

Editorial

31st International Conference on Coastal Engineering

Die Hafentechnische Gesellschaft (HTG) und das Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) haben sich zusammen mit anderen nationalen Institutionen und Instituten zur Ausrichtung der 31st International Conference on Coastal Engineering (ICCE) vom 31. August 2008 bis zum 5. September 2008 im Konferenzzentrum Hamburg (CCH) verpflichtet. Die „International Conferences on Coastal Engineering“ finden turnusmäßig alle zwei Jahre an wechselnden Orten weltweit statt und bieten Küsten- und Wasserbauingenieuren aus aller Welt die Möglichkeit, neuste Forschungsergebnisse und innovative Fallbeispiele zu diskutieren. Zielgruppen der ICCE sind Forschungsinstitute, Wasserbauverwaltungen, Beratende Ingenieurbüros und Baufirmen. Die ICCE deckt das gesamte Gebiet des Küsteningenieurwesens ab:

- **Küstenprozesse** (Wellen, Tidedynamik, Extremwasserstände, Transportprozesse, Küstenmorphodynamik, Küstenerosion, Kolkbildung)
- **Küstenbauwerke** (Planung, Bemessung, Leistung, Optimierung und Unterhaltung von Küsten- und Ästuarbauwerken)
- **Häfen und Wasserstraßen** (Planung, Bemessung und Konstruktion von Häfen und Tiefwasserterminals, Verschlickung, Baggern, Management und Optimierung von Baggergut, Wellen-Bauwerks-Sohl-Interaktion, Schiffseinflüsse)
- **Coastal Environment** (Verschmutzung der Küsten, Wasserqualität, Wattgebiete und Ästuar, Umwelteinflüsse, Coastal Ecohydraulics)
- **Risiken im Küstenbereich** (Quellen für Risiken im Küstengebiet, Küstendurchbrüche, Management des Überflutungsrisikos und Strategien, Einschätzung von Risiken)

- **Entwicklung der Küste** (Coastal Zone Management, Energienutzung, Navigation und Transport, Monitoring, Datenmanagement, Informationssysteme, Nachhaltigkeit von Maßnahmen im Küstenbereich, Küstenschutzkonzepte)

In der Regel werden auf einer ICCE etwa 500 Vorträge zu diesen Themen des Küsteningenieurwesens in 6 parallelen Sessions gehalten. Ergänzt wird das umfangreiche Vortragsprogramm um technische Exkursionen, Kurse zu ausgewählten Themen des Küsteningenieurwesens, Key-Note-Lectures aber auch um gesellschaftliche Aktivitäten wie eine Ice-Breaker-Party, einen Empfang durch den Gastgeber, ein Abschlussdinner, Post-Konferenz-Touren und viele andere Events.

Aufgrund ihrer Größe und der zahlreichen anwesenden Fachkollegen stellt die Konferenz ein geeignetes Forum für begleitende Projektmeetings, einen Ausgangspunkt für zahlreiche nationale und internationale Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie für die Vergabe diverser Projekte an Consultants und Baufirmen, den fachwissenschaftlichen Erfahrungsaustausch sowie eine Gelegenheit zur Schaffung neuer und zur Auffrischung alter Kontakte dar.

Das nationale Organisationskomitee (Local Organising Committee – LOC) erwartet von der Ausrichtung der ICCE 2008 internationale Werbung für einheimische Baufirmen und Ingenieurbüros, eine breite Darstellung von Ergebnissen der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung durch zahlreiche deutsche Konferenzbeiträge, eine Stärkung der nationalen Bedeutung von Forschung und Entwicklung im Küsteningenieurwesen, einen Motivationsschub für junge Küsteningenieure und natürlich einen breiten Teilnehmerkreis aus Deutschland.

Das LOC ist daher bemüht, alle am Küsteningenieurwesen in Deutschland interessierten Kräfte und Kompetenzen für eine erfolgreiche und nachhaltige

Impressum

KFKI-Geschäftsstelle

Bundesanstalt für Wasserbau – Dienststelle Hamburg
Wedeler Landstraße 157
22559 Hamburg
Phone: (0 40) 8 19 08-3 92
Fax: (0 40) 8 19 08-5 78
Email: kfk-sekretariat@baw.de

KFKI-Bücherei

Wedeler Landstraße 157
22559 Hamburg
Phone: (0 40) 8 19 08-3 78
Fax: (0 40) 8 19 08-5 78
Email: kfk-bibliothek@baw.de

Homepage: <http://kfk.baw.de>

Konferenz im Jahr 2008 zu gewinnen und vertraut auf eine breite Unterstützung aus dem Deutschen Küsteningenieurwesen.

Alle Interessenten an der ICCE 2008 werden daher gebeten, sich mit dem Organisator der Konferenz, Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf, in Verbindung zu setzen.

