welches im westlichen Untersuchungsgebiet bereits im Sommer teils vom Wind niedergebogen und teils vergilbt war. Dies führte zu sehr "gescheckten" Erscheinungsbildern, die einer halbautomatisierten Kartierung entgegenstanden.



Neophyten

Neophyten (hier Japan-Knöterich, *Fallopia japonica*, und Drüsiges Springkraut, *Impatiens glandulifera*) sind vor allem im östlichsten Untersuchungsgebiet anzutreffen. Insbesondere der Japan-Knöterich sticht optisch gut aus dem umliegenden Röhricht hervor, was eine sehr genaue Kartierung zulässt. Auch für das Drüsige Springkraut wurden gute Ergebnisse erzielt. Da das Springkraut jedoch meist in Mischung mit anderen Arten auftritt, sind die Ergebnisse hier weniger genau. Insgesamt waren die Ergebnisse aber sowohl für die Hyper- als auch die Multispektraldaten vielversprechend, wobei die Ergebnisse auf Basis der Hyperspektraldaten realitätsnäher sind (Abb. 11-1)

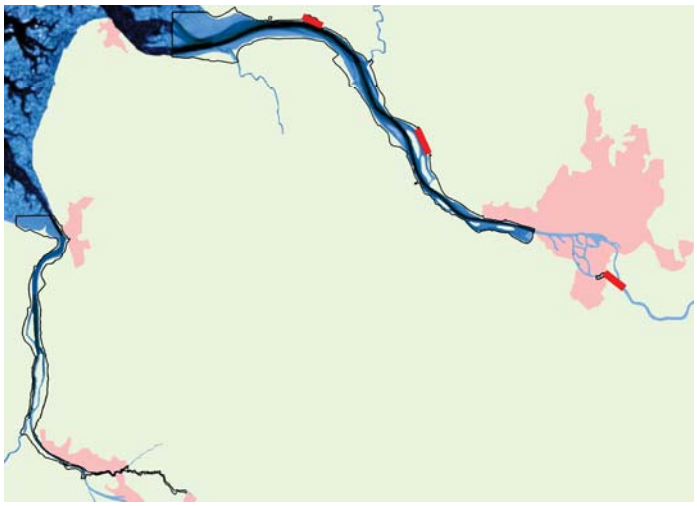


Abb. 11-2: Lage der Untersuchungsgebiete

Schlussfolgerungen

- Frühjahrsdaten eignen sich zur Kartierung von Störstellen, Sommerdaten zur Kartierung der Artenzusammensetzung. Herbstdaten führen zu keinem nennenswerten Erkenntnisgewinn.
- Bei gleicher räumlicher Auflösung werden mit Hyperspektraldaten bessere Kartierergebnisse als mit Multispektraldaten erzielt.
- Aufgrund der 'Eigenheiten' eines jeden Gebietes erfordern diese Kartierungen immer Kalibrierung "am Grund". Eine Automatisierung stößt hier klar an ihre Grenzen.

universitätbonn
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

KIT Karlsruher Institut für Technologie

12 Konzeption für ein Langzeitmonitoring mit Satellitendaten

Anke Bahls & Birgit Kleinschmit (TU Berlin, Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung)

Fragestellung

Die Fernerkundung birgt für die kontinuierliche Beobachtung und die Erfassung quantitativer und qualitativer Veränderungen von Vegetation ein großes Potential, das in vielen Anwendungsbereichen, wie z. B. in der Biotoptypenkartierung, bereits eingesetzt wird. Die zentrale Fragstellung dieses Teilprojektes war: Lässt sich ein Langzeitmonitoring für die gezeitenbeeinflusste Vegetation des Elbeästuars mit Hilfe von hochauflösenden Satellitendaten (RapidEye mit 5 m Auflösung) durchführen (Abb. 12-1). Folgende Detailfragen wurden dazu untersucht

1. Wie detailliert lassen sich die Unterschiede in der Dominanzartenzusammensetzung darstellen?
2. Können einzelne Störungstypen verlässlich voneinander unterschieden werden?
3. Lassen sich Neophytenvorkommen verlässlich detektieren?

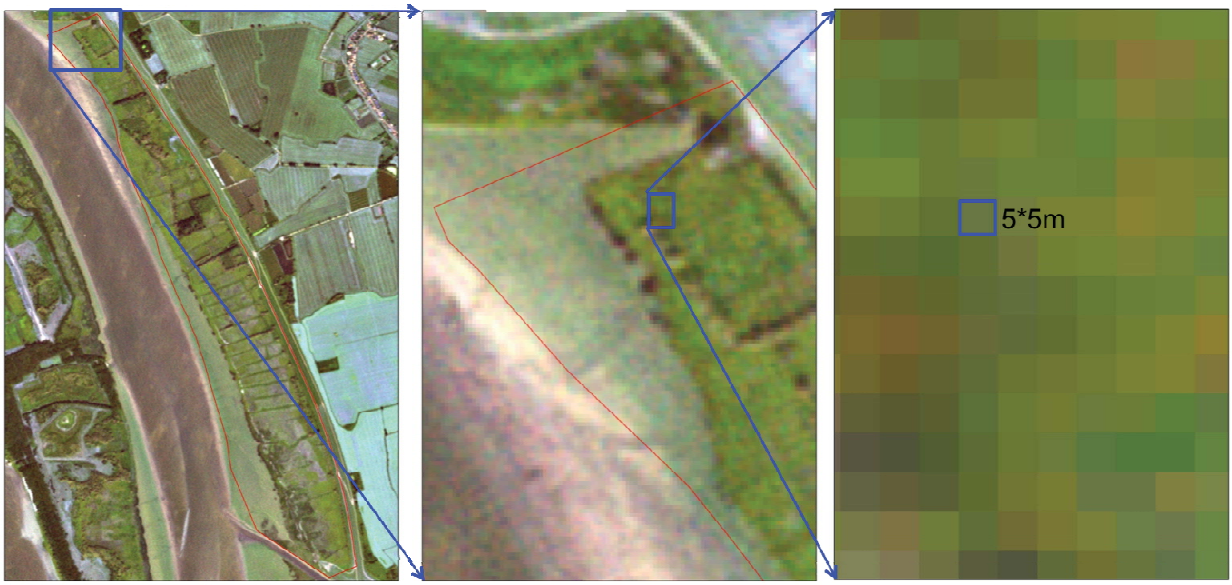


Abb. 12-1: Darstellung des Untersuchungsgebietes Eschschallen mit Detailausschnitten zur Verdeutlichung der räumlichen Auflösung je Pixel von 5 * 5 m der genutzten RapidEye-Satellitendaten

Ergebnisse

Die Verteilung der **Dominanzarten** der Vorlandvegetation lässt sich mittels hochauflösenden RapidEye-Daten gut unterscheiden (Abb.12-3). Die Güte hängt stark von der Anzahl und Verteilung der Referenzdaten ab. Die räumliche und zeitliche Heterogenität der Vegetationsflächen haben einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse. Speziell die Gehölz- und Auenentwicklung kann sicher erkannt und analysiert werden. Aufgrund der Sensorauflösung von 5 Metern ist eine sichere Erfassung grundsätzlich erst ab einer Größe von 200 m^2 möglich. Zusatzdaten (z. B. Digitales Geländemodell) und Expertenwissen sowie die Nutzung von Satellitendaten aus zwei phänologischen Phasen (Frühjahr und Sommer) verbessern das Ergebnis signifikant. Die Trennung der Watt-Vegetationsgrenze ist nur dann sicher möglich, wenn die Aufnahmen bei Niedrigwasser entstanden sind.

