

JAHRESBERICHT | 2016

## **Impressum**

Herausgeber:

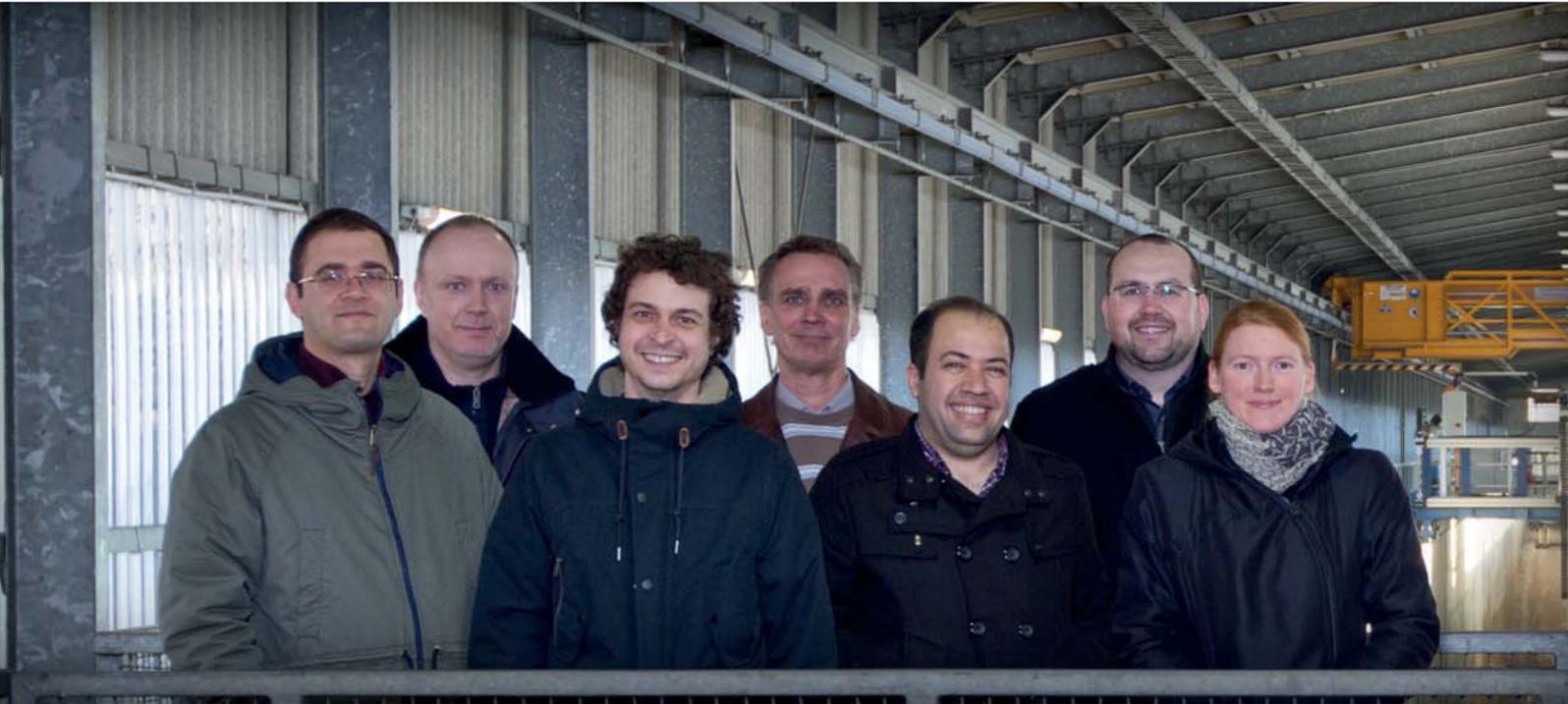
Forschungszentrum Küste (FZK)  
Merkurstraße 11  
30419 Hannover

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

V.i.S.d.P.: Stefan Schimmels  
Redaktion: Markus Brühl  
Gestaltung: Martin Miranda-Lange  
Alle 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 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. Dr.-Ing. habil. T. Schlurmann vom Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen der Leibniz Universität Hannover der Geschäftsführende Direktor, seine Amtszeit endet im April 2018.

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 Forschungsverbänden. Im Verbund mit den vier Partnerinstituten bietet das FZK numerische und physikalische 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 Naturschehen unter weitgehender Bewahrung des natürlichen Küstenraumes erfolgen.



### **Träger**

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

### **Direktorium**

Prof. Dr.-Ing. habil. Torsten Schlurmann (Geschäftsführender Direktor)  
Ludwig-Franzius-Institut für Wasserbau, Ästuar- und Küsteningenieurwesen  
(Leibniz Universität Hannover)

Prof. Dr.-Ing. Martin Achmus  
Institut für Geotechnik Hannover (Leibniz Universität Hannover)

Prof. Dr.-Ing. Hocine Oumeraci  
Leichtweiß-Institut für Wasserbau  
Abteilung Hydromechanik und Küsteningenieurwesen (TU Braunschweig)

Prof. Dr.-Ing. Joachim Stahlmann  
Institut für Grundbau und Bodenmechanik (TU Braunschweig)

### **Betriebsleiter**

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

### **Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter**

Wissenschaftler und Doktoranden: 8  
Technik und Verwaltung: 6

(Stand 01.01.2017)



Prof. Dr.-Ing. habil.  
Torsten Schlurmann  
Geschäftsführender  
Direktor

## Eine Großforschungseinrichtung im Aufbruch – Das FZK

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,  
liebe Leserinnen und Leser,

auch 21 Jahre nach Gründung des Forschungszentrums Küste (FZK) entwickeln sich Forschungsprogrammatik und Struktur der Deutschen Großforschungseinrichtung im Küsteningenieurwesen eindrucksvoll weiter.

Neue, am FZK erfolgreich eingeworbene Projekte bspw. mit Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) sowie durch die Europäische Union in den Verbundvorhaben *HYDRALAB+* und *MaRINET 2* oder auch im Rahmen von *KüNO – Küstenforschung für Nord- und Ostsee* seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) bestätigen diese Entwicklung. Der daraus resultierende fortwährende Personalzuwachs wissenschaftlicher Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter garantiert eine ständige Erweiterung von Kompetenzen und Erfahrungen der nach wie vor gemeinsam von der Leibniz Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig getragenen Einrichtung.

Auch dieser Jahresbericht führt in bemerkenswerter Qualität und Bandbreite die wesentlichen Erkenntnisse bereits durchgeführter bzw. Zielsetzungen laufender Projekte auf und spiegelt damit die aktuellen Kernaufgaben im Küsteningenieurwesen eindrucksvoll wider, die nur mit einem Großforschungsgerät wie dem Großen Wellenkanal (GWK) und seinem erfahrenen und kompetenten wiss.-techn. Stammpersonal bearbeitet werden können.

Um diesen über 20 Jahre erworbenen Status hochqualitativer Forschung und Entwicklung auf internationalem Niveau zu wahren und gleichzeitig das Profil im internationalen Wettbewerb zu schärfen, haben wir in den zurückliegenden zwölf Monaten an einer großen Modernisierung bzw. strukturellen Erweiterung des GWK in einem Team von Architekten und Fachplanern zusammengearbeitet. Als Resultat ist das wissenschaftliche Verbundvorhaben *marTech – Erprobung und Entwicklung von maritimen Technologien zur zuverlässigen Energieversorgung* zwischen der LUH und der TUBS entstanden. Im September haben wir dem Bundesministerium für Wirtschaft

und Energie (BMWi) eine Projektskizze vorgelegt und wurden Ende November zur Einreichung eines Vollartrags bis Anfang Februar 2017 aufgefordert. Wir sind sehr zuversichtlich, dass wir mit diesem Vorhaben und der darin eingebetteten Forschungsprogrammatik nebst den von uns vorgesehenen Erweiterungen den GWK maßgeblich für die kommenden 20 Jahre als weltweit einmalige Großforschungseinrichtung strukturell aufwerten und nachhaltig betreiben können.

Auch die beiden Fakultäten der vier Trägerinstitute am FZK beabsichtigen diese ertragreichen Entwicklungen zu unterstützen, um weitere Expertisen zu ergänzen und mit zentralen Forschungsfeldern an den beiden Standorten zu verknüpfen. Wir sehen diesen Schritt als notwendiges und wissenschaftlich wertvolles Entwicklungsziel, auch unter Zielstellung der Bündelung von Expertise innerhalb der Wissenschaftsallianz Braunschweig und Hannover. Synergien auf Forschungsebene lassen sich idealerweise auf Ebene der Fakultäten umsetzen.

Durch diesen Verbund wird auch der Grundstein für Kontinuität und Koordination der universitären Forschung im Küsteningenieurwesen in einem dann um weitere, aktive Institutionen außerhalb von Niedersachsen zu erweiternden FZK geschaffen, der die Bündelung der Erfahrungen und Kompetenzen der universitären Forschung im Küsteningenieurwesen in Deutschland unter dem Dach des FZK vorsieht. Dieser Schritt ist vordringlichste Aufgabe in den nächsten Jahren, um damit zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Küsteningenieurforschung beizutragen.

Die zuvor gemachten Ausführungen zur allgemeinen Entwicklung und der Zukunftsperspektiven des FZK wären ohne die visionäre Kraft und Entschlossenheit zur Umsetzung sowie über die zwei Jahrzehnte fortwährende Ausdauer unseres hochgeschätzten Kollegen Herrn Prof. Oumeraci nicht möglich gewesen. Er hat das Profil des FZK maßgeblich aufgebaut, eindrucksvoll geprägt und zu großem internationalem Renommee geführt. Herr Prof. Oumeraci wird Ende März 2017 offiziell in den Ruhestand wechseln, aber weiterhin wichtige Impulse in den Kollegenkreis des FZK einbringen und – wie wir ihn kennen und schätzen – unermüdlich für die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sowie Doktorandinnen und Doktoranden aktiv sein. Auf die nächsten FZK-Kolloquien mit ihm an unserer Seite freuen wir uns schon heute.

Ich wünsche Ihnen nunmehr viel Spaß bei der Lektüre des Jahresberichts und freue mich über Ihre weiteren Anregungen.

Ihr Torsten Schlurmann





Dr.-Ing.  
Stefan Schimmels  
Betriebsleitung

Liebe Leserinnen und Leser,

wie im vergangenen Jahr bereits angedeutet, blicken wir mit dem vorliegenden Jahresbericht auf ein spannendes und ereignisreiches Jahr 2016 zurück. Das EU-Verbundprojekt *HYDRALAB+* hat Fahrt aufgenommen und es wurden erste Ergebnisse im Rahmen der JRAs *RECIPE*, *COMPLEX* und *FREE Data* erzielt sowie ein Transnational Access Projekt im GWK durchgeführt. Des Weiteren konnten wir uns über die Genehmigung bzw. den Start zahlreicher weiterer nationaler Projekte, wie *SeaArt* (MWK), *STENCIL* (BMBF), *ExtraWag* (LUH) und *PaNSiWa* (DFG) sowie des EU-Verbundprojekts *MaRINET 2* freuen, über die wir Sie alle entsprechend auf den folgenden Seiten ausführlich informieren wollen.

Über diese außerordentlich erfolgreichen Entwicklungen im Sinne laufender und anstehender Forschungsprojekte am FZK hinaus können wir auch über nicht minder positive Aktivitäten im GWK berichten. So wurden, neben den bereits erwähnten Versuchen im Rahmen von *HYDRALAB+*, auch Versuche im Auftrag des Ludwig-Franzius-Instituts durchgeführt, bei denen eine neue Methode entwickelt werden konnte, die erstmalig Untersuchungen mit absolut reinem Wasser oder auch Salzwasser im GWK ermöglicht. Im Fokus stand aber sicherlich die Erweiterung des GWK um eine größere Wellenmaschine, eine Strömungseinrichtung und einen Tieftteil, die mit dem Projekt *marTech* beim BMWi im Rahmen des 6. Energieforschungsprogramms beantragt wurde. Mit der positiven Bewertung der Projektskizze ist eine erste Hürde bereits genommen und wir hoffen sehr, dass wir auch den letzten Schritt erfolgreich meistern können und das Projekt im Sommer 2017 starten kann.

