

## EcoDike – Zur ökologischen Aufwertung von See- und Ästuardeichen an der deutschen Küste

*David Schürenkamp, Maike Paul, Philipp Jordan, Kara Keimer, Felix Soltau, Arne Arns, Cajus Bisgwa, Björn Deutschmann, Peter Fröhle, Nils Goseberg, Annelie Graunke, Tom K. Hoffmann, Henner Hollert, Jürgen Jensen, Natasa Manojlovic, Jochen Michalzik, Babette Scheres, Torsten Schlurmann, Holger Schüttrumpf, Marius Ulm und Nicole Wrage-Mönnig*

### Einleitung

Der ökologische Wert von Deichen sowie ökosystemare Aspekte finden bislang nur geringe Beachtung bei der Planung, Bemessung und dem Bau von Deichen. Das Forschungsvorhaben EcoDike setzt an diesem Punkt an und betrachtet Deiche nicht als reine Küstenschutzbauwerke sondern als Ökosystem, mit dem Ziel den ökosystemaren Wert von Deichen und Deckwerken bei gleichzeitiger Beachtung der Deichsicherheit zu steigern. Grundlage des Projekts ist ein transdisziplinärer Ansatz unter Berücksichtigung der wachsenden Nutzungsanforderungen an die Küste, des Klimawandels und der Leistungen der vorhandenen Ökosysteme. Dabei wurden im Projekt alle Bereiche eines Deichsystems betrachtet – von den Funktionen des Vorlands über den eigentlichen Deichkörper und seine schützende Grasnarbe bis hin zur Unterhaltung und Pflege der Deichanlagen.

### Deichvorlandvegetation

Der Einfluss der Deichvorlandvegetation bleibt bislang bei der Bemessung von Seedeichen unberücksichtigt. Eine Analyse des Wissensstands zu ökohydraulischen Auswirkungen der Vorlandvegetation zeigt bereits vorhandene Einflüsse in Abhängigkeit von unterschiedlichen Vegetationseigenschaften, wie Wuchshöhe, Wuchsdichte und Biegesteifigkeit. Um das Verständnis für den Prozess der Wellentransmission zu verbessern sind experimentelle Untersuchungen mit idealisierter Vegetation in Form von Polyvinylchlorid-Stäben mit relativ geringer Flexibilität durchgeführt worden. Dabei wurde vor allem ein Augenmerk auf die Untersuchung von Sturmflutereignissen mit hohen Wasserständen gelegt. Im Labor wurde die idealisierte Vegetation im Froude-Modell mit dem Maßstab 1:10 untersucht. Dabei wurden Wellenhöhen  $H_s$  zwischen 0,08 m und 0,20 m sowie Wellenperioden  $T_p$  zwischen 1,0 s und 5,0 s für Wassertiefen  $h$  zwischen 0,25 m und 0,50 m auf dem Deichvorland generiert. Unter Berücksichtigung der beiden untersuchten Vegetationshöhen  $h_v$  (0,10 m und 0,25 m) ergaben sich relative Vegetationshöhen  $h_v/h$  zwischen 0,2 und 1,0. Die Vegetationsbreite variierte zwischen 2,5 m und 7,5 m und für die Vegetationsdichte wurden 200 und 400 Stäbe/m<sup>2</sup> im Modellmaßstab untersucht. Um den Effekt der Deichvorlandvegetation getrennt vom Einfluss durch die Deichvorlandgeometrie zu betrachten, wurden Referenzversuche ohne Vegetation durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine starke Abhängigkeit der Wellentransformationsprozesse von der Wassertiefe. Beträgt die Wassertiefe die doppelte Vegetationshöhe, sind die Reduktion der Wellenhöhe auf dem Vorland sowie des Wellenaufbaus am Deich im Mittel bei Betrachtung aller Ergebnisse vernachlässigbar gering. Bei einer Vegetationshöhe von 0,25 m liegen Wellenhöhenreduktionen von bis zu 62% bei  $h_v/h_3 = 1,0$  und bis zu 38% bei  $h_v/h_3 = 0,5$  vor. Im Vergleich dazu liegt die Reduktion der Wellenaufbauhöhe  $R_{u2\%}$  am Deich für  $h_v = 0,25$  m bei bis zu 53% bei  $h_v/h_3 = 1,0$  und bis zu 26% bei  $h_v/h_3 = 0,5$ .