Eine recht sichere Erkennung von **Störstellen** und **Störungstypen** ist mit Hilfe von Frühjahrsaufnahmen möglich (Abb. 12-4). Als sicherste Klasse werden Treibsel erkannt. Unsicherheiten gibt es bei der Klasse

Hochstauden/ Rohrglanzgras-Röhricht. Je später der Aufnahmezeitpunkt in der Vegetationsperiode, desto ungenauer wird die Trennung der einzelnen Störungstypen. **Neophyten** können in den Untersuchungsgebieten mit den RapidEye-Daten nicht sicher erfasst werden. Der Hauptgrund dafür ist, dass die vorkommenden Neophytenarten häufig unter den Gehölzbeständen wachsen, was ihre Detektion über Fernerkundungssensoren fast unmöglich macht. Erfahrungen aus anderen Studien belegen jedoch, dass Neophytenvorkommen bei ausreichender Anzahl an terrestrischen Trainingsdaten und bei einer Mindestfläche von ca. 200 m² auf Basis der RapidEye-Szenen detektierbar sind.

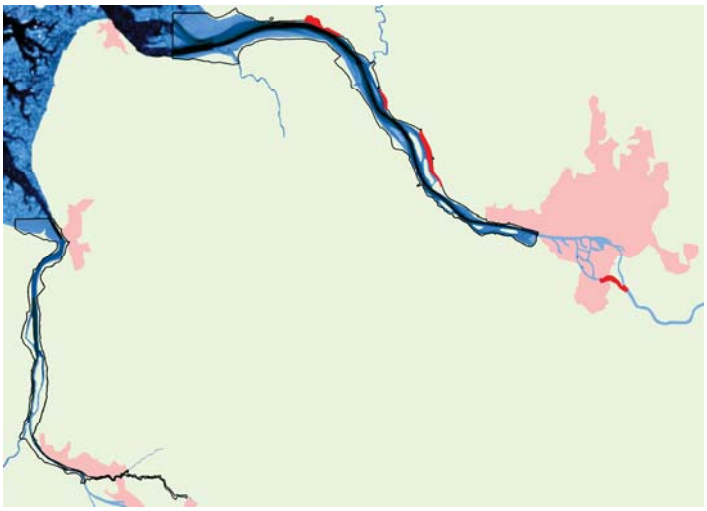


Abb. 12-2: Lage der Untersuchungsgebiete

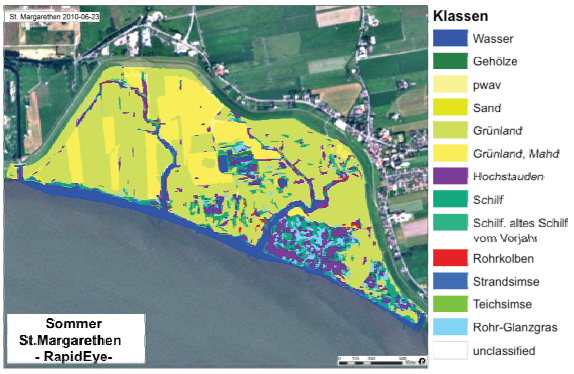


Abb. 12-3: Dominanzarten

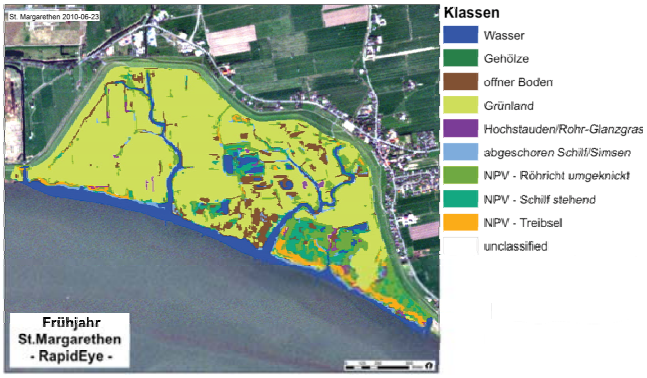


Abb. 12-4: Störstellen (NPV = nicht photosynthetisch aktive Vegetation)

Schlussfolgerungen

- Mit Hilfe von hochauflösenden Satellitendaten (5 - 10 m) kann ein Langzeitmonitoring gezeitenbeeinflusster Vorlandvegetation durchgeführt werden.
- Sowohl Landuse/Landcover-Klassen als auch Biotoptypen (mit Einschränkungen einiger Klassen) sind sicher erfassbar.
- Eine Kombination von Frühjahrs- und Sommeraufnahmen sowie Zusatzdaten ist erforderlich.
- Störstellen können mit hochauflösenden Satellitendaten verlässlich in Frühjahrsdaten detektiert werden.
- Berücksichtigung von Niedrigwasser und Wolkenfreiheit schränken die Beschaffung von Satellitendaten ein.
- Eine ausreichende Anzahl und gut verteilte Referenzpunkte sind wichtig.

13 Modellierung und Visualisierung von Unsicherheiten in den Ergebnissen

Christoph Kinkeldey & Jochen Schiewe (HafenCity Universität Hamburg, Geomatik)

Fragestellung

Die Interpretation von Daten oder Datenprodukten der Fernerkundung ist zwangsläufig mit diversen Unsicherheiten behaftet, in aller Regel einhergehend mit einer Überschätzung ihrer Qualität. Zu diesen Unsicherheiten gehören zum einen geometrische Ungenauigkeiten (z. B. Lage- und Höhenfehler von Probepunkten oder Grenzen), aber auch thematische Fehlzuweisungen (z. B. von Vegetationsklassen). Folglich ergibt sich bei Veränderungsanalysen die Frage, ob erkannte Veränderungen der Realität entsprechen oder aber „nur" auf unsichere Eingangsdaten oder Unsicherheiten im Interpretationsprozess zurückzuführen sind.
Aus diesem Grund befasst sich dieses Teilprojekt in der Querschnittsaufgabe Fernerkundung mit der Modellierung, Visualisierung und Nutzung von Unsicherheiten. Im Idealfall ergibt sich aus diesem bisher vernachlässigten Forschungs- und Entwicklungsthema eine Unsicherheitskette (Abb. 13-1), die nicht nur aussagekräftigere Veränderungsergebnisse, sondern auch Input für Sensitivitätsanalysen ermöglichen soll.