Die vielen neuen Forschungsprojekte, die anstehenden Versuche im GWK und nicht zuletzt dessen geplante Erweiterung im Rahmen von *marTech* lassen uns äußerst gespannt in die Zukunft blicken. Jetzt wollen wir aber erst einmal aus einem nicht minder aufregenden Jahr 2016 berichten und ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen unseres Jahresberichts.

Ihr Stefan Schimmels

---

2 Das FZK auf einen Blick

4 Vorwort des Geschäftsführenden Direktors

6 Vorwort des Betriebsleiters

7 Inhalt

---

## AKTUELLE PROJEKTE

---

8 HYDRALAB+

    RECIPE

10 COMPLEX

11 FREE Data

12 TA-Projekte

13 STENCIL

14 ExTraWaG

15 SeaArt

16 ESG-Deckwerke

18 ICODEP

## GEPLANTE PROJEKTE

---

20 PaNSiWa

    MaRINET 2

21 marTech

    Test alternativer Böden für den Deichbau

22 HYGEDE

    Hydromast

23 Dynamic Coastal Protection

    Weitere geplante Versuche im GWK

## GWK und Co.

---

24 Geplante Erweiterung des GWK

26 Verbesserung der Infrastruktur

27 Öffentlichkeitsarbeit

    Führungen

    11. FZK-Kolloquium

    GMT Meet the Members

28 TUnight

    Nacht, die Wissen schafft

29 Soziale Netzwerke

30 Organigramm des FZK

31 Publikationen

## HYDRALAB+

Der *HYDRALAB*-Verbund, der seit 1997 bereits vier große von der EU finanzierte Verbundprojekte (*HYDRALAB I – IV*) erfolgreich durchgeführt hat, stellt für die Forschung am FZK eine wichtige Säule dar. Daher war es umso erfreulicher, dass am 1. September 2015 das Projekt *HYDRALAB+* startete, bei dem das FZK wieder der zweitgrößte von insgesamt 24 Partnern ist und sich intensiv sowohl an allen drei Joint Research Activities (JRA), *RECIPE*, *COMPLEX* und *FREE Data*, beteiligt als auch im Rahmen des Transnational Access (TA) insgesamt 107 Versuchstage im GWK und 25 im Wellenbecken des Ludwig-Franzius-Instituts anbietet. Während die JRAs sozusagen Teilprojekte sind in denen Methoden und Technologien weiterentwickelt werden, um die versuchstechnischen Möglichkeiten der beteiligten Forschungseinrichtungen zu verbessern, wird mit dem Transnational Access Wissenschaftlern aus Europa und assoziierten Staaten die Möglichkeit gegeben, ein Projekt in einer der zur Verfügung stehenden Versuchseinrichtungen durchzuführen, wobei Reisekosten und Nutzungskosten aus *HYDRALAB+* finanziert werden.

### Projektlaufzeit

01.09.2015 – 31.08.2019

### Förderung durch

EU (Horizon 2020)

## RECIPE

*RECIPE* (REpresenting Climate Change In Physical Experiments) ist insbesondere der Fragestellung gewidmet, wie man die Auswirkungen des Klimawandels in physikalischen Modellversuchen am besten berück-

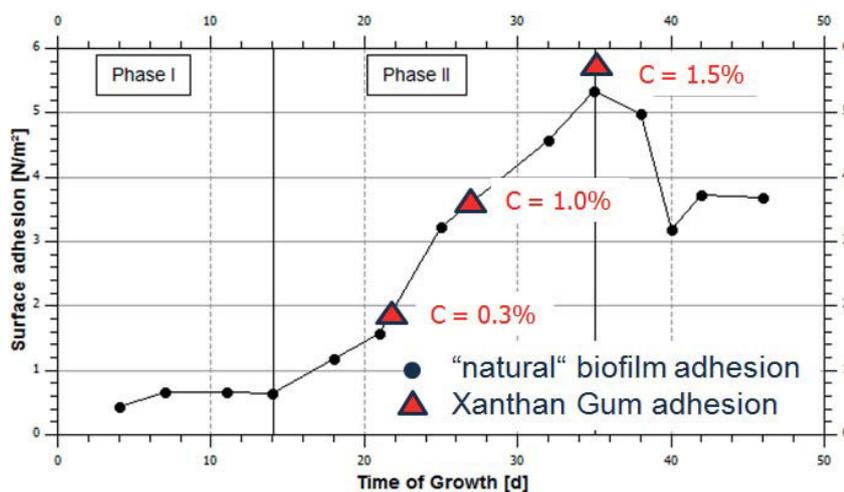
sichtigt. Dies bezieht sich in erster Linie auf die Simulation längerer Zeiträume, wie beispielsweise die Effekte einer Sequenz von Sturmfluten oder die Auswirkung jahreszeitlicher Veränderungen von Vegetation auf Wellen und Strömungen. Daher liegt ein besonderes Augenmerk darauf, wie sich morphologische und biologische Prozesse in hydraulischen Laborexperimenten beschleunigen lassen. Bei Letzteren liegt ein Schwerpunkt in *HYDRALAB+* auf den stabilisierenden Effekten durch Biofilme, die daher auch am FZK vorrangig untersucht werden.

Biofilme bestehen aus Mikroorganismen (z.B. Algen, Bakterien) und deren Ausscheidungsprodukten, den sogenannten extrazellulären polymeren Substanzen (EPS). Man kann sich diese, auch Biopolymere genannte Substanzen, als natürlichen Klebstoff vorstellen, der die einzelnen Sedimentkörner verklebt und somit den Widerstand gegen angreifende Strömungskräfte erhöht. Da das Ausmaß der Biostabilisierung von vielen unterschiedlichen Umweltbedingungen (z.B. Licht, Hydrodynamik, Temperatur, Nährstoffverfügbarkeit aber auch der Jahreszeit) und außerdem auch stark von der Wachstumsdauer abhängt sind physikalische Modellversuche, die längere Zeiträume simulieren sollen, mitunter schwierig zu realisieren.

Um dennoch solche Untersuchungen unter Laborbedingungen durchführen zu können, werden im Rahmen von *RECIPE* Ersatzstoffe (Surrogate) untersucht mit dem Ziel, dass diese dem natürlichen „Klebstoff“ EPS mechanisch möglichst ähnlich sind. In diesem Zusammenhang werden unterschiedliche Verdickungsmittel, wie sie in der Lebensmittelbranche eingesetzt werden, hinsichtlich ihrer Klebrigkeit (Adhäsionskraft), Dichte und Viskosität untersucht. Während Dichte und Viskosität mit traditionellen Messinstrumenten gemessen werden können, wird zur Adhäsionsanalyse ein relativ neues Verfahren



Schematische Darstellung der Adhäsionsmessungen mit dem MagPI-IP-Verfahren. Links: Magnetische Partikel werden auf eine zu vermessende Oberfläche aufgetragen; Mitte: Ein Elektromagnet wird im exakten Abstand zu den Partikeln positioniert; Rechts: Die Partikel werden unter definierten Bedingungen vom Elektromagneten angezogen. Sobald sich ein Partikel von der klebrigen Oberfläche löst, ist auch die Klebekraft überschritten und die zugehörige Magnetkraft kann in die Adhäsionskraft umgerechnet werden.



Exemplarischer Vergleich zwischen den Adhäsionskräften natürlicher Biofilmen im Laufe ihres Wachstums (Linie) und einem Surrogat (rote Dreiecke) bei unterschiedlichen Konzentrationen. Die Konzentrationen sind angegeben in Masse Xanthan-Gum-Pulver zu Masse Wasser, in die das Pulver eingerührt wird.

angewendet: Magnetic Particle Induction – Image Processing (MagPI-IP). Die Ergebnisse aus diesen Untersuchungen werden mit Daten von natürlichen Biofilmen verglichen und zeigen bereits deutlich die Möglichkeiten aber auch Grenzen der Verwendung der Surrogate.

In der nächsten Phase wird untersucht wie man die wichtigsten Eigenschaften, die zur Stabilisierung beitragen, während laufender Experimente verändern kann um z.B. den Einfluss der Saisonalität bzw. Jahreszeit oder Auswirkungen des Klimawandels innerhalb kurzer Experimentlaufzeiten zu simulieren. Mögliche Stellschrauben sind das Hinzufügen von Mineralien oder chemischen Substanzen oder die Veränderung

der Temperatur. Abschließend werden dann noch Experimente durchgeführt in denen gezeigt werden soll, dass der Einsatz der Surrogate dazu geeignet ist, um die biostabilisierende Wirkung über einen längeren Zeitraum in physikalischen Experimenten zu untersuchen und welche Vorgehensweise in wasserbaulichen Versuchseinrichtungen am besten Anwendung finden könnte.

#### Projektleitung

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

#### Projektbearbeitung

Dipl.-Ing. Moritz Thom

#### Projektlaufzeit

01.09.2015 – 31.08.2019

#### Förderung durch

HYDRALAB+

## COMPLEX

*COMPLEX* (Cross disciplinary Observation of Morphodynamics and Protective Structures, Linked to Ecology and eXtreme Events) befasst sich mit der Komplexität der Systeme und den nichtlinearen Interaktionen zwischen Systemelementen, wobei Werkzeuge und Methoden erarbeitet werden, um diese Komplexität bei der Modellierung zu berücksichtigen. Die Interaktion von Sediment, Wasser, Pflanzenbewuchs und vorgelagerten Strukturen ist häufig nichtlinear und entsprechend schwierig vorherzusagen. Mit ansteigendem Meeresspiegel und einer Änderung der weltweiten Sturmsysteme ändern sich zudem die treibenden Kräfte und Grenzwerte für bestehende physikalische Modelle. Das Zusammenspiel der verschiedenen Systemelemente zu messen und zu verstehen ist dabei ein wesentlicher Grundbaustein für die Erstellung präziser Vorhersagemodelle.

Ein wesentlicher Aspekt von *COMPLEX* ist daher die Entwicklung von Messtechniken, mit denen komplizierte Prozesse in der Wasser-Boden-Grenzschicht hochauflösend erfasst werden können. Neben neuen Instrumenten sollen auch bewährte Messverfahren so weiterentwickelt werden, dass sie unter extremen Bedingungen, wie beispielsweise in der Brecherzone, im Sheet-Flow-Layer oder innerhalb von Pflanzenbewuchs eingesetzt werden können. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Durchführung von Laborversuchen, um die neuen Messtechniken zu testen und einzigartige Daten zu gewinnen. Hierbei spielt der GWK eine zentrale Rolle. Ab Oktober 2017 sind mehrere Versuchsreihen geplant, bei denen der Transport gemischter Sedimente mit unterschiedlichem Feinanteil und der Einfluss von Seegras auf den Sedimenttransport untersucht werden (s. Geplante Projekte).

Die geplanten Versuche stehen in direktem Einklang mit den Forschungsaktivitäten des FZK im Rahmen von *STENCIL* und *SeaArt* (s.u.), so dass somit Daten gesammelt werden, die gleichzeitig mehreren Projekten zugutekommen. Da das Forschungsdatenmanagement ein wichtiger Aspekt von *HYDRALAB+* ist (s. *FREE Data*), sollen die GWK-Versuche mit künstlichem Seegras darüber hinaus als Pilotbeispiel für den Datenaustausch zwischen Laborversuchen und Feldmessungen sowie numerischen Modellen dienen. Schließlich decken sich zahlreiche andere Versuche, die in *HYDRALAB+* durchgeführt werden, z.B. die TA-Projekte *ICODEP* und *Dynamic Coastal Protection* im GWK, aber auch Versuche in anderen Einrichtungen der Partner, mit den Zielen von *COMPLEX*, so dass die dort gewonnenen Erkenntnisse ebenfalls in *COMPLEX* einfließen werden. Ziel ist es eine Datenbank von Benchmarktests zu erstellen und Empfehlungen und Richtlinien zur Durchführung physikalischer Modellversuche zu geben, um die komplexen Interaktionen zwischen Wasser, Sediment, Pflanzen und Strukturen besser untersuchen zu können.

