

Praxisorientierte Forschung im Elbeästuar – Gelegenheiten zur Förderung von WwN

Dipl.-Geograph Uwe Schröder,
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Dr. Carolin Schmidt-Wygasch,
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Dipl.-Geoökologin Maike Heuner,
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Dr. Elmar Fuchs,
Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz

Zusammenfassung

Die Tideelbe ist das mehr als 100 km lange verbindende nautische Element des Hamburger Hafens mit der Welt in Übersee. Im Nachgang der vergangenen Anpassung der Fahrrinne an die Containerschifffahrt in 1999/2000 wurden verschiedene wissenschaftliche Untersuchungen zur Vegetation, Boden und Sediment der Ufer durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen können als wertvolle Bausteine zur Umsetzung der Planungsschritte des PIANC *Working with Nature* (WwN) Ansatzes dienen, da insbesondere Lücken im Systemverständnis der Ästuarie bestehen, die die Nutzung der natürlichen Prozesse beeinträchtigen. Das bessere Verständnis der Funktionen und Prozesse der tidebeeinflussten Uferzonen ist Kern der hier betrachteten Forschungen. Eine neue Umweltgesetzgebung hat dazu geführt, dass die Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) bezüglich der Unterhaltung der Wasserstraßen und der Uferzonen neue Wege beschreiten muss. Mittlerweile ist es gesellschaftlicher Standard, dass schifffahrtsgebundene Projekte nicht nur die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt berücksichtigen sondern auch die Belange der Natur.

1. Einleitung – Projektbedarf und Ziele formulieren) (Establish Project Need and Objectives

Seit mehreren Jahrhunderten werden die Mündungen großer Flüsse und ihre angrenzenden Marschen für Siedlungen, Landwirtschaft und Handel beansprucht (Temmerman et al. 2013). Deiche zum Schutz und zur Entwicklung dieser Gebiete wurden gebaut, Ufer befestigt und die Flüsse begradigt und vertieft; so auch die Tideelbe. Heute ist dieser Flussabschnitt im Norden Deutschlands einer der meist befahrenen Schifffahrtsstraßen und der Hamburger Hafen ist einer der größten Überseehäfen in Europa. Die Marschen an der Tideelbe werden intensiv durch die Landwirtschaft genutzt. Diese enorme ökonomische Bedeutung bedingt ein intensives Management der Tideelbe als Wasserstraße, um den Herausforderungen von Heute und in Zukunft gewachsen zu sein. Technische Befestigungen von Ufern sind ein Aspekt, um die Wasserstraße zu sichern. An der Tideelbe ist dies auch in großem Stil passiert, 60% der Uferabschnitte zwischen Geesthacht und Cuxhaven sind gesichert. Gleichzeitig sind an der Tideelbe Uferbereiche erhalten geblieben, die eine naturnahe Vegetationszonierung aufweisen und von hohem ökologischem Wert sind. Diese Bedeutung für die Umwelt wird sichtbar durch die Unterschätzung großer Anteile der Uferbereiche auf Grundlage nationaler und europäischer Gesetzgebungen und Richtlinien. Diese Gebiete

geraten weiterhin unter Druck durch anthropogen verursachte Veränderungen, ausgelöst zum Beispiel durch die Vertiefung der Fahrrinne. Bislang folgten Ausbaumaßnahmen der Eingriffsregelung mit Vermeidung und Kompensation möglicher Umweltauswirkungen. Möglichkeiten zur Flächenkompensation sind bereits begrenzt und die Gefahr wächst, dass in naher Zukunft die natürlichen Leistungen der betroffenen Ökosysteme für immer verloren gehen. Im Einklang mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (Europäische Kommission 2000) und dem Wasserhaushaltsgesetzes (WHG 2009) ist die WSV mittlerweile gehalten, nicht nur die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt zu gewährleisten sondern auch die Erreichung eines guten ökologischen Zustands der Gewässer und ihrer Ufer zu fördern. Diese Kombination von ökologischen und schifffahrts-technischen Aufgaben ist für die WSV eine neue Herausforderung. Ein neues Denken ist dafür erforderlich; es muss mehr gemanagt denn kontrolliert werden. Die PIANC *Working with Nature* Philosophie (WwN) wurde von ihrer Umwelt Kommission EnviCom 2008 erarbeitet und ist jetzt fester Bestandteil des allgemeinen PIANC Auftrages und Zielsetzung (PIANC 2008). WwN versucht einen Wandel im Planungs- und Umsetzungsprozess von Wasserstraßen- und Hafeninfrastrukturmaßnahmen einzuleiten. WwN empfiehlt bereits in frühesten Planungsphasen Natur und Technik zu berücksichtigen: *Establish Project Needs and Objectives* (Projektbedarf und Ziele formulieren), *Understand the Environment* (Umwelt und Natur verstehen), *Make Meaningful Use of Stakeholder Engagement and Identify Win-Win Options* (Betroffene Interessenvertreter einbeziehen und Win-Win-Situationen identifizieren), *Prepare Project Design to Benefit Navigation and Nature* (Projektplanung und -umsetzung ausarbeiten zum gemeinsamen Nutzen von Schifffahrt, Umwelt und Natur). Gleichwohl ist es offensichtlich, dass es für die Umsetzung des Konzepts erhebliche Wissenslücken und somit Forschungsbedarf hinsichtlich der Schritte Naturverständnis und Nutzbarmachung natürlicher Prozesse existiert. Dies trifft auch für Maßnahmen an der Tideelbe zu. Das Sedimentmanagementkonzept für die Tideelbe und die zukünftige Gestaltung der Ufer sind prominente Beispiele. Für letztgenanntes, den Rückbau von verbauten zu naturnahen Ufern, besteht Forschungsbedarf zu Fragen der hydro-morphologischen Prozesse (z. B. die hydromechanische Belastung der Ufer durch schiffsinduzierte Wellen) und der Ausgestaltung und Charakteristik von Ufervegetation und Böden. Folgerichtig ist eine interdisziplinäre Forschung nötig, die naturwissenschaftliche und technische Fragestellungen mit sozio-ökonomischen verbindet.