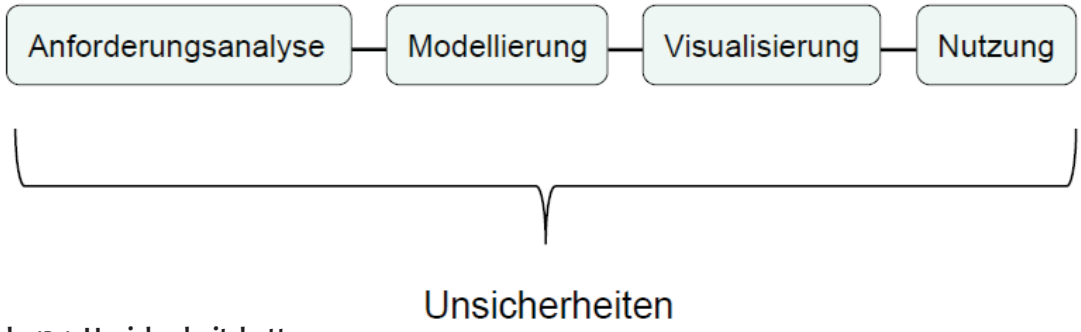
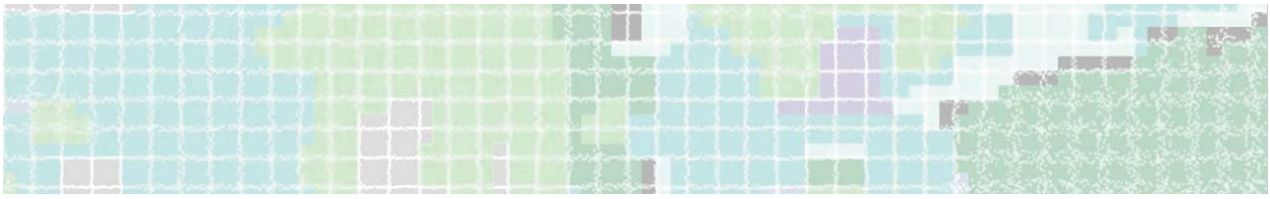


Abb. 13-1: Unsicherheitskette

Ergebnisse

Basierend auf einer **Anforderungsanalyse**, die typische Bedarfe, aber auch bisherige Verfahrensweisen bei der Nutzung von Unsicherheiten bei Experten abfragte, wurden Konzepte zur Modellierung, Visualisierung und tatsächlichen Nutzung entwickelt und prototypisch umgesetzt.
Bei der **Modellierung** zeigte es sich, das sich thematische nicht von geometrischen Unsicherheiten trennen lassen. Es lässt sich nur eine einzige aggregierte Kennzahl dafür ableiten. Stattdessen wurden Unsicherheitsmatrizen mit Hilfe von Experten entwickelt, die z. B. die klare Trennbarkeit („Schärfe") von Grenzen zwischen zwei benachbarten (Vegetations-)Klassen beschreiben. Alternative Matrizen beschreiben die Ähnlichkeit von Klassen (die Zuweisung einer Klasse wird als unsicher bezeichnet, wenn es viele ähnliche Klassen gibt) oder die Nachbarschafts-Wahrscheinlichkeit von Klassen (die Zuweisung wird als unsicher bezeichnet, wenn „unwahrscheinliche" Nachbarn vorkommen).
Für die **Visualisierung** der Unsicherheiten wurden verschiedene Varianten getestet und schließlich die sogenannten *Noise Annotation Lines* zur Darstellung von objektbezogenen Unsicherheiten (z. B. Vegetationsflächen) sowie *Ghost Lines* für die Trennbarkeit von Grenzen ausgewählt und implementiert (die im Projekt entwickelten, frei verfügbaren Java-Tools können unter http://code.google.com/p/kliwas/ heruntergeladen werden). Abb. 13-2 zeigt das Prinzip der Variante *Noise Annotation Lines*, bei der die Größe des Rauschens proportional zur Unsicherheit der darunter liegenden Information ist. Der Vorteil dieser Variante liegt neben der leichten Assoziation in der Möglichkeit, sowohl die originalen Landbedeckungsdaten, als auch die Unsicherheiten gleichzeitig und übereinander zu sehen.



Zur tatsächlichen **Nutzung** erfolgte schließlich eine Einbindung der Unsicherheitsinformationen zusammen mit den relevanten Geo- und Fachdaten in das webbasierte Geoportal der Bundesanstalt für Gewässerkunde (Geoportal@BfG).

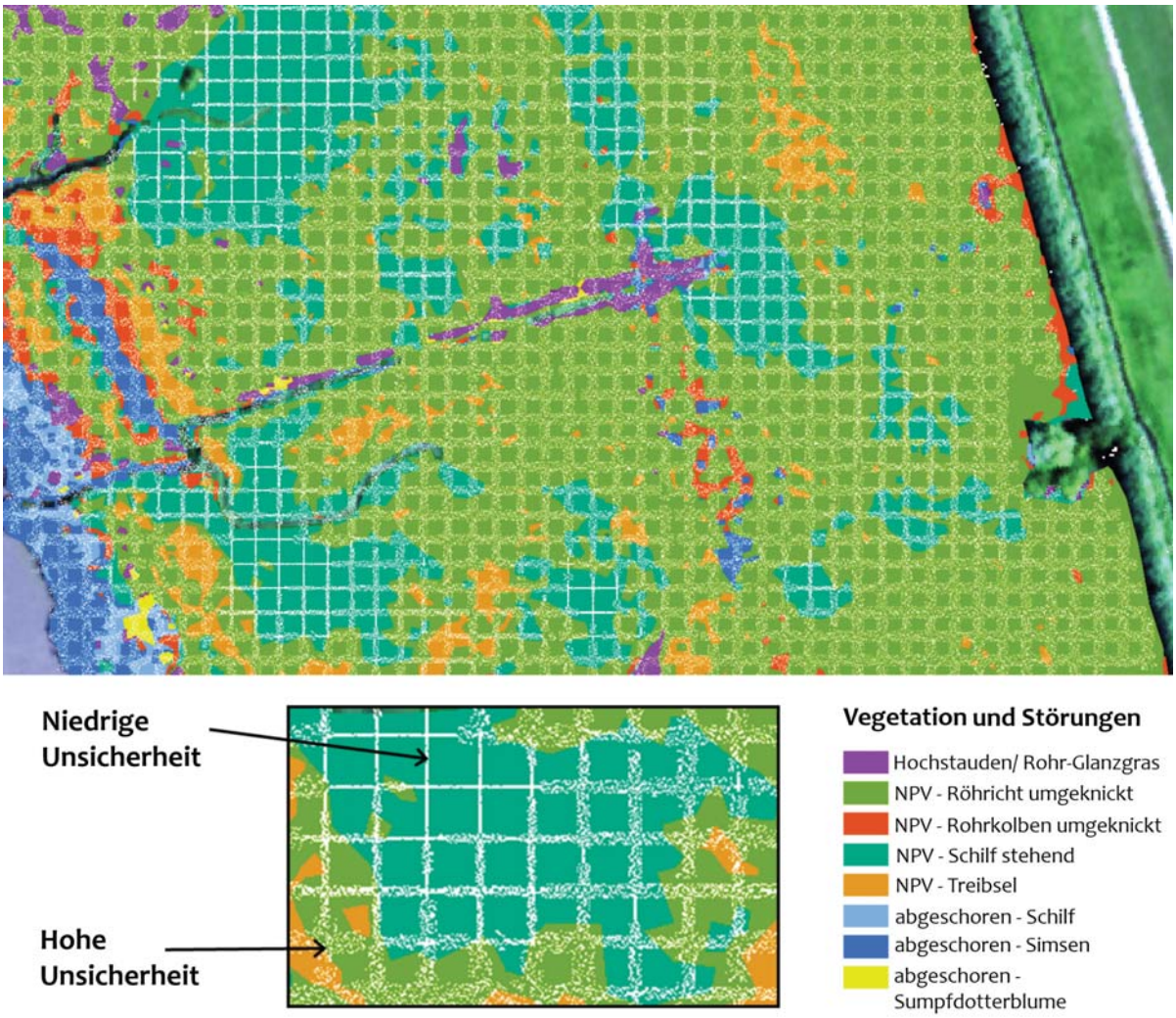


Abb. 13-2: Visualisierung von Unsicherheiten durch *Noise Annotation Lines* (überlagert auf einer Landbedeckungs-Klassifikation) (NPV = nicht photosynthetisch aktive Vegetation)