### Projektleitung

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

### Projektbearbeitung

M.Sc. Gholamreza Shiravani

### Projektlaufzeit

01.09.2015 – 31.08.2019

### Förderung durch

HYDRALAB+

## FREE Data

*FREE Data* (Facilitating the Re-use and Exchange of Experimental Data) widmet sich, allgemein gesprochen, dem Forschungsdatenmanagement und ist dabei auf das wasserbauliche Versuchswesen fokussiert. So ist der Aufwand für die Gewinnung experimenteller Daten im GWK häufig sehr groß und um diese Daten effektiv nutzen zu können, sind eine klare Strukturierung der Daten sowie eine präzise sowie umfassende Beschreibung aller Randbedingungen, unter denen die Daten aufgezeichnet wurden, notwendig. Für alle interessierten Wissenschaftler ist langfristig ein freier Zugang zu den Daten und den aus ihnen gewonnenen Forschungsergebnissen erstrebenswert. Diesem Ziel will *FREE Data* näher kommen.

Die Aktivitäten in *FREE Data* behandeln alle Aspekte der Datengewinnung und -nutzung. Auf einer unteren Ebene, z.B. innerhalb einer Versuchseinrichtung, sollen Messdaten so gewonnen und gespeichert werden, dass sie einfach zu verarbeiten und zueinander in eindeutigen zeitlichen Bezug gesetzt werden können (Synchronisation). Auch ist es erstrebenswert, die verschiedenen Datentypen auf das wirklich notwendige Maß zu beschränken. Weiterhin müssen die Daten umfangreich durch Metadaten ergänzt werden, damit sie auch von Personen genutzt werden können, die bei der Datenerhebung nicht involviert waren.

Bei der Vielzahl von existierenden Datenformaten in den verschiedenen Forschungseinrichtungen ist es sinnvoll, ein gemeinsames Datenformat zu definieren, welches die vielen unterschiedlichen Datentypen darstellen kann. Für einfache Zeitreihen ist das ziemlich einfach, wenn aber auch mehrdimensionale Daten oder Daten aus der Ökohydraulik berücksichtigt werden sollen, ist diese Aufgabe nicht mehr trivial. Ein bereits

etabliertes Datenformat ist NetCDF (Network Common Data Format), das sowohl Text- als auch umfangreiche Binärdaten enthalten kann und auch einen schnellen Zugriff auf die Daten ermöglicht. Am FZK wird gegenwärtig untersucht, inwieweit dieses Datenformat für die hier anfallenden Daten geeignet ist und wie eine konsistente Struktur in allen an *HYDRALAB+* beteiligten Instituten und Organisationen aussehen kann. Um die vielen unterschiedlichen Datenformate in ein solches einheitliches Format zu bringen, müssen darüber hinaus Methoden und Programme für eine Konvertierung entwickelt werden, welche die Bearbeitung von Metadaten mit berücksichtigen. Und auch die Rückkonvertierung in Formate, die von Anwendungssoftware verarbeitet werden können, muss gewährleistet sein.

So können gewonnene Daten untereinander ausgetauscht und für verschiedene Zwecke genutzt werden. Daten aus Feldmessungen z.B. können mit Daten aus Modelluntersuchungen verglichen werden, oder experimentell gewonnene Daten aus Modelluntersuchungen können zur Kalibrierung und Validierung numerischer Modelle verwendet werden. Als erste praktische Anwendung werden gegenwärtig Felduntersuchungen zu Seegrassverteilung und Sedimentsuspension in der Rødsand-Lagune in Dänemark geplant, deren Daten dann mit Daten aus dem GWK und aus kleinmaßstäblichen Untersuchungen an der University of Aberdeen kombiniert werden sollen.

Wie können die Daten für Forscher allgemein verfügbar gemacht werden? Hier bieten sich internetbasierte Forschungsdatenrepositorien an, welche bereits für verschiedene Disziplinen verfügbar sind. In *FREE Data* soll deshalb geprüft werden, inwieweit sich vorhandene Repositorien eignen, oder ob ein eigenes für die in *HYDRALAB+* anfallenden Daten eingerichtet werden sollte.

Hierfür müssen die Daten aufbereitet und mit Metadaten ergänzt werden, damit sie dann mithilfe von Suchmaschinen gezielt gesucht und gefunden werden können. In dem Repositorium müssen auch Visualisierungstools und notwendige Konvertierungssoftware vorgehalten werden.

Ein anderer wichtiger Aspekt von *FREE Data* ist die Übermittlung von Wissen. Am FZK werden Untersuchungen koordiniert, welche Methoden von Wissenstransfer verfügbar sind und wie sie als gemeinsamer Standard nutzbar sein können. Entsprechend den Interessen verschiedener Nutzergruppen soll dann die zur Verfügung gestellte Information aufbereitet und gefiltert werden. Durch Verknüpfungen zu weiteren Informationsquellen kann das Wissen dann vertieft und es können z.B. Informationen zum theoretischen Hintergrund von Formeln und Methoden abgerufen werden.

#### Projektleitung

Dipl.-Ing. Matthias Kudella

#### Projektbearbeitung

M.Sc. Ali Aghaei

#### Projektlaufzeit

01.09.2015 – 31.08.2019

#### Förderung durch

HYDRALAB+

## TA-Projekte

Im Rahmen des Transnational Access bietet das FZK insgesamt 132 Versuchstage an, wobei 107 auf den Großen Wellenkanal und 25 auf das Wellenbecken des Ludwig-Franzius-Instituts (LuFI) entfallen.

Der Aufruf zur Abgabe von Projektvorschlägen wurde in zwei Teile gesplittet. Im 1. Call sollten maximal etwa 2/3 der zur Verfügung stehenden Versuchstage jeder

Einrichtung abgedeckt werden, um die restliche Zeit in einem 2. Call zur Verfügung zu stellen. Abgabeschluss für die Vorschläge im 1. Call war der 11. März 2016. Für alle in *HYDRALAB+* angebotenen Forschungseinrichtungen wurden insgesamt 77 Vorschläge eingereicht. Zwölf Forschergruppen bewarben sich um Projekte im GWK, sechs für die Durchführung ihrer Projekte im Wellenbecken. Die Anzahl der am FZK angefragten Nutzertage überstieg die der angebotenen Tage um fast das sechsfache (der Mittelwert aller Forschungsinstitute betrug Faktor 4,4), was verdeutlicht, wie international attraktiv die Versuchseinrichtungen des FZK für die Durchführung von Forschungsvorhaben sind.

Das „User Selection Panel“ legte während seines ersten Treffens am 3. und 4. Mai 2016 die anzunehmenden Vorschläge fest. Während sich für den Zugang zum Wellenbecken des LuFI keine Nutzergruppe qualifizieren konnte, wurden für den GWK von zwölf Vorschlägen die besten zwei von insgesamt vier als definitiv förderwürdig eingestuft ausgewählt:

1. *Dynamic Coastal Protection: Resilience of Dynamic Revetments Under Sea Level Rise* (Christopher E. Blenkinsopp, University of Bath, UK)
  2. *ICODEP – Impact of Changes in the Foreshore on Coastal Defence Performance* (Riccardo Briganti, University of Nottingham, UK)
- Darüber hinaus konnte einer weiteren kleinen Nutzergruppe der Zugang zum GWK gewährt werden, weil die geplanten Untersuchungen keine eigenen Nutzertage erfordern, sondern parallel zu einem anderen geeigneten Projekt durchgeführt werden können:
3. *Hydromast - Calibration of Bioinspired Hydromasts Under Wave Action* (Jeffrey Tuhtan, Tallin University of Technology)

Die Versuche im Rahmen von *ICODEP* wurden bereits in 2016 durchgeführt, die anderen beiden Projekte sind für Frühjahr und Sommer 2017 terminiert.

Der 2. Call wurde ebenfalls 2016 ausgerufen, Abgabeschluss war der 16. Dezember. Für die verbliebene Zeit am GWK haben sich zehn Forschergruppen beworben, wobei vier ihre Vorschläge bereits im 1. Call eingereicht hatten, zwei am GWK und zwei an anderen Einrichtungen. Für das Wellenbecken gab es vier Anträge. Das „User Selection Panel“ wird sich am 7. März 2017 in Helsinki treffen und die Entscheidung über die im 2. Call eingereichten Anträge fällen.

## STENCIL

*STENCIL* (Strategies and Tools for Environment-Friendly Shore Nourishment 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 Verbundprojekts ist die Entwicklung von Strategien und Werkzeugen, um Sandaufspülungen als Küstenschutzmaßnahmen nachhaltig und umweltfreundlich zu planen und durchzuführen.

Sandaufspülungen werden in vielen Küstengebieten regelmäßig durchgeführt, um sturmflutbedingten Sedimentverlust auszugleichen oder der Erosion vorzubeugen. Vielerorts in Europa basieren die Maßnahmen auf Erfahrungswerten, werden oftmals ohne wissenschaftliche Überwachung der lokalen Prozesse durchgeführt und nehmen keine gesonderte Rücksicht auf das Ökosystem an den Entnahme- und Aufspülstellen. Aktuelle Managementstrategien wie das Integrierte Küstenzonenmanagement (IKZM), der ökosystembasierte Managementansatz

(EAM) und die „Wattenmeerstrategie 2100“ fordern eine nachhaltige, umweltfreundliche Entwicklung der Küstengebiete, die ein Gleichgewicht zwischen der Nutzung der Küste durch den Menschen, dem damit erforderlichen Küstenschutz und der natürlichen Küstendynamik herstellt. Um Sandaufspülungen nachhaltig zu gestalten, müssen die lokale Hydro- und Morphodynamik sowie die Einflüsse der Sandentnahme und -aufspülung auf das Ökosystem genau evaluiert werden. Im Hinblick auf den zu erwartenden Meeresspiegelanstieg der kommenden Jahrzehnte und die damit verbundenen Sturmflutwasserstände ist zudem die Veränderung der (deutschen) Küstengebiete unter Sturmflutbedingungen von besonderem Interesse.

Durch die Zusammenarbeit zwischen Ludwig-Franzius-Institut (LuFI), Leichtweiß-Institut (LWI), dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft (IWW) und dem Institut für Umweltforschung (IUF) der RWTH Aachen, dem AWI Sylt und dem FZK vereint *STENCIL* die Expertise von Küsteningenieuren, Geowissenschaftlern, Biologen und Toxikologen. Am Beispiel von Sylt, wo Sandaufspülungen routinemäßig durchgeführt werden, und mit Hilfe einer Kombination aus Feldstudien, Laborversuchen und numerischen Modellen sollen die Wechselwirkungen zwischen Sandaufspülung und Küstenumwelt (Ökosystem, Strömungen, Wellen, Sedimenttransport) evaluiert werden. Hierbei sollen wertvolle Datensätze, verbesserte Vorhersagemethoden sowie Prozess- und Arbeitsablaufstudien für die Entwicklung operativer Beobachtungs-, Analyseverfahren für die Praxis entstehen. Die übergeordnete Zielsetzung von *STENCIL* ist es, gemeinsam mit den zuständigen Landesbetrieben eine Strategie für die Planung und Überwachung zukünftiger Sandaufspülmaßnahmen sowie die notwendigen zukünftigen Forschungsaktivitäten hinsichtlich umweltfreundlicher Sandauf-

spülungen als „low-regret“-Maßnahmen unter Auswirkungen des Klimawandels zu erarbeiten.

