



FORSCHUNGSBERICHT

2017-2018

Gemeinsame Zentrale Einrichtung der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig





#### Impressum

Herausgeber: Forschungszentrum Küste (FZK) Merkurstraße 11 30419 Hannover

Telefon: +49 (0) 511 / 762 - 9223
Telefax: +49 (0) 511 / 762 - 9219
Webseite: www.fzk.uni-hannover.de
E-Mail: office@fzk.uni-hannover.de

V.i.S.d.P.: Stefan SchimmelsRedaktion: Stefan SchimmelsGestaltung: Martin Miranda-LangeAlle nicht gekennzeichneten Fotos: FZK

Druck: DruckTeam, Hannover

Auszüge aus dieser Publikation dürfen ohne weitere Genehmigung wiedergegeben werden, vorausgesetzt, dass bei der Veröffentlichung das Forschungszentrum Küste genannt wird. Um ein Belegexemplar wird gebeten. Alle übrigen Rechte bleiben vorbehalten.

### DAS FORSCHUNGSZENTRUM KÜSTE

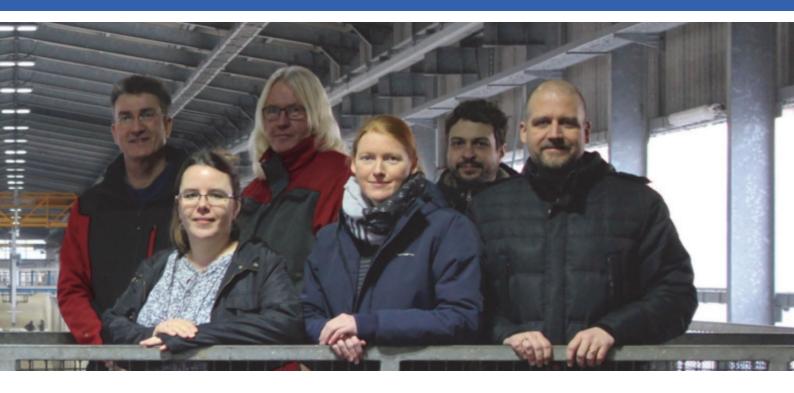


#### Das FZK auf einen Blick

Das Forschungszentrum Küste (FZK) hat die wissenschaftliche Erforschung hydrodynamischer, morphodynamischer und ökologischer Prozesse an der Küste und im Küstenvorfeld zum übergeordneten Ziel. Es wurde im Jahr 1996 als Gemeinsame Zentrale Einrichtung der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig gegründet und führt seitdem die etablierte Zusammenarbeit der vier Partnerinstitute in einem einzigartigen Kompetenzzentrum auf dem Gebiet des Küsteningenieurwesens fort. Die Professoren der Institute bilden das Direktorium; den Vorstand hat der Geschäftsführende Direktor, der alle drei Jahre neu gewählt wird. Derzeit ist Prof. N. Goseberg vom Leichtweiß-Institut für Wasserbau der Technischen Universität Braunschweig der Geschäftsführende Direktor, 2018, der den Staffelstab von Prof. T. Schlurmann am 01. Juli 2018 übernommen hat.

Mit dem Großen Wellenkanal (GWK) betreibt das FZK eine der größten Forschungseinrich-

tungen ihrer Art weltweit. Diese Kompetenzbündelung verbessert die Koordinierung der universitären Küstenforschung und verstärkt die Wettbewerbsfähigkeit der Forschung. Zudem verbessert sie entscheidend die Bedingungen für die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses im Wasserbau und Küsteningenieurwesen in Deutschland. Darüber hinaus fördert das FZK aktiv die interdisziplinäre, nationale und internationale Zusammenarbeit durch seine Präsenz in weltweiten Projekten und Forschungsverbünden. Im Verbund mit den vier Partnerinstituten bietet das FZK numerische und gegenständliche Modelle und entwickelt neue Messmethoden, um die physikalischen Prozesse im Küstenraum besser und hochauflösender untersuchen zu können. Des Weiteren werden am FZK Handlungsempfehlungen erarbeitet, die sicherstellen, dass erforderliche Eingriffe in das Naturgeschehen unter weitgehender Bewahrung des natürlichen Küstenraumes erfolgen.



#### Träger

Leibniz Universität Hannover (50%) Technische Universität Braunschweig (50%)

#### **Direktorium**

Prof. Dr.-Ing. habil. Nils Goseberg (Geschäftsführender Direktor)

Leichtweiß-Institut für Wasserbau

Abteilung Hydromechanik, Küsteningenieurwesen und Seebau (TU Braunschweig)

Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus

Institut für Geotechnik Hannover (Leibniz Universität Hannover)

Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann

Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen

(Leibniz Universität Hannover)

Prof. Dr.-Ing. Joachim Stahlmann

Institut für Grundbau und Bodenmechanik (TU Braunschweig)

#### Betriebsleiter

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

#### **Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**

Wissenschaftler und Doktoranden: 6

Technik und Verwaltung: 6

(Stand 01.01.2019)



Prof. Dr.-Ing. habil. Nils Goseberg Geschäftsführender Direktor

#### Wandel gestalten – Erneuerungen am FZK

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen, liebe Leserinnen und Leser,

stetiger Wandel im Fluss der Zeit ist die Konstante an unseren Küsten, in Deutschland, Europa und weltweit. Diesen Wandel erlebt nun auch das Forschungszentrum Küste (FZK), das sich der Erforschung unserer Küsten verschrieben hat, sowohl in personeller als auch technologischer Hinsicht.

Zunächst darf ich mich Ihnen, verehrte Leserinnen und Leser, vorstellen als neuen Geschäftsführenden Direktor am FZK, dessen Leitung ich mit Übergabe von meinem Kollegen Herrn Prof. Schlurmann im Juli 2018 für die nächsten drei Jahre übernehmen durfte. Mein Name ist Nils Goseberg, seit Beginn des Jahres 2018 neu berufener Professor für Küsteningenieurwesen und Seebau an der Technischen Universität Braunschweig (TUBS). Nach Stationen an der TU Dresden, an der Leibniz Universität Hannover (LUH) und der University of Ottawa, Kanada, freue ich mich auf die vielfältigen Herausforderungen und spannenden Aufgaben, die sich im deutschen Küsteningenieurwesen und Seebau ergeben.

Herrn Prof. Oumeraci, dem ich als Leiter der Abteilung für Hydromechanik, Küsteningenieurwesen und Seebau am Leichtweiß-Institut nachfolge, mussten wir schweren Herzens bereits beim vorletzten FZK-Kolloquium 2017 in den wohlverdienten Ruhestand verabschieden. Herrn Oumeraci gilt der ausdrückliche Dank der gesamten FZK-Familie, und auch mein persönlicher, für seine unermüdlich engagierte Leistung, seine visionäre Gestaltungskraft und seinen wissenschaftlichen Einsatz für die Geschicke des FZK. Aus der langen Liste der von ihm initiierten Projekte und Forschungsarbeiten sowie aus den zahlreichen, überaus erfolgreichen Promoventenkarrieren ist unschwer erkennbar, wie vielfältig und tiefgründig er in über zwei Jahrzehnten seiner Tätigkeit das FZK mit geprägt und gestaltet hat: Dies ist zugleich Motivation und Ansporn für das Handeln einer neuen Generation.

Wie bereits im Vorwort zum letzten Jahresbericht des FZK angedeutet, steht nun neben dem personellen Wandel auch ein technologischer Wandel bevor. In bewährter Zusammenarbeit zwischen den beiden Trägeruniversitäten, der LUH und der TUBS, konnte beim Ministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) das Forschungsprojekt "marTech – Erprobung und Entwicklung von maritimen Technologien zur zuverlässigen Energieversorgung" eingeworben werden. Dieses Forschungsvorhaben wurde in der Initiierungsphase auch durch Mittel des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur (MWK) großzügig unterstützt.

Kernstück des Projektes *marTech* ist die Erweiterung und partielle Erneuerung des Großen Wellenkanals (GWK), dessen Technologie nach rd. 35 Jahren dem Ende seiner projektierten Betriebsdauer entgegen sieht. Das Forschungsprojekt, das seit Juli 2017 läuft, ist dazu mit einer einmalig hohen Fördersumme von etwa 35 Mio. Euro ausgestattet. Mit den Mitteln wird es ermöglicht, den GWK um eine Strömungserzeugung zur Simulation von Tideströmung und einen Tiefteil zur realistischen Bettung von Offshorebauwerken zu erweitern. Ferner wird die Wellenmaschine des GWK erneuert, sodass in Zukunft auch die Seegänge gefahren werden können, die vor dem Hintergrund des Klimawandels auf unsere Küstenstrukturen treffen werden. In drei Pilotprojekten wird es mit dem dann wieder weltweit einmaligen und erweiterten Großforschungsgerät um Fragen des Kolkschutzes sowie der erneuerbaren Energien gehen. "Wandel gestalten" heißt in dieser Hinsicht: Aus dem GWK wird bis zum Beginn des Jahres 2022 der **GWK**<sup>+</sup>.

Der nun vorliegende Forschungsbericht 2017/2018 führt in seiner Breite, die abgeschlossenen und vor dem Abschluss stehenden Forschungsprojekte auf, die in den letzten Jahren am FZK stattgefunden haben. Hierbei ist es bezeichnend, dass die Vielfalt der Projekte zunehmend von Interaktionen geprägt ist: Interaktionen mit biologischen Komponenten und Interaktionen mit neuen technologischen Komponenten, die der komplexer werdenden Küsteningenieurwelt entlehnt sind. Seien es Fragestellungen der Strömungs-Vegetations-Interaktion oder der Energieumwandlung schwimmender Wellenenergiekonverter. Die Erfahrung und das kompetente Wissen des wissenschaftlich-technischen Stammpersonals und der beteiligten Institute sind bei diesen Fragestellungen wegweisend für einen erfolgreichen Weg in die Zukunft.

Der stete Wandel befähigt uns als Forschungszentrum Küste immer wieder, die sich dem Küsteningenieurwesen und dem marinen Seebau stellenden drängenden Zukunftsaufgaben anzugehen und mit Enthusiasmus zu verfolgen.

Beim Lesen des vorliegenden Jahresberichts wünsche ich Ihnen viel Spaß und Freude. Das Team des FZK steht Ihren Fragen und Anregungen auch in der Zukunft gerne zur Seite.

Ihr Nils Goseberg

July Gorgy



Dr.-Ing. Stefan Schimmels Betriebsleitung

Liebe Leserinnen und Leser,

mit dem vorliegenden Forschungsbericht blicken wir auf die Jahre 2017 und 2018 zurück, in denen vor allem der GWK eine zentrale Rolle gespielt hat. Aber nicht nur die zahlreichen Projekte, die im GWK durchgeführt werden konnten, haben sehr zum Erfolg der vergangenen beiden Jahre beigetragen. Ebenso konnte auch die geplante Erweiterung des GWK um eine leistungsfähigere Wellenmaschine, eine Strömungseinrichtung und einen Tiefteil signifikant vorangebracht werden und wird wahrscheinlich Ende 2019 konkret in die Tat umgesetzt. Darüber hinaus konnten ebenfalls große Fortschritte in den am FZK bearbeiteten Projekten SeaArt (MWK), STENCIL (BMBF), Hydralab+ (EU) sowie dem 2017 gestarteten Projekt MaRINET 2 (EU) gemacht werden.

Im Rahmen der EU-Verbundprojekte *Hydralab*+ und *MaRINET 2* wurden insgesamt vier sehr interessante Transnational Access Projekte im GWK durchgeführt, die sich mit dynamischen Deckwerken und Salzwiesen (*Hydralab*+) sowie schwimmenden und festinstallierten Anlagen zur Nutzung der Wellenenergie (*MaRINET 2*) befasst haben. Weiterhin hat das FZK im Rahmen von Hydralab+ wesentliche Beiträge zu den Joint Research Activities (JRA) geliefert. Unter anderem wurde in *FREE Data* die Entwicklung und Umsetzung von Methoden zum Forschungsdatenmanagement unterstützt, in *COMPLEX* am Transport gemischter Sedimente gearbeitet und Empfehlung zur Untersuchung der mit der Klimawandelanpassung verbundenen komplexen Prozesse in physikalischen Modellversuchen erarbeitet sowie in *RECIPE* zu vielen neuen Erkenntnissen hinsichtlich des Einflusses von Biofilmen auf die Morphodynamik durch neue Messmethoden, Laborversuche und Feldmessungen beigetragen.