2. Veränderungen der Röhrichtzonen – Umwelt und Natur verstehen (Understand the Environment)

Zur Sicherstellung der Containerschifffahrt zum Hamburger Hafen wurde die Fahrrinne der Tideelbe mehrfach ausgebaut. Solche Maßnahmen führten zu Veränderungen der Tidekennwerte (z. B. der Erhöhung des Mittleren Tidehochwassers). Aufgrund dessen wurde neben anderen Auswirkungen auch ein starker Verlust der Tide-Röhrichte in Folge der vergangenen Fahrrinnenanpassung 1999/2000 prognostiziert (PÖUN 1997). Zur Beweissicherung der tatsächlichen Veränderungen der ufernahen Vegetation und zur Erlangung eines

besseren Systemverständnisses der Tideelbe wurde ein Langzeit-Monitoring aufgesetzt (Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord 1999, Schröder 2004a). Dies war ein erster signifikanter Schritt für die Verbesserung des Verständnisses der Prozesszusammenhänge im System Fluss und Ufer.

2.1 Monitoring

Zur hochgenauen Ableitung der tatsächlichen Ausdehnung und der Veränderungen der ufernaher Vegetationseinheiten wurde ein auf hochauflösenden multispektralen Luftbilddaten aufbauender Klassifikationsalgorithmus entwickelt (Ehlers et al. 2000, Gähler et al. 2002). Bis zum heutigen Zeitpunkt wurde die Vegetation an der Tideelbe in vier Kampagnen erfasst (2000/2001, 2002, 2006 und 2010) und ein raumzeitliches Modell der Entwicklung der Ufervegetation aufgebaut.

Zusätzlich wurden historische Luftbilddaten analysiert und interpretiert, um auch die vergangene Entwicklung der Ufervegetation zu erfassen (Schröder 2004b) (siehe Abbildung 1).

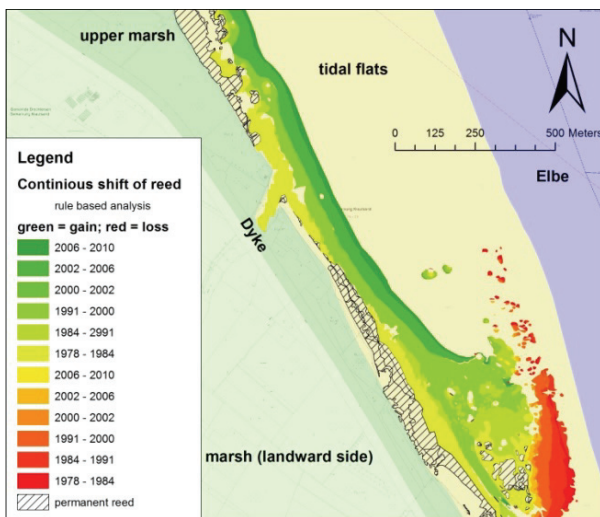


Abbildung 1: Ausschnitt einer Darstellung des raumzeitlichen Modells zur Entwicklung von Tide-Röhrichte (Analysen historischer Luftbilddaten und rezenter Fernerkundungsdaten von 1978 bis 2010)