Zur Abschätzung der Wellendämpfung durch verschiedenste, reale Vegetationsfelder wurden ein Regressionsmodell und ein Entscheidungsbaumansatz erarbeitet. Die Regressionsgleichung arbeitet dabei mit diskreten Eingangswerten und liefert einen Prognosewert für die Dämpfung. Das Bestimmtheitsmaß dieser Vorhersage beträgt 0,81 bei einem RMSE von 10 %. Eine Kreuzvalidierung bestätigte dabei die Übertragbarkeit auf weitere Standorte. Bislang basiert der Ansatz jedoch auf einer rein statistischen Beschreibung der Wellendämpfung, während grundlegende physikalische Abhängigkeiten zwischen der Wellendämpfung und der Vegetation zwar bekannt sind, jedoch nicht signifikant miteinfließen konnten. Ein zukünftig zu vertiefendes Prozessverständnis wird voraussichtlich dazu beitragen, den Ansatz prozessorientiert zu optimieren. Für eine einfach anzuwendende ingenieurpraktische Abschätzung der Wellendämpfung, die den Limitationen der aktuellen Daten- und Wissenslage Rechnung trägt, wurde innerhalb des Projektes zudem ein Entscheidungsbaum entwickelt. Aufbauend auf Wertebereichen als Eingangsdaten, liefert dieser eine gröbere, aber robustere Abschätzung von Dämpfungsklassen. Zukünftig können solche Modelle zu einer Abschätzung der Wirksamkeit von natürlichen Strukturen als Küstenschutzelemente beitragen.

### Deichbegrünung

Bisherige Grasdecken auf Deichen basieren auf einer Saatmischung bestehend aus drei bis vier Pflanzenarten. Diese Artenarmut stellt ungünstige Bedingungen für den Naturschutz und Biodiversität als Grundlage für Ökosystemleistungen dar. Basierend auf einer Analyse der Standortansprüche und bestehender Vegetationsaufnahmen wurden fünf Testvegetationen (TV2-6) erstellt, die sich in ihrer Zusammensetzung von der

bisherigen, empfohlenen Mischung unterscheiden und zu unterschiedlichen Anteilen Gräser, Kräuter und Leguminosen enthalten. Diese wurden, gemeinsam mit der bestehenden Saatmischung für Deiche (TV1), auf ihre Entwicklung und Widerstandskraft untersucht. Ansaaten auf Modelldeichen, die Nord- und Ostseebedingungen simulieren, zeigten durchgängig geringe Deckungsgrade während der Etablierungsphase, was auf die extreme Trockenheit im Versuchszeitraum zurückgeführt wird. Auffällig war die schnelle Entwicklung einer dichten Narbe bei der Saatmischung mit größter Diversität (TV5). Bei der Triebdichte, als weitere Kennzahl für Deichsicherheit, war keine signifikante Abhängigkeit von der Testvegetation zu erkennen. Die Testvegetationen 1 und 4-6 wurden zudem auf ihre Widerstandskraft gegenüber hydraulischer Belastung untersucht. In Laborständen wurden eingewurzelte Bodenkörper Wellendruckschlägen, Wellenaufwurf und überströmendem Wasser ausgesetzt und sowohl das resultierende Pflanzenwachstum als auch die Erosion der Bodenkörper erfasst. Bei allen Versuchen zeigte sich ein direkter negativer Zusammenhang zwischen Wurzelmasse und Erosionsrate, wobei gräserdominierte TVs und Gräser-Kräuter-Mischungen einen höheren Erosionswiderstand erzeugten als kräuterdominierte TVs und Schadstellen unabhängig von der umgebenden TV die lokale Erosion maßgeblich steigerten. Die Auswirkung von Wellenbelastung auf die kritischen Scherkräfte, die die TVs standhalten können, zeigte ein ähnliches Muster. Allerdings lässt die Datenlage, die der erschwerten Etablierungsphase geschuldet ist, keine statistisch signifikante Aussage zu. Die dargestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass gräserdominierte Saatmischungen und Gräser-Kräuter-Mischungen eine höhere Widerstandskraft gegenüber hydraulischer Belastung aufweisen als kräuterdominierte Mischungen. Diese Beobachtungen sind jedoch lediglich für vergleichbare Randbedingungen gültig (kurze Etablierungszeit, Starkregenereignisse kurz nach der Aussaat, extreme Hitzewelle während der Sommermonate). Zudem steigert sich die Widerstandskraft von Vegetationen innerhalb der ersten 3–5 Jahre, so dass die gezeigte Momentaufnahme ca. 6 Monate nach der Aussaat keine Rückschlüsse auf die Gesamtlebensdauer der Vegetationen ermöglicht.