Mit dem Ziel, durch künstliches, bioabbaubares Seegras optimale Bedingungen für die Wiederansiedlung natürlicher Seegraswiesen zu schaffen, ist das ursprünglich am FZK beantragte Verbundprojekt *SeaArt* auch dem Bereich Ökohydraulik zuzuordnen. Die anfänglich für 2017 angedachten Vorversuche mit künstlichem Seegras im GWK konnten aufgrund der hohen Auslastung des Kanals mit anderen Projekten nicht durchgeführt werden, anstatt dessen hat sich das FZK bei einer Feldkampagne und Laborversuchen in kleinerem Maßstab intensiv beteiligt. Im 2. Quartal 2019 werden dann, wie geplant, Versuche mit einem Prototypen im GWK stattfinden, um dessen Funktionsweise und Stabilität unter Wellen im 1:1 Maßstab zu untersuchen.

Im vom FZK koordinierten Verbundprojekt *STENCIL*, das sich mit der Nachhaltigkeit von Sandaufspülungen befasst, konnten ebenfalls große Fortschritte gemacht werden. Neben der Entwicklung individueller Methoden und Werkzeugen an den einzelnen Partnerinstituten, u.a. zur besseren Prognose der Lebensdauer und des Transports von Aufspülkörpern oder des Regenerationspotenzials von Sandentnahmetrichtern, konnte gemeinschaftlich ein umfangreicher internationaler Überblick zu Sandaufspülstrategien und -techniken unter Beachtung umweltrelevanter Aspekte erarbeitet werden. Darüber hinaus wurden im Rahmen von *STENCIL* bislang einzigartige Versuche zum Transport gemischter Sedimente im GWK durchgeführt, in denen, dank der Unterstützung zahlreicher internationaler Kolleginnen und Kollegen, ein sehr umfangreiches Messprogramm realisiert werden konnte, das viele interessante Ergebnisse verspricht.

Wie eingangs erwähnt, stand der GWK im Mittelpunkt der letzten zwei Jahre und neben den bereits genannten Versuchen im Rahmen von STENCIL, Hydralab+ und MaRINET 2 konnten zahlreiche weitere Projekte im Bereich der angewandten Forschung und Auftragsforschung erfolgreich durchgeführt werden. So wurde im Auftrag des Konsortiums Mooder Maas das Erosionsverhalten eines Deichs aus verschiedenen lehmhaltigen Böden untersucht und im Rahmen der geplanten Maßnahmen zur Verstärkung des Afsluitdijks in den Niederlanden verschiedene Konstruktionsvarianten im Auftrag einer Bietergemeinschaft auf Stabilität und hydraulisches Verhalten getestet. Zudem hat das Ludwig-Franzius-Institut Versuche zur Wellendämpfung durch schwimmende Vegetationsinseln durchgeführt und im Rahmen des Projekts waveSTEPS umfangreiche Messungen zum hydraulischen Verhalten getreppter Deckwerke vorgenommen. Deckwerke standen auch im Fokus des Projekts HYGEDE, in dem das Leichtweiß-Institut zusammen mit der RWTH Aachen auf Grundlage einer aufwendigen Versuchskampagne im GWK Bemessungsansätze für vergossene Schüttsteindeckwerke entwickelt hat.

All diese Projekte wollen wir Ihnen im Folgenden näher vorstellen und über die erfolgreiche Genehmigung des Projekts *marTech*, die entsprechenden Planungsfortschritte zur Erweiterung des GWK sowie den neu entstanden Modellkanal miniGWK<sup>+</sup>, einem Modell des erweiterten GWK im Maßstab 1:10, berichten. Wir blicken somit auf zwei sehr ereignis- und erfolgreiche Jahre zurück und sehen einem sicherlich nicht minder spannenden Jahr 2019 entgegen. Ich hoffe, die folgenden Seiten bringen Ihnen unsere Aktivitäten auf anschauliche Art und Weise näher und wünsche eine interessante und unterhaltsame Lektüre.

Ihr Stefan Schimmels

5.5. 1







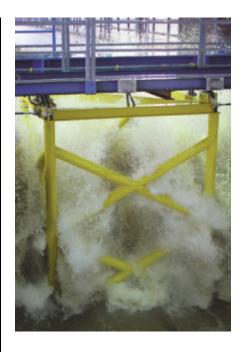
### KÜSTENSCHUTZWERKE

#### **SEDIMENTTRANSPORT**

- 2 Das FZK auf einen Blick
- 4 Vorwort
- 8 Inhalt

- 10 Erosionsversuche mit alternativem Deichbaumaterial
- 12 HYGEDE: Wellenbelastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke
- 14 waveSTEPS: Wellenauflauf und Wellenüberlauf an getreppten Deckwerken
- 16 Untersuchungen zur Verstärkung des Afsluitdijks

- 18 STENCIL Forschung für nachhaltige Sandaufspülungen
- 20 STENCIL Versuche zum Transport gemischter Sande
- 22 Stabilität von dynamischen Strandabdeckungen im Hinblick auf den Meeresspiegelanstieg



#### MARINE ENERGIE

- 24 Wellenenergiebetriebene Entsalzungspumpe
- 26 Wellenenergiekonverter mit Wasserturbine



ÖKOHYDRAULIK

- 28 SeaArt: Wiederansiedlung von Seegraswiesen
- 30 Sedimentstabilisierung durch Biofilme
- 32 Bewachsene flache Gezeitenküsten unter extremer Wellenbelastung
- 34 Wellendämpfung durch schwimmende Vegetationsinseln



GWK und Co

- 36 Erweiterung des GWK
- 38 Öffentlichkeitsarbeit
  Führungen
  Nacht die Wissen schafft
  12. FZK-Kolloquium
  13. FZK-Kolloquium
  FZK in den Medien
  Soziale Netzwerke
- 40 Zu guter Letzt

  FZK wird KDM-Mitglied

9

42 Anhang

### KÜSTENSCHUTZWERKE



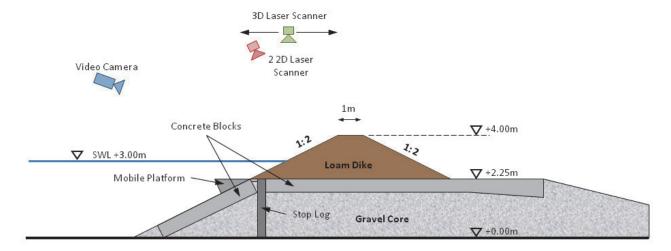
### Erosionsversuche mit alternativem Deichbaumaterial

In den Niederlanden sollen im Rahmen eines Hochwasserschutzprojektes in der Region Nord-Limburg neue Deiche entlang der Maas und einem alten Nebenarm entstehen. Hochwasserdeiche an Küsten und Fließgewässern bestehen zu einem hohen Anteil aus bindigem Ton (d.h. aus Partikeln mit einer Korngröße < 2 μm), was eine hohe Stabilität gewährleistet. Je nach Tonanteil wird das Material, das man im deutschen auch "Klei" nennt, in verschiedene Güteklassen eingeteilt, um so die Eignung für den Deichbau zu bewerten. Allerdings ist die Verfügbarkeit von geeignetem Material begrenzt. Die niederländischen Ingenieure wollen für die neuen Deiche an der Maas auf Material aus der Region zurückgreifen, das einen geringeren Tonanteil (und entsprechend höhere Schluff- oder Sandanteile) besitzt als die üblicherweise verbauten Sedimente. Anders als bei dem bewährten

"Klei" gibt es für dieses Material jedoch keine Richtwerte zur Stabilität. Im Frühjahr 2017 wurde das FZK deswegen vom ausführenden Konsortium Mooder Maas damit beauftragt, großskalige Stabilitätsversuche mit den originalen Baumaterialien durchzuführen. Dafür wurde das Material vor Ort entnommen und von Limburg nach Hannover transportiert. Im GWK wurde daraus ein Deich mit einer 1:2 Böschung aufgebaut und sechs Stunden lang dem Wellenauflauf eines JONSWAP-Spektrums ( $H_{\rm s}=0.4\,$  m,  $T_{\rm p}=3.0\,$ s) ausgesetzt.



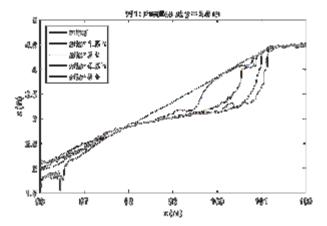
Abbruchkante an einem Testdeich mit besonders hohem Schluffanteil.



Skizze des Versuchsaufbaus

Der Deich wurde dabei kontinuierlich durch Videokameras und zwei 2D-Laserscanner überwacht; in Intervallen von 1,5 Stunden wurden zusätzlich Scans mit einem 3D-Laserscanner durchgeführt. Insgesamt wurden sechs Böden mit unterschiedlichen Ton-Schluff-Sand-Verhältnissen getestet. Ziel der Versuche war es, eine Materialkonstante für ein einfaches Modell zu liefern, das den Erosionsprozess der verschieden Materialien beschreiben kann.

Anhand der Deichprofile, die aus den Laserscans extrahiert wurden, kann man den Erosionsverlauf der verschiedenen Materialien abschätzen. Dazu wurde die Erosionslänge, d.h. der horizontale Rückschritt der Deichfront, im Verlauf über die Zeit analysiert. Die Analyse zeigte, dass die Materialkonstante wesentlich vom Schluffgehalt abhängt, aber auch von anderen Faktoren wie dem Plastizitätsindex, dem Wassergehalt und der Kompaktierung des Materials.



Erosionsverlauf eines Testdeiches mit besonders hohem Schluffanteil (aufgenommen mit einem 2D-Laserscanner).

#### Auftraggeber

Mooder Maas

#### Leitung

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

#### **Projektbearbeitung**

Dr. rer. nat. Franziska Staudt, Dipl.-Ing. Moritz Thom **Versuchszeit** 

4 Wochen

### KÜSTENSCHUTZWERKE



### HYGEDE: Wellenbelastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke

Bedingt durch die zunehmende Belastung von Deckwerken als Folge der Klimaänderung und des stärker werdenden Schiffsverkehrs sowie durch die gestiegenen Anforderungen an die Sicherheit, wird nach alternativen Uferschutz-Lösungen gesucht, die höheren Beanspruchungen schadlos widerstehen können, möglichst wenig Unterhalt brauchen und ökologisch freundlich sind.

Bei stark belasteten Bereichen von Uferschutzbauwerken aus ungebundenen Natursteinen (das sind z.B. der Wasserwechselbereich, Übergänge zu undurchlässigen Deckwerken oder Schwachstellen) besteht die Notwendigkeit, die hydraulische Stabilität zu verbessern, ohne das Gewicht der Einzelsteine zu erhöhen. Deshalb besteht im Küstenbereich und an den Wasserstraßen eine

der üblichen Lösungen darin, die Stabilität der Deckschicht durch einen Vollverguss bzw. Teilverguss der Steine zu erhöhen. Aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen werden hierbei verklammerte Deckschichten auf zementgebundener Basis bevorzugt.

Zur Dauerhaftigkeit dieser Bauwerke, der Ökologie (z.B. durch wenig veränderlichen Porenraum) und der Wirtschaftlichkeit über die gesamte Lebensdauer des Bauwerkes liegen bisher im Vergleich zu den ungebundenen Steindeckwerken noch keine genaueren Untersuchungen vor. In den einschlägigen Richtlinien (EAK bzw. EAU, Rock Manual, PIANC, etc.) ist insbesondere die Bemessung auf dynamische und zyklische Wellenbelastung nur unvollständig oder überhaupt nicht berücksichtigt, obwohl diese vor allem im Küsten- und Ästuarbereich die maßgebende dynamische Belastung darstellen. Das Hauptziel des Forschungsvorhabens ist deshalb, wissenschaftlich-technische Grundlagen für die Bemessung hydraulisch gebundener Deckwerke auf Seegangbelastung zu erarbeiten und daraus möglichst einfache Bemessungsformeln und -diagramme sowie Empfehlungen für die Ingenieurpraxis abzuleiten.

Basierend auf theoretischen Untersuchungen und kleinmaßstäblichen Untersuchungen im Doppelwellenkanal des Leichtweiß-Instituts wurden die Untersuchungen im Großen Wellenkanal geplant und der Modellaufbau entwickelt.



Aufbau der Steinschüttung mit Messtechnik

Die mit Zement vergossenen Wasserbausteine lagen auf einer 1:3 Sandböschung, wobei eine Trennwand, die bis in den Sanduntergrund reichte, die simultane Untersuchung zweier Ausführungsvarianten ermöglichte. In der ersten Phase mit teilvergossenem Deckwerk wurden zwei Deckwerksdicken untersucht, 40 cm und 60 cm. Danach wurden ein nachvergossenes und ein vollvergossenes Deckwerk mit konstanter Deckwerksdicke von 40 cm untersucht.



Brechende Wellen am Deckwerk

Die Erfassung der Wechselwirkungen zwischen Innen- und Außenwasserstand stellt auch den Schlüssel zum Verständnis der Belastung und des Versagens von Deckwerken dar. Entsprechend wurden neben den hydraulischen Belastungen am Deckwerk (Wellenauflauf, Strömungsgeschwindigkeiten und Drücke an der Oberseite) auch die Entwicklung der Porenwasserdrücke im Deckwerk und im Sanduntergrund gemessen und analysiert.