Neben der Koordinierung des Gesamtprojekts bearbeitet das FZK im Rahmen von *STENCIL* ein Teilprojekt bei dem verbesserte Vorhersagemethoden für den Transport gemischter Sedimente unter Wellen entwickelt werden sollen. Hierfür wird ein dreidimensionales Zwei-Phasen-RANS-Modell weiterentwickelt und für eine Parameterstudie angewendet, um darauf basierend parametrisierte Ansätze zur Implementierung in regionale Modelle abzuleiten. Die für die Entwicklung und Validierung des neuartigen Zwei-Phasen-RANS-Modells benötigten Messdaten werden in großmaßstäblichen physikalischen Modellversuchen im GWK erhoben, bei denen im Rahmen von *STENCIL* weltweit zum ersten Mal der Transport gemischter Sedimente unter realen Wellenbedingungen genau untersucht wird. Die Versuche stehen in direktem Zusammenhang mit den Forschungsaktivitäten im Rahmen von *COMPLEX* (s.o.) und sollen ab Oktober 2017 durchgeführt werden.

#### **Projektleitung**

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

#### **Projektbearbeitung**

Dr. Franziska Staudt, M.Sc. Gholamreza Shiravani

#### **Projektlaufzeit**

01.10.2016 – 30.09.2019

#### **Förderung durch**

BMBF (FKZ: 03F0761)

#### **Projektpartner**

LuFI, LWI, RWTH Aachen, AWI Sylt

## ExTraWaG

Das Ziel des Projektes *ExTraWaG* (Extreme Transient Wave Generation in Experimental Models) besteht darin, im Großen Wellenkanal (GWK) an einem bestimmten Punkt, dem sog. Übergabepunkt, vor einem Bauwerk oder Uferschutzwerk bestimmte, vorgegebene Wellen zu erzeugen. Die Übertragung von natürlichen Wellen- und Seegangseignissen in klein- und großmaßstäbliche Modellversuche ist eine essentielle Voraussetzung für die Planung und Durchführung von Experimenten im Küsteningenieurwesen. Die für ein bestimmtes Versuchsszenario jeweils erzeugbare Kombination aus Wellenhöhe und Wellenperiode hängt jeweils von der Art und Weise der Wellengenerierung (Art und Hub des Wellenblattes), dem Wasserstand sowie der Form und damit der Nichtlinearität der zu erzeugenden Wellen ab. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die am Wellenpaddel erzeugte Welle vor allem im Flachwasser- und Übergangsbereich ihre Form auf dem Weg bis zu diesem Übergabepunkt verändert. Mittels verschiedener Wellentheorien kann zurückberechnet werden, welche Wellen an der Wellenmaschine erzeugt werden müssen, um die gewünschten Wellen am Übergabepunkt zu erhalten.

Dieses übliche Verfahren ist leider auf einfache regelmäßige Wellen sowie einfachen Seegang beschränkt. Sobald extreme Wellenbedingungen im Modell erzeugt werden sollen, wie z.B. langperiodische Schiffswellen, Tsunami-Boren, hochgradig nichtlineare Freakwellen oder beliebige Wellenformen, die nicht üblichen Wellentheorien oder Seegangsspektren entsprechen, stößt diese herkömmliche, auf linearen Ansätzen basierende Form der Wellengenerierung schnell an ihre Grenzen. Die Ursache hierfür liegt in den nichtlinearen Wellen-Wellen-Interaktionen, die diese extremen Wellenerscheinungen dominieren,

aber in den herkömmlichen Wellentheorien nicht berücksichtigt werden können. Diese Methoden sind daher nicht in der Lage, die benötigten extremen Wellenformen am vorgegebenen Übergabepunkt zu generieren. Im Flachwasser tritt dieses Phänomen als sog. Harmonischen Generierung auf und führt dazu, dass die an der Wellenmaschine generierten langen Wellen ihre ursprüngliche regelmäßige Form verlieren und sich zusätzliche Extrema zwischen den ursprünglichen Wellenbergen- und -tälern bilden.

Durch Anwendung der nichtlinearen Fourier-Transformation (NLFT) können diese Effekte jedoch durch nichtlineare Dispersion der zugrundeliegenden nichtlinearen spektralen Wellenkomponenten einfach erklärt werden. Diese Methode erlaubt daher die analytische Berechnung der Wellenausbreitung auch hochgradig nichtlinearer Wellen im Flachwasser- und Übergangsbereich zwischen Wellenblatt und Übergabepunkt, da diese nichtlinearen Interaktionen zwischen den einzelnen Wellen in der NLFT ausdrücklich berücksichtigt werden. Damit ist es nun möglich, an der Wellenmaschine solche Wellen zu erzeugen, die dann, nach entsprechender Transformation während ihrer Ausbreitung am Übergabepunkt, die geforderten Wellen als transiente Wellen bilden. „Transient“ bedeutet hierbei, dass die gewünschte Welle nur am vorausgerechneten Ort auftritt. Vor und nach diesem Punkt besitzt die freie Oberfläche aufgrund der nichtlinearen Interaktionen sowie der verschiedenen Phasen der spektralen Komponenten eine andere Form.

Im Rahmen des Projektes *ExTraWaG* wird die NLFT daher für die Generierung von Flachwasserwellen im Wellenkanal implementiert und anhand von Modellversuchen validiert und verifiziert. Somit ist auch die Generierung extremer, mit herkömmlichen Methoden nicht darstellbarer Wellenformen

als transiente Wellen an einem bestimmten Punkt möglich und der Umfang der im GWK darstellbaren Wellenparameter und -formen wird erheblich erweitert.

#### **Projektleitung**

Dr.-Ing. Markus Brühl

#### **Projektbearbeitung**

M.Sc. Huichen Zhang

#### **Projektlaufzeit**

01.11.2016 – 31.10.2018

#### **Förderung durch**

Leibniz Universität Hannover

(Förderprogramm Wege in die Forschung II)

## **SeaArt**

Seegraswiesen erfüllen gleich mehrere wichtige Aufgaben: Zum einen sorgen sie für Wellendämpfung bzw. Strömungsberuhigung und sind somit ein wichtiger schützenswerter Bestandteil des Küstenschutzes, zum anderen speichern sie klimaschädliches Kohlendioxid und wirken somit dem Klimawandel entgegen. Des Weiteren stellen Seegraswiesen wichtige Lebensräume für verschiedene Meeresbewohner dar und erfüllen noch weitere Ökosystemdienstleistungen (z.B. Sediment- und Nährstoffsinken). Allerdings sind Seegraswiesen heutzutage weltweit bedroht und die Vorkommen sind stark rückläufig, was auf die zunehmende Eutrophierung der Gewässer aber auch auf eingeschränkte Lichtverhältnisse (z.B. durch Schwebstofftransport) zurückzuführen ist (Orth et al., 2006).

Das Projekt *SeaArt* (Long term establishment of SEAggrass ecosystems through biodegradable ARTificial meadows), gefördert vom Niedersächsischen Ministerium für Wissenschaft und Kultur und der Volkswagen Stiftung, beschäftigt sich daher mit der Wiederansiedlung von Seegras und bedient

sich der Idee, dass künstliche Seegräser (artificial seagrass: ASG) zunächst für optimale Wachstumsbedingungen sorgen und eine ungestörte Wiederansiedlung von natürlichem Seegras erstmals ermöglichen. Grundsätzlich soll das ASG dazu beitragen durch Strömungsberuhigung bzw. Wellenenergiedämpfung a) den Schwebstofftransport zu reduzieren und b) Sedimente auf der Gewässersohle zu immobilisieren (auch bei extremen Ereignissen), um das Wachstum von Seegrasssprösslingen zu ermöglichen. Um einen schädlichen Eingriff in das Ökosystem Meer zu vermeiden wird hierzu von Materialforschern (Institut für Biokunststoffe und Bioverbundwerkstoffe - IfBB) ein Biokunststoff entwickelt, der sich nach der Wiederansiedlung von natürlichem Seegras wieder zersetzen und keine störenden Überbleibsel (Stichwort: Mikroplastik) zurück lassen soll.

*SeaArt* ist im Juni 2016 gestartet und das FZK ist mit einem Teilprojekt beteiligt, das im Januar 2017 beginnen wird. In der ersten Phase des Projekts werden kommerziell verfügbare künstliche Seegrassstrukturen in den GWK eingebracht und eine Reihe hydrodynamischer und morphodynamischer Voruntersuchungen durchgeführt.



Ein verkleinertes Modell einer Kolkschutzmatte der Firma Seabed Scour Control Systems Ltd (SSCS). Diese sogenannten „Frond mats“ wurden ursprünglich natürlichem Seegras nachempfunden und sollen in Vorversuchen am GWK zum Einsatz kommen.

Die Versuche stehen in direktem Zusammenhang mit den Forschungsaktivitäten im Rahmen von *COMPLEX* und der Aufbau wird genutzt, um für *SeaArt* erste wichtige Erkenntnisse bezüglich der Durchführbarkeit von Messungen aber auch der Dimensionierung der später herzustellenden bioabbaubaren Seegräser zu erlangen. Zusätzlich werden die Veränderung der Lichtintensität in Sohlnähe durch die beruhigende Wirkung des künstlichen Seegrases und weitere biomechanische Parameter untersucht, wie zum Beispiel die Flexibilität des natürlichen und des künstlichen Seegrases.

#### **Projektleitung**

Dr.-Ing. Stefan Schimmels

#### **Projektbearbeitung**

Dipl.-Ing. Moritz Thom

#### **Projektlaufzeit**

01.09.2015 – 31.08.2019

#### **Förderung durch**

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

## ESG-Deckwerke

Uferbereiche an Küsten und Flüssen sind Wellen und Strömungen ausgesetzt, die insbesondere die oberste Deckwerkschicht einer Ufersicherung belasten. Im Küstenbereich werden die Ufer im Wesentlichen durch die zu erwartenden Seegangswellen belastet, während an Binnenwasserstraßen die Wellen durch den Schiffsverkehr induziert werden. Die Uferböschungen werden häufig mit Steinschüttungen gesichert, wobei die Lagestabilität des gewählten Steinmaterials ein maßgebliches Bemessungskriterium ist. Entsprechende Untersuchungen wurden schon mehrfach im GWK durchgeführt.

Einem Aspekt wurde bisher aber nur geringe oder gar keine Aufmerksamkeit geschenkt:

Wie viel Abrieb entsteht durch Wellenbelastung an dem Steinmaterial, welche Partikelgrößen treten dabei auf und wie sind sie verteilt? Diesen Fragen wollte die Aurubis AG nachgehen, die Eisensilikatgestein (ESG) für wasserbauliche Anwendungen herstellt. Sie beauftragte das Ludwig-Franzius-Institut (LuFI) damit, Untersuchungen an einer Deckschicht mit ESG-Material im GWK durchzuführen. Die Beantwortung von solchen eher ungewöhnlichen Fragen erforderte ebenso ungewöhnliche Versuchsaufbauten im GWK, zumal die vom Auftraggeber gestellten Bedingungen zunächst unrealisierbar erschienen. Statt des üblichen Wassers aus dem Mittellandkanal sollte sauberes Trinkwasser verwendet werden. Zusätzlich sollte das gesamte Wasservolumen nach einer gewissen Versuchsdauer gefiltert werden, um wirklich alle darin enthaltenen Partikel zu quantifizieren.

Da offensichtlich nicht der gesamte Wellenkanal mit Wasser aus der Trinkwasserleitung gefüllt werden kann, wurde überlegt, nur im Bereich des Deckwerks Trinkwasser zu verwenden, welches durch eine wellendurchlässige, aber wasserundurchlässige Membran vom restlichen Kanal getrennt wird. Vorversuche mit einer flexiblen und dennoch stabilen Membran aus Gummimaterial zur Bestimmung der Wellenverhältnisse vor und hinter der Membran zeigten, dass die Wellendämpfung durch die Membran vernachlässigbar gering ist. Somit konnte der Versuchsaufbau entwickelt werden. Am Ende des Kanals wurden zwei große „Beutel“ aus dem Folienmaterial eingebracht, denn es sollten gleichzeitig zwei verschiedene Steingrößen untersucht werden. An der „Wellenseite“ der Kammer wurde die Folie beweglich an einer Schiene befestigt, um die Wellenbewegung ungehindert zum Deckwerk durchzulassen. Nach dem Einbau der Wasserbausteine aus Eisensilikat (ESG), welche zur Beschleunigung des Ein- und Ausbaues



Brechende Wellen in den beiden Versuchskammern

in großen Netzen angeliefert und direkt mit den Netzen eingebaut wurden, wurde der Wellenkanal simultan außerhalb des Beutels mit Wasser aus dem Mittellandkanal und innerhalb mit Trinkwasser gefüllt. Nach den Deckwerksbelastungen in Form von regelmäßigen und unregelmäßigen Wellen wurde das Wasser abgepumpt und filtriert. Diese Prozedur wurde zwei Mal wiederholt, teils um andere Steingrößen zu untersuchen, teils um dieselben Steine einer längeren Belastung zu unterwerfen und zwischenzeitlich Abriebmessungen durchzuführen.