Aktuelle Information zur ICCE 2008 finden Sie unter der Webadresse <http://icce2008.hamburg.baw.de>

Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf
BAW Hamburg
Telefon: 040. 81908-332
E-Mail: holger.schuettrumpf@baw.de

Beanspruchung und Bemessung von Holzpählen im Küstenwasserbau

Dipl.-Ing. Frank Weichbrodt
Dr. rer. nat. Christian Dede
Dipl.-Ing. Jörg Radomski
Prof. Dr.-Ing. Sören Kohlhasse

Institut für Umweltingenieurwesen, Universität Rostock

Einführung

Holzpahlbuhnen werden an der Ostsee zur Stabilisierung von sandigen erosiven Küstenabschnitten eingesetzt. Die Einspannlänge der einzelnen Pfähle wird seit über 100 Jahren nach Faustformeln festgelegt, die als Eingangsgröße ausschließlich die Wassertiefe berücksichtigen.

Im Forschungsvorhaben „Beanspruchung und Bemessung von Holzpählen im Küstenwasserbau“ wurde ein Bemessungsverfahren entwickelt, das die notwendige Einspannlänge von Buhnenpfählen auf natur- und ingenieurwissenschaftlicher Grundlage abhängig vom Baugrund, der Wassertiefe, den lokalen Seegangs- und Eisbedingungen und der Position des Pfahls in der Pfahlreihe bestimmt. Dazu war es notwendig, alle am System Holzpahl - Baugrund auftretenden treibenden und haltenden, statischen und dynamischen Kräfte zu erfassen und zu bewerten. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden als maßgebliche Belastungen die Beanspruchung von Buhnenpfählen durch Seegang und durch vertikale Eislasten untersucht. Zusätzlich wurden die Pfahlhaltekräfte in verschiedenen Baugrundtypen in situ bestimmt.

Die Untersuchungen wurden im Rahmen des o.g. Forschungsvorhabens vom BMBF gefördert

(03KIS023) und vom Institut für Wasserbau der Universität Rostock in Zusammenarbeit mit dem Staatlichen Amt für Umwelt und Natur Rostock von 2001 bis 2005 durchgeführt.

Untersuchungen

Vertikale Eislasten

Vertikale Eiskräfte stellen einen wesentlichen Lastfall für die Bemessung der Einspannlänge von Holzpählen im Küstenwasserbau dar. Vertikale Eiskräfte entstehen durch eine an den Pfählen festgefrorene geschlossene Eisdecke, die durch Wasserstandsänderungen angehoben oder gesenkt wird. Die übertragbaren Kräfte werden durch Bruchvorgänge im Eis, am Pfahl oder in Pfahlnähe, begrenzt.

Die entstehenden aufwärts gerichteten Vertikalkräfte (Eishub), müssen allein von der Mantelreibung des Pfahls aufgenommen werden. Bei ungenügender Einspannlänge der Pfähle können einzelne Pfähle aus dem Baugrund gezogen werden (sog. ice-jacking). Dieser Vorgang kann sich im Verlaufe eines Eiswinters mehrmals wiederholen.

Durch Laborversuche in einer Klimakammer wurde untersucht, welche vertikalen Kräfte auf eingefrorene Holzpfähle im Fall steigender Wasserstände tatsächlich übertragen werden können. Die haltenden Kräfte von Buhnenpfählen im Boden (Mantelreibung) wurden durch Zugversuche an Buhnenpfählen bestimmt, um einen Vergleich mit den Belastungen durch Eis zu ermöglichen.

1. Laborversuche

Da Eiswinter an der deutschen Ostseeküste nicht vorhersagbar eintreten, wurden die von einer am Pfahl festgefrorenen Eisdecke auf den Pfahl übertragbaren vertikalen Kräfte in einer Klimakammer untersucht. Im Experiment wird ein Pfahl in einen kreisförmigen Wassertank (Durchmesser 2,5m, Tiefe 0,8m) in eine Eisdecke eingefroren und mit einer definierten Geschwindigkeit bis zum Versagen durch das Eis gedrückt. Die Messungen zeigen, dass die nach deutschen Normen (Arbeitsausschuss Ufereinfassungen der Hafentechnischen Gesellschaft e.V. und der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V.: Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen", EAU 2004, 600 S., Berlin 2005) errechneten vertikalen Eislasten zu niedrig liegen. Die Klärung der festgestellten Abweichungen erfordert einen grundsätzlich anderen physikalischen Ansatz als der der EAU.

Da die Randbedingungen im Labor Versuche unter Bemessungseisdicken nicht zuließen, wurden die Ergebnisse mit Hilfe einer numerischen Modellierung extrapoliert.

2. Zugversuche

Für eine Dimensionierung von Buhnenpfählen gegen Eishub ist neben den Beanspruchungen die Kenntnis der Haltekräfte wesentlich. In Zugversuchen wurde an Pfählen mit bekannten Einbindetiefen und bekanntem Baugrundaufbau der Widerstand gegen Zugkräfte gemessen. Die Ergebnisse wurden mit aus dem Schrifttum verfügbaren Berechnungsansätzen zur Ermittlung von Zugpfahlwiderständen verglichen.