#### Leitung

Prof. Dr.-Ing. Hocine Oumeraci, Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf

#### **Bearbeitung**

M.Sc. Volker Kühling, M.Sc. Moritz Kreyenschulte

**Versuchszeit** 

17 Wochen

Förderung durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung

**Projektpartner** 

Leichtweiß-Institut TU Braunschweig, IWW der RWTH Aachen

### KÜSTENSCHUTZWERKE



### waveSTEPS: Wellenauflauf und Wellenüberlauf an getreppten Deckwerken

Die Errichtung und die Nutzung wassernaher Erholungsflächen in urbanen und touristisch stark frequentierten Bewegungsräumen gewinnen zunehmend an Bedeutung. In Küstennähe besteht jedoch hinsichtlich eines mitunter begrenzten räumlichen Dargebotes eine Diskrepanz zwischen notwendigen Bereichen für den Küstenschutz und Flächen zur Erholung und touristischen Nutzung. Die für touristische Zwecke nutzbaren Wandelbahnen oder Promenaden auf Borkum, Norderney oder Baltrum sind gute Beispiele für die Vereinbarkeit von Erholungsflächen und Küstenschutz. Eine weitere interessante Möglichkeit einen Uferabschnitt in urbanen Gebieten unabhängig vom Wasserstand zugängig zu machen und dadurch einen Begegnungs- und Bewegungsraum für den Tourismus zu schaffen, der trotzdem dem Hochwasserschutz Rechnung trägt, ist die Ausbildung eines Uferbereichs als getrepptes Deckwerk mittels befestigter Stufen.

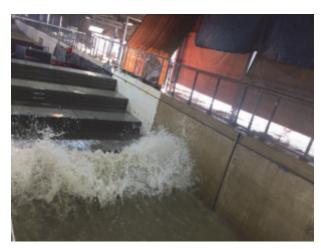
Entscheidender Vorteil eines solchen Deckwerks ist die durch die festen Stufen induzierte erhöhte Makrorauheit, also ein spezifisch induzierter Widerstand, der den Wellenauflauf und -ablauf sowie in der Folge auch den Wellenüberlauf maßgeblich reduziert und gleichzeitig die Möglichkeit der einfachen und sicheren Begehung sowie des Aufenthaltes auf dem Bauwerk außerhalb der Sturmflutsaison ermöglicht.

Die übergeordneten Ziele des Forschungsprojektes fokussieren sich auf eine systematische Untersuchung der Prozesse beim Wellenauf- und -überlauf an getreppten Deckwerken, sowie die Bewertung der Leistungsfähigkeit und die Ableitung von praxistauglichen Bemessungsgrundlagen. In der europäischen Literatur zur Bestimmung des Wellenauf- und Wellenüberlaufs an Küstenschutzbauwerken (EAK (2007), EurOtop (2007)) finden sich keine Ansätze, die die Geometrie oder die Charakteristik des (Fließ-) Widerstands von getreppten Deckwerken in Form von Rauhigkeitsbeiwerten oder dergleichen berücksichtigen.

Aufbau des Deckwerks mit 50 cm hohen Stufen

Konkretes Ziel des Forschungsvorhabens ist demnach, die offenkundigen Wissenslücken im Wellenauf- und -überlauf getreppter Deckwerke zu schließen und zudem Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Prozessen und Leitparametern allgemeingültig zu formulieren. Um systematische Modellfehler aufgrund von Skalierungseffekten bei klein-

maßstäblichen Modellen zu quantifizieren, wurden nach einer ausgedehnten Messkampagne am Wellenkanal des Ludwig-Franzius-Instituts ausgewählte Wellen- und Bauwerksparameter an einem Prototypbauwerk im Maßstab 1:1 im Großen Wellenkanal (GWK) getestet.



Wellen am Deckwerk

Es wurden 2 Varianten untersucht: Stufen mit einer Höhe von 50 cm und mit einer Höhe von 16,6 cm (Titelbild), wobei die Neigung des Deckwerks mit 1:3 jeweils gleich blieb. Die durch Wellen induzierten Kräfte und Druckschläge auf das getreppte Deckwerk wurden erfasst, analysiert und bewertet. Messungen der Strömungsgeschwindigkeiten an ausgewählten Positionen und des Wellenüberlauf ergänzten das Bild. Weiterhin wurde mit einer an der FH Aachen entwickelten Sonde der Lufteintrag im Wellenauflauf bestimmt.

#### Leitung

Prof. Dr.-Ing. Torsten Schlurmann

Dr.-Ing. Sven Liebisch

Bearbeitung

M.Sc. Talia Schoonees, Dr.-Ing. Nils Kerpen

Versuchszeit

13 Wochen

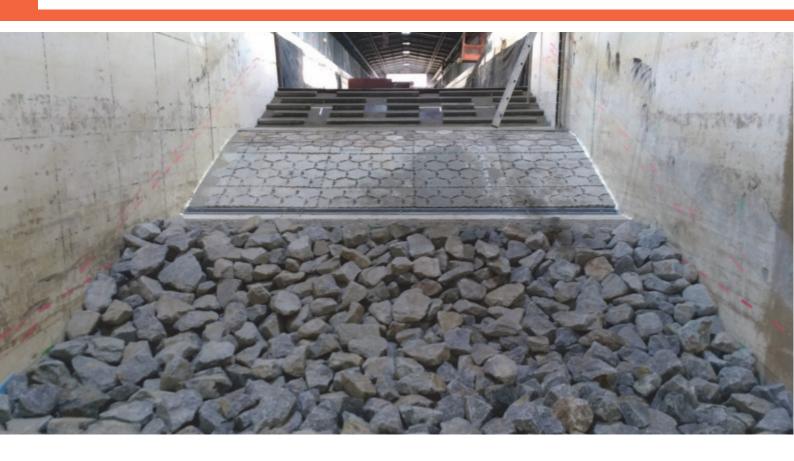
Förderung durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Projektpartner

Ludwig-Franzius-Institut, FH Aachen

### KÜSTENSCHUTZWERKE



# Untersuchungen zur Verstärkung des Afsluitdijks

Der Afsluitdijk wurde zwischen 1920 und 1930 geplant und erbaut, um die eher marin geprägte Zuiderzee in einen Süßwassersee umzuwandeln, dem jetzigen Ijsselmeer. Der Hauptabschlussdeich ist ca. 32 km lang und hat eine variable seeseitige Neigung von 1:3,5 und 1:5. Die äußere Böschung ist mit einem 40 cm dicken Deckwerk aus Basaltsteinen befestigt, das ursprünglich den Belastungen von bis zu 2,5 m hohen Wellen standhalten soll. Der Abschlussdeich wird ergänzt durch verschiedene Infrastrukturbauten wie Sperrwerke, Schleusen, eine Autobahn und weitere Elemente.

Da der Klimawandel einen Anstieg des Meeresspiegels und eine Zunahme der Häufigkeit und Intensität von Sturmereignissen bewirkt und weiter bewirken wird, muss der

Afsluitdijk verstärkt werden, um den erhöhten Belastungen standhalten zu können. Hierfür stellte der Rijkswaterstaat, die ausführende Behörde des niederländischen Ministeriums für Infrastruktur und Umwelt, folgende wesentliche Anforderungen an ein neues Design auf:

- 1. Erhöhung der existierenden Dammkrone
- 2. Verstärkung des Deckwerks
- 3. Ermöglichung von weiteren Erhöhungen der Dammkrone

Ein niederländisches Konsortium entwickelte zwei unterschiedliche Designs, deren hydraulische Wirkungsweise und Stabilität in einem naturähnlichen Maßstab am GWK untersucht wurden. Im Wesentlichen unterschieden sie sich in der Form der Deckwerksteine aus Beton im Bereich des Wellenangriffs und der Form der Rauhigkeitselemente im Bereich des Wellenauflaufs. Design 1 ist im Titelbild dargestellt, Design 2 im folgenden Bild.



Konstruktive Ausbildung für das Design 2

Um die welleninduzierten Belastungen am Deckwerk umfassend zu messen, sind alle relevanten Prozesse mit entsprechenden Messgeräten aufgezeichnet worden:

- Die Wasserspiegelauslenkung vor dem Bauwerk mit Wellenpegeln, im Bereich der brechenden Wellen und des Wellenauflaufs mit Ultraschallsensoren und einem 2D Laserscanner
- 2. Die Druckbelastung auf und unter den Deckwerksteinen mit Druckmessdosen
- 3. Die böschungsparallelen Lagerungskräfte der Deckwerksteine mit Kraftmesszellen
- 4. Die Kräfte auf die Rauhigkeitselemente im Wellenauflauf ebenfalls mit Kraftmesszellen

- 5. Die Strömungsgeschwindigkeiten im Wellenauflauf mit Strömungsimpellern
- 6. Der Wellenüberlauf mit einem Wägesystem



Wellenauflauf am Design 1

Diese umfangreichen Messungen lieferten die Grundlage für eine fundierte Beurteilung der hydraulischen Wirksamkeit und der Lagestabilität des gesamten Deckwerkaufbaus.

#### Leitung

Dr.-Ing. Nils Goseberg, Dr.-Ing. Nils Kerpen **Bearbeitung** 

M.Sc. Talia Schoonees

Versuchszeit

12 Wochen

Förderung durch

Consortium Corneel

**Projektpartner** 

Ludwig-Franzius-Institut, FZK

### SEDIMENTTRANSPORT



# STENCIL – Forschung für nachhaltige Sandaufspülungen

In vielen Küstenregionen auf der Welt werden Sandaufspülungen durchgeführt, um sturmflutbedingten Sedimentverlust auszualeichen oder der Erosion vorzubeugen. Vielerorts in Europa basieren diese Maßnahmen auf Erfahrungswerten bzw. werden bei Bedarf durchgeführt, wenn der Strand eine Mindestbreite unterschreitet. Im Gegensatz zu harten Küstenschutzmaßnahmen wie Buhnen, Deckwerken oder Strandmauern können sich Sandaufspülungen an Änderungen der Wellen- und Strömungsbedingungen anpassen und gelten als vergleichsweise "umweltfreundlich". Obwohl Sandaufspülungen seit vielen Jahrzehnten durchgeführt werden, lassen sich die langfristigen Umweltauswirkungen nur begrenzt abschätzen. Erst in den vergangenen Jahren hat sich der Trend entwickelt, langfristige Sandaufspülund Managementkampagnen auch umweltwissenschaftlich zu begleiten, um die Auswirkungen der Maßnahmen auf die Tier- und Pflanzenwelt besser zu verstehen. Trotzdem bleiben viele Forschungsfragen offen.

Das Forschungsprojekt STENCIL (Strategies and Tools for Environment-Friendly Shore Nourishments as Climate Change Impact Low-Regret Measures) wird seit Oktober 2016 mit einer Laufzeit von drei Jahren durch das BMBF gefördert. Ziel des durch das FZK koordinierten Verbundprojektes ist die Entwicklung von Strategien und Werkzeugen, um Sandaufspülungen als Küstenschutzmaßnahmen nachhaltig und umweltfreundlich zu planen und durchzuführen. Durch die Zusammenarbeit zwischen Ludwig-Franzius-Institut, Leichtweiß-Institut,



Das Forschungsschiff Mya II, mit dem das AWI-Sylt in regelmäßigen Abständen den Meeresboden vor Sylt kartiert (Foto: AWI).

den Instituten für Wasserbau/Wasserwirtschaft und Umweltforschung der RWTH Aachen, dem Alfred-Wegener-Institut auf Sylt und dem FZK vereint STENCIL die Expertise von Küsteningenieuren, Geowissenschaft-Biologen und Ökotoxikologen. Die lern, übergeordnete Zielsetzung von STENCIL ist es, gemeinsam mit den Partnern und den zuständigen Landesbetrieben eine Strategie für die Planung, die Durchführung und das Monitoring von Sandaufspülungen zu entwickeln, die im Einklang mit dem Integrierten Küstenzonenmanagement (IKZM) bzw. der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie steht. Die einzelnen Projektpartner entwickeln jeweils ein Werkzeug (z.B. eine Modell oder eine Methode), mit dem man Sandaufspülungen nachhaltiger und umweltfreundlicher gestalten kann. Gemeinsam haben alle Partnerinstitute eine umfangreiche Recherche zu Sandaufspülstrategien und -techniken sowie zum damit einhergehenden Umweltmonitoring in verschiedenen Ländern durchgeführt, welche 2018 auf der International Conference on Coastal Engineering (ICCE2018) in Baltimore, USA präsentiert wurde.



STENCIL-Projektpartner auf der Mya II beim 2. Projekttreffen auf Sylt.

Basierend auf dieser Recherche, dem Feedback aus der Community und den Forschungsarbeiten an den einzelnen Partnerinstituten wird in STENCIL die aktuelle "Best Practice" zum Küstenschutz durch Sandaufspülungen analysiert und der zukünftige Forschungsbedarf herausgearbeitet.