Die Filtrationsmaterialien wurden an das durch die Aurubis AG beauftragte Fraunhofer-Institut für Molekularbiologie und Angewandte Ökologie (IME, Abteilung Ökologische Chemie) übergeben, um die vorkommenden Stoffe sowie das Vorkommen von Feinstpartikeln in Abhängigkeit von der Wellenintensität und der verbauten Gesteinsfraktion zu analysieren.

Mit Hilfe der gemeinschaftlich am LuFI und GWK entwickelten neuen Versuchsmethodik konnte der Abrieb in einem mit Trinkwasser gefülltem Bereich abgeschirmt und filtriert werden. Die Versuchsmethodik bietet damit Möglichkeiten in einem Bereich des Wellenkanals sowohl spezielle Wasserbedingungen (Klarwasser oder auch Salzwasser) herzustellen, als auch lokal

anfallende Schwebstoffe bzw. Partikel im GWK zu untersuchen. Diese Methodik ist auf andere Fragestellungen übertragbar und erweitert daher das Spektrum möglicher großmaßstäblicher Modellversuche im GWK.

#### Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Arndt Hildebrandt

#### Projektlaufzeit

01.06.2016 – 30.09.2016

#### Förderung durch

Aurubis AG

#### Projektpartner

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

## ICODEP

Die Kombination einer festen Küstenschutzstruktur, z.B. einer Schutzwand, mit einem vorgelagerten Strand ist nicht nur in Europa weit verbreitet. Es ist zwar bekannt, dass einerseits eine feste Struktur die Entwicklung des Strandprofils beeinflusst und andererseits das geänderte Profil die Wirksamkeit der Struktur für den Küstenschutz beeinflusst, jedoch sind die Zusammenhänge bisher noch nicht zur Genüge erforscht. Gerade im Hinblick auf den zu erwartenden Meeresspiegelanstieg mit häufigeren und stärkeren Stürmen und Sturmsequenzen sind genaue Bemessungsrichtlinien erforderlich, um die zu erwartenden Sturmflutschäden genauer abschätzen und erforderliche Verstärkungsmaßnahmen an den Schutzstrukturen möglichst ökonomisch durchführen zu können.

Ein internationales Forscherteam unter der Leitung von Dr. Riccardo Briganti von der Universität Nottingham hat sich vorgenommen, mit dem Projekt *ICODEP* (Impact of Changes in the foreshore on coastal DEfence Performance) mehr Licht in diese

noch unklaren physikalischen Zusammenhänge zu bringen und hat hierfür im Rahmen des *HYDRALAB+* Transnational-Access-Programms großmaßstäbliche Untersuchungen im GWK durchgeführt. Als feste Küstenschutzstruktur wurde eine 10:1 geneigte Hochwasserschutzwand gewählt, die am Ende eines Strandes mit einer Böschungsneigung von 1:15 installiert wurde. Um die Interaktionen zwischen morphologischen Änderungen am Strandprofil und den Belastungen am Bauwerk vollständig zu erfassen, wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Messgeräte eingesetzt.

Für die punktuelle Bestimmung der Wellenverhältnisse vor und auf der Sandböschung sowie direkt vor der Schutzwand wurden Wellenpegel und Ultraschallsensoren eingesetzt. Der Tastarm an der verfahrbaren Messbühne lieferte das Strandprofil nach jedem Versuch. Zusätzlich wurde der 3D-Scanner eingesetzt um die lokale Kolkentwicklung vor der Hochwasserschutzwand zu quantifizieren, und um bei abgelassenem Wasser die durch den Sturm veränderte Sandoberfläche aufzuzeichnen. Ergänzt wurden diese Messungen durch synchrone Videoaufzeichnung mit zwei Kameras und dem 2D-Laserscanner, der die Wellen und das Strandprofil direkt vor und an der Hochwasserschutzwand kontinuierlich aufzeichnete. Suspensions- und Strömungsmessgeräte lieferten zusätzliche Informationen für die Interpretation der morphologischen Veränderungen. Die Belastung der Wand wurde mit Kraftmesszellen gemessen, ergänzt durch Druckmessdosen, die für diesen Anwendungsfall extra durch eine neu entwickelte Schutzvorrichtung gegen Abrieb durch Sand geschützt werden mussten. Mit Hilfe des vielfach bewährten Überlaufbehälters hinter dem Bauwerk konnte der Wellenüberlauf zuverlässig gemessen werden. Eine Abfolge mehrerer Sturmereignisse ohne den erodierten Strand und Vorstrand z.B.



Brechende Welle an der Hochwasserschutzwand

durch Strandaufspülungen zwischendrin zu erneuern, ist als besonders kritisch zu bewerten. Daher wurden im Rahmen des Projekts mehrere solche Sturmkombinationen untersucht. Jeder Sturm bestand aus sechs unterschiedlichen Versuchen mit einer Dauer von jeweils 30 Minuten, wobei Wellenhöhe und Periode zu- und wieder abnahmen und die beiden mittleren Versuche auch bei einem höheren Wasserstand gefahren wurden. Zwei Stürme unterschiedlicher Stärke wurden generiert und dann wurden diese beiden Stürme zu drei unterschiedlichen Sturmclustern kombiniert, um Informationen über den Einfluss von Sturmkombinationen auf Strandprofilentwicklung und Belastung der Hochwasserschutzwand zu erhalten. Vor jedem Sturmcluster wurde der Strand neu profiliert, um immer dieselben Ausgangsvoraussetzungen zu bekommen.

Mittlerweile hat die Forschergruppe die ersten Daten analysiert und festgestellt, dass die Abfolge von Stürmen tatsächlich großen Einfluss auf Strandprofilentwicklung und Belastung der Schutzwand hat. Insbesondere die Menge des Wellenüberlaufs reagiert empfindlich auf das durch die Vorstürme veränderte Strandprofil. Die Vielzahl unter-

schiedlicher Daten, die bei diesem Projekt gewonnen wurden, lassen noch sehr interessante und wichtige Erkenntnisse über den Zusammenhang von Sturmsequenzen, Strandprofilentwicklung und Bauwerksbelastungen erwarten.

#### **Projektleitung**

Dr. Riccardo Briganti

#### **Projektlaufzeit**

Oktober 2016 – November 2016

#### **Förderung durch**

HYDRALAB+ – Transnational Access

#### **Projektpartner**

University of Nottingham (UK), University of Catania (IT), UNESCO-IHE (NL), University of Newcastle (UK), University of Ghent (BEL), Flanders Hydraulic Research (BEL), University of Roma La Sapienza (IT), University of Genova (IT)

## PaNSiWa

Das Projekt *PaNSiWa* (Parameterisation of Nonlinear Ship-induced 3D Wave Fields for the Hydraulic Design of Protective Structures in Maritime Waterways) wird nach erfolgreicher Überarbeitung und erneuter Einreichung des Antrags im Frühjahr von der DFG mit einer Laufzeit von drei Jahren gefördert (FKZ: DFG BR 5289/2-1) und startet zum 01. Januar 2017. Das Hauptziel des Projekts besteht in der Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen für die Parametrisierung schiffsinduzierter 3D-Wellenfelder als Grundlage für die hydraulische Bemessung von Deckschichten von Strombauwerken an Seeschiffahrtsstraßen unter besonderer Berücksichtigung der räumlichen sowie der nichtlinearen Eigenschaften der Schiffswellen. Die Idee für das Projekt stammt aus dem Verbundprojekt „Schiffserzeugte langperiodische Belastung zur Bemessung der Deckschichten von Strombauwerken an Seeschiffahrtsstraßen“, das insbesondere die Notwendigkeit einer 3D-Analyse der komplexen räumlichen, nichtlinearen Schiffswellenfelder verdeutlicht hat. Die geplanten theoretischen und numerischen Untersuchungen in *PaNSiWa* zielen daher vor allem auf folgende Schwerpunkte: (i) Implementierung einer nichtlinearen Fourier-Transformation (3D-NLFT) für die nichtlineare Analyse von räumlichen Schiffswellenfeldern im Frequenzbereich, (ii) Implementierung einer Hilbert-Huang-Transformation (3D-HHT) für die nichtlineare Analyse von räumlichen Schiffswellenfeldern im Zeit-Frequenz-Bereich, (iii) Vergleichende Analyse von Schiffswellendaten anhand der 3D-NLFT, der 3D-HHT und der herkömmlichen Fourier-Transformation (FFT), und (iv) Parametrisierung von 3D-Schiffswellenfeldern mit dem Ziel, die für die Bemessung der Strombauwerke relevanten Parameter bereitzustellen, insbesondere auch die Ausbreitungsrichtung der verschiedenen Komponenten des Wellenfeldes.

## MaRINET 2

Nach der erfolgreichen Beteiligung im EU-Verbundprojekt *MaRINET* (Marine Renewables Infrastructure Network), das Ende September 2015 abgeschlossen wurde, war das FZK auch bei der Beantragung des Nachfolgeprojekts *MaRINET 2* involviert. Der am 30. März 2016 im Rahmen des EU-Forschungsrahmenprogramms Horizon 2020 eingereichte Projektantrag wurde positiv bewertet, so dass *MaRINET 2* zum 1. Januar 2017 mit einer Laufzeit von viereinhalb Jahren starten wird.

Wie schon im Vorgängerprojekt ist das übergeordnete Ziel von *MaRINET 2*, die Entwicklung von Technologien zur Energiegewinnung aus marinen erneuerbaren Quellen voranzutreiben, wobei der Schwerpunkt auf Wellen- und Tidenströmungsenergie liegt. Hierzu gibt es, wie in *HYDRALAB+* auch, Networking und Joint Research Activities, in denen an Themen wie Entwicklungsstandards oder Datenmanagement gearbeitet wird. Der Fokus von *MaRINET 2* liegt aber wieder auf dem Transnational Access zu den beteiligten Infrastrukturen, um die F&E-Aktivitäten der immer noch relativ jungen Branche stärker zu unterstützen. Das FZK ist daher auch in erster Linie am Transnational Access beteiligt und bietet insgesamt 40 Versuchstage im GWK an. Nicht zuletzt aufgrund der vielen Synergien zu *HYDRALAB+*, werden wir uns aber sicherlich auch an den anderen Forschungsaktivitäten in *MaRINET 2* aktiv beteiligen.

*MaRINET 2* wird erneut durch das University College Cork (IRL) koordiniert und umfasst mittlerweile insgesamt 39 Partner aus ganz Europa, wobei Deutschland nur noch durch das FZK vertreten ist. Dies reflektiert zum einen die unterschiedliche Bedeutung, die der marinen Energie in den jeweiligen Ländern beigemessen wird, und verdeutlicht

zum anderen aber auch die Wichtigkeit des GWK als Infrastruktur für großmaßstäbliche Modellversuche im Bereich der angewandten Forschung auf diesem Gebiet. Somit unterstützt und rechtfertigt *MaRINET 2* in vollem Umfang die Pläne zur Erweiterung des GWK, die mit dem Projekt *marTech* umgesetzt werden soll.