3. Ergebnisse

Durch Gegenüberstellung von in situ gemessenen Pfahl-Haltekräften einerseits und vertikalen Eiskräften aus Laborversuchen und Modellrechnungen andererseits können Pfähle gegen vertikale Eislasten bemessen werden.

Das entwickelte Bemessungsverfahren verknüpft diese Ergebnisse mit lokalen Baugrunddaten und lokalen Eisdaten aus der Eisstatistik des BSH.

Bodenverflüssigung infolge seegangs-induzierter Pfahlschwingungen

Bei der Beanspruchung von Buhnenpfählen durch brechende Wellen treten Pfahlschwingungen auf. Durch die Übertragung der Schwingungen in den Baugrund (meist wassergesättigte Sande) können Bodenverflüssigungseffekte auftreten, wodurch die haltenden Kräfte vermindert und damit die Stabilität der Buhnenpfähle herabgesetzt wird.

Zur Abschätzung von Bodenverflüssigungseffekten im Umfeld schwingender Pfähle wurden Amplitude, Frequenz und Dauer der Pfahlschwingungen sowie der Porenwasserüberdruck infolge Pfahlbewegung untersucht. An verschiedenen Versuchsstandorten an der mecklenburgischen Ostseeküste wurden Seegang (Wellenmessboje / Druckmessdose), seegangsinduzierte Pfahlbewegungen (Beschleunigungssensoren am Pfahl) und die Randbedingungen am Messstandort (Wassertiefe / UW-Kamera) gleichzeitig erfasst. Die synchrone Messung von Seegang und Pfahlbewegungen erlaubt Aussagen über den Zusammenhang beider Größen und die Prognose von Pfahlbewegungen unter Extrembelastungen.

Zur Untersuchung der Porenwasserdruckentwicklung infolge Pfahlschwingungen wurde ergänzend eine Versuchsanlage aufgebaut, die eine

Aufzeichnung von Porenwasserüberdruck in Abhängigkeit von der Anregung und dem Abstand vom schwingenden Pfahl in verschiedenen Tiefen ermöglicht. Der Versuchspfahl wurde durch einen steuerbaren Kolbenvibrator mit den Eingangsdaten (Frequenz, Amplitude, Schwingungsdauer) aus den Pfahlbewegungsmessungen angeregt.



Abb. 1: Zugversuchseinrichtung an der zur Ermittlung von Pfahlwiderständen

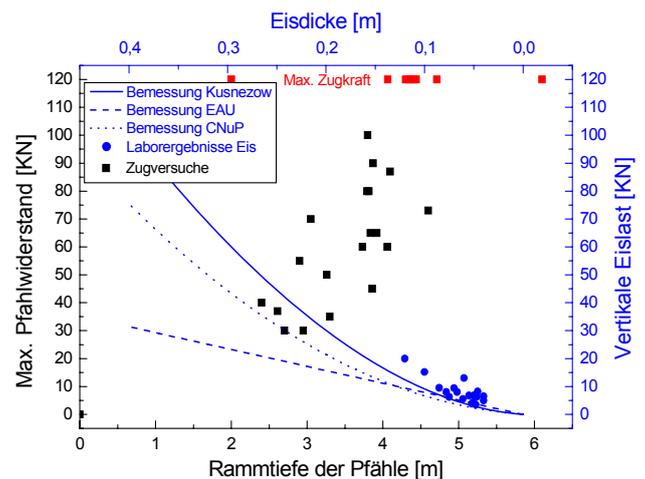


Abb. 2: Vergleich von vertikalen Eiskräften und Pfahlwiderständen aus Zugversuchen

1. Ergebnisse

Durch das Messprogramm wurde der Zusammenhang zwischen Seegang, Pfahlbewegungen und Porenwasserdruck in Abhängigkeit vom Baugrundaufbau, Pfahllänge und Wassertiefe untersucht. Maßgebliche Pfahlbewegungen sind demnach an brechende Wellen bei Starkwindereignissen mit niedrigen Wasserständen

gebunden. Bei erhöhten Wasserständen werden die Bühnenpfähle aufgrund ihrer geringen Höhe (0,5 m über Mittelwasser) nur gering beansprucht.

Die beobachteten und errechneten Pfahlbewegungen bewirken im Untergrund eine Erhöhung des Porenwasserdrucks, die jedoch nur im Bereich der oberen 0,5 m eine vollständige Aufhebung der effektiven Spannungen (Bodenverflüssigung) bewirkt. Unterhalb dieser Tiefe kommt es zu einer Reduzierung der Haltekräfte.