Entgegen der Annahme, dass es zu massiven Verlusten der Tide-Röhrichte in Folge der Fahrrinnenanpassung von 1999/2000 kommen sollte, sind diese nicht, weder in historischer Zeit noch aktuell, in weiten Gebieten der Tideelbe zurückgegangen. Sowohl Zuwächse als auch Verluste wurden detektiert, teilweise in nächster Nachbarschaft (siehe Abbildung 1). Die Tideparameter sind nicht so sehr wie ursprünglich angenommen allein für Veränderungen in der Ausdehnung der Tide-Röhrichte verantwortlich. Das Zusammenspiel von Erosion und Sedimentation, also morphodynamische Prozesse, scheinen die Haupttreiber von Veränderungen zu sein (Schröder 2004b). Die ufernahe Verbringerung von Baggergut und die Verkürzung von Deichlinien haben in den letzten 50 Jahren neue Ufer und Inseln geschaffen. Aufgrund ihres relativ jungen Alters

sind diese Abschnitte in Teilbereichen bis heute besonders dynamische Ufer (Schröder 2004a). Die Verringerung der Fließgeschwindigkeiten in den Seitenarmen führt zu stärkerer Sedimentation und somit zur weiteren Ausbreitung der Tide-Röhrichte. Dementgegen nahm die Belastung durch Schiffswellen mit jeder Generation neuer Frachtschiffe zu, so dass es zu offensichtlichen Beeinträchtigungen der nah zur Fahrrinne siedelnden Ufervegetation kam. Aus den diesen Zusammenhängen zugrunde liegenden Prozessen und ihre Bemessung leitet sich weiterer Forschungsbedarf ab.

2.2 Entwicklung von Lebensraumeignungsmodellen

Aufbauend auf den Monitoringdaten und ergänzenden Felddaten wurden Lebensraumeignungsmodelle für die Ufervegetation entwickelt (Heuner 2006). Mittels dieser Modelle können Veränderungen in der Ausdehnung der betrachteten Vegetationseinheiten im Falle von Veränderungen der Topographie oder der Tidekennwerte prognostiziert werden. Die GIS-generierten Parameter „Relative Höhe zum Mittleren Tidehochwasser“ und „Distanz zur Fahrrinnenachse“ als Proxy für schiffsinduzierte Wellenbelastungen konnten als Einflussvariablen für die Antwortvariablen (Habitate) „Watt“ und die landeinwärts folgenden Vegetationseinheiten der „Pionier-Röhrichte“ (z. B. dominiert von der Strandsimse), der „Schilfröhrichte“ und den „Gebüsch und Bäumen“ bestätigt werden (Fuchs et al. 2013).

Diese Modelle konnten zur Vorhersage der räumlichen Entwicklung der von Tide-Röhrichte in Folge von Ausbaumaßnahmen der Fahrrinne oder des Klimawandels genutzt werden. Im KLIWAS 3.09-Projekt – ein Projekt des Klimafolgenforschungsprogramms des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur – wurde mit diesen Modellen der Einfluss des Meeresspiegelanstiegs in Zeiten des Klimawandels auf die Ufervegetation untersucht. Zusätzlich wurden in diesem Projekt 1:1 Laborversuche aufgesetzt, in denen der Einfluss von Wellen auf einige Arten der Pionier-Röhrichte untersucht wurde. Erste Ergebnisse zeigen Unterschiede zwischen den Arten in der an den Halmen wirkenden Zugkraft und im Vermögen, Wellenenergie zu dämpfen (Heuner 2013).

Eine weitere Möglichkeit diese Modelle zu nutzen ist, das Entwicklungspotenzial von Röhrichte in unterschiedlichen vorgeplanten Ufergestaltungsoptionen für einen optimierten Rückbau eines technisch gesicherten Ufers zu prognostizieren.

3. Ufersicherung in Zeiten des Wandels – Betroffene Interessensvertreter einbeziehen und Win-Win Situationen identifizieren (Make Meaningful Use of Stakeholder Engagement and Identify Win-Win Options)

Der Globale Wandel förderte ein stärkeres gesellschaftliches Bewusstsein bezüglich der Ökologie und ihres gesellschaftlichen und ökonomischen Wertes. Der Verlust ökosystemarer Funktionen und Leistungen durch die bisherige Unterhaltung und Ausbau von Wasserstraßen hatte ein neues interdisziplinäres Denken zur Folge.

