

## Wo die Nordseewellen trecken an den Strand ...

### Modelluntersuchungen zum Einfluss eines Meeresspiegelanstiegs auf die Extremwasserstände im Küstenbereich

U. Gräwe, R. D. Osinski, A. Arns, H. Burchard,  
Leibniz-Institut für Ostseeforschung

#### Kurzgefasst

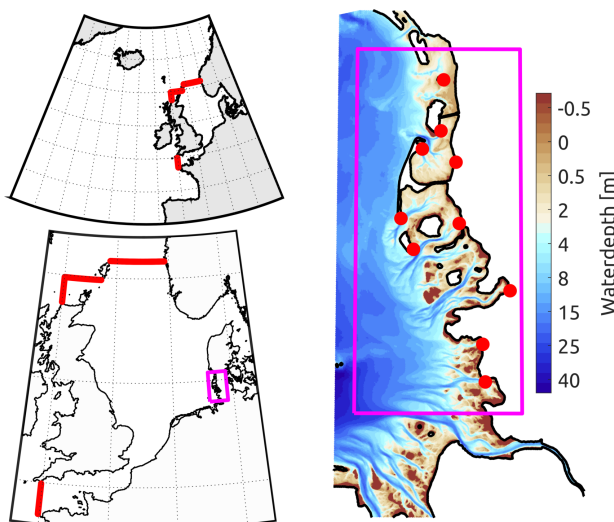
- Wechselwirkung von Morphologie, Wellen, Strömungen und Wasserständen
- Interaktion von mittlerem Wasserstand und Sturmfluten

Der Küstenschutz in Deutschland wird gemäß geltender Anforderungen in den Generalplänen Küstenschutz der Länder für einen sicheren und nachhaltigen Küsten- und Sturmflutschutz geplant, bemessen, gebaut und unterhalten. Grundlegend wird in Deutschland in der Auslegung von Küstenschutzwerken bereits ein Anstieg des Meeresspiegels um 50 cm bis zum Ende des Jahrhunderts berücksichtigt. Einige Szenarien projizieren jedoch bereits heute einen deutlich höheren Anstieg, allerdings mit unscharfer konkreter Ausprägung in Gestalt von Entwicklungsszenarien (RCPs). Aktuelle Untersuchungen [1] stellen die Auswirkungen und impliziten Wechselwirkungen des Meeresspiegelanstiegs (engl. sea level rise, SLR) auf Tide, Windstau und Wellen in der Deutschen Bucht mit einem Fokus auf die Küsten Schleswig-Holsteins heraus. Eine Kernaussage ist, dass es im

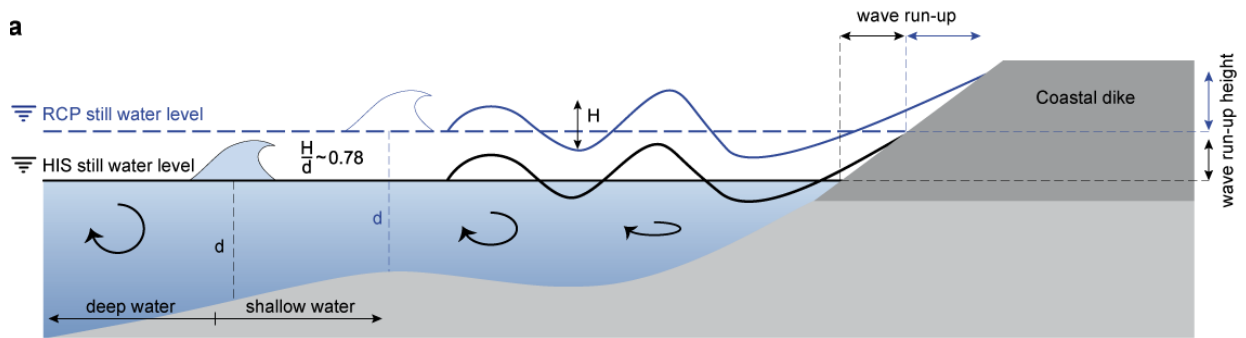
küstennahen Flachwasserbereich zu nichtlinearen Wechselwirkungen der durch SLR beeinflussten Einwirkungen kommt. Daraus resultierend vergrößern sich die Sturmflutwasserstände und Wellen (und in der Konsequenz die Bemessungshöhen) nicht nur um den zu erwartenden SLR, sondern um einen weiteren Faktor aus nichtlinearen Interaktionen, der an einigen Standorten um mehr als 50% des zu Grunde liegenden SLR erreichen kann. Aktuell werden die Auswirkungen des SLR im Flachwasserbereich demnach unterschätzt. Unklar ist bislang jedoch, wie sich morphologische Änderungen des Küstenvorfeldes auf diese (bisher beobachtete) Nichtlinearität auswirkt. Hierdurch könnten die nichtlinearen Anstiege zumindest teilweise kompensiert werden. Im Rahmen des Projektes M-Lab soll die Interaktion zwischen Morpho- und Hydrodynamik aus statistischen sowie numerischen Sensitivitätsstudien identifiziert werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse liefern direkte Aussagen für Planungsaufgaben (z.B. Sedimentdynamik und zukünftig erforderliche Deichhöhen im Nordfriesischen Wattenmeer) und erweitern den aktuellen Kenntnisstand der Sturmflutdynamik in der Deutschen Bucht deutlich