Simulation morphodynamischer Vorgänge unter dem Einfluss von Dichte effekten am Beispiel der Einbringung von Baggergut

Dipl.-Ing. Andreas Wurpts
Dr.-Ing. Peter Mewis
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Zanke

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft,
Technische Universität Darmstadt

Der vorliegende Beitrag stellt ausgewählte Ergebnisse des BMBF/KFKI Projektes 03KIS029 vor. Er behandelt die Erweiterung eines dreidimensionalen morphodynamisch-numerischen Simulationsmodells zur Berücksichtigung von Dichteeffekten und ihren Auswirkungen auf die Morphodynamik eines Gewässers. Dem Projekt standen Messungen der Konzentration suspendierter Sedimente, des Salzgehaltes und des Strömungsfeldes im Umfeld von Baggergutumlagerungen im Tide- und Ästuarbereich zur Verfügung. Diese wurden zur Validierung der Berechnungsergebnisse verwendet.

Dichteeffekte innerhalb eines Wasserkörpers können aus unterschiedlichen Konzentrationen suspendierter oder gelöster Stoffe sowie aus unterschiedlichen Temperaturen resultieren. Für die Flüsse und Ästuarbereiche an der deutschen Nordseeküste sind die temperaturbedingten Dichteschwankungen vernachlässigbar klein gegenüber denen infolge Salinität und suspendiertem Sediment.

Grundsätzlich bewirken Dichtegradienten im Wasserkörper eine verstärkte Dämpfung des turbulenten Impulsaustausches.

Die Mischung von salzarmem Flusswasser mit Seewasser im Ästuarbereich hat lokale Dichtegradienten und die daraus resultierende großräumige vertikale Zirkulation zur Folge. Diese wiederum verlagert die netto Stromwege an der Oberfläche nach seewärts und in Sohlhöhe nach landeinwärts.

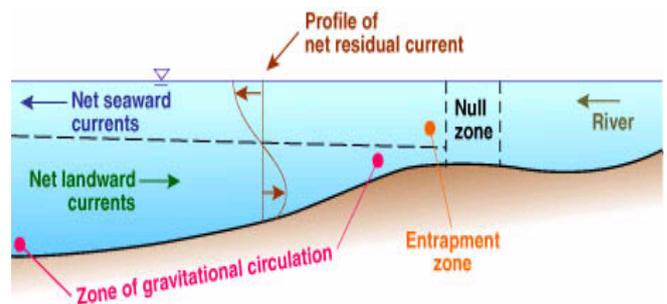


Abb.1: Barokline großräumige vertikale Zirkulation (Quelle: USGS)

Variierende Konzentrationen suspendierten Sediments bewirken ebenfalls einen reduzierten turbulenten Impulsaustausch, wodurch die Form des für Klarwasser sohlnah als logarithmisch angenommenen Geschwindigkeitsprofils beeinflusst werden kann. Besonders ausgeprägt sind die letztgenannten Dichteeffekte im Zusammenhang mit Baggergutumlagerungen. Dort werden durch die Materialzugabe sehr hohe Dichtegradienten erzeugt, die zur vollständigen Entkopplung des umgebenden Strömungsfeldes vom umlagerungsinduzierten Dichtestrom führen können.

SMOR3D ist ein dreidimensionales morphodynamisch-numerisches Modell. Es ist zeit-explicit und löst in direkter, zeitschrittweiser Kopplung die Reynolds-gemittelten Impulsgleichungen sowie Transportgleichungen für Salz, suspendiertes Sediment und die sohlnahen Geschiebeflüsse. Bei der Lösung der Impulsgleichungen wird von der hydrostatischen Druckapproximation Gebrauch gemacht. Diese Annahme ist in natürlichen Gewässern mit Einschränkungen hinsichtlich einiger Nahfeldprobleme, in denen nennenswerte vertikale Beschleunigungen auftreten, gültig. Ihr Vorteil liegt in der erheblichen Reduzierung des Rechenaufwandes im hydrostatisch angenommenen System. Diesem Punkt kommt erhebliche Bedeutung zu, da zur Erfassung der großräumigen Ästuardynamik i.a. sehr große Modellgebiete dreidimensional berechnet werden müssen. Abbildung 2 verdeutlicht die Kopplung der verschiedenen Programmteile.

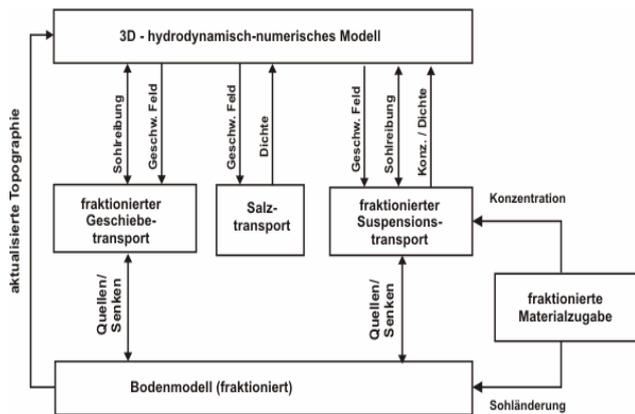


Abb. 2: Kopplungsschema für das numerische Modell SMOR3D

Das Sediment kann durch mehrere Fraktionen mit unterschiedlichen Eigenschaften beschrieben werden. Zur Bilanzierung sämtlicher Sedimentflüsse dient das Bodenmodell.