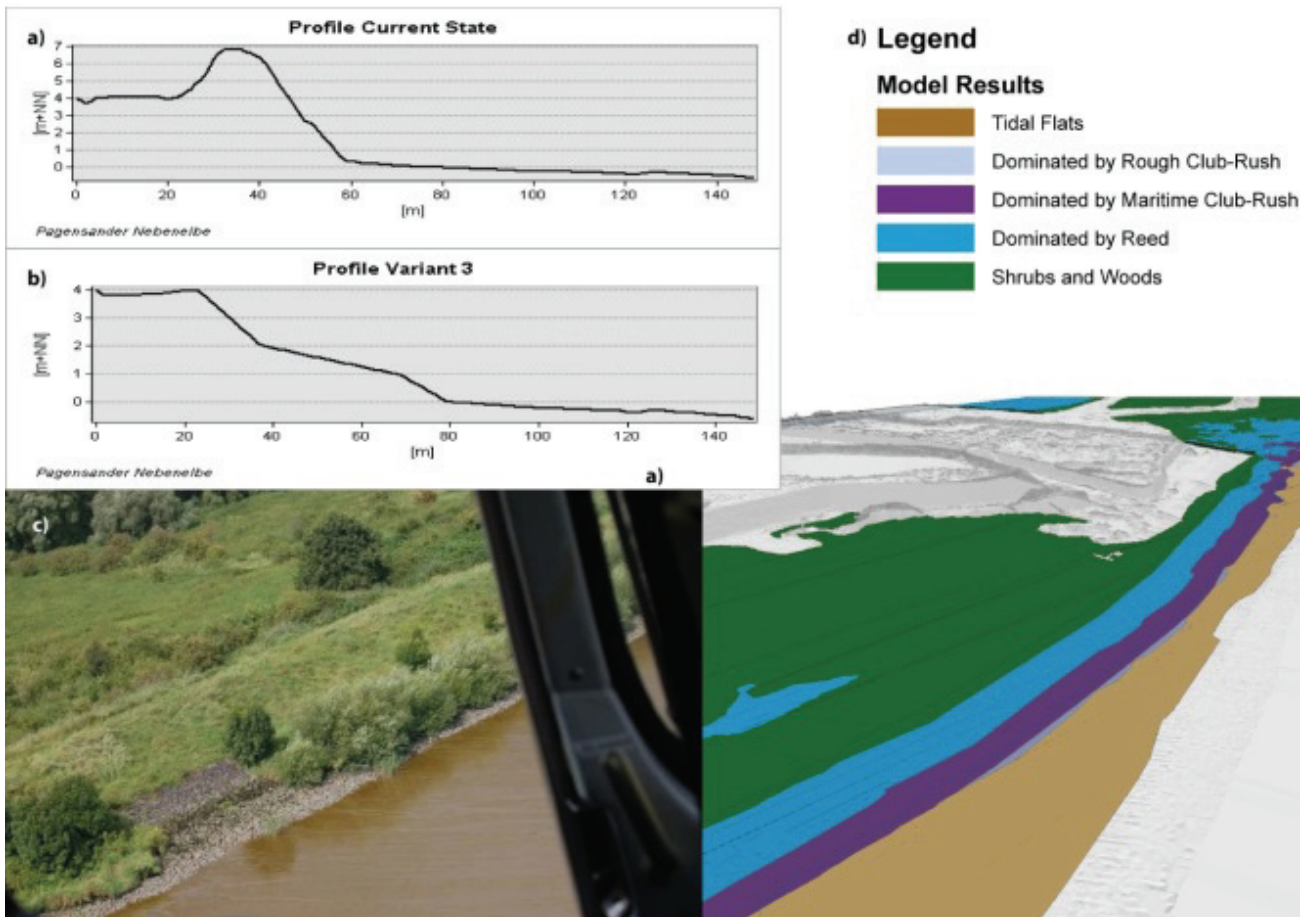


Abbildung 2: Beispiel einer Anwendung des Habitateignungsmodells zur Entscheidungshilfe bei Rückbaumaßnahmen technisch gesicherter Ufer; a) Uferprofil des Ist-Zustands, b) Profilvariante eines rückgebauten Ufers, c) Luftaufnahme des Ufers, d) Ergebnis der Modellanwendung auf die gewählte Variante

Der Rückgang naturnaher Lebensräume und der begrenzte Raum an Kompensationsmöglichkeiten führten zu einer mehr die Nachhaltigkeit fokussierende Umweltgesetzgebung. Die Einführung der WRRL (Europäische Kommission 2000) und in Folge dessen die Verabschiedung des überarbeiteten Wasserhaushaltsgesetzes (WHG 2009) haben die Aufgaben der WSV dahingehend erweitert, dass nicht allein die Sicherheit und Leichtigkeit der Schifffahrt im Fokus zu stehen hat sondern auch ein verantwortlicher Umgang mit den natürlichen Ressourcen der Gewässer und Ufer.