An den Partnerinstituten untersuchen die Projektpartner einzelne Aspekte der Nachhaltigkeit von Sandaufspülungen, z.B. die Wiederverfüllung und Wiederbesiedlung von Sandentnahmetrichtern vor Sylt (AWI), die Lebensdauer (und damit Wirksamkeit) von Aufspülkörpern in Abhängigkeit von der Aufspülstelle (Ludwig-Franzius-Institut) oder das Schädigungspotential von feinen Sedimenten, die sich in den Entnahmetrichtern ablagern und von Meeresorganismen aufgenommen werden können (RWTH Aachen). Um den Sedimenttransport gemischter Sandamit das Verhalten und Aufspülkörpers besser verstehen und vorhersagen zu können, wurden am FZK im Frühjahr 2018 großmaßstäbliche Versuche durchgeführt. Das Leichtweiß-Institut untersucht die Hydrodynamik im Riff-Rinne-System in Abhängigkeit von Aufspülstrategie (z.B. Strand vs. Vorstrand), um die Aufspülung wirksam und nachhaltig auszulegen. Gemeinsam wird Sammlung an Werkzeugen und Methoden erstellt, die dafür genutzt werden können, zukünftige Sandaufspülungen effizient und umweltfreundlich zu gestalten.

#### Leitung

Dr.-Ing. Stefan Schimmels, Dr. rer. nat. Franziska Staudt

#### Projektbearbeitung

M.Sc. Daniel Posanski, M.Sc. Gholamreza Shiravani,

M.Sc. Huichen Zhang

#### Projektlaufzeit

01.10.2016 - 30.09.2019

#### Förderung durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung

#### **Projektpartner**

Ludwig-Franzius-Institut, Leichtweiß-Institut, Alfred-Wegener-Institut, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft & Institut für Umweltforschung (RWTH Aachen)

### **SEDIMENTTRANSPORT**



### STENCIL - Versuche zum Transport gemischter Sande

Im Rahmen des Projekts STENCIL wurden im Frühjahr 2018 großmaßstäbliche GWK-Versuche mit verschiedenen Sandmischungen durchgeführt. Diese Versuche sollen dabei helfen, das Transportverhalten weitgestufter Sande (d.h. Mischungen unterschiedlicher Korngrößen) besser zu verstehen und entsprechende Transportformeln und –modelle weiterzuentwickeln.

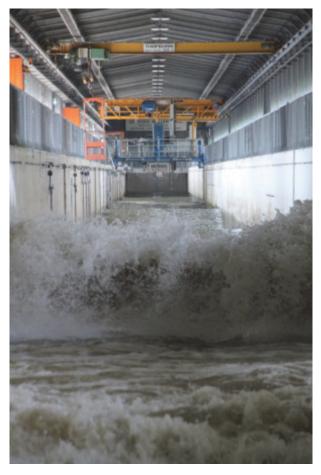
Bestehende Sedimenttransportformeln arbeiten üblicherweise mit der mittleren Korngröße und enthalten, wenn überhaupt, nur vereinfachte Parametrisierungen, um die natürlich vorkommende weite Stufung der Korngrößen zu berücksichtigen. Das Erosions- und Transportverhalten von Sedimenten ändert sich jedoch mit der Korngrößenverteilung. So verhält sich eine Korngrößenverteilung. So verhält sich eine Korngröße in einem homogenen Sediment anders als in einer Mischung mit anderen Korngrößen. Auch die Transportart verändert sich je nach Korngröße. Gröberes Sediment bildet eher Sohlformen (Rippel) aus, feineres bewegt sich bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit

in einer dünnen Schicht über dem Gewässergrund hin und her (sog. sheet flow). Der Übergang zwischen diesen beiden Transportarten ist fließend und besonders für weitgestufte Sedimente nur begrenzt abschätzbar. Daher wurden im GWK Versuche mit verschiedenen Sandmischungen (Feinund Grobsand im Verhältnis 100:0, 68:32, 46:54 und 26:74 %) unter Wellen (H = 1,5 m; 1,0 m bei T = 7.0 s) durchgeführt, die das Spektrum von Fein- zu Grobsand und von sheet flow zu Rippelbildung abbilden.



Einsatz von eingefärbtem Sand im Rahmen des Tracer Experiments im GWK (Foto: LUH/Vogl)

Für die Versuche wurde im GWK auf 30 m Länge ein Testabschnitt mit der Sandmischung aufgebaut und mit einer Reihe von Messstationen versehen. Pro Mischung und Wellenbedingung wurden insgesamt ca. 2 Std. regelmäßige Wellen erzeugt und Daten in Sohlnähe und in der freien Wassersäule aufgezeichnet. Dabei wurden vor allem die Sedimenttransportrate und die Transportart in Abhängigkeit der Korngrößenverteilung untersucht. Mit Hilfe hochauflösender Messinstrumente für Strömungsgeschwindigkeiten und Sedimentkonzentrationen wurden die zugrundeliegenden Prozesse an der Sandoberfläche untersucht. Zusätzlich wurde in einem sogenannten Tracer Experiment fluoreszierender Sand eingesetzt, um die Transportwege der Sandkörner (und der einzelnen Korngrößenfraktionen) nachvollziehen zu können.



Wellen brechen während der STENCIL-Versuche am Strand (Foto: Staudt)

Dem FZK kam bei den STENCIL-Versuchen auch die Mitgliedschaft im Hydralab-Verbund zugute, da die Versuche so durch Partner und Instrumente aus Hydralab+ unterstützt werden konnten. Die Daten werden aktuell am FZK und bei den Versuchspartnern ausgewertet und sollen dabei helfen, ein bestehendes Modell für den Sedimenttransport im Küstenbereich zu verbessern.

Mit den Erfahrungen aus den STENCIL-Versuchen hat das FZK an mehreren Hydralab+ Deliverables im JRA COMPLEX mitgewirkt, so z.B. an den Guidelines für physikalische Experimente zur Untersuchung von komplexen Prozessen im Zusammenhang mit dem Klimawandel und Klimawandelanpassung. In dem fertigen Dokument werden unter anderem die Herausforderungen von physikalischen Laborversuchen mit gemischten Sedimenten beleuchtet, z.B. die Herstellung einer homogenen Sandmischung, der Umgang mit großen Mengen gemischter Sedimente, die Anwendbarkeit hochauflösender Messtechnik im Zusammenhang mit Sandmischungen sowie die Qualitätssicherung im Labor. Des Weiteren werden die Daten in Hydralab+ dazu genutzt, bestehende Versuchsanlagen, Messinstrumente und Messmethoden weiterzuentwickeln und zu optimieren, damit komplizierte Küstensysteme in Laborversuchen realistisch abgebildet werden können.

#### Leitung

Dr. rer. nat. Franziska Staudt

Versuchszeit

13 Wochen

Förderung durch

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Versuchspartner

University of Aberdeen, University of Twente, University of Delaware, IBW PAN, LEGI, Universidade de Aveiro, Polytechnic of Porto, Universidade de Lisboa, Instituto Hidrográfico Lisboa, Universidade de Vigo

### SEDIMENTTRANSPORT



### Stabilität von dynamischen Strandabdeckungen im Hinblick auf den Meeresspiegelanstieg

Als unmittelbare Auswirkung des Meeresspiegelanstiegs werden ein Rückgang der Küstenlinien und eine Erhöhung der Überflutungsrisiken erwartet. Ein angemessenes Küstenzonenmanagement muss sich mit diesen geänderten Bedingungen befassen, da sich insbesondere in Küstenzonen ein bedeutender Anteil der ökonomischen und sozialen Infrastruktur befindet.

In entwickelten Ländern haben sich im Wesentlichen zwei Methoden herauskristallisiert, um die Küstenlinie stabil zu halten:

 Verwendung von harten Strukturen, um erosiv wirkende Wellenenergie und somit Sedimenttransport zu verringern (z.B. Buhnen) oder als Barriere hinter dem Strand, um das Land gegen Überflutungen zu schützen. Bei einem Anstieg des Meeresspiegels müssen solche

- Strukturen erhöht und verstärkt werden, um ihre Schutzfunktion auch weiterhin zu behalten.
- 2. Weiche Küstenschutzmaßnahmen (z.B. Strandaufspülungen) zielen darauf ab, den Sandpuffer durch künstliche Vergrößerung des Strand- und/oder Dünenvolumens zu erhalten. Das wird vor allem in Bereichen von hohem Erholungswert angewandt, um den natürlichen Charakter des Strandes weiterhin zu gewährleisten. Bei einem Anstieg des Meeresspiegels kann aber in vielen Bereichen das zur Stabilisierung der Küstenlinie erforderliche zusätzliche Sandvolumen nicht eingebracht werden.

Während harte Schutzmethoden in Bereichen gerechtfertigt sein mögen, wo ihr Versagen katastrophale ökonomische und soziale Konsequenzen nach sich ziehen würde, gibt es aber viele Bereiche, wo der Anspruch an den Erhalt der Küstenlinie geringer ist. Dort könnte eine relativ neue Schutzmethode verwendet werden, die den Strand mit beweglichem Material wie z.B. Kies abdeckt. Hierbei wird oberhalb des Sandstrandes im

Bereich des höchsten Wellenauflaufs ein Kies- oder Geröllwall aufgeschüttet, welcher neben seiner stabilisierenden Wirkungsweise auch den Wellenüberlauf reduzieren kann. Ein solcher Verbund reagiert ganz anders als statische Küstenschutzstrukturen, da er sich unter Wellen umformen und somit der Belastung anpassen kann.



Sandprofil nach den Versuchen

Für dieses Projekt wurde im GWK ein Strand mit einer Neigung von 1:15 im Naturmaßstab eingebaut, um die Veränderungen aufgrund des Meeresspiegelanstiegs und den damit verbundenen Sturmereignissen mit und ohne einer dynamischen Strandabdeckung mit Kies zu untersuchen. Folgende Aspekte standen im Vordergrund der Untersuchungen:

1. Bestimmung des Verhaltens der Kiesabdeckung bei steigendem Wasserstand und seine Widerstandfähigkeit gegenüber Wellenbedingungen niedrigen und höheren Energieinhalts sowie Auswir-

- kung des Meeresspiegelanstiegs auf den Sandstrand mit und ohne Kiesabdeckung.
- 2. Fundamentale Kenntnisse über die Wellentransformation im Bereich des Wellenbrechens und über Änderungen der Strandmorphologie mit seinem Riff-Rinne-System aufgrund verschiedener Wellen- und Wasserstandsbedingungen. Das gibt Einblicke in das Verhalten des Strandes und des Deckwerkes unter Meeresspiegelanstieg und ermöglicht Ansätze zur Verbesserung des Deckwerkdesigns.

Die Änderungen des Sandstrandes und der Kiesabdeckung wurden kontinuierlich mit Laserscannern und einem Sonar aufgezeichnet, unterstützt durch Messungen wie Strömungsgeschwindigkeiten und Suspensionsraten im Bereich der brechenden Wellen.



Messgeräte für eine Messposition

#### Leitung

Dr. Christopher Blenkinsopp

Versuchszeit

10 Wochen

Förderung durch

Hydralab+ - Transnational Access

#### Projektpartner

University of Plymouth, National Oceanography Centre Liverpool, Delft University, LEGOS-IRD, Ghent University, Deltares, University of New South Wales, University of Queensland, University of Delaware

23



### Wellenenergiebetriebene Entsalzungspumpe

Die irische Firma Blue Power Energy (BPE) hat bereits in der Vergangenheit ein Antriebssystem entwickelt, welches die lineare Bewegung eines Wellenenergiekonverters über eine Kugelgewindespindel in eine Rotationsbewegung überführt, mit der beispielsweise ein elektrischer Generator betrieben werden kann. Ausgehend von diesem System wurde mit numerischen Simulationen herausgefunden, dass auch eine Hochdruckpumpe angetrieben werden kann, die über

Umkehrosmose eine Entsalzungsanlage betreiben kann.

BPE installierte ein solches System auf einer kleinen Schute mit den Abmessungen 2 x 3,5 x 1 m und einem Gewicht von ca. 1 t. Die Antriebsseite der Getriebespindel wird über eine Ankerleine mit dem Boden verbunden, die Abtriebseite mit einer entsprechenden Hochdruckpumpe. Über Voruntersuchungen mit einem pneumatischen Druckkolben wurde der erforderliche Druckbereich ermittelt und ein hydrodynamisches Modell zeigte, dass die Schute bei Wellenhöhen zwischen 0,5 und 1 m diesen Druck

auch erzeugen kann. Das sollte ausreichend sein, um ca. 1 Liter pro Minute Süßwasser aus Salzwasser zu erzeugen.

Im Rahmen von Marinet2 wurden ausgiebige Untersuchungen unter Wellenbelastung im GWK durchgeführt. Ziele der Untersuchungen waren, das gesamte Konzept auf seine Funktionalität hin zu untersuchen und das numerische Modell für die Simulation des Antriebs mit der Schute zu verifizieren.