Schlussfolgerungen

HCU HafenCity Universität Hamburg

- Unsicherheiten können die Optimierung von Monitoring-Aufgaben unterstützen, speziell bei Veränderungsanalysen.
- Die Quantifizierung der Unsicherheiten stellt die größte Herausforderung in der propagierten *Unsicherheitskette* dar.
- Die *Noise Annotation Lines* sowie die *Ghost Lines* sind universelle und leicht verständliche Methoden zur Darstellung thematischer Unsicherheiten.

14 Zusammenschau und Empfehlungen für ein nachhaltiges Ufer- und Vorland-management

Eva-Maria Bauer, Maike Heuner, Elmar Fuchs, Uwe Schröder & Andreas Sundermeier (Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz)

Die hier vorgestellten Forschungsarbeiten liefern **neue Erkenntnisse zur Ökologie** der Vorlandvegetation, auf Skalenebenen zwischen Laborexperiment und Gesamtästuar. Versuche zu den Auswirkungen von Wellen (Kap. 4 + 5) und Untersuchungen zu Überflutungstoleranzen (Kap. 9) erklären Zusammenhänge bzgl. der Etablierung und Zonierung verschiedener Röhrichtarten. Die Überflutungstoleranz zweier Neophyten wurde geprüft (Kap. 9). Vegetationsmodelle wurden erstellt, einerseits lokal für einzelne Flussabschnitte unter Berücksichtigung von Biomassezuwachs und Wuchsformunterschieden (Kap. 6), andererseits bezogen auf die Röhrichtvorkommen ganzer Ästuare (Kap. 3). Für die Ästuare von Elbe und Weser wurden, basierend auf vorhandenen Biotoptypenkarten, die aktuelle sowie eine mögliche zukünftige Landnutzung analysiert (Kap. 10). Die Auswirkungen der winterlichen Schilfmahd, als Beispiel einer traditionellen Nutzungsweise, wurden im Gelände untersucht (Kap. 8). Im Elbeästuar wurde mittels Dauerflächen ermittelt, wie Störungsmuster und Röhrichtentwicklung zusammenhängen (Kap. 7). Unterschiedliche Fernerkundungsmethoden wurden eingesetzt und in ihrer Anwendbarkeit für Flächenkartierungen sowie für das Monitoring von Vegetations- und Störungstypen getestet (Kap. 11 + 12). Um die Zuverlässigkeit von Modellierungsergebnissen zu ermitteln und zu kommunizieren, wurden modellbedingte Unsicherheiten erfasst und visualisiert (Kap. 13).

Der **Klimawandel** beeinflusst die Vorlandvegetation von Elbe- und Weserästuar direkt durch Veränderung von Standortfaktoren und indirekt durch Nutzungsanpassungen. Im Fokus der hier vorgestellten Untersuchungen standen die direkten Auswirkungen für die Vegetation:

a) **der ansteigende Meeresspiegel** und daraus folgend das ansteigende Mittlere Tidehochwasser (MThw) sowie erhöhte Sturmflut-Scheitelwasserstände,
b) **die zunehmenden Luft- und Wassertemperaturen**, die zum Rückgang von Eisereignissen führen und
c) die zunehmenden Windwellenhöhen

Für die Ufer- und Vorlandvegetation werden folgende Reaktionen und Auswirkungen erwartet:

1. **infolge des MThw-Anstiegs:** keine Veränderung der Röhrichtzonierung durch adäquates Mitwachsen des Vorlandes, falls die Sedimentverfügbarkeit im Ästuar ausreicht; andernfalls Ersatz von Biotop- und Röhrichttypen durch überflutungstolerantere Typen sowie Vorlandverluste und mancherorts entsprechende Nutzungsextensivierungen oder -aufgaben (Kap. 3 + 10).
2. **aufgrund erhöhter Sturmflut-Scheitelwasserstände:** häufigere Ablagerung von Treibseln in Deichnähe (Kap. 7)
3. **wegen der Abnahme von Eisereignissen:** Abnahme von Eisschur entlang der Ufer (Kap. 7)
4. **infolge der Zunahme der Wellenhöhen:** Schaffung zusätzlicher Offenbodenstellen, dadurch Förderung von Pioniervegetation (ggf. auch von invasiven Neophyten) und Abnahme von Schilfflächen; letztlich leichte Schwächung des natürlichen Schutzes der Ufer vor Erosion (Kap. 7)

Mit **Uferschutz- und Lebensraumfunktion** sind zwei zentrale Funktionen des Tideröhrichts negativ von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen. Beide spielen auch für die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) eine wichtige Rolle. Im Falle des Uferschutzes liegt dies auf der Hand und fällt in die Aufgabe der verkehrlichen Unterhaltung der Wasserstraßen. Jedoch muss die WSV auch die Lebensraumfunktion von Ufer und Vorland berücksichtigen, da die untersuchten Ästuargebiete fast zu 100 % unter nationalem wie auch europäischem Naturschutz stehen. Darüber hinaus ist die WSV mit der Verpflichtung zur wasserwirtschaftlichen Unterhaltung bundesweit seit mehreren Jahren auch gesetzlich beauftragt, die Ufer und ihre Vegetation standortgerecht und im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie zu entwickeln.
Die Aufstellung eines **Monitoringskonzepts** für die Ufer- und Vorlandvegetation und die kontinuierliche Durchführung des Monitorings helfen wesentlich bei der erfolgreichen Umsetzung des genannten Auftrags. Ein Teil des Monitorings kann durch fernerkundliche Datenerfassung übernommen werden. Im Rahmen dieses KLIWAS-Projektes wurden konkrete Vorschläge formuliert. Diese sind in Kap. 11 + 12 (und ausführlicher im 4. Band der Geoinformationen für die Küstenzone sowie in der KLIWAS-Schriftenreihe, Bd. 15) nachzulesen. Einer der zentralen Punkte ist das Potenzial eines Monitorings mit Satellitendaten, das für Biotoptypenerfassungen in Maßstäben von kleiner 1:10.000 eine kosten- und zeiteffiziente Möglichkeit darstellt. Hiermit lässt sich z. B. die Entwicklung von geschützten Lebensräumen wie Auwäldern, Röhrichtbeständen und Watt dokumentieren, um ggf. Maßnahmen gegen unerwünschte Veränderungen ergreifen zu können. Bei ähnlicher räumlicher Auflösung können mit Hyperspektraldaten weiterreichende Auswertungen zur Vegetationsbedeckung vorgenommen werden als mit Multispektraldaten.