Über 60 Prozent der Ufer der Tideelbe zwischen dem Wehr bei Geesthacht und Cuxhaven sind technisch gesichert. Sie unterliegen stark veränderten hydro-morphologischen Bedingungen und weisen nur verarmte Ausprägungen einer typischen Ästuar-Vegetation auf. In Übereinstimmung mit den Zielen der WRRL, ein gutes ökologisches Potential des erheblich veränderten Wasserkörpers der Tideelbe zu erreichen, sind auch die regionalen integrierten Bewirtschaftungspläne u. a. darauf ausgelegt technisch gesicherte Ufer in naturnähere und strukturreichere Übergangsräume zu verwandeln. Die Integration der Ziele von Schifffahrt, Naturschutz, Landwirtschaft oder Naherholung und das Auffinden gemeinsamer Lösungen führt zu Win-Win-Situationen für alle betroffenen Interessensgruppen.

4. Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „ElbService“ – Projektplanung und -umsetzung ausarbeiten zum gemeinsamen Nutzen von Schifffahrt, Umwelt und Natur (*Prepare Project Proposal/Design to Benefit Navigation and Nature*)

Die Herausforderung bei der Kombination von schiffahrtlichen Anforderungen mit ökologischen Belangen bei Unterhaltung- und Ausbau von Wasserstraßen ist, den Vorteil bei naturerhaltenden oder fördernden Maßnahmen auch ökonomisch zu fassen und den rein schiffahrtsgebundenen Betrachtungen also fiskalisch gegenüber zustellen. Zur ökonomischen Bewertung ökosystemarer Leistungen bietet sich das Konzept der *Ecosystem Services*, der Ökosystemleistungen, an (TEEB 2010).

In diesem Kontext wurde das Forschungsprojekt ElbService, gefördert vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, durch die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) ins Leben gerufen. Es ist im Programm zur wasserwirtschaftlichen Unterhaltung eingebettet. In ElbService werden Grundlagen für das Verständnis der Uferstabilität und ihrer natürlichen Prozesse sowie der ableitbaren Ökosystemleistungen erarbeitet (siehe Abbildung 3).

Das Projekt ist in drei Teilprojekte gegliedert.

- Die Stabilität von Uferböden (in Kooperation mit der Universität Kiel)
- Die Ökosystemleistungen naturnaher Ufer im Vergleich mit technisch gesicherten Ufern (in Kooperation mit der Universität Göttingen)
- Zusammenfassende Empfehlungen für die WSW wo und in welchem Ausmaß Rückbaumaßnahmen technisch gesicherter Ufer möglich sein können und die Herausstellung der Vorteile für Schifffahrt und Natur.

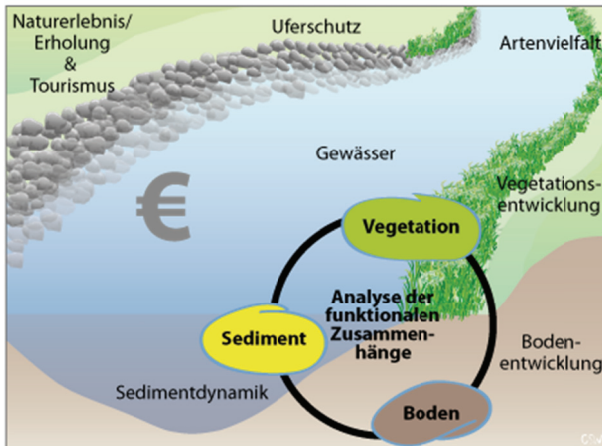


Abbildung 3: Forschungsschwerpunkte des interdisziplinären Projekts ElbService

4.1 Bodenstabilität

Die Kombination von bodenmechanischen Untersuchungen mit Analysen der Boden- und Vegetationsentwicklung erbringt konkrete Beschreibungen und Werte der Widerstandskraft der Uferböden gegenüber hydrodynamischen Belastungen insbesondere des Wellenangriffes. 22 stratifiziert und randomisiert ausgewählte Uferstandorte entlang der Tideelbe wurden für die Boden- und Vegetationsanalysen beprobt. Die Standorte decken den Salinitätsgradienten im Längsverlauf der Tideelbe sowie einen Substratgradienten von Sand zu Ton ab. An jedem Standort wurde der horizontale Wasser-Land-Gradient beachtet, indem jeweils das vegetationslose Watt, Röhricht- und Grünlandböden beprobt wurden. Somit fanden auch verschiedenen Phasen der Bodenentwicklung Berücksichtigung. Der vertikale Gradient ist durch die Beprobungstiefen abgedeckt.

Zyklische Belastungsversuche mit ungestörten Uferbodenproben wurden eingesetzt, die Wellenbelastung der Böden auf der Aggregatsebene (Mesoskala) zu simulieren (Baumgarten et al. 2012). Mittels dieser Experimente wird der zyklische Kompressibilitätsindex (Cn) und der Elastizitätsindex (EI) abgeleitet (Peth & Horn 2006), um das Verhalten des Bodenmaterials unter Belastung zu beschreiben. Die intrinsischen Bodencharakteristika der Mikroskala werden mit rheologischen Messverfahren ermittelt. Die Ergebnisse sollen darüber Aufschluss geben, welche kritische Belastung notwendig ist, dass die mikrostrukturellen Eigenschaften des Bodenmaterials irreversibel verlorengehen, bzw. welche Grade der Belastung die Mikrostruktur erträgt und trotz der einwirkenden Störungen nicht kollabiert.