Etwas genauer formuliert waren die kurzfristigen Ziele:

- Die Tauglichkeit des "Blue Power Energy"-Antriebs für Entsalzungsanlagen zu erweisen
- 2. Die Menge des produzierbaren Süßwassers in Abhängigkeit von Wellenhöhe und Wellenperiode zu bestimmen
- 3. Daten für die Verifizierung und Weiterentwicklung des vorhandenen numerischen Modells zur Verfügung zu stellen
- 4. Optionen für die Verankerung und ihre Auswirkung auf die Leistungsfähigkeit des Systems zu erkunden
- 5. Daten für die Entwicklung eines Steuerund Regelungssystems und für die Verbesserung des Gesamtdesigns zu gewinnen

Das mittelfristige Ziel war, die Form und Abmessungen des Wellenenergiekonverters zu optimieren, um die Effizienz für unterschiedliche Einsatzorte und somit Wellenbedingungen zu erhöhen und um letztendlich die Energiekosten zu reduzieren. Langfristiges Ziel ist die Entwicklung einer kleinen, leicht transportierbaren und kommerziell attraktiven wellenbetriebenen Entsalzungsanlage.

Die Schute für die Untersuchungen im GWK hatte einen Maßstab von 1:4, was auf Naturbedingungen übertragen Wellenhöhen bis zu 5 m mit Wellenperioden zwischen 5 und 15 s erlaubt. Regelmäßige Wellen lieferten

Daten für die Validierung und Verbesserung des numerischen Modells und für die grundsätzliche Charakterisierung des Systems, Daten von unregelmäßigen Wellen wurden für die Bestimmung der Leistungsfähigkeit des Systems ausgewertet.

Die wichtigsten Messungen auf der Schute umfassten die Ankerkräfte, die Bewegung der Schute und die Druckverhältnisse in der Pumpe. Die Wellenbedingungen wurden mit 2 Pegelharfen aufgezeichnet. Mit dem Motion-Tracking-System des Ludwig-Franzius-Instituts konnten die Messungen auf der Schute verifiziert werden.



Die Schute am Kran hängend mit der Verankerung an einem Betonblock am Boden des Kanals

Leitung

Conor Haughey

Versuchszeit

3 Wochen

Förderung durch

Marinet 2 - Transnational Access

Projektpartner

Blue Power Energy Ltd., Rockall Research Ltd.

### MARINE ENERGIE



## Wellenenergiekonverter mit Wasserturbine

Die italienische Firma EPF Elettrotecnica S.r.l. ist hauptsächlich wegen ihrer Automationssysteme für die Industrie bekannt. Seit einiger Zeit ist sie auch auf dem Gebiet der erneuerbaren Energien tätig. Im Jahr 2017 begann sie mit der Entwicklung eines innovativen Wellenenergiekonverters (WEC). Ein kleinmaßstäbliches Modell hiervon im Maßstab 1:20-1:40, welches zunächst nur grundlegende Funktionalität besaß, wurde bereits im ersten Aufruf von Marinet 2 im Wellenbecken in Aalborg getestet. Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen, wurde ein Prototyp im Maßstab 1:2 gebaut und für den Einsatz am GWK vorbereitet.

Die grundlegende Funktionalität war bewiesen und ein numerisches Modell für die Simulation aller an diesem Typ des WEC stattfindenden relevanten Prozesse entwickelt. Nun war es Zeit, in einem naturähnlichen Maßstab ein verbessertes Modell des WEC zu untersuchen.

Als ein erster möglicher Anbringungsort wurde ein Caisson Wellenbrecher in Italien ins Auge gefasst. Deshalb wurde der WEC an einer einfachen senkrechten Wand im GWK angebracht.

Hauptziel der Untersuchungen war die Verifizierung des Antriebs. Dieser besteht aus einer Wasserturbine, für die mithilfe zweier unidirektionaler Verschlussorgane die oszillierende Wellenbewegung in eine kontinuierliche Wasserströmung umgeformt wird. Um das ganze System optimieren zu können,

wurden qualitativ hochwertige Daten direkt aus dem Turbinenlaufwerk gewonnen. Ebenso wichtig war aber auch die Kenntnis über die hydraulischen Prozesse an und innerhalb des Wellenenergiekonverters. Hierfür wurden Wellenpegel vor und neben dem Bauwerk befestigt, sowie ein Wellenpegel direkt vor der Öffnung des Energiekonverters. Für das hydrodynamische Verhalten sind die Wasserstände in den beiden Kammern des Energiekonverters entscheidend, sowie der Massenfluss durch die Turbine, welche mit einer Vielzahl von Druckmessdosen aufgezeichnet worden sind. Um Informationen über die Wellenbelastungen am Bauwerk zu erhalten, waren Druckmessdosen auch an mehreren Stellen der Außenseite angebracht.





Montage der Druckmessdosen am Wellenenergiekonverter (oben), Blick auf die beiden inneren Kammern (unten)

Um möglichst viele dynamische Effekte zu identifizieren und quantifizieren zu können, bestand das Versuchsprogramm aus regelmäßigen Wellen mit Wellenhöhen zwischen 0,19 und 0,75 m und Wellenperioden zwischen 2,8 und 4,9 s. Vervollständigt wurde das Programm mit einer Matrix aus JONSWAP Wellenspektren, deren signifikante Wellenhöhen und Peakperioden in der gleichen Größenordnung lagen.



Einbau des "Innenlebens" vom Wellenenergiekonverter



Der Konverter in Aktion

Leitung

Giacomo Vissio

Versuchszeit

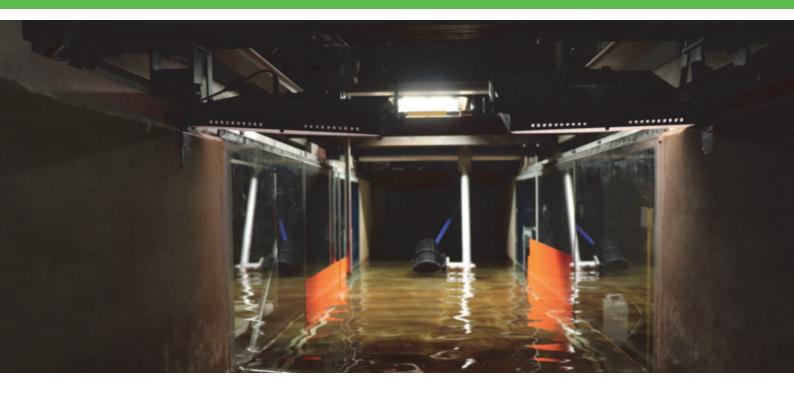
3 Wochen

Förderung durch

Marinet 2 - Transnational Access

Projektpartner

EPF Elettrotecnica S.r.l.



# SeaArt: Wiederansiedlung von Seegraswiesen

Die Wiederansiedlung von Seegraswiesen ist aus mehreren Gründen ein Schwerpunkt aktueller Forschung. Zum einen können Seegraswiesen zur Wellendämpfung und somit zum Küstenschutz beitragen und zum anderen speichern sie klimaschädliches Kohlendioxid und wirken somit dem Klimawandel entgegen. Im Rahmen des Projekts Sea-Art (Long term establishment of SEAgrass ecosystems through biodegradable ARTificial meadows), gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur und der VolkswagenStiftung, wird untersucht ob und wie man künstliche Seegraswiesen aus bioabbaubarem Kunststoff dazu verwenden kann, natürliches Seegras wiederanzusiedeln.

Im August 2017 wurden hierzu Feldmessungen am Brodtener Ufer (nahe Niendorf in der Ostsee) durchgeführt, um erweiterte

Einblicke in die Funktionsweise von natürlichen Seegraswiesen zu erlangen.

Das FZK hat hierzu schwimmfähige Gerüste entwickelt und gebaut, die mithilfe eines Motorboots an die Messstellen transportiert und dort von Tauchern in ca. 4 m Wassertiefe am Boden verankert wurden.



Eines von drei Messgerüsten auf seinem Weg zur Messstelle (Foto: Jana Carus)

Unter Anderem wurden Strömungsgeschwindigkeiten und Lichtintensitäten sowohl in als auch außerhalb einer Seegraswiese während eines Zeitraums von ca. 3 Wochen gemessen. Darüber hinaus wurde in aufwändigen Tauchkampagnen das Vorkommen sowie die mechanischen als auch geometrischen Eigenschaften kartiert, um diese dann mit bereits bestehenden Kartierungen zu vergleichen.





Messinstrumente unter Wasser (Foto: Matthias Goerres)

Im Sommer 2018 wurden außerdem Versuche mit künstlichem Seegras in der Umlaufrinne des LuFI durchgeführt (Versuchsleiter: Raúl Villanueva) und von Seiten des FZK tatkräftig unterstützt. Ziel der Versuche ist es, herauszufinden wie weit hinter einer künstlichen Seegraswiese noch eine strömungsberuhigende Wirkung festzustellen ist. Mit dieser Information können schon die Abstände einzelner Reihen von künstlichem Seegras dimensioniert werden, wenn am späteren Einsatzort Strömungsbedingungen vorherrschen.



Eine künstliche Seegraswiese unter Strömungseinfluss

Zu diesem Zweck wurden räumlich hochaufgelöste PIV (Particle Image Velocimetry) Messungen bis weit hinter den Wiesen durchgeführt.

Ein Prototyp-Versuch im GWK ist für April-Juni 2019 geplant. Hierbei werden 30 m² künstliches Seegras hergestellt und in Reihenanordnung auf einer beweglichen Sohle befestigt. Sowohl Geschwindigkeits- als auch Sedimenttransportmessungen sollen dann über die Funktionsweise und Stabilität des Systems unter Wellenbedingungen im 1:1 Maßstab Aussagen liefern.

Im Augenblick beschäftigt sich das SeaArt Team mit der Herstellung und Optimierung eines Prototyps, der allerdings derzeit noch aus nicht bioabbaubarem Material besteht. Um diese Matten bioabbaubar zu gestalten, werden noch weitere Untersuchungen bis zum Projektende durchgeführt.



Eine von neun künstlichen Seegrasmatten, die im Großen Wellenkanal untersucht werden

#### Leitung

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Moritz Thom

**Projektlaufzeit** 

2016 - 2020

Förderung durch

Niedersächsisches Vorab (Nds. Ministerium für Wissenschaft und Kultur, VolkswagenStiftung)

**Projektpartner** 

Leibniz Universität Hannover, LuFI

### ÖKOHYDRAULIK



### Sedimentstabilisierung durch Biofilme

Eine der Herausforderungen, um geeignete Anpassungsstrategien an den Klimawandel mithilfe von physikalischen Experimenten zu untersuchen, ist die Schwierigkeit der Skalierung nichtlinearer Vorgänge z.B. im Bereich der Ökohydraulik. Die Joint Research Activity RECIPE (REpresenting Climate Change In Physical Experiments), im Rahmen des EU geförderten Hydralab+ Projekts, stellt sich dieser Herausforderung und das FZK beteiligt sich im Speziellen an der Erstellung von Guidelines und Protokollen zum Thema Biofilme und Biostabilisierung.

Biofilme sind allgegenwärtig in der Natur und wachsen unter anderem auch auf Sedimenten des Küsten- bzw. Ästuarbereichs, wo sie die Sedimentstabilität zum Teil deutlich erhöhen können (bis zu Faktor 10 gegenüber unstabilisiertem Sand). Biofilme bestehen aus Mikroalgen, Bakterien und Pilzen.

Zusammen mit deren Ausscheidungsprodukten, den sogenannten EPS (Extrazelluläre Polymere Substanzen), bilden diese eine dünne und klebrige Schicht, die teilweise erheblich zur Sedimentstabilisierung beitragen kann.



Seitenansicht eines natürlichen Biofilms im Vordeichbereich der Insel Schiermonnikoog. Der Biofilm bildet eine dünne Kruste (einige Millimeter) auf dem Sediment und stabilisiert es damit.

Aufgrund fehlender Bemessungsansätze zur Biofilmstabilisierung wurde bislang der Einfluss der Biofilme in der Morphodynamik größtenteils vernachlässigt, was unter anderem darauf zurückzuführen ist, dass Untersuchungen an natürlichen Biofilmen zeitlich sehr aufwändig sind.

Außerdem fehlen häufig spezielle Versuchseinrichtungen, mit deren Hilfe man verschiedene Umweltbedingungen simulieren kann, um das Biofilmwachstum so natürlich wie möglich nachzubilden.

RECIPE widmet sich u.a. deshalb der Erforschung geeigneter Ersatzmaterialien für Biofilme (genauer EPS), um die Biostabilisierung durch Biofilme zeiteffizienter zu gestalten und auch deren Erforschung in allen Versuchslaboreinrichtungen zu ermöglichen.