Folgende **Handlungsoptionen** für das Management der Ästuare von Elbe und Weser schlagen wir auf der Basis unserer Ergebnisse vor:

Die naturraumtypische Ästuardynamik sollte, wo möglich, zugelassen werden. Es sind geeignete Uferbereiche zum Rückbau technischer Ufersicherungen zu identifizieren. Die notwendige **Ufersicherung kann abschnittsweise von der Vegetation übernommen werden** (vgl. Kap. 2 + 3). Die Untersuchungsergebnisse können helfen, hierfür in Frage kommende Uferabschnitte zu ermitteln. Dabei müssen auch die lokalen Strömungsgeschwindigkeiten und die Stärke der Windwellen in ihrer Auswirkung auf die Röhrichtentwicklung beurteilt werden. Für die Etablierung von Röhrichten an den Ufern sind an der Weser mindestens 150 m und an der Elbe mindestens 450 m Distanz zur Fahrrinnenachse notwendig (Kap. 3). Beim Vorhandensein von Röhricht und gleichzeitiger Abwesenheit invasiver Neophyten in der näheren Umgebung sowie geringer hydrodynamischer Belastung kann auf eine spontane Röhrichtansiedlung gewartet werden. Andernfalls sollten Röhrichte (bzw. bei stärkeren hydrodynamischer Belastungen Weidengebüsche) angelegt werden.

Röhrichte können durch Verminderung der Wellenbelastung Uferbereiche mit unterschiedlich starker Hydrodynamik schützen. Wo ihre Belastungsgrenze überschritten ist und in besonders schmalen Uferstreifen empfehlen wir eine **Kombination aus technischer und biologischer Ufersicherung**.

Neben den Watten sind auch **Flachwasserbereiche** zu fördern. Damit sind Bereiche ab dem Mittleren Tideniedrigwasser (MTnw) und bis zu 2 m unter MTnw gemeint. Sie dämpfen die Wellenenergie, die auf angrenzende Röhrichtbereiche einwirkt und begünstigen so deren Entwicklung.

Die **Landnutzung** der Vorländer soll im Sinne von Erosionsschutz und Lebensraumschutz optimiert werden: So können Flächen insbesondere im mittleren Bereich der Tideelbe (km 651-668) durch Extensivierung der Landnutzung naturschutzfachlich aufgewertet werden (Kap. 10 bzw. zugehörige Berichte). Grundsätzlich sollte auf bisher bewirtschafteten Flächen, die an den Fluss angrenzen, aus Uferschutzgründen ein wasserseitiger Randstreifen aus der Nutzung genommen werden (Kap. 10 bzw. zugehörige Berichte). Dies gilt insbesondere für Rinderweiden und Schilfmahdflächen.

Es hat sich gezeigt, dass **winterliche Schilfmahd** für Erosionsschutz- und Lebensraumfunktion des Tideröhrichts aus botanischer Sicht mehr Vorteile als Nachteile mit sich bringt (z. B. Erhöhung der Halmdichten, Förderung der Rote Liste-Art Sumpfdotterblume). Für eine Gesamtbewertung der Schilf-

mahd müssen außer botanischen auch zoologische, landschaftsbildbezogene und sozioökonomische Erkenntnisse aus dem Naturraum Ästuar berücksichtigt werden.

Abb. 14-1: Eine geeignete Unterhaltung kann Uferschutz- und Lebensraumfunktion der Ästuarvegetation fördern.

Mit der Umsetzung dieser Handlungsoptionen werden wasserwirtschaftliche Unterhaltung und verkehrliche Unterhaltung miteinander kombiniert. Damit wird der Uferschutz naturverträglich im erforderlichen Umfang gewährleistet (Abb. 14-1).

15 Zum Weiterlesen: Veröffentlichungen, Berichte und Poster aus den Projekten

15.1 BfG-Projekt „Biogene Uferstabilisierung“

Fuchs, E., Bauer, E.M., Heuner, M., Schmidt-Wygasch, C. & Schröder, U. (2013): Interdisciplinary research on new approaches for future management of the River Elbe. – Tagungsband, IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, 22.-26.7.2013, Gothenburg, IAHS Publication 358: 168-175.

Schröder, U., Fuchs, E. & Heuner, M. (2010): From artificial to natural bank protection - an approach of redesign by applying (habitat) models for reed habitats in tidal River Elbe. – Tagungsband, PIANC MMX Congress, 10.-14.5.2010, Liverpool, PIANC, 15 S.

Schröder, U., Fuchs, E. & Heuner, M. (2010): Aufstellung von Empfehlungen zur nachhaltigen Entwicklung und natürlichen Stabilisierung von Uferzonen (insbesondere durch Röhrichte am Beispiel der Tideelbe bei Pagensand und Lühesand). Umsetzungsvarianten für Naturversuche anhand von Lebensraumeignungsmodellen. – BfG-Bericht. Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG), BfG-1690, 9 S. + Anhang.

Schröder, U., Fuchs, E. & Heuner, M. (2010): "Röhrichte als Uferschutz. Ermittlung des Potenzials von Röhrichten bei Rückbaumaßnahmen von Uferbefestigungen anhand von Lebensraumeignungsmodellen." – HANSA International Maritime Journal 147: 93-97.

Schröder, U., Fuchs, E., Heuner, M. & Horchler, P. (2009): Aufstellung von Empfehlungen zur nachhaltigen Stabilisierung von Uferzonen (insbesondere durch Röhrichte) im Rahmen von Unterhaltung und Ausbau am Beispiel der Tideelbe unter Berücksichtigung des Einflusses von Schiffsschwell und weiterer langfristiger Entwicklungen (z. B. der Tidekennwerte). – BfG-Bericht. Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). BfG-1653, 52 S.

Schröder, U. (2009): Raumzeitliche Analyse der Entwicklung der Röhrichte an der Unter- und Außenelbe anhand von Luftbildern. – In: Traub, K.P., Kohlhus, J. & Lüllwitz, T. (Hrsg.): Geoinformationen für die Küstenzone Bd. 2; Beiträge des 2. Hamburger Symposiums zur Küstenzone und Beiträge des 7. Strategie-Workshops zur Nutzung der Fernerkundung im Bereich der BfG/Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, Points Verlag Norden, Halmstad, S. 205-211.

Heuner, M. & Schröder, U. (2008): GIS-based habitat models for the riverine vegetation of tidal rivers. A case study on the River Elbe in Germany. – Poster, HydroPredict, 15.-18.09.2008, Prague.

Schröder, U. (2008): Untersuchungen zur Entwicklung verschiedener Vegetationseinheiten im Rahmen der Beweissicherung zur Fahrrinnenanpassung der Unter- und Außenelbe im Bereich der Delegationsstrecke. – BfG-Bericht. Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). BfG-1627, 35 S.

Schröder, U. (2004): Analyse der aktuellen räumlichen Veränderungen ufernaher Röhrichte und Uferstauden unter besonderer Berücksichtigung ihrer historischen Entwicklung (der letzten 30 bis 50 Jahre). Untersuchungen im Rahmen der Beweissicherung zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschiffffahrt (14,5 m Ausbau). – BfG-Bericht. Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). BfG-1441, 102 S.