Um diese Frage zu beantworten wird am IOW ein gekoppelt Modellsystem benutzt. Als hydrodynamisches Modell (u.a. Wasserstand, Strömungen) wird GETM (General Estuarine Transport Model [2,3]) eingesetzt. Die Welleninformationen werden über WaveWatch III [4] berechnet. Mit Hilfe von numerischen Experimenten über die letzten vier Dekaden (1975-2017) sollen die morphologischen und Sturmflutbezogenen Änderungen im nordfriesischen Wattenmeer (Cuxhaven bis Sylt) rekonstruiert und untersucht werden (siehe Abbildung 1). Weiterhin soll untersucht werden, welche komplexen Wechselwirkungen zwischen Änderungen des Meeresspiegels und extremen Wasserständen auftreten, insbesondere in den flachen Wattbereichen Nordfrieslands dynamische und . Als Konsequenz werden die Sturmflutwasserstände etwas stärker ansteigen als der Meeresspiegel. Auch auf den Seegang hat ein steigender Meeresspiegel eine erhöhende Wirkung. So wird der Seegang in Zukunft weniger durch die Wattflächen beeinflusst, kann einfacher in Richtung Küste und Schutzbauwerke propagieren und daher größer ausfallen als bisher angenommen (siehe Abbildung 2).

In den hydrodynamischen Belastungsgrößen [1] zeigen sich räumlich insgesamt sehr inhomogene Anstiege, die stark durch lokale Bathymetrien



**Abbildung 1:** Kopplungsstufen für das hydrodynamische Modell: Nordatlantik (links oben), Nordsee Setup (links unten) und nordfriesisches Watt. Die dicken Linien kennzeichnen jeweils die Modellgrenzen. Die roten Punkte stellen die verfügbaren Pegelbeobachtungen dar.



**Abbildung 2:** Schematische Darstellung der Veränderungen im Wellenfeld durch den Meeresspiegelanstieg. Während in Tiefwasser nahezu alle Wellenhöhen existieren, werden im Flachwasser die Wellenhöhen durch tiefen-induziertes Brechen limitiert. Unter derzeitigem mittlerem Meeresspiegel erfolgt das Brechen tendenziell weiter Offshore (schwarze Linie). Unter Meeresspiegelanstieg können höhere Wellen den Nahküstenbereich erreichen und erst dort brechen.

beeinflusst werden (siehe auch Abbildung 2). Betrachtet man die Interaktion zwischen den hydrodynamischen Komponenten, dann führt dies z.T. zu einer deutlichen Zunahme des erforderlichen Schutzniveaus entlang der nordfriesischen Küste (und vermutlich auch in anderen Teilen der Deutschen Bucht), welches den projizierten MSL im statistischen Mittel um das 1,5-fache übersteigt.

Gleichzeitig basieren die Untersuchungen von Arns et al. [1] jedoch auf der Annahme, dass im Bereich der Wattflächen keine morphologischen Veränderungen auftreten (d.h. unter Verwendung einer statischen Bathymetrie zwischen 1970 und 2013), da insbesondere die zukünftige Entwicklung der Wattflächen bislang schwer abschätzbar ist. Hierdurch könnten die oben genannten hydrodynamischen Effekte zumindest teilweise kompensiert werden. Aktuelle Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch in der Morphodynamik des Küstenvorfeldes mit einer inhomogenen Entwicklung zu rechnen ist, welche in einigen Bereichen zu anwachsenden Wattflächen und in anderen Bereichen zu eher stagnierenden bzw. abnehmenden Wattflächen führen könnte.

## WWW

<https://www.io-warnemuende.de>

## Weitere Informationen

- [1] A. Arns, S. Dangendorf, J. Jensen, S. Talke, J. Bender, C. Pattiaratchi *Scientific Reports* **7**, 40171 (2017), doi:10.1038/srep40171
- [2] <https://getm.eu>
- [3] K. Klingbeil et al. , *Ocean Modelling* **125**, 80-105 (2018), doi:10.1016/j.ocemod.2018.01.007
- [4] T. Tolman, *Journal of Physical Oceanography* **21**, 782-797 (1991), doi:10.1175/1520-0485(1991)021<0782:ATGMFW>2.0.CO;2

## Projektpartner

Forschungsinstitut Wasser und Umwelt, Universität Siegen

## Förderung

BMBF