Die Stabilität der ufernahen Böden soll anhand der bodenmechanischen Untersuchungen abgeleitet werden und in Zusammenschau mit den Boden – und Vegetationsanalysen parametrisiert werden. Mittels sogenannter Pedotransfer-Funktionen besteht die Möglichkeit, das Kriterium Stabilität auf standardisierte Boden- und Vegetationsdaten zu übertragen. Im Idealfall können Bemessungswerte für den Rückbau naturnaher Ufer abgeleitet werden.

4.2 Ökosystemleistungen

In der Regel können sozio-ökonomische Faktoren, beispielsweise ausgedrückt in monetären Indizes, leichter kommuniziert werden als naturwissenschaftliche Erkenntnisse und sind damit für politische Entscheidungsträger durchaus relevanter. Daher wurde ein System entwickelt, mit dem es möglich ist, den Wert ökosystemarer Leistungen und Nutzstiftungen monetär zu berechnen. Die Bewertung der sogenannten Ökosystemleistungen sind also ein Mittel, die qualitativen Zustände von Lebensräumen quantitativ zu erfassen (Millennium Ecosystem Assessment 2005, TEEB 2010). Insbesondere die Auen stellen unterschiedliche Güter und Dienste zur Verfügung, als da z. B. wären: Schutz vor Überflutung, Retention oder ein hoher Erholungswert (Turner et al. 1998, Woodward & Wui 2001). Im Projekt ElbService wird davon ausgegangen, dass der Rückbau technisch gesicherter Ufer auch Vorteile in monetärer Hinsicht gemäß des Ansatzes der Ökosystemleistungen bietet. Der implizite Schutz der Natur und die somit ermöglichte Naturerfahrung durch die lokale Bevölkerung sind zwei Beispiele. Diese, aber auch andere Nutzstiftungen, sind öffentliche Güter für die kein handelbarer Preis existiert. Um die Zahlungsbereitschaft in der Bevölkerung für oder gegen Veränderungen ihrer Umgebung zu berechnen (Pearce & Pretty 1993), wurde auf eine Kombination mehrerer Ansätze zurückgegriffen, die in einer Kosten-Nutzenanalyse münden (Marggraf 2005). Da die öffentliche Wertschätzung sich aus Einzelmeinungen ergibt, wurde ein Choice-Experiment (CE) (Hanley et al. 1998, Alpizar et al. 2003) aufgesetzt, um die Zahlungsbereitschaft für unterschiedliche Alternativen im Umgang mit den Uferlebensräumen ermitteln zu können. CE ist eine Methode der quantitativen Meinungsforschung zur Ermittlung des Wertes für die Bevölkerung von nicht handelbaren Gütern und Diensten wie Biodiversität oder Erholung. So können unterschiedliche Möglichkeiten der Uferverbauung miteinander verglichen werden und ihr ökonomischer Wert tritt zu Tage.

In einer ersten Phase wurden 21 qualitative Interviews mit Anwohnern und 15 mit Interessenvertretern geführt, um das nötige Hintergrundwissen zu Wissen und Einstellungen der Bevölkerung bezüglich Uferlebensräume, Artenvielfalt, Ausprägung der Ufer und der Wahrnehmung der Tideelbe selbst aufzubauen. Diese Interviews zeigten bereits, dass es für die Bevölkerung der Region sehr wichtig ist, eine möglichst freie Sicht auf den Fluss zu haben. Der Artenschutz ist offensichtlich ebenso wichtig. Auf dieser Basis wurde die stilistische Ausgestaltung für die Hauptbefragung mittels CE entworfen.

Die Piloterhebung mittels CE im Herbst 2013 ergab, dass eine signifikante Zahlungsbereitschaft für die Förderung der Qualität von Uferlebensräumen für typi-

sche und seltene Arten besteht. Ein potentieller Rückbau von 10 Prozent der befestigten Ufer der Tideelbe würde mit 27 € pro Jahr und Haushalt unterstützt werden, solange die Sicherheit der Deiche nicht beeinträchtigt ist. Verlässlichere Ergebnisse werden mit der Auswertung der Daten aus der Haupterhebung im Frühjahr 2014 erwartet.

Mit der Einbeziehung nicht nur der technischen Kosten für Uferschutzalternativen sondern auch der monetären Werte der nicht handelbaren Güter wie Artenvielfalt und Erholung haben (lokale) Entscheidungsträger umfassendere Informationen, um zukünftig stichhaltiger und umfänglicher bezüglich ökologischer, sozialer und ökonomischer Belange zu entscheiden und zu handeln.