Schröder, U. (2004): Analysis of Shift in Reed Habitats along the Tidal River Elbe. – In: Erasmi, S., Cyffka, B. & Kappas M. (Hrsg.): Remote Sensing & GIS for Environmental Studies. Applications in Geography; Göttinger Geographische Abhandlungen 113: 109-115.

Gähler, M., Janowsky, R. & Schröder, U. (2002): Automatisierte Biotoptypenklassifikation auf Basis höchstauflösender Flugzeugscannerdaten. – In: Blaschke T. (Hrsg): Fernerkundung und GIS, Neue Sensoren - innovative Methoden; Wiechmann, Salzburg, Heidelberg, S. 233-242.

15.2 KLIWAS-Projekt „Ästuarvegetation und Vorlandschutz“

15.2.1 Verhalten dreier Röhrichtarten unter dem Einfluss der Hydrodynamik

Abschließende Zeitschriftenartikel sind in Vorbereitung.

Heuner, M. & Kleinschmit, B. (2011): Hydrodynamics - Its effect on habitats of reed species along North Sea estuaries (Abstract number F1-P3). – In: Minden, V. (Hrsg.): 41st Annual Meeting of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland (GfÖ): "Ecological Functions, Patterns, Processes", Abstractband, 5-9.9.2011, Oldenburg.

Heuner, M., Mosner, E., Schröder, U. & Kleinschmit, B. (2011): The effect of bank slope types on reed species distribution patterns along marsh edges. – Poster, Hydroeco 2011, 2.-5.5.2011, Wien.

Heuner, M, Schröder, U. & Kleinschmit, B. (2011): Modellierung von Röhrichtarten in Ästuaren entlang des Longitudinalgradienten. – In: Haase, D. & Kleinschmit, B (Hrsg.): Abstractband, IALE-D Jahrestagung, 12-14.10.2011, Erwin-Schrödinger-Zentrum Berlin.
http://www.iale.de/fileadmin/user_upload/PDFs/IALE-Jahrestagung_2011/Tagungsband_2011.pdf

Heuner, M, Schröder, U. & Kleinschmit, B. (2011): Hydrodynamics – effects on habitat niches of marsh species in the Elbe estuary. – Poster (wissenschaftliche Version), GfÖ, 5-9.9.2011, Oldenburg.

Heuner, M, Schröder, U. & Kleinschmit, B. (2011): Hydrodynamics. Effects on habitat niches of marsh species in the Elbe estuary. – Poster (gekürzte Version), 2. KLIWAS-Statuskonferenz, 25/26.10.2011, Berlin.

Heuner, M., Schröder, U. & Kleinschmit, B. (2011): Responses of different reed species to morphological bank conditions along the marsh edges (Abstract number 93). – In: Nachtnebel, H.P. & Kovar,K. (Hrsg.): Abstractband, HydroEco 2011, 3rd International Multidisciplinary Conference on Hydrology and Ecology Ecosystems, Groundwater and Surface Water. Pressures and Options, 2.-5.5.2011. Wien.
http://web.natur.cuni.cz/hydroeco2011/download/HydroEco2011,%20Volume%20of%20Abstracts,%20abstracts,%20electronic%20version,%20UPDATE%20for%20web.pdf

Heuner, M., Schröder, U., Fuchs, E., Schröder, B. & Bauer, E.M. (2013): Effects of regional climate change for marsh vegetation along the Weser and Elbe estuaries. – Abstractband, Open Landscape. Ecology, Management and Nature Conservation, S.31.

15.2.2 Wellenexperimente – zwei Pionierröhrichte im Vergleich

Abschließende Zeitschriftenartikel sind in Vorbereitung.

15.2.3 Überlebensstrategien der Meer-Strandsimse: Ein Wellenkanalexperiment

Abschließende Zeitschriftenartikel sind in Vorbereitung.

Silinski, A., Heuner, M., Dauwe, S., Puijalon, S., Troch, P., Bouma, T.J., Van Belzen, J., Schöder, U., Fuchs, E., Meire, P. & Temmerman, S. (2013): Interactions between waves, sediments and pioneer plants in tidal marshes. Results from a full scale flume experiment. – Abstractband, 8th IAG International Conference on Geomorphology, 27.-31.8.2013, Paris.

15.2.4 Einfluss des hydrodynamischen Gezeitenregimes auf zwei Röhrichtarten

Abschließende Zeitschriftenartikel sind in Vorbereitung

Gevers, J. (2011): Development of a mechanistic population model for tidal reeds. – Abstractband, 54th Symposium of the IAVS: "Vegetation in and around water: Patterns, processes and threats", 20-24.6.2011, Lyon, S. 118.

Gevers, J. & Schröder, B. (2011): Development of a mechanistic population model for tidal reeds. – Poster, IAVS-Conference, 20.-24.06.2011, Lyon.

Gevers, J. & Schröder, B. (2011): A mechanistic population model for Phragmites australis in tidal marshes. – Poster, GfÖ-Tagung, 5.-9.9.2011, Oldenburg.

Gevers, J. & Schröder, B. (2011): A mechanistic population model for Phragmites australis in tidal marshes. – In: Minden, V. (Hrsg.): Abstractband, 41st Annual Meeting of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland (GfÖ): "Ecological Functions, Patterns, Processes", 5.-9.9.2011, Oldenburg, Abstract number F1-P4.

Gevers, J. & Schröder, B. (2011): Mechanistic modelling of Phragmites australis in tidal marshes. – Poster, 2. KLIWAS-Statuskonferenz, 25/26.10.2011, Berlin.
http://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/02_Aktuelles/07_statuskonf_2011/04_poster/Downloads/Poster19_Mechanistic_modelling_Phragmites.pdf?__blob=publicationFile

15.2.5 Auswirkungen von Störungen auf das Tideröhricht

Bauer, E.M. (in Vorbereitung): Ästuarvegetation und Vorlandschutz. Störungsökologische Untersuchungen im Projekt KLIWAS 3.09. – KLIWAS-Schriftenreihe, Koblenz.

Geiger, J. (in Vorbereitung): Untersuchung von Störungsmustern und Sukzession im Röhrichtgürtel der Tideelbe. Auswertung eines Passiven Monitorings im Zeitraum von 2010-2013. – Bachelorarbeit, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.

Bauer, E.M., Faude, U. & Heuner, M. (2013): Ursachen und Wirkungen von Störungen in der Ästuarvegetation. – Poster, Geobotanisches Kolloquium, 5.7.2013, Universität Freiburg.

15.2.6 Auswirkungen der winterlichen Schilfmahd auf das Tideröhricht

Bauer, E.M. (in Vorbereitung): Auswirkungen der winterlichen Schilfmahd auf das Tideröhricht. Untersuchungsergebnisse für Weser und Wümme. – (Zeitschriftenartikel).

Bauer, E.M. & Sundermeier, A. (2011): The increasing importance of reed harvest in the Weser estuary and its influence on the vitality of Common reed (Phragmites australis). – Abstractband, 54th Symposium of the IAVS: "Vegetation in and around water: Patterns, processes and threats", 20-24.6.2011, Lyon, p. 61.