## marTech

Wie im letzten Jahr berichtet, sollte die angestrebte Erweiterung des GWK um eine leistungsfähigere Wellenmaschine, eine Strömungseinrichtung und einen Tiefteil ursprünglich über die Beantragung eines Forschungsbaus realisiert werden. Anfang des Jahres bekamen wir aber die Möglichkeit unsere Pläne auch dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) vorzustellen und stießen dort erfreulicherweise ebenfalls auf sehr positive Resonanz, da mit der Erweiterung des GWK eine weltweit nahezu einzigartige Versuchseinrichtung am Standort Deutschland geschaffen werden kann, mit der die Forschung im Bereich der Nutzung mariner Energiequellen signifikant unterstützt wird.

Hieraus ist die Idee zum Projekt *marTech* entstanden, mit dem ein wesentlicher Beitrag zur Erprobung und Entwicklung von Technologien der erneuerbaren Energien auf und aus dem Meer unter Berücksichtigung von Wellen-Strömung-Bauwerk-Boden-Interaktionen geleistet werden soll. Für letztere ist die oben erwähnte Erweiterung des GWK unabdingbar und soll entsprechend im Projekt umgesetzt werden, um im Rahmen von drei Pilotprojekten das Potenzial der neuen Versuchseinrichtung zu demonstrieren. Dabei stehen die folgenden Teilaspekte im Vordergrund: kombinierte hydrodynamische Belastungen von Offshore-Gründungs-

strukturen aus Seegang und Strömungen, Kolkbildung und Kolkchutzmaßnahmen an Offshore-Gründungsstrukturen, grundlegende Prozesse und Systemverständnis der Wellen-Strömung-Boden-Bauwerk-Interaktion sowie Leistungsfähigkeit, Stabilität und Verankerung schwimmender Strukturen (z.B. Wellenenergiekraftwerke).

Im September wurde eine Projektskizze zu *marTech* über den Projektträger Jülich (PtJ) beim BMWi eingereicht, auf deren Grundlage wir zur Einreichung eines Vollantrags bis Anfang Februar 2017 gebeten wurden. Dieser Bitte werden wir natürlich mit Eifer nachkommen und hoffen sehr, dass wir dann in einem Jahr über einen erfolgreichen Projektbeginn und erste Ergebnisse berichten können.

## Test alternativer Böden für den Deichbau

Klei stellt nach wie vor das wichtigste Material zur Abdichtung und zum Schutz eines Deiches dar. Die natürlichen Ressourcen geeigneter Kleiböden sind allerdings sehr begrenzt und darüber hinaus stellt der Transport von Kleilagerstätten zur Deichbaustelle einen nicht unerheblichen Kostenfaktor dar. Daher ist das Interesse an der Verwendung alternativer, vor Ort verfügbarer Materialien natürlich groß und genau dieser Ansatz wird im Projekt „Gebietsentwicklung Ooijen-Wanssum“ in den Niederlanden verfolgt, bei dem die Arbeitsgemeinschaft Mooder Maas (Dura Vermeer N.V. & Ploegam B.V.) in Zusammenarbeit mit Fugro GeoServices B.V. lokale Böden auf ihre Eigenschaften und Eignung für den Bau von Hochwasserschutzdeichen an der Maas untersuchen. Da hinsichtlich der Erosionsbeständigkeit des vorhandenen sandigen Lehmbodens keine Erfahrungen vorliegen, fehlen die notwen-

digen Bemessungsgrundlagen und das FZK wurde Ende 2016 beauftragt entsprechende Untersuchungen im GWK vorzunehmen.

Die GWK-Versuche haben zum Ziel, die Erosionsstabilität eines steilen Binnen- deichs (Neigung 1:2) unter Wellenangriff im Naturmaßstab zu untersuchen. Hierfür werden verschiedene Bodenmaterialien aus den Niederlanden zum GWK gebracht und dort eingebaut. Insgesamt sollen sechs verschiedene Testreihen mit unterschiedlichen Materialien und ggf. verschiedenen Wellenbedingungen durchgeführt werden. Das Deichprofil wird kontinuierlich mit zwei 2D-Laserscannern erfasst, um den Wellenauf- und -ablauf zu bestimmen, aber vor allem den Erosionsfortschritt zeitlich hochaufgelöst zu ermitteln und daraus Parameter für die Erosionsstabilität ableiten zu können. Zusätzlich sorgen synchronisierte Videoaufnahmen und temporäre 3D-Laserscans für eine Validierung der Ergebnisse.

Die Versuche im GWK werden im Zeitraum Februar – April 2017 stattfinden.

## HYGEDE

Die zunehmende Belastung von Deckwerken als Folge der Klimaänderung und des stärker werdenden Schiffsverkehrs sowie die gestiegenen Anforderungen an die Sicherheit stellen hohe Ansprüche an deren Stabilität. Eine übliche Lösung zur Erhöhung der Deckschichtstabilität ist ein Teil- oder Vollverguss der Steine mit zementgebundenem Mörtel.

Bemessungsrichtlinien für solche Deckwerke weisen aber bisher noch erhebliche Lücken auf. Deshalb initiierte das Leichtweiß-Institut zusammen mit dem Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH

Aachen das Forschungsvorhaben *HYGEDE* mit dem Hauptziel, die wissenschaftlich-technischen Grundlagen für die Bemessung hydraulisch gebundener Deckwerke auf Seegangbelastung zu erarbeiten und daraus möglichst einfache Bemessungsformeln und -diagramme sowie Empfehlungen für die Ingenieurpraxis abzuleiten.

Neben der Analyse und Bewertung der aktuellen Praxis, theoretischen Untersuchungen und physikalischen Modellversuche in den Laboren der beiden Institute sind großmaßstäbliche Versuche im GWK ein zentraler Bestandteil des Projekts. Dabei sollen mit sehr umfangreicher Messtechnik die Wechselwirkungen zwischen Innen- und Außenwasserstand unter realen Bedingungen und Minimierung von Maßstabeffekten erfasst werden, um ein vertieftes Verständnis der Belastung und Stabilität hydraulisch gebundener Deckwerke zu erhalten.

Die Versuche im GWK werden im Zeitraum Mai – Juli 2017 stattfinden.

## Hydromast

Zeitgleich zu den Untersuchungen an gebundenen Deckwerken (*HYGEDE*) werden Messungen für das *HYDRALAB+ TA*-Projekt *Hydromast* (Calibration of Bioinspired Hydromasts Under Wave Action) durchgeführt. Hierfür werden in Zusammenarbeit mit der Tallinn University of Technology spezielle Sensoren am Kanalboden eingebaut, die den Neuromastzellen auf dem Seitenlinienorgan gewisser Fischarten nachgebildet sind. Mit den relativ einfach aufgebauten Sensoren sollen Strömungsgeschwindigkeit und -richtung gemessen werden. Eingebettet sind die Untersuchungen in das ebenfalls unter Horizon 2020 laufende Forschungsvorhaben LAKHsMI (Sensors for Large scale Hydrody-

naMic Imaging), welches die Errichtung von makroskopischen Sensorfeldern für ozeanographische Untersuchungen als Ziel hat.

Die Messungen im GWK werden im Zeitraum Mai – Juli 2017 stattfinden.

## Dynamic Coastal Protection

Das zweite große TA-Projekt im Rahmen von *HYDRALAB+* (Dynamic Coastal Protection: Resilience of Dynamic Revetments Under Sea Level Rise) ist ebenso wie *ICODEP* von den zu erwartenden Auswirkungen des Meeresspiegelanstiegs inspiriert. Um der Gefahr von Verschiebungen der Küstenlinie durch Erosion zu begegnen, gibt es zwei fundamentale Optionen i) harte Strukturen wie z.B. Hochwasserschutzwände oder ii) „weiche“ Schutzmaßnahmen wie z.B. Sandaufspülungen. Eine relativ neue Methode für weiche Schutzmaßnahmen ist die Errichtung eines dynamisch wirkenden Deckwerks, bei dem das Strandprofil im Bereich des Wellenaufbaus durch eine Schicht aus Kiesel oder Schotter verstärkt wird.

Es ist bekannt, dass Strände aus Kiesmaterial bemerkenswert stabil bleiben und infolge dessen auch den Wellenüberlauf deutlich reduzieren können. Jedoch ist noch unklar, welchen Einfluss Deckschichten aus Steinmaterial auf sandigem Untergrund auf die Entwicklung des Strandprofils haben und wie das gesamte System bei einem stetig ansteigenden Wasserstand reagiert.

Mit großmaßstäblichen Modellversuchen im GWK soll erstmals das generelle Verhalten eines dynamischen Deckwerks sowie dessen Einfluss auf die Hydro- und Morphodynamik in der Brecher- und Wellenaufbauzone untersucht werden. Weiterhin sollen die

Ergebnisse dieser einzigartigen Testreihe der Weiterentwicklung numerische Modelle dienen.

Die Versuche im GWK werden im Zeitraum August – September 2017 stattfinden.

## Weitere geplante Versuche im GWK

Auch nach Abschluss des zweiten *HYDRALAB+* TA-Projekts Ende September 2017 wird der GWK mit etlichen weiteren Projekten bis weit ins Jahr 2018 belegt sein. So sind beispielsweise im Rahmen von *STENCIL* und *COMPLEX* Grundlagenversuche zum Transport gemischter Sedimente geplant sowie im Rahmen von *COMPLEX* und *SeaArt* Versuche zum Einfluss von Seegras auf Hydro- und Morphodynamik. Des Weiteren sind im Projekt *waveSTEPS*, bei dem sich das Ludwig-Franzius-Institut zusammen mit der FH Aachen mit dem Wellenauf- und Wellenüberlauf an getreppten Deckwerken befasst, für Frühjahr/Sommer 2018 großmaßstäbliche Modellversuche im GWK vorgesehen und es werden weitere TA-Projekte im Rahmen von *HYDRALAB+* und *MaRINET 2* anstehen. Mit einer detaillierten Planung und Terminierung der nächsten Projekte wird Anfang 2017 begonnen, so dass wir dann im kommenden Jahr ausführlicher über die weiteren geplanten Versuche im GWK berichten können.

## Geplante Erweiterung des GWK

Über die momentane und vor allem zukünftige Bedeutung großmaßstäblicher Modellversuche im Offshore- und Küsteningenieurwesen, die entsprechende Errichtung neuer großer Wellenkanäle in China und den Niederlanden sowie die nicht zuletzt hierdurch motivierten geplanten Erweiterung des GWK hatten wir bereits im vergangenen Jahr an gleicher Stelle ausführlich berichtet. Mit der positiven Bewertung der Projektskizze zu *marTech* und der bevorstehenden Beantragung des Projekts beim Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) sind wir der Realisierung unserer Pläne einen bedeutenden Schritt näher gekommen. Parallel zur Ausarbeitung des wissenschaftlichen Konzepts wurde dank der finanziellen Unterstützung durch das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) eine Gruppe von Architekten und Fachplanern beauftragt, einen Entwurf für die bautechnische Umsetzung dieses nicht unkomplizierten Vorhabens zu erarbeiten und die damit verbundenen Kosten möglichst genau abzuschätzen.

Im September lag die sogenannte Entscheidungsunterlage Bau (ES-Bau) dann vor auf deren Grundlage die Projektskizze für *marTech* eingereicht werden konnte. Wie wichtig eine detaillierte Vorbereitung und Kostenschätzung durch Fachplaner gewesen ist, zeigt sich dadurch, dass die geplanten Erweiterungsmaßnahmen mit den ursprünglich angedachten Kosten überhaupt nicht zu realisieren gewesen wären. Daher bleibt es zwar bei den drei notwendigen Erweiterungsmaßnahmen:

1. Wellenmaschine zur Erzeugung größerer Wellen und Belastungen, realitätsnäherer Versuchsmaßstäbe und zur Erprobung

- und Weiterentwicklung von Strukturen unter Extrembelastungen,
2. Strömungserzeugung zur Ermittlung der Belastungen von Tidenströmungen auf Bauwerke und Sedimente sowie zur Berücksichtigung und Analyse der nicht-linearen Wellen-Strömungs-Interaktion,
3. gestufter Tiefteil zum ebenerdigen Einbau von Sedimenten und zur Ermittlung von Transportraten, zum Einbau von Tiefgründungen und realitätsnaher Bettung von Strukturen, zur Erfassung nichtlinearer Bauwerk-Boden-Interaktionen und zur Analyse der Degradierung der Bettungseigenschaften von Sedimenten,

allerdings musste bei der Dimensionierung ein Kompromiss zwischen Notwendigkeit und Kosten gefunden werden. Die im Folgenden aufgeführten Beschreibungen und Details stellen den aktuellen Planungsstand entsprechend der vorliegenden ES-Bau dar.