Die monetären Werte einzelner Maßnahmen des Rückbaus von Uferbefestigungen, oder auch größerer Maßnahmen, die besonderer gesellschaftlicher Wertschätzung unterliegen, können auf lange Sicht die hohen Investitionskosten zur Herstellung naturnaher Ufer kompensieren.

5. Ausblick

Die vorgestellten Forschungsansätze, mit Schwerpunkt auf das Projekt ElbService, sind als Beiträge zu sehen, wie Hemmnisse bei der Umsetzung von Projekten gemäß dem PIANC WwN- Konzept (siehe Kapitel 1) beseitigt werden können. Insbesondere die WwN-Elemente *Understanding the Environment* und *Making Use of Natural Processes* werden und müssen weiter vertieft und erörtert werden, um in der Praxis Anwendung zu finden. Bezogen auf die Unterhaltung und die Anlage naturnaher Uferzonen der Tidelbe können mit dem gewonnenen Naturverständnis, Empfehlungen abgeleitet werden, wie eine weithin intakte Natur für die Ziele der Schifffahrt nutzbar gemacht werden kann.

Der wichtige Schritt „Identifizierung von Win-Win-Situationen und Einbeziehung von Interessenvertretern“ kann mit dem Konzept der Ökosystemleistungen untermauert werden. Mit ElbService wird erstmals ein monetärer Wert ermittelt, der zur Förderung der Ökologie bei der Gestaltung von Flussufern einbezogen werden kann. Geldwerte sind – auch wenn es manchem schwer fällt, dies zu akzeptieren – leichter zu verstehen und zu kommunizieren als schwer greifbare Aussagen zu ökologischen Fragen, Bedingungen oder Grenzen. Diese Tatsache ermöglicht, alle Interessenvertreter gleichsam in die Entscheidungsfindung zu integrieren.

Das Wissen aus ElbService kann insbesondere helfen die Ziele, technisch gesicherte Ufer an der Tideelbe rückzubauen, umzusetzen, wie im Integrierten Bewirtschaftungsplan (Arbeitsgruppe Elbeästuar 2012) gefordert. So kann eine verbesserte Akzeptanz dieser Maßnahmen durch die unterschiedlichen Interessensvertreter und die Öffentlichkeit erwartet werden. Damit ist eines der wichtigsten Ziele des WwN-Ansatzes erfüllt.

Allerdings bestehen noch Wissenslücken im komplexen Zusammenwirken von Hydro-Morphologie, Ökologie und insbesondere in der Verknüpfung mit dem System der Ökosystemleistungen. Interdisziplinäre Forschungen, aufsetzend auf diesen ersten Schritt, und ihre Übertragung in die anwendungsbezogene Praxis werden in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen.

Danksagung

Universität Göttingen, Universität Kiel, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur

Literatur

ALPIZAR, F., CARLSSON, F. & MARTINSSON, P. (2003): Using Choice Experiments for Non-Market Valuation. *Economic Issues*, **8** (1)S.: 83-110. DOI:

ARBEITSGRUPPE ELBEÄSTUAR (2012): Integrierter Bewirtschaftungsplan Elbeästuar. <http://www-natura2000-unterelbe.de/links-Gesamtplan.php>.

Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt, K.-u. N. Land Niedersachsen - Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, U. u. I. R. Land Schleswig-Holstein - Ministerium für Landwirtschaft, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord & Hamburg Port authority.

BAUMGARTEN, W., NEUGEBAUER, T., FUCHS, E. & HORN, R. (2012): Structural stability of Marshland soils of the riparian zone of the Tidal Elbe River. *Soil & Tillage Research*, **125** S.: 80–88. DOI: 10.1016/j.still.2012.06.002

EHLERS, M., MÖLLER, M., JANOWSKY, R. & GÄHLER, M. (2000): Entwicklung einer Methode zur automatisierten Biotypenerfassung auf der Grundlage von HRSC-A-Scannerdaten - Abschlussbericht im Auftrag der BfG, Hochschule Vechta - Institut für Umweltwissenschaften. Vechta.

EUROPÄISCHE KOMMISSION (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (Wasser-Rahmen-Richtlinie - WRRL). ABl. Nr. L 327 vom 22.12.2000 S. 1. 2455/2001/EG - ABl. Nr. L 331 vom 15.12.2001 S. 1, geändert durch Beitrittsakte 2003, RL 2008/32/EG - ABl. Nr. L 81 vom: 20.3.2008 S. 60 2009/31/EG - ABl. Nr. L 140 vom: 23.04.2009 S. 114. Europäische Kommission.