Geotextil-Bewehrungsgitter können die Grasnarbe verstärken und somit den Widerstand erhöhen. Ökotoxikologische Untersuchungen am 3D-Geogitter Fortrac® 3D 90 der HUESKER Synthetic GmbH zeigten, dass unter realistischen Expositionsbedingungen kein Schädigungspotenzial in Bezug auf die Embryonalschädigung von Fischen von diesen Geotextilien ausgeht. Es besteht jedoch weiterer Untersuchungsbedarf zur Belastung mit Mikroplastik, das bereits beim Verarbeiten der Materialien entstehen kann.

### Deichunterhaltung

Mit dem Ziel, einen Risikobasierten Ansatz (RbA) zur Unterhaltung zu entwickeln, ist es notwendig die Bewertung zu vereinheitlichen und Unterhaltungsstrategien anzugleichen. Dazu bedurfte es zunächst einer Analyse der derzeit angewandten Unterhaltungsstrategien in den deutschen Küstenbundesländern, die mit Hilfe von Experteninterviews durchgeführt wurde. Hinsichtlich ihrer Deiche verfolgen die Küstenbundesländer die Inspektionsstrategie, wobei die Inspektionen sowie die Zustandsbewertung der Deiche aufgrund fehlender, einheitlicher Vorgaben je nach Bundesland, Institution und Unterhalter ganz individuell ablaufen. Auf Basis der Bestandsanalyse und einer Literaturrecherche zu älteren Untersuchungen an Deichen (bspw. Liebrand 1999) wurden praktikable in-situ Tests sowie Bewertungsschemata entwickelt, die ergänzend zur langjährigen Erfahrung und Einschätzung der Unterhalter die Bewertung vergleichbarer und objektiver gestalten. Der Fokus lag dabei auf Grasnarben-relevanten Parametern wie Rissen, Bodenbedeckung, Fehlstellengröße und Erosionsstabilität. Die konzipierten Methoden und in-situ Tests zur Bewertung der Deiche und Einschätzung des Risikos wurden auf Standard- und/oder Öko-Deiche im Rahmen eines ersten RbA angewandt. Die Anwendung wird noch fortgesetzt.

### Danksagung

Die Autoren bedanken sich für die Förderung des Forschungsvorhabens EcoDike (FZK: 03F0757A-F) vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) durch den Projektträger Jülich (PTJ) und den Verbund Küstenforschung Nordsee-Ostsee (KüNO) sowie für die fachliche Begleitung durch das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI).

### Schriftenverzeichnis

Liebrand, C.: Restoration of Species-Rich Grasslands on Reconstructed River Dikes. Dissertation. Wageningen Agricultural University, Wageningen, Niederlande, 1999.