Von Seiten des FZK wurden hierzu Adhäsionsmessungen (also Messungen der Klebrigkeit) auf unterschiedlichem künstlichem EPS durchgeführt und mit Adhäsionsmessungen aus einem vorangegangenen Projekt verglichen. Hieraus wurde dann das künstliche EPS ausgewählt, welches die größte Ähnlichkeit mit natürlichem EPS aufzeigt, und 2018 in einem Erosionsexperiment in einer kleinen Kipprinne (bereitgestellt durch das LuFI) weiter untersucht. Ziel dieser Untersuchungen ist es, den Einfluss sowohl der Klebrigkeit als auch der Menge des zugegebenen EPS auf deren Erodierbarkeit hin zu untersuchen. Erste Ergebnisse zeigen, dass neben einem signifikanten Einfluss beider vorgenannten Parameter die vermehrte Zugabe von künstlichem EPS auch zu deutlich unterschiedlichen Erosionsmechanismen führt, die eindeutige Ähnlichkeiten zu Erosionsmechanismen der natürlichen Biofilms aufweisen.

Zudem wurden, für den Praxisbezug, im Jahr 2018 Feldmessungen an natürlichen Biofilmen im Vordeichbereich der niederländischen Insel Schiermonnikoog durchgeführt. Ziel dieser Untersuchungen ist es, ein besseres (mechanisches) Verständnis für natürliche Biofilme zu erlangen, um in Zukunft den Einfluss der Biostabilisierung auf die Morphodynamik besser vorhersagen zu können.



Probennahme auf Schiermonnikoog mit freundlicher Unterstützung des Instituts für Bodenkunde

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind unter anderem in verschiedenen Hydralab+Deliverables beschrieben. Zum Beispiel wurden in D8.5 "Protocols for scaling biogeomorphology in time" Dimensionierungs- und Anwendungsbeispiele für künstlichen Biofilm näher erläutert, mit dem Ziel, in Zukunft auch anderen Versuchseinrichtungen Untersuchungen an Biofilmen und Biostabilisierung zu ermöglichen.

31

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Moritz Thom

Projektlaufzeit

01.09.2015 - 31.08.2019

**Projektleitung** 

Förderung durch Hydralab+



### Bewachsene flache Gezeitenküsten unter extremer Wellenbelastung

Ein Bericht von Katrin Wernke

Pflanzen der Salzmarschen wie das Schlickgras und die Strandsimse schützen Küsten vor der stürmischen See und dämpfen die heranrollenden Wellen. Doch was passiert mit der Vegetation, wenn im Zuge des Klimawandels Sturmfluten häufiger auftreten oder stärker werden? Und wie wirkt sich dies auf die Erosion der Küsten aus? Diesen Fragen geht derzeit ein internationales Forscherteam in einem einzigartigen Experiment im Großen Wellenkanal des Forschungszentrums Küste (FZK), einer gemeinsamen Einrichtung der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig, nach.

Bis jetzt können Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler noch nicht vorhersagen, wie widerstandsfähig die Tidemarschen gegenüber häufigeren und stärkeren Überschwemmungen sind und welche Sturmfluten sie sogar zerstören können. Ein Grund dafür ist, dass Salzwiesen deutlich komplexere Gebilde als Dünen und Sandstrände sind: Sie enthalten zum Beispiel große Mengen Schlick und Lehm, die den Boden "klebrig" machen. Zudem ist ihr schützender Pflanzenbewuchs unterschiedlich stark ausgeprägt.

Im Hydralab+ Projekt RESIST wird das internationale Team untersuchen, wie sich starker Wellengang auf Setzlinge und erwachsene Pflanzen verschiedener Arten auswirkt und welchen Effekt die Bodenzusammensetzung auf die Erosion der Küsten hat. Für ihr Experiment setzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verschie-

dene Pflanzenarten der Salzwiesen und Sedimentproben drei Wochen lang im Großen Wellenkanal in Hannover großen Wellen und Sturmfluten aus.



Kleiboden mit Bewuchs und Erosionsschutz

Die Pflanzen, unter anderem das Schlickgras und die Strandsimse, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im März 2018 in den Niederlanden gesammelt, in Holzkästen gepflanzt und diese in fünf verschiedenen Zonen am Boden des Wellenkanals verankert. In einer Zone untersucht das Team zum Beispiel die Auswirkungen von Sturmfluten in den Sommer- und Wintermonaten. Hierzu wurde ein Teil der Pflanzen trockengelegt, um durch die Dürre das langsame Absterben der Pflanzen zu simulieren. In einer weiteren Zone erproben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einen neuartigen Erosionsschutz aus Kartoffelstärke. Das Gitter wird direkt auf dem Boden in den Boxen angebracht und soll die jungen Pflanzen und das Sediment gegen die Wellen schützen.

An dem Projekt sind neben der federführenden University of Cambridge (UK) die Universität Hamburg, die Technische Universität Braunschweig, die Universität Antwerpen (Belgien) und das Royal Netherlands Institute for Sea Research beteiligt.



Viele fleißige Wissenschaftlerinnen bei Messungen nach einem Versuch



Mechanische Vermessung des Bodenprofils

#### Leitung

Dr. Iris Möller

Versuchszeit

12 Wochen

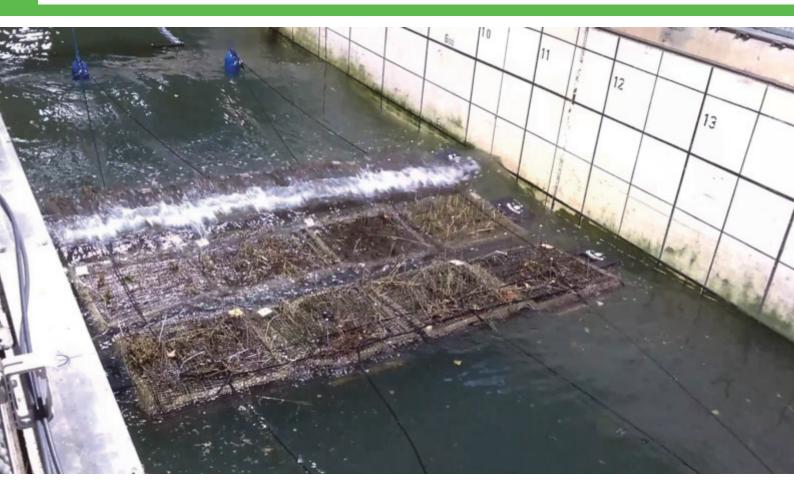
Förderung durch

Hydralab+ - Transnational Access

**Projektpartner** 

Cambridge Coastal Research Unit, Universität Hamburg, NIOZ-Yerseke, University Antwerpen, TU Braunschweig

### ÖKOHYDRAULIK



### Wellendämpfung durch schwimmende Vegetationsinseln

In diesem durch die "Deutsche Bundesstiftung Umwelt" geförderten Forschungsprosoll die Wellendämpfung iekt Schilfgabionen erprobt und zusätzlich der Beitrag der Inseln zur Erhöhung der Artenvielfalt in Gewässern bestimmt werden. Standortgerechte und leitbildkonforme Vegetationsstrukturen an Gewässern sind für die Zielerreichung der Umweltqualitätsziele der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) sowohl für die biologischen Komponenten als Habitatstruktur als auch für chemisch-physikalische Wasserqualitätsparameter von hoher Bedeutung.

Ziel des Projektes ist die Weiterentwicklung einer Technik zur Initiierung von selbstschwimmenden Vegetationsbeständen für den Einsatz zur Wellendämpfung von Schiffswellen u.a. an den Ufern von Wasserstraßen oder an staugeregelten Fließgewässern. Die Wellenbelastung durch Schiffe oder Motorboote, welche eine andere Charakteristik als die Belastung durch normale Windwellen besitzt, stellt an den Ufern dieser Gewässer eine der Hauptbelastungen für die Flora und Fauna dar. Bei der Herstellung und Initiierung der Vegetationsstrukturen kommen ausschließlich organische abbaubare Materialien in Kombination mit lebenden heimischen Pflanzarten in Frage, die sich an natürlichen Vorbildern wie Schwingrasen oder Schwingröhrichten in den Verlandungszonen von Stillgewässern orientieren. Auf diese Weise können sie als lange Linienelemente auf großen Streckenabschnitten in Kanälen und erheblich veränderten Gewässern eingesetzt werden, ohne dabei künstliche Materialien in die ökologisch wertvollen Gewässer einzutragen, die dem eigentlichen Gedanken einer umweltentlastenden Maßnahme widersprechen würden.

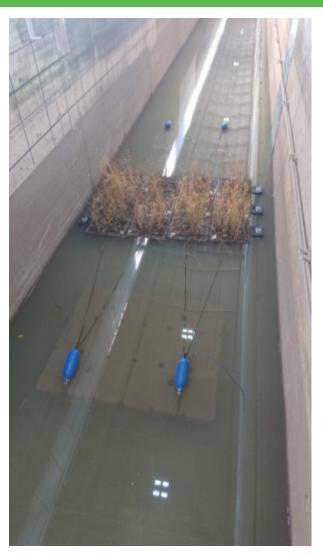
Die in den Versuchen im Großen Wellenkanal (GWK) des Forschungszentrums Küste (FZK) getesteten 12 Schilfgabionen bestehen aus 100 cm x 100 cm großen Drahtkörben, die mit organisch abbaubaren Materialien in Kombination mit lebenden heimischen Pflanzarten gefüllt sind. Sie wurden in zwei unterschiedlichen Anordnungen getestet, einmal ein Feld von 4x3, dann ein Feld von 3x4 Gabionen. Die einzelnen Strukturen wurden untereinander mit Kabelbindern befestigt und über an Schwergewichtsfundamenten vertäuten Bojen gegen Abtreiben gesichert.



Verbundene Inseln mit Reflektorkugeln für das Motion-Tracking System

Als Messtechnik wurden Wellenpegel und Ultraschallsonden zur Aufzeichnung der Wellenbewegung vor und hinter den Strukturen installiert. Acoustic Doppler Velocimeter erfassten die Wellenkinematik und ein Motion Tracking System zeichnete die räumliche Bewegung der Gabionen unter Wellenbelastung auf.

Um die spezielle Charakteristik von Schiffswellen zu simulieren, wurden im Wesentlichen regelmäßige Wellen unterschiedlicher Wellenhöhe und Wellenlänge generiert.



Die Gabionengruppe im Kanal mit ursprünglichem Bewuchs. Für die Versuche wurden die Pflanzen abgeschnitten

#### Leitung

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Arndt Hildebrand

**Versuchszeit** 

4 Wochen

Förderung durch

Eigenmittel

#### Projektpartner

Ludwig-Franzius Institut LUH, Institut für Umweltplanung LUH, LUC Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden

# **Erweiterung des GWK**

Der Plan, den GWK um eine neue und leistungsfähigere Wellenmaschine, eine Strömungseinrichtung und einen Tiefteil zu erweitern und ihn somit im internationalen Vergleich wieder zu einer herausragenden Forschungseinrichtung zu machen, besteht bereits seit mehreren Jahren. Entsprechend wurde an gleicher Stelle immer wieder über den aktuellen Stand der Dinge berichtet und dieser Bericht wird hiermit fortgesetzt.

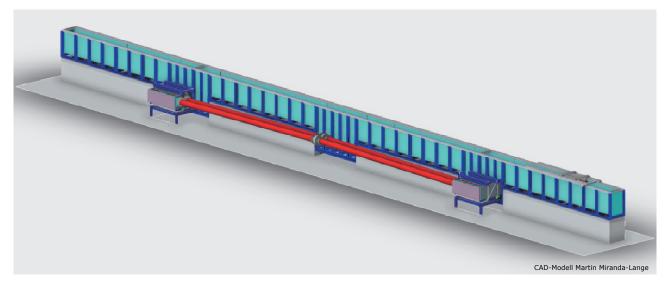
Nachdem die im September 2016 beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) eingereichte Skizze für das Projekt marTech positiv bewertet wurde, wurde im Februar 2017 ein Vollantrag eingereicht, der ebenfalls wohlwollend beschieden wurde, so dass das Projekt marTech im Juli 2017 mit einer Laufzeit von vier Jahren starten konnte. Mit einem Projektbudget von insgesamt über 35 Millionen Euro ist marTech mit Abstand das größte Vorhaben im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung und entsprechend hoch sind die Erwartungen an den Ausbau des GWK. Daher wurden die Planungen auch umgehend fortgesetzt und im Oktober 2017 die HU-Bau fertiggestellt, die die Grundlage für den Bauantrag bildet, der dann im März 2018 planmäßig eingereicht werden konnte.