Durch die Erweiterung der Wellenmaschine wird der Hub von derzeit 4m auf mind. 6,7m erhöht, so dass die maximal erzeugbare Wellenhöhe bei regelmäßigen Wellen auf rund 2,7m ansteigt. Gleichzeitig können durch den größeren Hub auch höhere Wellen bei größerer Periode erzeugt werden als mit der alten Wellenmaschine. Nach derzeitigem Sachstand wird zudem der ölhdraulische Antrieb gegen einen leistungsstärkeren und präziser steuerbaren Antrieb mittels elektrischer Servomotoren ausgetauscht. Eine endgültige Aussage über die Kenndaten der neuen Wellenmaschine ist aber erst nach Vorliegen und Auswertung der per öffentlicher Ausschreibung einzuholenden Angebote der Hersteller möglich.

Die neue Strömungsgenerierung erlaubt die Erzeugung gleichförmiger Strömungen mit und ohne Wellenüberlagerung jeweils in Richtung der Wellenausbreitung oder entgegengesetzt dazu. Geplant ist ein

maximaler Durchfluss durch den Kanalquerschnitt von  $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , so dass bei einem maximalen Wasserstand von  $5,0 \text{ m}$  und einer Breite des Kanals von ebenfalls  $5,0 \text{ m}$  eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von  $0,5 \text{ m/s}$  erreicht werden kann. Bei geringeren Wassertiefen werden auch höhere Geschwindigkeiten erreicht werden können. Um dies zu ermöglichen, wird der Kanal an zwei Stellen im Abstand von ca.  $150 \text{ m}$  aufgetrennt, es werden an diesen Stellen jeweils Abschnitte von  $24 \text{ m}$  Länge entnommen und anschließend jeweils ein Ein- bzw. Auslaufbauwerk dort errichtet. Diese beiden Bauwerke werden durch zwei Rohrleitungen verbunden, die auf der Nordseite des GWK parallel zum bestehenden Trogbauwerk im Erdreich eingebaut werden. Jedes dieser Rohre wird einen Durchmesser von  $2,0 \text{ m}$  haben. In das Auslaufbauwerk am Kanalende wird in jeder Rohrleitung ein Bugstrahlruder (Thruster) integriert werden, um die Strömung zu erzeugen.

Durch den Einbau eines Tiefteils wird ein ebenerdiger Einbau des Bodens möglich und dadurch gleichzeitig völlig neue Versuchsmöglichkeiten in größeren Maßstäben eröffnet, als bisher für alle Versuche in denen die Interaktion zwischen Wellen und Strömungen mit dem Boden bzw. mit Strukturen oder Pflanzen und Boden von Bedeutung ist. Weiterhin können mit einem Tiefteil auch tiefgegründete Offshorebauwerke (Monopile, Tripod, Jacket) realistischer untersucht werden, da sie wie in der Natur eingebaut werden können und nicht mehr wie bislang künstlich befestigt werden müssen. Für den Einbau des Tiefteils wird ebenfalls ein Kanalabschnitt von  $24 \text{ m}$  Länge entnommen und stattdessen an dieser Stelle der Tiefteil errichtet. Dieser wird über eine Länge von  $20 \text{ m}$  eine Tiefe von  $-2 \text{ m}$  unter der derzeitigen Kanalsole aufweisen. In diesem Bereich können später Sedimente oder Pflanzen ebenerdig mit der übrigen

Kanalsole eingebaut werden. In der Mitte dieses  $2 \text{ m}$  tiefen Abschnitts ist eine weitere Vertiefung geplant: Über eine Länge von  $8 \text{ m}$  soll die Sohle bis auf  $-6 \text{ m}$  unter die derzeitige Kanalsole verspringen. In diesem Bereich können dann später tiefgegründete Bauwerke eingebracht werden.

Durch die drei Erweiterungsmaßnahmen ändert sich die Dimension des GWK nicht, er bleibt also weiterhin etwa  $300 \text{ m}$  lang,  $5 \text{ m}$  breit und durchgehend mindestens  $7 \text{ m}$  tief. Die Ein- und Auslaufbauwerke sowie der Tiefteil werden mit Betonplatten abdeckbar sein, so dass auch weiterhin Versuche unter den gleichen Bedingungen durchgeführt werden können wie in den letzten 33 Jahren. Je nach Bedarf kann dann der Tiefteil oder die Strömungsanlage aufgedeckt und jeweils einzeln oder in Kombination mit der Wellenmaschine genutzt werden. Auch Versuche nur mit Strömung oder mit Strömung und Tiefteil sind durchführbar. Dies zeigt, welche ungeahnten langfristigen Versuchsmöglichkeiten sich mit dem erweiterten GWK bieten werden.

Bevor es jedoch soweit ist, muss natürlich der Antrag für marTech, der im Februar 2017 eingereicht wird, zunächst einmal bewilligt werden. Dann erst kann mit den weiteren Planungen, Genehmigungen und Ausschreibungen begonnen werden bevor die tatsächliche Umsetzung erfolgen kann. Nach dem derzeitigen Stand gehen wir, vorbehaltlich der Bewilligung des Vorhabens durch das BMWi, von einem Projektstart nicht vor Juni 2017 aus. Der GWK würde dann frühestens im August 2018 außer Betrieb gehen und nach etwa 2 Jahren Bauzeit für die Durchführung der drei Pilotprojekte in marTech ab August 2020 wieder zur Verfügung stehen. Wir hoffen sehr, dass wir die Möglichkeit bekommen werden, diese Pläne in etwa so umzusetzen um im kommenden Jahr dann an gleicher Stelle weiter berichten zu können.

## Verbesserung der Infrastruktur

Die Verbesserung der Infrastruktur und damit der Services und Versuchsmöglichkeiten, die das FZK mit dem Großen Wellenkanal anbieten, sollten trotz der Projektaktivitäten natürlich auch im Jahr 2016 nicht zu kurz kommen.

So wurde unter anderem die bereits 2015 begonnene Betonsanierung an den Außen-seiten des GWK weiter vorangetrieben. Nach umfangreicher Planung wurde unter Anleitung einer Fachfirma einer der Risse im Übergangsbereich der Betonsegmentblöcke freigestemmt, mit einer Anschlussbewehrung versehen und danach mit einem Spezialbeton vergossen. Die nächsten zwei Jahre wird diese Sanierungsstelle nun beobachtet, um festzustellen, ob sich diese Maßnahme als stabil erweist. Wenn dem so sein sollte, gibt es dann eine klare Verfahrensweise um alle vorhandenen Risse sukzessive im Laufe der nächsten Jahre zu sanieren.

Eine weitere Sanierungsmaßnahme ergab sich auch innerhalb des GWK. Nach über 30 Betriebsjahren musste an der verfahrbaren Messbühne der Frequenzumrichter des elektrischen Antriebs ausgewechselt werden. Dank der Erneuerung durch ein modernes Bauteil konnte die Messbühne nicht nur schnell wieder in Betrieb genommen werden, sondern fährt jetzt besser denn je. Weiterhin wurde durch die Abschaffung von zwei großen alten Drehbänken und einer Oberfräse in der Werkstatt Platz geschaffen, um dort eine modernere Drehbank mit digitaler Messeinrichtung und eine neue Bandsäge aufstellen zu können. Die neuen Geräte haben sich bereits sehr bewährt und halfen unter anderem auch bei der bereits 2015 begonnenen Überholung der Wellen-pegel. Alle mechanischen Bauteile konnten

fertiggestellt werden, so dass jetzt nur noch die Elektronik überarbeitet werden muss.

Aufgrund der sehr umfangreichen Messungen, die im Projekt *HYGEDE* geplant sind, wurde auch der am GWK vorhandene Bestand an Messgeräten signifikant erweitert. Die Anzahl der Messkanäle an den Gleichspannungs-Messverstärkern musste erhöht werden, wobei die sehr bewährten analogen Messverstärker nicht mehr erhältlich sind und für die neuen Geräte somit jetzt ein Wechsel zur digitalen Messverstärkung eingeleitet wurde. Zur zuverlässigen Messung der Strömungsgeschwindigkeiten in der Wellenauflaufzone haben sich einfache Impeller bewährt, für die ein neuer Messumformer mit 8 Kanälen und entsprechende Strömungsfühler angeschafft wurden. Schließlich wurden zwei aktuelle Modelle von 2D-Laserscannern der Firma Sick beschafft und hierfür eine Software am FZK entwickelt, die die Datenerfassung jetzt erheblich vereinfacht. Die neue Technik konnte bereits im Projekt *ICODEP* ausgiebig und erfolgreich getestet werden und wird nicht nur für die Versuche im Rahmen von *HYGEDE* wertvolle Messdaten liefern. Da *HYGEDE* ein Projekt des LWI ist, sind die neuen Geräte formal an der TU Braunschweig inventarisiert. Der Aufbewahrungsort wird jedoch der GWK sein, weil hier der technische Unterhalt sowie die Programmierung notwendiger Software kontinuierlich gewährleistet sind. Selbstverständlich steht wie bisher alle am GWK verfügbare Messtechnik auch den Partnerinstituten des FZK zur Verfügung.

## 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. Auf unserem Youtube-Kanal kann sich jeder Interessierte ebenfalls einen Eindruck von verschiedenen im GWK erzeugten Wellen und deren imposanter Gewalt verschaffen.

## 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. Im Jahr 2016 haben insgesamt 11 Führungen stattgefunden, wobei unter anderem Studenten aus den Niederlanden und Deutschland begrüßt werden konnten. Zusätzlich wurde das FZK gezielt von einzelnen internationalen Wissenschaftlern und Fachbesuchergruppen (z.B. aus China, Taiwan und Australien) besucht, um sich über die Forschungsaktivitäten und -möglichkeiten zu informieren.

## 11. FZK-Kolloquium

Im Jahre 1996 wurde das FZK als Gemeinsame Zentrale Einrichtung der Universität Hannover und der Technischen Universität Braunschweig gegründet und anlässlich des 20-jährigen Jubiläums war das 11. FZK-Kolloquium unter dem Motto



„Küsten im Wandel – Sedimentdynamik an der Küste“ einem damals wie heute aktuellen Forschungsthema gewidmet, das angesichts der möglichen Folgen des Klimawandels und immer wichtiger werdender ökologischer Aspekte sicherlich in Zukunft noch stärker in den Fokus rücken wird.

Wir haben uns sehr gefreut, dass die Bedeutung dieser Thematik durch insgesamt 146 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Wissenschaft, Behörden und Politik eindrucksvoll bestätigt wurde und wir mit zehn Vorträgen aus Wissenschaft und Praxis zu äußerst lebhaften und interessanten Diskussionen über aktuelle Forschungsthemen und -projekte sowie die zukünftigen wissenschaftlichen und praktischen Herausforderungen hinsichtlich unserer Küsten im Wandel anregen konnten.

Die Vortragspräsentationen stehen auf der Webseite des FZK zum Download bereit: [www.fzk-nth.de/728.html](http://www.fzk-nth.de/728.html)

## GMT Meet the Members

Das Die Gesellschaft für Maritime Technik (GMT) lädt ihre Mitglieder regelmäßig zum Veranstaltungskonzept „Meet the Members“ ein, bei dem einzelne Mitgliedsunternehmen jeweils als Gastgeber auftreten und die anderen Mitglieder der GMT in ihr Unter-

nehmen einladen. Auf dem Programm stehen in der Regel jeweils eine Besichtigung sowie Präsentationen über die Arbeitsgebiete und Themenfelder des Unternehmens, gefolgt von einem gemütlichen Beisammensein und der Gelegenheit zu einem fachlichen Austausch.