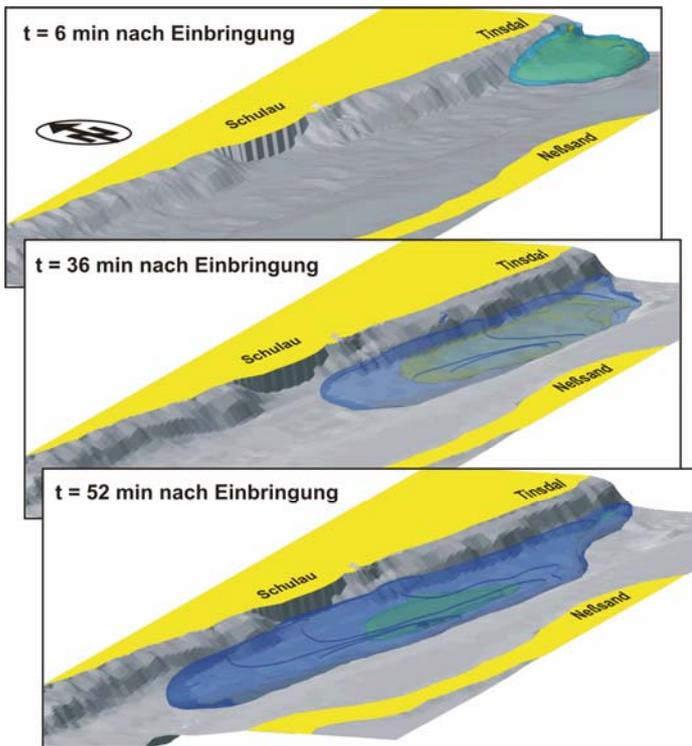


Abb.3: Räumliche Ausbreitung suspendierten Baggergutes nach Umlagerung.

Abbildung 3 zeigt exemplarisch die numerisch berechnete Ausbreitung einer umlagerungsinduzierten Vertrübungswolke in der Tidelbe.

Die Messergebnisse können durch das erweiterte Simulationsmodell numerisch reproduziert werden. Das Modell kann als Werkzeug zur Abschätzung der Ausbreitung von umgelagertem Baggergut dienen.

Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten an der Deutschen Nordsee (MUSE)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen¹
 Dipl.-Ing. Christoph Mudersbach²
 Dipl.-Oz. Sylvin Müller-Navarra³
 Dipl.-Oz. Ingrid Bork³

¹Universität Siegen, Fachbereich Bauingenieurwesen; ²Leichtweiß-Institut, TU Braunschweig; ³Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie Hamburg

Einleitung

Im Zeitraum von 2002 bis 2005 wurde das Forschungsvorhaben MUSE (Modellgestützte Untersuchungen zu Sturmfluten mit sehr geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten, 03KIS039) durchgeführt. Das vom Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (KFKI) begleitete Projekt ist eine Gemeinschaftsarbeit des Deutschen Wetterdienstes (DWD) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und des Forschungsinstituts Wasser und Umwelt (fwu) der Universität Siegen.

Das Ziel des Projektes war die Simulation von extremen Sturmfluten in der Deutschen Bucht (Abbildung 1) und die Zuordnung von Eintrittswahrscheinlichkeiten. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine Modellkette zwischen dem Deutschen Wetterdienst und dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie entwickelt, die eine Simulation von physikalisch-konsistenten Sturmflutwetterlagen erlaubt.

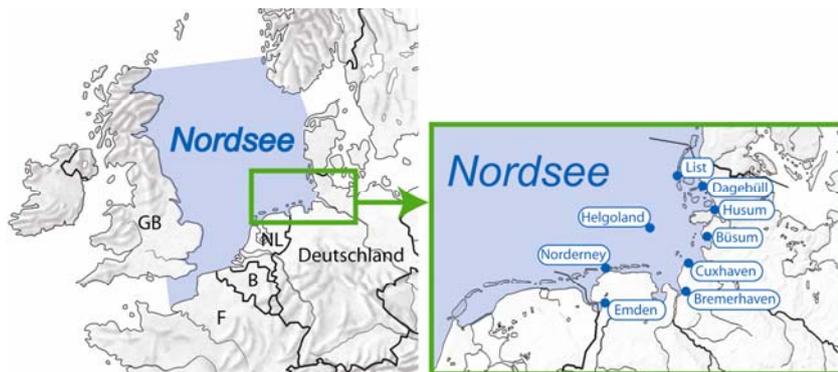


Abb. 1: Untersuchungsgebiet des Forschungsvorhabens MUSE

Methodik und Ergebnisse

Zu Beginn des Projektes wurden Kriterien erarbeitet, die ein Windfeld (bodennaher Horizontalwind) erfüllen muss, damit es zu einem signifikanten Anstieg des Wasserstandes in der Deutschen Bucht kommt. Als sturmflutwirksames Windereignis wurde u.a. die Richtung WSW bis NNW ($247,5^\circ$ - $337,5^\circ$) ab einer Windstärke 8 (ca. 17 m/s) ermittelt. Daraufhin wurden die Vorhersagearchive des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (EZMW, UK) rechnergestützt gesichtet und entsprechende Wetterlagen herausgefiltert. Diese wurden mit dem Ensemble-Prediction-System (EPS) des EZMW nachgerechnet und die Member mit den höchsten Windgeschwindigkeiten anschließend durch das Lokalmodell (LM) des Deutschen Wetterdienstes höher aufgelöst.