15.2.7 Überflutungstoleranz von Röhricht- und Neophytenarten

Schoenberg, W., Kleiß, K. & Jensen, K. (2012): Effekte des Überflutungsregimes auf tidebeeinflusste Röhrichte. – Abschlussbericht, Biozentrum Klein Flottbek, Universität Hamburg, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, 42 pp.

Roeder, A. (2010): Überflutungstoleranz der Neophyten Impatiens glandulifera und Fallopia japonica . – Bachelorarbeit, Universität Hamburg, Biozentrum Klein Flottbek, 67 S.

15.2.8 Auswirkungen des beschleunigten Meeresspiegelanstiegs auf Biotoptypen

Schuchardt, B., Bildstein, T., Wittig, S. & Kraft, D. (in Vorbereitung): KLIWAS 3.09 „Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung“. Teilprojekt „Nutzungsanalyse Ästuare für die Vorländer von Elbe- und Weserästuar vor dem Hintergrund des Klimawandels”. Teil 3: Zukunftsszenarien. – Bericht, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Schuchardt, B., Wittig, S., Bildstein, T. & Kraft, D. (in Vorbereitung): KLIWAS 3.09 „Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung“. Teilprojekt „Nutzungsanalyse Ästuare für die Vorländer von Elbe- und Weserästuar vor dem Hintergrund des Klimawandels”. Teil 2: Ableitung von klimabedingten Topographieänderungen (Szenarien) der Vorländer des Weser- und Elbe Ästuars (Ergebnis der Literaturrecherche und Ableitung der „Mitwachs-Szenarien“). – Bericht, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde

Schuchardt, B., Bildstein, T., Huber, A., Kraft, D. & Meyerdirks, J. (2013): KLIWAS 3.09 „Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung“. Teilprojekt „Nutzungsanalyse Ästuare für die Vorländer von Elbe- und Weserästuar vor dem Hintergrund des Klimawandels”. Teil 1: Status Quo Vorland Elbe und Weser . – Bericht, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, 184 S.

15.2.9 Hyperspektralanalysen zu Störstellen und Röhrichten im Elbeästuar

Faude, U. & Schmidtlein, S. (2012): Querschnittsaufgabe Fernerkundung. Analyse von Störstellen, Röhricht- und Neophytenarten. – KLIWAS-5/2012, KLIWAS-Projekt 3.09, 54 pp., Koblenz. DOI: 10.5675/KLIWAS_5.2012_Fernerkundung_1.
http://doi.bafg.de/KLIWAS/2012/Kliwas_5.2012_Fernerkundung_1.pdf

15.2.10 Konzeption für ein Langzeitmonitoring mit Satellitendaten

Bahls, A. & Kleinschmit, B. (2012): Querschnittsaufgabe Fernerkundung. Konzeption für ein Langzeitmonitoring der gezeitenbeeinflussten Vegetation mit hochauflösenden Satelliten-Daten. – KLIWAS-13/2012, KLIWAS-Projekt 3.09, 44 pp., Koblenz.
DOI:10.5675/Kliwas_13.2012_Fernerkundung_2
http://doi.bafg.de/KLIWAS/2012/Kliwas_13.2012_Fernerkundung_2.pdf

15.2.11 Modellierung und Visualisierung von Unsicherheiten in den Ergebnissen

Kinkeldey, C. & Schiewe, J. (2013): Modellierung und Kommunikation von Unsicherheiten. Querschnittsaufgabe Fernerkundung. KLIWAS-Projekt 3.09 . - KLIWAS-14/2013, KLIWAS-Projekt 3.09, 44 pp. DOI: 10.5675/Kliwas_14.2013_Fernerkundung_3.
http://doi.bafg.de/KLIWAS/2013/Kliwas_14.2013_Fernerkundung_3.pdf

Kinkeldey, C. & Schiewe, J. (2012): Visualisierung thematischer Unsicherheiten mit „Noise Annotation Lines“. – Kartographische Nachrichten 62: 241–249.

15.2.12 Weitere Ergebnisse der Querschnittsaufgabe Fernerkundung

Heuner, M., Bahls, A., Bauer, E.M., Kinkeldey C., Faude, U., Kleinschmit, B., Schiewe, J., Schmidtlein, S. & Schröder, U. (2013): Synoptische Betrachtung fernerkundungs-gestützter Vegetationserfassung – ihre Genauigkeit, Unsicherheiten und Grenzen. Querschnittsaufgabe Fernerkundung. KLIWAS-Projekt 3.09. – KLIWAS-15/2013, KLIWAS-Projekt 3.09, 26 pp. DOI: 10.5675/Kliwas_15.2013_Fernerkundung_4.
http://doi.bafg.de/KLIWAS/2013/Kliwas_15.2013_Fernerkundung_4.pdf

Heuner, M., Bahls, A., Bauer, E.M., Kinkeldey C., Faude, U., Kleinschmit, B., Schiewe, J., Schmidtlein, S. & Schröder, U. (2013): Erfassung der Vorlandvegetation durch innovative Fernerkundungs-methoden unter Berücksichtigung von Unsicherheiten. – In: Traub, K.P., Kohlus, J. & Lüllwitz, T. (Hrsg): Geoinformationen für die Küstenzone, Band 4, Beiträge des 4. Hamburger Symposiums zur Küstenzone und Beiträge des 9. Strategie-Workshops zur Nutzung der Fernerkundung im Bereich der BfG/Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, Points Verlag Norden, S. 247-259.

Faude, U., Heuner, M., Bauer, E.M., Kleinschmit, B., Schiewe, J., Schröder, U. & Schmidtlein, S. (2011): Detektion von Störstellen und Neophyten im Ästuarvorland der Elbe mittels neuartiger Fernerkundungsdaten und -verfahren. - In: Traub, K.P., Kohlhus, J. & T. Lüllwitz (Hrsg): Geoinformationen für die Küstenzone, Beiträge des 3. Hamburger Symposiums zur Küstenzone, 8. Strategie-Workshop zur Nutzung der Fernerkundung im Bereich der BfG/ WSV, 06.-08.10.2010, HCU Hamburg, Points Verlag Norden, S. 213-224.

Faude, U., Feilhauer, H., Heuner, M., Bauer, E.M., Schröder, U., Kleinschmit, B., Schiewe, J. & Schmidtlein, S. (2011): Multiseasonal mapping of tidal floodplains at the Elbe estuary. GfÖ, 05-09.09.2011, Oldenburg. Poster.

Faude, U., Feilhauer, H., Heuner, M., Bauer, E.M., Schröder, U., Kleinschmit, B., Schiewe, J. & Schmidtlein, S. (2011): Multiseasonal mapping of tidal floodplains at the Elbe estuary (Abstract number L1-P5). In: Minden, V. (2011): 41st Annual Meeting of the Ecological Society of Germany, Austria and Switzerland (GfÖ): "Ecological Functions, Patterns, Processes", Book of Abstracts. 5-9.09.2011, Oldenburg.

Heuner, M. & Schröder, U. (2011): Neue Sensoren, neue Methoden - Neue Wege der Fernerkundung in der Vegetationskunde. In: BfG-Veranstaltungen 3/2011: Zeitgemäße Erfassung und Bereitstellung von Geobasisdaten für die WSV, 06.-07.04.2011, Koblenz, pp. 125-134. ISSN 1866 – 220X.