Am 14. September 2016 übernahm das FZK die Funktion als Gastgeber und stellte das Forschungszentrum Küste, den Großen Wellenkanal sowie ausgewählte Forschungsprojekte vor, um den Mitgliedsunternehmen der GMT aufzuzeigen, welche verschiedenen Fragestellungen durch großmaßstäbliche Modellversuche beantwortet werden können und welche Möglichkeiten es zur Kooperation mit dem FZK gibt. In den nachfolgenden Gesprächen bei Getränken und Grillgut wurden noch zahlreiche Fragen beantwortet und Kontakte geknüpft. Zahlreiche Unternehmen aus verschiedenen innerhalb der GMT vertretenen Branchen haben die Gelegenheit genutzt, sich einen Überblick über das FZK und den GWK zu verschaffen. Erste Folgegespräche über mögliche gemeinsame Projekte und Kooperationen sind bereits fest geplant.

## TUnight

Die Wissenschaftsnacht der Technischen Universität Braunschweig am 18. Juni 2016 stand unter dem Motto „Zukunft Mensch – Wie leben wir morgen?“ und lud Studierende, Wissenschaft- und Musikinteressierte, Familien, Schülerinnen und Schüler von 18:00 bis 01:00 Uhr zur TUnight ein. Im Zentralbereich der TU Braunschweig wurde ein abwechslungsreiches Programm aus Vorlesungen, Laborführungen, Experimenten und verschiedenen Ständen geboten, so dass die beteiligten Institute, Einrichtungen und Gruppen der TU Braunschweig auf vielfältige Weise ihre Arbeit präsentieren konnten. Das

wissenschaftliche Programm der TUnight endete um 24:00 Uhr, doch auf dem Forumplatz klang der Abend bei Musik noch bis 01:00 Uhr aus.

Das FZK nutzte die Gelegenheit, sich auf der TUnight erstmals auch bei der TU Braunschweig zu präsentieren. In einem Gemeinschaftsstand mit dem Leichtweiß-Institut für Wasserbau, Abt. Hydromechanik und Küsteningenieurwesen (LWI), präsentierten wir auf Postern und in Videos unsere Arbeiten und Forschungsthemen. Anhand des vom LWI ausgestellten Modellwellenkanals konnten wir die Durchführung physikalischer Modellversuche sowie die Vorteile großmaßstäblicher Versuchsdurchführungen erläutern.

Die gemeinsame Teilnahme mit dem LWI hat sich als sehr erfolgreich herausgestellt, wurde von den Besuchern gut angenommen und hat die bestehenden Verbindungen zwischen dem FZK und dem Partnerinstitut weiter vertieft. Das FZK wird sich daher auch in Zukunft an den Veranstaltungsformaten TUnight und TUDay beteiligen.

Eindrücke von der TUnight 2016 gibt es hier: <https://www.tu-braunschweig.de/presse/veranstaltungen/tunight/archiv/tunight2016>

## Nacht, die Wissen schafft

Wie auch in den vergangenen Jahren öffnete das Forschungszentrum Küste (FZK) gemeinsam mit zahlreichen anderen Instituten und Einrichtungen der Leibniz Universität Hannover seine Türen zur „Nacht, die Wissen schafft“, die in diesem Jahr am Samstag, 12. November 2016, stattfand.

Diese Veranstaltung ist für das FZK immer eine willkommene Gelegenheit, um über aktuelle Forschungsprojekte zu infor-



mieren oder auch den Besuchern einfach zu vermitteln, welche enorme Kraft brechende Wellen beim Auftreffen auf ein Küstenschutzbauwerk ausüben können. Das Foto zeigt den Blick von der Strandmauer aus auf den mit Wasser überdeckten Strandbereich und die sehr gut besuchte Besuchertribüne. Vor allem die Kinder hatten sehr viel Spaß an der am Bauwerk entstehenden Gischt.

Die Mitarbeiter vom FZK bedanken sich für das große Interesse und freuen sich darauf die Besucher auch bei der nächsten „Nacht, die Wissen schafft“ wieder für ihre Arbeit zu begeistern.

## Soziale Netzwerke

Das FZK ist auch in den sozialen Medien aktiv, um auf aktuelle Termine und Veranstaltungen hinzuweisen sowie über aktuelle Forschungsprojekte und -ergebnisse zu informieren. Wir laden sie herzlich ein, sich über folgende Kanäle über die Aktivitäten des FZK zu informieren.

### Youtube



Der Youtube-Kanal des FZK zeigt eindrucksvolle Videos von verschiedenen Modellversuchen im GWK, z.B. die Generierung von fokussierten Wellenpaketen, die Druckschlagbelastungen von Pfahlbauwerken, Pfahlgruppen und senkrechten Wänden oder den Wellenauflauf auf ein Deckwerksmodell: <https://www.youtube.com/channel/UCTDJ22goH7t52vwMP2QcZg>

### XING und LinkedIn

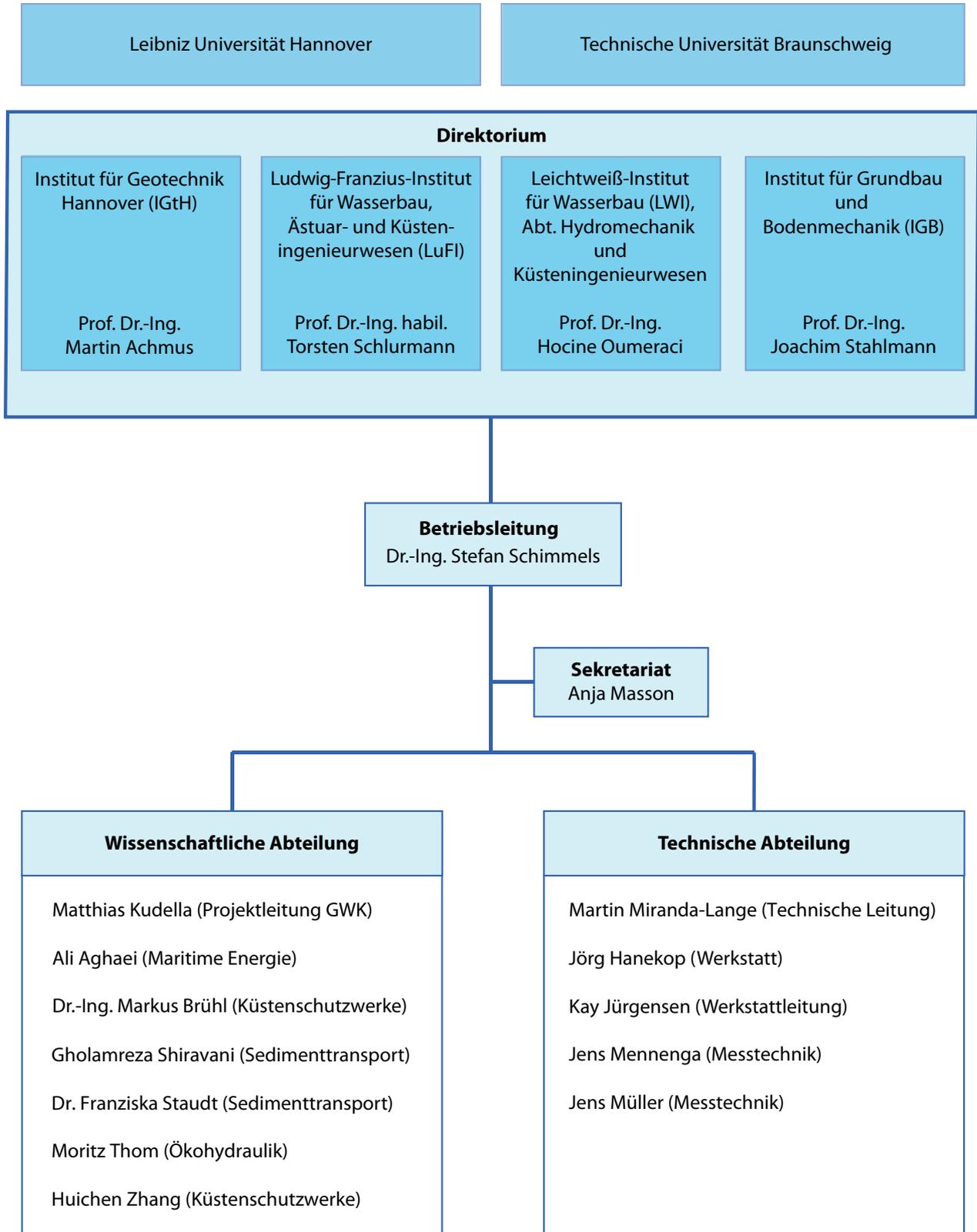


Über die Profile bei XING und LinkedIn informiert das FZK über aktuelle Termine, Veranstaltungen und Projekte am FZK. Während XING eher von deutschsprachigen Nutzern verwendet wird, wird über LinkedIn das internationale Fachpublikum angesprochen: <https://www.xing.com/companies/forschungszentrumkueste>

<https://www.linkedin.com/company/forschungszentrum-kueste>

Interessierte ebenfalls einen Eindruck von verschiedenen im GWK erzeugten Wellen und deren imposanter Gewalt verschaffen.

## Organigramm des FZK



Stand: 01.01.2017

## Publikationen

Brühl, M. (2016): Analysis and prediction of nonlinear dispersion of long-period waves in shallow water, Proceedings of 8th Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering (CGJOINT), September 18-24, 2016, Qingdao, China

Brühl, M.; Oumeraci, H. (2016): Analysis of long-period cosine-wave dispersion in very shallow water using nonlinear Fourier transform based on KdV equation, Applied Ocean Research (APOR), 61, 81-91, DOI: [10.1016/j.apor.2016.09.009](https://doi.org/10.1016/j.apor.2016.09.009)

Paul, M.; Rupprecht, F.; Möller, I.; Bouma, T. J.; Spencer, T.; Kudella, M.; Wolters, G.; van Wesenbeeck, B. K.; Jensen, K.; Miranda-Lange M. and Schimmels, S. (2016): Plant stiffness and biomass as drivers for drag forces under extreme wave loading: A flume study on mimosas, Coastal Engineering 117 (2016) 70–78, DOI: [10.1016/j.coastaleng.2016.07.004](https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2016.07.004)

Radespiel, R.; Brühl, M. (2016): Grundlagen der Strömungsmechanik - Skript zur Vorlesung im Wintersemester 2016/2017, Institut für Strömungsmechanik, TU Braunschweig, 182 S.

Schimmels, S.; Sriram, V.; Didenkulova, I. (2016): Tsunami generation in a large scale experimental facility, Coastal Engineering 110, 32–41, DOI: [10.1016/j.coastaleng.2015.12.005](https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.12.005)

Spencer, T.; Möller, I.; Rupprecht, F.; Bouma, T. J.; van Wesenbeeck, B. K.; Kudella, M.; Paul, M.; Jensen, K.; Wolters, G.; Miranda-Lange M. and Schimmels, S. (2016): Salt marsh surface survives true-to-scale simulated storm surges, Earth Surface Processes and Landforms, Volume 41, Issue 4, pp. 543–552, DOI: [10.1002/esp.3867](https://doi.org/10.1002/esp.3867)

Sriram, V.; Didenkulova, I.; Sergeeva A.; Schimmels, S. (2016): Tsunami evolution and run-up in a large scale experimental facility, Coastal Engineering 111, 1-12  
DOI: [10.1016/j.coastaleng.2015.11.006](https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.11.006)

Für Publikationen der Trägerinstitute wird auf die jeweiligen Webseiten verwiesen:  
[www.fzk-nth.de/partnerinstitute](http://www.fzk-nth.de/partnerinstitute)