Die so modellierten Sturmflutwetterlagen wurden über eine bestehende Schnittstelle zum Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) transferiert, wo mittels eines Wasserstandsvorhersagemodells die zugehörigen Wasserstände in der Deutschen Bucht berechnet wurden. Für die Wasserstandsberechnungen des BSH waren im Vorfeld umfangreiche Verifikationsanalysen zur Verwendung eines geeigneten Windschubspannungsansatzes für hohe Windgeschwindigkeiten notwendig.

Die höchsten modellierten Wasserstände an der Deutschen Bucht ergaben sich aus den Anfangsbedingungen der Sturmflutwetterlage des Jahres 1976. Innerhalb der stochastischen Variation der Randbedingungen der Sturmflut von 1976 im EPS, ergab ein Member einen extrem hohen maximalen Effektivwind (richtungsbezogen auf Deutsche Bucht) von $v_{\max} = 29,5$ m/s. Eine Re-Analyse

des tatsächlich aufgetretenen Windfeldes der 1976'er Sturmflut ergibt zum Vergleich eine maximale Effektivgeschwindigkeit von $v_{\max, Re} = 21,6$ m/s. Aufgrund der physikalischen Konsistenz der meteorologischen Modelle kann damit festgestellt werden, dass die Windgeschwindigkeiten der 1976'er Sturmflut durchaus um ca. 8 m/s höher hätten sein können.

Die Wasserstandssimulationen ergeben maximale modellierte Wasserstände in der Deutschen Bucht, die 0,8 bis 1,4 m über den bisher höchsten Wasserständen (HHThw) liegen. Am Pegel Cuxhaven ergibt sich ein maximal modellierter Wasserstand von $HW_{\max, mod.} = 651$ cmNN. Das HHThw aus dem Jahr 1976 beträgt zum Vergleich $HHThw_{1976} = 510$ cmNN. Die Ergebnisse aller maximalen modellierten Wasserstände sind in Abbildung 2 zu sehen. Diese Wasserstände sind die höchsten modellierten Sturmflutwasserstände im Rahmen dieses Forschungsvorhabens; es ist jedoch nicht auszuschließen, dass diese Werte niemals überschritten werden können. Dies wird auch in der statistisch-probabilistischen Analyse berücksichtigt, wo diesen Ereignissen eine Wahrscheinlichkeit von $P_{\bar{U}} > 0$ zugeordnet wird.

An die statistisch-probabilistische Analyse der Wasserstandsdaten wurden folgende Anforderungen gestellt:

- Verwendung aller qualitativ hochwertigen HThw-Daten eines Pegels
- Berücksichtigung des modellierten Extremwasserstandes
- Reduzierung der Extrapolationsvarianz im Bereich sehr kleiner Wahrscheinlichkeiten ($P_{\bar{U}} < 10^{-3}$)
- Wasserstände können nicht beliebig ansteigen

Um diese Anforderungen erfüllen zu können, musste eine Verteilungsfunktion verwendet werden, die zusätzliche Informationen im Bereich sehr kleiner Eintrittswahrscheinlichkeiten berücksichtigen kann. Dazu wurde die 3-parametrische Allgemeine Extremwertverteilung (AE, engl.: GEV) verwendet, die sich im Bereich sehr kleiner Wahrscheinlichkeiten asymptotisch einem Grenzwert nähert. Die wesentliche Aufgabe bestand in der Bestimmung des Krümmungsparameters τ , der in einer ersten Näherung aus dem maximal modellierten Wasserstand und einer zugeordneten geschätzten Eintrittswahrscheinlichkeit aus dem EPS

($P_{\text{Ü,Schätzung}} = 1,5 \cdot 10^{-5}$) ermittelt wird. Diese erste Näherung wird durch weitere Iterationsschritte weiter verbessert.

In Abbildung 2 sind für alle untersuchten Pegel die ermittelten 10^{-4} -Ereignisse mit den zugehörigen Unsicherheitsbereichen angegeben. Eine detaillierte Ergebnisdarstellung ist dem Abschlussbericht des Forschungsvorhabens zu entnehmen.