Parallel hierzu wurden die Fachplaner für die Ausführungsplanung und Baubegleitung per Ausschreibung gesucht und im Juni 2018 fand die erste Besprechung für die letzte Planungsphase mit dem neuen Fachplanerteam statt. Dabei stellte sich bereits frühzeitig heraus, dass die HU-Bau eine sehr gute Grundlage zur Umsetzung der Erweiterung des GWK liefert, allerdings an zahlreichen Stellen noch Optimierungsbedarf besteht, der im Zuge der Ausführungsplanung berücksichtigt und ausgearbeitet wer-

den muss. Angesichts der großen Erwartungen an den neuen GWK<sup>+</sup> erscheint dieser zusätzliche zeitliche Aufwand gerechtfertigt, damit am Ende tatsächlich die bestmögliche Lösung im Rahmen der zur Verfügung stehenden Mittel umgesetzt werden kann.

Im Gegensatz zur geplanten Strömungseinrichtung und dem Tiefteil, für die etwa ein Drittel des Kanals abgerissen und sehr viel neu gebaut werden muss, erfordert die neue Wellenmaschine nur wenige bauliche Maßnahmen, sondern muss als Großgerät von spezialisierten Firmen gebaut werden. Daher wurde die neue Wellenmaschine bereits im März 2018 ausgeschrieben und nach sorgfältiger Prüfung aller eingegangenen Angebote der Auftrag im Juni 2018 vergeben. Im Prinzip wird die neue Wellenmaschine sehr ähnlich der noch vorhandenen sein, wobei der ölhydraulische Antrieb durch einen elektrischen Antrieb mit leistungsstarken Servomotoren ersetzt wird. Auch der Hub der Wellenmaschine wird sich auf etwa 7.2 m vergrößern, fast dem Doppelten des momentanen Hubs. Hierdurch werden sich Wellen bis zu etwa 3 m Höhe erzeugen lassen.

Nach derzeitigem Planungsstand wird der Tiefteil den Einbau von bis zu 2 m dicken Bodenschichten über eine Gesamtlänge von etwa 30 m erlauben, wobei in der Mitte, über eine Länge von 8 m, die Gesamttiefe 6 m betragen wird. Vor allem die Strömungserzeugung konnte noch erheblich optimiert werden. So wird der Maximaldurchfluss mit voraussichtlich bis zu 20 m³/s die ursprüngliche Mindestanforderung 12,5 m<sup>3</sup>/s um etwa 60 % übertreffen. Auch die möglichst störungsfreie Einleitung und Ausleitung der Strömung wurde durch Anpassung der Ein-/Auslaufbauwerke selbst sowie eine zusätzliche Lamellenkonstruktion zur Führung der Strömung weiter optimiert.



3D Modell des neuen miniGWK<sup>+</sup>, einem 1:10 Modell des GWK nach der Erweiterung. Gut zu erkennen sind der Tiefteil in der Mitte des Kanals sowie die Strömungseinrichtung mit den Ein-/Auslaufbauwerken und den Rohrleitungen in rot. Der Strömungsantrieb erfolgt durch Inline Thruster (Ringpropeller), die auf Höhe des Tiefteils direkt in den Rohrleitungen integriert sind. Für den GWK kommt diese sehr platzsparende Lösung aus Effizienzgründen nicht in Frage.

Neben der Erweiterung des GWK ist im Projekt marTech auch ein neuer Modellwellenkanal unter Federführung des LWI vorgesehen, mit dessen Planung und Bau direkt nach Projektstart, Mitte 2017, begonnen wurde. Der komplett in Eigenleistung errichtete Kanal konnte Ende 2018 fertiggestellt werden und bildet mit 30 m Länge, 50 cm Breite und 80 cm Höhe den GWK im Maßstab 1:10 ab. Im Modellkanal sind neben der Wellenmaschine auch bereits eine Strömungseinrichtung und ein Tiefteil vorgesehen, so dass er im Prinzip dem GWK nach Abschluss der Erweiterungsmaßnahmen entspricht und daher den Namen miniGWK<sup>+</sup> erhalten hat.

Mit dem miniGWK<sup>+</sup> wurden bereits erste Versuche zur Optimierung der Geometrie der Ein-/Auslaufbauwerke durchgeführt. Weitere Versuche laufen derzeit und werden während der Umbauphase kontinuierlich weitergeführt. Hierdurch soll die Erzeugung von Wellen und Strömung besser verstanden und weiter optimiert werden, um somit eine möglichst zügige und reibungslose In-

betriebnahme des "großen Bruders" zu ermöglichen.

Anfang 2019 werden alle notwendigen Planungsoptimierungen abgeschlossen sein, so dass mit der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen für die Bauausführung begonnen werden kann. Zum jetzigen Zeitpunkt wird davon ausgegangen, dass der GWK Ende 2019 für etwa zwei Jahre außer Betrieb gehen wird, um dann im Jahr 2022 mit neuer Wellenmaschine, Strömungseinrichtung und Tiefteil als eine der weltweit führenden Versuchseinrichtungen im Küsteningenieurwesen und Seebau wieder für neue, spannende Projekte zur Verfügung zu stehen.

An dieser Stelle sei nicht nur dem BMWi für die finanzielle Unterstützung gedankt, sondern vor allem auch dem Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK), das die gesamte Vorplanung bis zur Einreichung der Baugenehmigung finanziert hat.

2017 - 2018 | Forschungszentrum Küste 37

## Öffentlichkeitsarbeit

Das FZK beteiligt sich an Informationsveranstaltungen für die breite Öffentlichkeit und richtet Veranstaltungen und Führungen für Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung aus. Darüber hinaus nutzen auch Film und Fernsehen den Großen Wellenkanal gerne, um beeindruckende Bilder von der Kraft des Wassers zu erhalten.

#### Führungen

Auf Nachfrage werden individuelle Besichtigungen des GWK organisiert, um Schüler- und Studierendengruppen, Vertretern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik sowie Privatgruppen einen Einblick in den Forschungsbetrieb am FZK zu ermöglichen und Wissenschaft hautnah erlebbar zu machen. In den letzten zwei Jahren haben insgesamt 34 solche individuellen Führungen stattgefunden. Neben internationalen Gästen aus Chile,



China, Frankreich, Indien, Niederlande, Russland, Taiwan, und Tunesien konnten wir dabei auch zahlreichen deutschen Gruppen unsere Arbeit näher bringen. Besonders gefreut haben wir uns, die Präsidentin der TUBS, Frau Prof. Kaysser-Pyzalla, den ehemaligen Präsidenten der LUH, Herrn Prof. Barke sowie den Minister des niedersächsischen Ministeriums für Wissenschaft und Kultur, Herrn Minister Thümler, am GWK begrüßen zu dürfen.

#### Nacht die Wissen schafft

Am 11. November 2018 öffnete das FZK gemeinsam mit zahlreichen anderen Instituten und Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover von 18:00 Uhr bis 24:00 Uhr erneut seine Türen zur "Nacht, die Wissen schafft". Wie in den Jahren zuvor war das Interesse, den GWK in Aktion zu erleben, sehr groß und somit war im Prinzip die gesamten sechs Stunden "der Kanal immer gut gefüllt". Wir hoffen, dass wir den zahlreichen Besucherinnen und Besuchern wieder einen kleinen Eindruck über die enorme Kraft der Wellen vermitteln und über die Hintergründe der Forschungen am FZK ausreichend informieren konnten. Zumindest hinterließ dieser Novemberabend beim FZK-Team den Eindruck, dass alle Gäste ihren Besuch nicht bereuten und offensichtlich nicht nur die Jüngeren Spaß am "Nass, das Wissen schafft" hatten.



#### 12. FZK-Kolloquium

Das 12. FZK-Kolloquium am 22. Februar 2017 stand anlässlich der weiter fortschreitenden Planungen zur Erweiterung des GWK unter dem Motto "Maritime Technologien - Perspektiven für Wissenschaft und Wirtschaft". Mit dem Fokus auf Offshore-Windenergie sowie Wellen- und Tideströmungsenergie referierten insgesamt 9 nationale und internationale Expertinnen und Experten über aktuelle Forschungsthemen, praktische Herausforderungen und die Rolle des wasserbaulichen Versuchswesens. Dabei war es kein Zufall, dass die meisten Vortragenden und viele der 131 Teilnehmerinnen

und Teilnehmer ehemalige Absolventen und Wegbegleiter von Prof. Oumeraci waren, da dieser im April 2017 in Ruhestand ging und das 12. FZK-Kolloquium sein entsprechend letztes in offizieller Mission war. Somit war die Veranstaltung nicht nur aus wissenschaftlicher Sicht mit interessanten Vorträgen, vielen Gesprächen und lebhaften Diskussionen ein voller Erfolg, sondern gleichzeitig auch eine ausgezeichnete Plattform, um den langjährigen und unermüdlichen Einsatz von Prof. Oumeraci für das FZK angemessen zu würdigen.



#### 13. FZK-Kolloquium

Mit dem Titel "Building with Nature – Neue Konzepte für den Küstenschutz" war das 13. FZK-Kolloquium am 15. Februar 2018 dem zunehmend aufkommenden Paradigmenwechsel vom "Bauen in der Natur" zum "Bauen mit der Natur" gewidmet. Dieses konzeptionelle Umdenken wurde in den Niederlanden bereits vor geraumer Zeit erkannt und der Begriff des "Building with Nature" eingeführt. Ein Einführungsvortrag von Prof. Marcel Stive, einem der Vorreiter auf diesem Gebiet, sowie sieben weitere Vorträge aus dem Bereich der Natur- und



Ingenieurwissenschaften gaben den über 130 Teilnehmerinnen und Teilnehmern einen Einblick in aktuelle Forschungstätigkeiten und Aktivitäten am FZK sowie international. Die angeregten Diskussionen haben gezeigt, dass ein ökosystembasierter Küstenschutz in Zukunft sicherlich mehr und mehr an Bedeutung gewinnen wird und die Forschung vor allem im Bereich Sedimenttransport und Ökohydraulik entsprechend weiter verstärkt werden muss.

2017 - 2018 | Forschungszentrum Küste 39

#### FZK in den Medien

Auch in 2017 und 2018 waren FZK und GWK wieder häufig in den Medien vertreten. Nach einem Bericht im LUH internen Magazin "uni-intern" über die Arbeiten des FZK im Rahmen von Hydralab+ und SeaArt wurde Anfang 2017 eine Pressemitteilung veröffentlicht, die von mehreren Zeitungen und hannover.de für einen Artikel aufgegriffen wurde. Sogar das Interesse der dpa wurde geweckt, die dann eine eigene kurze Reportage zu den Untersuchungen mit alternativem Deichbaumaterial im GWK verfasst hat, die u.a. in den Onlineausgaben des Spiegels und der Wirtschaftswoche erschienen ist.

Auch im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initierten Wissenschaftsjahres 2016/2017, das unter dem Motto "Meere und Ozeane" stand, wurde mehrfach über das FZK berichtet, u.a. über SeaArt sowie die geplante Erweiterung des GWK. Ebenso konnte das FZK das BMBF bei der Erstellung eines Imagefilms über das Forschungsprogramm MARE:N unterstützen, in dem zu einem Interview mit Prof. Schlurmann Versuche aus dem GWK gezeigt werden.

Bewegte Bilder vom GWK gab es im Februar 2018 auch im NDR Fernsehen zu sehen, das für einen Bericht über den Küstenschutz in Deutschland die Versuche zur Wellenbelastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke im Rahmen des Projekts HYGEDE filmisch begleitet hatte. Weitere schriftliche Beiträge über FZK und GWK gab es unter anderem im Meer und Küste Magazin der Küsten Union Deutschland e.V. (EUCC) und den Technologie Informationen, einem Magazin der niedersächsischen Hochschulen. Besonders hervorzuheben ist schließlich noch ein sehr schöner Artikel über Wellen im Magazin Zeit Wissen, zu dem Prof. Goseberg maßgeblich beigetragen hat.

#### Soziale Netzwerke

Seit Frühjahr 2018 ist das FZK nun auch auf Twitter vertreten. Unter dem Nutzernamen @FZK\_GWK informieren wir in regelmäßigen Abständen über Aktuelles und Ankündigungen aus dem Institutsumfeld sowie über spannende Neuigkeiten aus der Gemeinschaft der Küstenforschung. Stay tuned!