Bauer, E.M., Heuner, M., Schröder, U., Kleinschmit, B., Schiewe, J. & Schmidtlein, S. (2010): Ästuarvegetation und Vorlandschutz im Klimawandel. Nutzung von Fernerkundungsmethoden. – Poster, 06./07.10.2010, 3. Hamburger Symposium "Geoinformationen für die Küstenzone", HCU Hamburg. http://www.gis-kueste.de/2010/sbt/KLIWAS_309_Poster_TeilprojektFernerkundg_A4_20101005.pdf

15.2.13 Weitere Projektergebnisse

Bauer, E.M. & Heuner, M. (in Vorbereitung): Klimabedingte Änderung der Vorlandvegetation und ihrer Funktionen in Ästuaren sowie Anpassungsoptionen für die Unterhaltung. KLIWAS 3.09-Abschlussbericht. – KLIWAS-Schriftenreihe

Bräuer, P. (2013): Biomechanik der Strandsimse (Bolboschoenus maritimus). – Bericht, Technische Universität Dresden, Fakultät für Biologie, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, 22 S. + Anhang.

Bauer, E.M., Heuner, M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2013): Vorlandvegetation in Nordseeästuaren. - In: Mehling, A.: Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und

Schifffahrt. Entwicklung von Anpassungsoptionen. Ausgewählte, vorläufige Ergebnisse zur 3. Statuskonferenz am 12./13.11. 2013, KLIWAS-22/2013, S. 44-46
http://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/02_Aktuelles/12_statuskonf_2013/kliwas_kompakt_1311.pdf?__blob=publicationFile

Bauer, E.M., Heuner, M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2012): Ästuarvegetation und Vorlandschutz. – In: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.): KLIWAS – Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt in Deutschland, 2. Statuskonferenz, 25./26.10.2011, Berlin, 144-146.
http://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/Service/Downloads/Publikationen/tagungsband_oktober_2011_berlin.pdf?__blob=publicationFile

Heuner, M., Bauer, E.M., Burger, B., Fuchs, E., Gehres, N., Kleisinger, C., Pelzer, J. & Simon, M. (2012): Voruntersuchungen. Vorlandflächen als Senke von Sedimenten und Schadstoffen. – KLIWAS-4/2012, 89 pp., Koblenz. DOI: 10.5675/Kliwas_4/2012_Vorlandflächen.
http://doi.bafg.de/KLIWAS/2012/Kliwas_4.2012_Vorlandflaechen.pdf

Schröder, H.H., Köhler-Loum, U. & Müller, N. (2012): Recherche zu naturschutzfachlich bedeutsamen Arten im Weserästuar. – Bericht, KÜFOG, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, 11 S. + Anhang.

Bauer, E.M., Heuner, M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2011): Ästuarvegetation und Vorlandschutz im Klimawandel. 2. KLIWAS-Statuskonferenz, 25/26.10.2011, Berlin. Poster.
http://www.kliwas.de/KLIWAS/DE/02_Aktuelles/07_statuskonf_2011/04_poster/Downloads/Poster20_Aestuarvegetation_Vorlandschutz.pdf?__blob=publicationFile

Schröder, H.H., Köhler-Loum, U. & Müller, N. (2011): Recherche zu naturschutzfachlich bedeutsamen Arten im Elbeästuar. – Bericht, KÜFOG, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, 8 S. + Anhang.

Bauer, E.M. & Heuner, M. (2010): Ästuarvegetation und Vorlandschutz im Klimawandel. – Poster, 06./07.10.2010, 3. Hamburger Symposium "Geoinformationen für die Küstenzone", HCU Hamburg.
http://www.gis-kueste.de/2010/sbt/KLIWAS_309_Poster_Gesamtprojekt_A4_20101005.pdf

Bauer, E.M., Heuner, M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2010): Vegetation shift in German estuaries due to climate change? – Conference Proceedings "Deltas in Times of Climate Change", 29.9.-1.10.2010, Rotterdam, pp. 84-85.

Heuner, M., Bauer, E.M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2010): Climate adapted marsh management on German estuaries. – Proceedings of the PIANC MMX Congress, 10.-14.5.2010, Liverpool, 8 pp.

Heuner, M., Bauer, E.M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2010): Anpassungsoptionen für das Vorlandmanagement deutscher Ästuare angesichts des Klimawandels. – PIANC-Kongress 2010, 10.-14.5.2010, Liverpool, Deutsche Beiträge, pp. 125-130.

Heuner, M., Bauer, E.M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2010): Climate adapted marsh management for German estuaries. – Poster, 10.-14.05.2010, PIANC MMX Congress, Liverpool.

Heuner, M., Bauer, E.M., Fuchs, E., Schröder, U. & Sundermeier, A. (2010): Klimawandel in Flussmündungen: Anpassungsoptionen für den Uferschutz. – Poster, 21.-22.08.2010, BMVBS, Berlin.

Petersen, J. (2009): Neophyten-Erfassung im Rahmen der Vegetationskartierung (2008/2009) der Deichvorländer an Unter- und Außenweser und im Gebiet Lesum/Hamme/Wümme. – Bericht, nature-consult, Hildesheim, Auftraggeber: Bundesanstalt für Gewässerkunde, 21 S.

Dank

Wir erhielten Daten und praktische Unterstützung von den Wasser- und Schifffahrtsämtern Bremen, Bremerhaven und Hamburg, der Hamburg Port Authority (HPA) sowie Bremenports.

Ebenfalls Daten und/ oder Betretungsgenehmigungen bekamen wir vom Bremischen Deichverband am rechten Weserufer, vom II. Oldenburgischen Deichband, von der Niedersächsische Wattenmeerstiftung, von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg (BSU), dem Bezirksamt Hamburg-Mitte, dem Senator für Umwelt, Bau und Verkehr Bremen, dem Landesbetrieb Küstenschutz, Nationalpark und Meeresschutz Schleswig-Holstein (LKN), dem Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein (LLUR), dem Niedersächsischen Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN), den Landkreisen Cuxhaven, Pinneberg, Stade, Steinburg und Wesermarsch, der Gesellschaft für Ökologische Planung e. V. (GÖP), der TU Dresden, Fakultät für Biologie, den Fachbüros Galileo Group Inc., KÜFOG, nature-consult, und planungsgruppe grün sowie zahlreichen Landeigentümern und Pächtern an Elbe und Weser.

Wertvolle Kooperationspartner fanden wir im Royal Netherlands Institute for Sea Research (NIOZ, ehemaliges NI-OOCEME) sowie in der Universiteit Gent, Faculteit Ingenieurswetenschappen; Vakgroep Civie-le Techniek; Afdeling weg- en waterbouw.

Ihnen allen sei hiermit herzlich gedankt.

Bundesanstalt für
Gewässerkunde

Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz

Postfach 200253
56002 Koblenz

Tel.: 0261/ 1306-0
Fax: 0261/ 1306-5302

E-Mail: posteingang@bafg.de
Internet: www.bafg.de

Bundesministerium
für Verkehr, Bau
und Stadtentwicklung