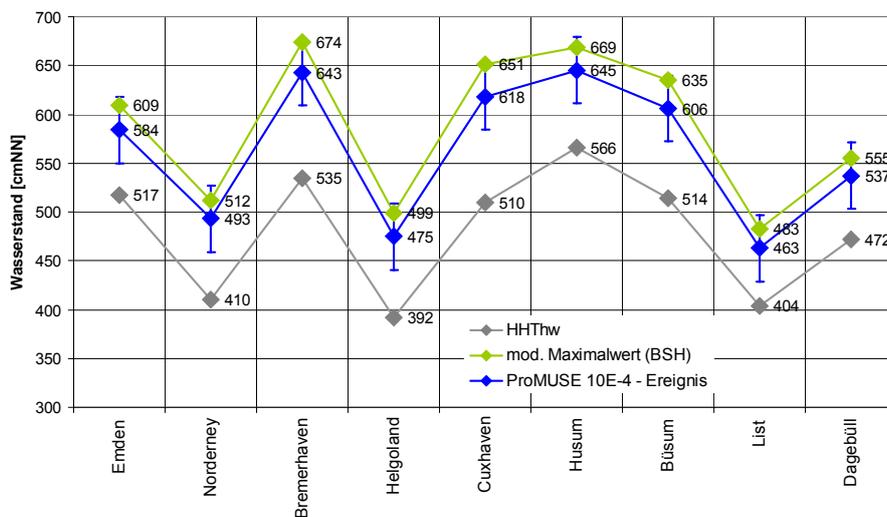


Abb. 2: Ergebnisdarstellung maximal modellierter Wasserstände und 10^{-4} -Ereignisse

Bewertung

Die Ergebnisse und Methoden des Vorhabens zeigen, dass mit der Anwendung moderner Modellierungssysteme und angepasster mathematisch-statistischer Verfahren, eine verbesserte Abschätzung der Wasserstände im Bereich sehr kleiner Eintrittswahrscheinlichkeiten erreicht werden kann, die nicht nur auf den mathematischen Eigenschaften der verwendeten Verteilungsfunktionen, sondern auf physikalischen Zusatzinformationen im Bereich der sehr seltenen Eintrittswahrscheinlichkeiten beruht.

Es kann empfohlen werden, eine solche Vorgehensweise zusätzlich zur üblichen statistischen Datenauswertung hinzuzuziehen, um abgesicherte Entscheidungsgrundlagen zu erhalten.

Dank

Wir danken allen Projektbeteiligten für die sehr konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit. Dieses KFKI-Forschungsvorhaben wurde finanziell vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03KIS039 gefördert.

BELAWATT – Die hydrodynamische Belastung von Wattgebieten

Dr. Dieter Eppel
 Dr. Hartmut Kapitza
 Dr. Reiner Onken
 Dr.-Ing. Andrey Pleskachevsky
 Dr. Walter Puls
 Dr. Rolf Riethmüller
 Dipl.-Ozean. Bernd Vaessen

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht

Das KFKI-Forschungsvorhaben „Die hydrodynamische Belastung von Wattgebieten (BELAWATT)“ (Förderkennzeichen 03KIS038) wurde im Sommer 2002 vom BMBF für die Dauer von drei Jahren genehmigt. In zwei Zwischenberichten wurde über den Fortschritt der Arbeiten berichtet. Bis Ende 2005 wird ein Abschlussbericht erstellt.

Die Vorgeschichte des BELAWATT-Projektes bildet das im November 2000 (unter der Federführung des AWI) skizzierte Projekt DYNAWATT: „Einfluss der Hydrodynamik auf die sedimentäre, biogeochemische und biologische Dynamik im Wattenmeer“.

Das Antragsvolumen betrug 10 Millionen DM. Das Projekt DYNAWATT wurde von den Geldgebern nicht weiter verfolgt. Stattdessen wurde vom damaligen Forschungsleiter Küste das Projekt BELAWATT initiiert. Damit sollte ein Hauptelement von DYNAWATT, die Modellierung der Hydrodynamik, unter vorwiegend physikalisch-ozeanographischen Aspekten in die Tat umgesetzt werden. Die Modellergebnisse sollten mit eigenen Feldmessungen validiert werden.

Ziel von BELAWATT ist es, die Belastung von Wattgebieten durch Strömung und Seegang am Beispiel des Hörnumer Tidebeckens darzustellen. Die hydrodynamische Belastung wird quantifiziert durch die Schubspannung, die Strömung und Seegang am Wattboden erzeugen. In BELAWATT geht es in erster Linie um die Suche nach einer geeigneten Methode und erst in zweiter Linie um den Vergleich unterschiedlicher Wattbereiche, wie in DYNAWATT vorgesehen.

Im folgenden wird zunächst berichtet über den Umfang der Feldmessungen und danach über die Ergebnisse der Modell-Rechnungen.

Feldmessungen

Während des gesamten BELAWATT-Förderungszeitraums wurden, in Zusammenarbeit mit dem Nationalparkamt Schleswig-Holsteinisches Wattenmeer Tönning sowie dem Amt für ländliche Räume Husum, diverse Feldmessungen durchgeführt. Es handelt sich um Dauermessungen an festen Orten sowie jeweils etwa 10 tägige Messkampagnen. Als Plattformen für langfristige Dauermessungen dienen ein im Watt fixierter Messpfahl, ein im Boden eingespültes ADCP (Boden-ADCP), verankerte Waverider-Bojen sowie ein Wellenmess-Radar (WAMOS) an Land (Abb. 1).