### Zu guter Letzt

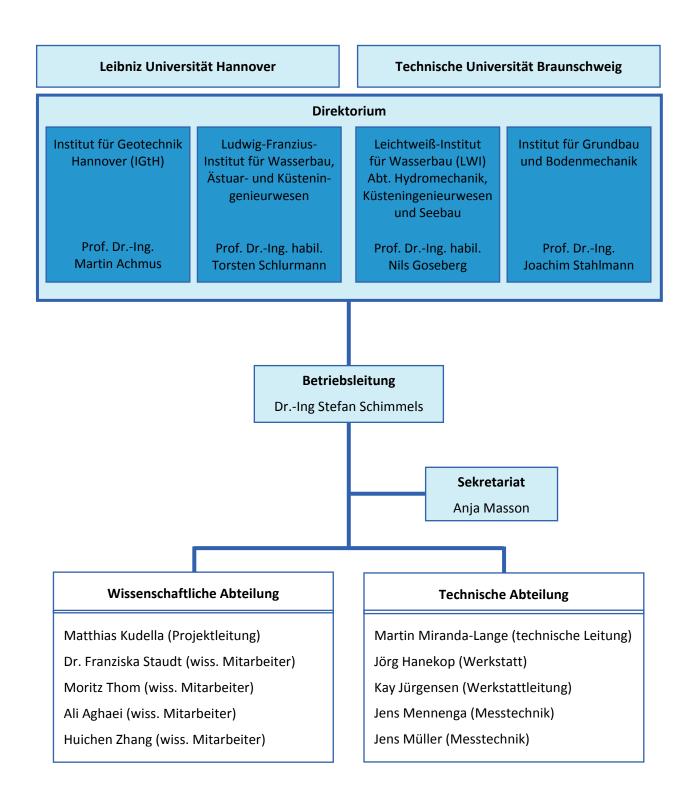
#### FZK wird KDM-Mitglied

Im Sommer 2018 ist das FZK in das Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM) aufgenommen worden. Das KDM strukturiert und bündelt die deutschen Kompetenzen der Meeresforschung einschließlich der meereswissenschaftlichen Polarforschung sowie der Küstenforschung. Die beteiligten Institutionen arbeiten eng zusammen, um gemeinsam Forschungsprogramme zu entwickeln und gezielt Projekte durchzuführen. Gleichzeitig setzt sich das Konsortium für eine Stärkung der Zusammenarbeit innerhalb der deutschen, europäischen und internationalen Meeresforschung ein.

Im KDM bündeln die Mitgliedseinrichtungen ihre meereswissenschaftliche Expertise, um sie gemeinsam vor Entscheidungsträgern und Zuwendungsgebern zu vertreten und in die Öffentlichkeit zu tragen. Mit ihren Forschungsarbeiten, den Beiträgen zur akademischen Ausbildung sowie Wissenstransfer und Technologieentwicklung leistet die Meeresforschung als Impulsgeber für Innovationen einen wichtigen Beitrag zur Bedeutung des meereswissenschaftlichen Sektors auf nationaler und internationaler Ebene. Das FZK ist sehr glücklich darüber, dass die Bedeutung des Küsteningenieurwesens in den Meereswissenschaften erkannt wurde und freut sich auf die Zusammenarbeit und zukünftigen Aufgaben im KDM.

# **ANHANG**

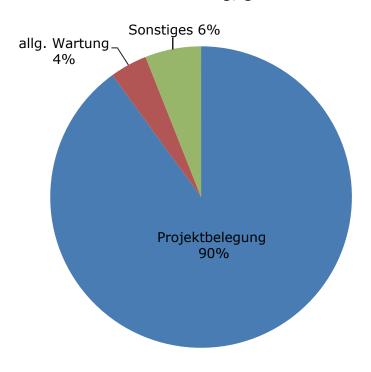
# **Organigramm**



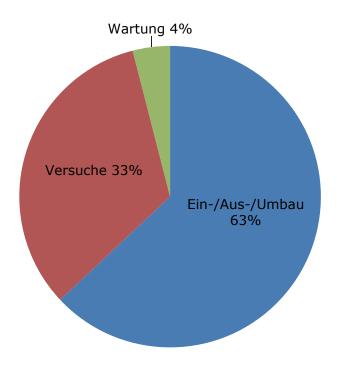
Stand: 01.01.2019

# **GWK Nutzung**

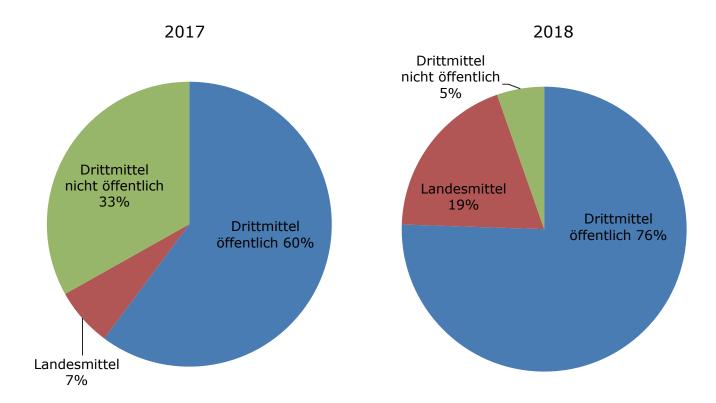
GWK Auslastung, gesamt

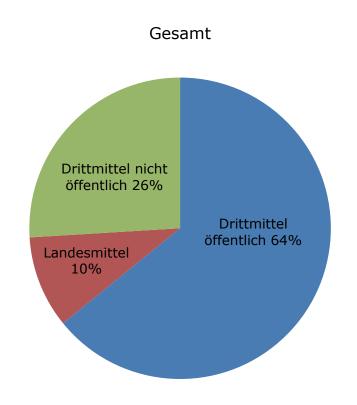


# Aufteilung im Projekt, gemittelt

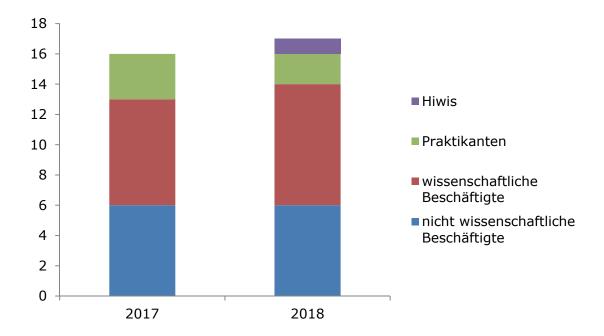


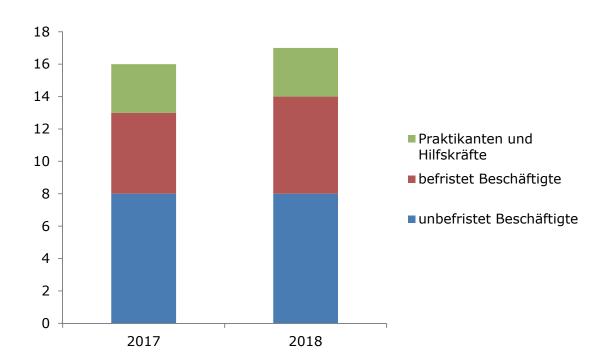
# **Finanzierung**





## **Personal**





2017 - 2018 | Forschungszentrum Küste 45

#### **Publikationen**

Baynes, E. R.; van de Lageweg, W. I.; McLelland, S. J.; Parsons, D. R.; Aberle, J.; Dijkstra, J.; Henry, P.Y.; Rice, S.; Thom, M.; Moulin, F. (2018): Beyond equilibrium: Re-evaluating physical modelling of fluvial systems to represent climate changes. Earth-Science Reviews.

DOI: 10.1016/j.earscirev.2018.04.007

Briganti, R.; Musumeci, R.; van der Meer, J.; Romano, A.; Stancanelli, L.; Kudella, M.; Akbar, R.; Mukhdiar, R.; Altomare, C.; Suzuki, T.; De Girolamo, P.; Mancini, G.; Besio, G.; Dodd, N.; Schimmels, S. (2018): Large scale tests on foreshore evolution during storm sequences and the performance of a nearly vertical structure. 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2018), 30.07.–03.08.2018, Baltimore, USA.

Gerbersdorf, S. U.; Wieprecht, S.; Thom, M.; Paterson, D. M.; Scheffler, M. (2018): New insights into MagPI: a promising tool to determine the adhesive capacity of biofilm on the mesoscale. Biofouling, 1-12. DOI: 10.1080/08927014.2018.1476971

Mendonça, A.; Mclelland, S.; Evers, K.-U.; Thom, M.; Santos, P. R. (2018): Foresight Study: Future Developments in Physical Modelling of Climate Change Impacts. Hydrolink, Issue 2, 2018, pp. 52-55, IAHR, Madrid, Beijing.

Ravindar, R.; Sriram, V.; Schimmels, S.; Stagonas, D. (2017): Characterization of breaking wave impact on vertical wall with recurve. ISH Journal of Hydraulic Engineering, 25:2, 153-161. DOI: 10.1080/09715010.2017.1391132

Ravindar, R.; Sriram, V.; Schimmels, S.; Stagonas, D. (2018): Comparative Study of Breaking Wave Forces on a Quasi-Prototype Recurved Seawall. 4th International Conference in Ocean Engineering (ICOE2018), Chennai, India.

Rupprecht, F.; Möller, I.; Paul, M.; Kudella, M.; Spencer, T.; van Wesenbeeck, B.K.; Wolters, G.; Jensen, K.; Bouma, T.J.; Miranda-Lange, M.; Schimmels, S. (2017): Vegetation-wave interactions in salt marshes under storm surge conditions. Ecological Engineering, V. 100, pp 301-315. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.12.030

Schimmels, S.; Brüll, C.; Deutschmann, B.; Ganal, C.; Gijsman, R.; Hass, H.C.; Hollert, H.; Mielck, F.; Schlurmann, T.; Schüttrumpf, H.; Shiravani, G.; Staudt, F.; Strusinska-Correia, A.; Visscher, J.; Wiltshire, K.; Wolbring J. (2017): STENCIL – Strategies and Tools for Environment-Friendly Shore Nourishments as Climate Change Impact Low-Regret Measures. 35. Jahrestagung des Arbeitskreises Geographie der Meere und Küsten (AMK), 19.–22. April 2017, Kiel, Deutschland.

Schimmels, S.; Brüll, C.; Deutschmann, B.; Ganal, C.; Gijsman, R.; Hass, H.C.; Hollert, H.; Mielck, F.; Schlurmann, T.; Schüttrumpf, H.; Shiravani, G.; Staudt, F.; Strusinska-Correia, A.; Visscher, J.; Wiltshire, K.; Wolbring J. (2017): STENCIL – Strategies and Tools for Environ-

ment-Friendly Shore Nourishments as Climate Change Impact Low-Regret Measures. EGU General Assembly 2017, 23.–28.4.2017, Wien, Österreich.

Schimmels, S.; Liberzon, D. (2018): Breaking Wave Detection with the Phase-Time Method (PTM) Revisited. 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2018), 30.07.–03.08.2018, Baltimore, USA.

Schimmels, S.; Schlurmann, T.; Brühl, M.; Goseberg, N. (2018): Large scale experiments in coastal and Ocean engineering - A Review of 35 years of physical model tests in the Large Wave Flume (Grosser Wellenkanal, GWK). Proc. 9th Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering (CGJOINT 2018), November 11-17, 2018, Tainan, Taiwan.

Schmidt, H., Thom, M., Wieprecht, S., Manz, W. und S.U. Gerbersdorf (2018): The effect of light intensity and shear stress on microbial biostabilization and the community composition of natural biofilms. Research and Reports in Biology 9 (2018), 1-6.

Staudt, F.; Mullarney, J.C.; Pilditch; C.A. and Huhn K. (2017): The role of grain-size ratio in the mobility of mixed granular beds. Geomorphology 278: 314–328. DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.11.015">10.1016/j.geomorph.2016.11.015</a>

Staudt, F. (2017): ... wie Sand am Meer. Neue Werkzeuge für nachhaltigen Küstenschutz. ti! Technologie-Informationen: Wissen und Innovationen aus niedersächsischen Hochschulen (3/2017: Wasser und Meer).

https://www.uni-hannover.de/fileadmin/Dezernat4/SG43/Publikationen/Technologie-Informationen/MWK ti 1 3 2017 1708 Web.pdf

Staudt, F. (2018): Sandaufspülungen für den Küstenschutz - Ein internationaler Überblick der bestehenden Praxis. 13. FZK-Kolloquium: Building with Nature – Neue Konzepte für den Küstenschutz, 15.02.2018, Hannover, Deutschland.

Staudt, F.; Deutschmann, B.; Ganal, C.; Gijsman, R.; Hass, H. C.; Hollert, H.; Mielck, F.; Shiravani, G.; Schimmels, S.; Strusinska-Correia, A.; Visscher, J.; Wolbring, J. (2018): Monitoring Of Environmental Impacts In Worldwide Beach Nourishment Practice. 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2018), 30.07.–03.08.2018, Baltimore, USA.

Thom, M.; Schimmels, S. (2017): Assessing the potential of surrogate EPS to mimic natural biofilm mechanical properties. EGU - European Geosciences Union General Assembly 2017.

Thom, M., Schimmels, S. (2018): On the use of surrogates to mimic the stabilization potential of natural Biofilms at the sediment-water interface. 12th International Symposium on Ecohydraulics, Tokyo, Japan.

Thom, M. (2018): Sedimentstabilisierung und Ecosystem Engineering durch Biofilme. 13. FZK-Kolloquium: Building with Nature – Neue Konzepte für den Küstenschutz, 15.02.2018, Hannover, Deutschland.