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. IAHS-IAPSO-IASPEI Assembly, Gothenburg.

GÄHLER, M., JANOWSKY, R. & SCHRÖDER, U. (2002): Automatisierte Biotypenklassifikation auf Basis höchstauflösender Flugzeugscannerdaten. Fernerkundung und GIS, Neue Sensoren - innovative Methoden, Salzburg, Wichmann.

HANLEY, N., WRIGHT, R. & ADAMOWICZ, V. (1998): Using Choice Experiments to Value the Environment. *Environmental and Resource Economics*, **11** (3-4)S.: 413-428. DOI: 10.1023/A:1008287310583

HEUNER, M. (2006): Weiterentwicklung, Anwendung und Validierung von Lebensraumeignungsmodellen verschiedener Tideröhrichte der Unter- und Außenweser sowie der Unter- und Außenelbe auf Grundlagen von Daten der WSÄ Hamburg und Bremerhaven - Abschlussbericht – Endfassung unter Berücksichtigung weiterer hydrologischer Daten, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Universität

Karlsruhe (TH) Institut für Wasser und Gewässerentwicklung. . 60.

HEUNER, M. (2013): Wellenexperimente - zwei Pionierrohrliche im Vergleich. in: Die Vegetation an Tidelbe und Tideweser im Klimawandel. E.-M. Bauer & M. Heuner (Hrsg.). Koblenz, Bundesanstalt für Gewässerkunde: S.: 10-11.

MARGGRAF, R. (2005): Ökonomische Bewertung bei umweltrelevanten Entscheidungen Einsatzmöglichkeiten von Zahlungsbereitschaftsanalysen in Politik und Wirtschaft. Ökologie und Wirtschaftsforschung. Metropolis-Verl., Marburg.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (2005): Ecosystems and human well-being : Synthesis. The Millennium Ecosystem Assessment series. Washington, DC, World Resources Institute.

PEARCE, D. W. & PRETTY, J. N. (1993): Economic Values and the Natural World. Earthscan.

PETH, S. & HORN, R. (2006): The mechanical behavior of structured and homogenized soil under repeated loading. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **169** (3):S.: 401-410. DOI: 10.1002/jpln.200521942

PIANC (2008): "Working with Nature. PIANC Position Paper.", October 2008, revised January 2011. from <http://www.pianc.org/wwwnpositionpaper.php>.

PÖUN (1997): Umweltverträglichkeitsstudie zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt, Teil 1: Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU). Untersuchung im Auftrag der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Wasser- und Schifffahrtsamt Hamburg und der Freien und Hansestadt Hamburg, Wirtschaftsbehörde, Amt Strom- und Hafenbau, Planungsgruppe Ökologie + Umwelt Nord (PÖUN). Hamburg.

SCHRÖDER, U. (2004a): 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 Containerschifffahrt (14,5 m Ausbau). BfG-Bericht, Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Koblenz. **BfG-1441**.

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

TEEB (2010): The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB.

TEMMERMAN, S., MEIRE, P., BOUMA, T. J., HERMAN, P. M. J., YSEBAERT, T. & DE VRIEND, H. J. (2013): Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature*, **504** (7478):S.: 79-83. DOI: 10.1038/nature12859

TURNER, R. K., VAN DEN BERGH, J. C. J. M., BARENDREGT, A. & MALTBY, E. (1998): Ecological-economic analysis of wetlands: Science and Social-Science Integration.

WASSER- UND SCHIFFFAHRTSDIREKTION NORD (1999): Planfeststellungsbeschluss zur Anpassung der Fahrrinne der Unter- und Außenelbe an die Containerschifffahrt, Bundesstrecke, Wasser- und Schifffahrtsdirektion Nord (WSD-Nord). Kiel.

WHG (2009): WHG - Wasserhaushaltsgesetz. Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts. vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 76 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154). WHG. Bundesrepublik Deutschland.

WOODWARD, R. T. & WUI, Y.-S. (2001): The economic value of wetland services: a meta-analysis. *Ecological Economics*, **37** (2):S.: 257-270. DOI: 10.1016/S0921-8009(00)00276-7

Verfasser

Dipl.-Geograph Uwe Schröder

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Referat U3 Vegetationskunde, Landschaftspflege
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5140
E-Mail: uwe.schroeder@bafg.de

Dr. Carolin Schmidt-Wygasch

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Referat U3 Vegetationskunde, Landschaftspflege
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5027
E-Mail: schmidt-wygasch@bafg.de

Maike Heuner

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5960
E-Mail: heuner@bafg.de

Dr. Elmar Fuchs

Bundesanstalt für Gewässerkunde
Referat U2 Ökologische Wirkungszusammenhänge
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: 0261/1306-5338
E-Mail: fuchs@bafg.de