Seitlich am Messpfahl sind ein Wellenmessstab mit Schwimmer sowie ein Sensorfahrstuhl mit einer Unterwassereinheit angebracht. Die Unterwassereinheit ist mit Sensoren zur Messung von Druck, Temperatur, Leitfähigkeit, Strömung (ADCP und ADV), Transmission und Trübung ausgestattet. Erwähnenswert ist die Horizontalausrichtung des ADCP; damit kann nicht nur die Strömung unmittelbar am Pfahl gemessen werden, sondern es wird auch die horizontale Stromscherung bis zu einer Entfernung von 70 m hochauflösend erfasst.

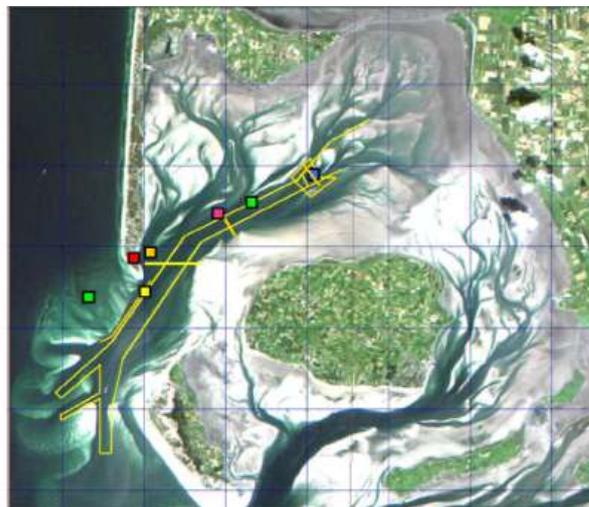


Abb. 1: Karte des Hörnumer Tidebeckens mit Lage der Dauermesssysteme (blau - Pfahl, pink - Boden ADCP, grün - Waverider-Bojen, rot - WAMOS) sowie den im April (gelb) und August (orange) 2003 durchgeführten Schifffahrtspatzen

Um weitgehend frei von störenden Einflüssen des Messpfahls zu sein, sind die meteorologischen Sensoren möglichst weit oben am Plattformaufsatz montiert. Hierbei handelt es sich um eine Windmessaanlage und Geräte zur Erfassung von Druck, Temperatur und Globalstrahlung.

Um Beschädigungen durch Eisgang und schweres Wetter zu vermeiden, wurden Pfahl und ADCP im Herbst jeden Jahres geborgen und im Frühjahr des darauf folgenden Jahres wieder an den ursprünglichen Positionen ausgebracht.

Für die Messkampagnen wurde stets das Forschungsschiff „Ludwig Prandtl“ eingesetzt. In Abb. 1 sind die Positionen der Dauer-Messplattformen und die Fahrwege der Messkampagnen im April und August 2003 eingezeichnet. Das Balkendiagramm in Abb. 2 vermittelt eine Übersicht über die Messzeiträume.

Modellergebnisse

Es wurde eine realitätsnahe, zwei Jahre umfassende Zeitreihe (Nov. 1999 - Okt. 2001) der hydrodynamischen Größen für das Hörnum Tidebecken erstellt. Diese Zeitreihe basiert nicht auf einer Wetterstatistik, sondern enthält die reale Abfolge von Wetterereignissen über einen längeren Zeitraum.

In den Simulationsrechnungen wurden die gekoppelten Module für Strömung (TRIM3D, Casulli and Stelling 1995) und Seegang (k-Modell, Sehnenburger et al. 2000) aus dem „Morphodynamic Prediction System“ (MOPS) verwendet: das k-Modell bezieht von TRIM3D Geschwindigkeiten und Wasserstände, und TRIM3D fühlt den Einfluss der Wellen durch die „Radiation Stresses“ des k-Modells.

Das Modellgebiet für TRIM3D umfasst die östliche Deutsche Bucht. Die Gitterweiten Δx

verengen sich von $\Delta x = 800$ m im „Aussenbereich“ stufenweise über 400 m und 200 m auf 100 m im Zentralgebiet mit dem Hörnum Tidebecken (Abb. 5). Als Randbedingungen für TRIM3D dienen die Ergebnisse des Operationellen BSH-Modells. Das k-Modell wird nur im Zentralgebiet betrieben, allerdings mit $\Delta x = 400$ m und nicht mit $\Delta x = 100$ m, die Rechenzeiten wären sonst zu lang. Die Seegangs-Randbedingungen für das k-Modell stammen aus dem HIPOCAS-Projekt (Weiße et al. 2003). Der Wind über dem Zentralgebiet wird mit dem MKW-Modell des Seewetterdienstes Hamburg berechnet. Die MOPS-Ergebnisse werden mit einem Zeitschritt von 20 Minuten archiviert.

Langzeit-Validierungen der MOPS-Ergebnisse zeigen die Abbildungen 3 und 4. In Abb. 3 sind berechnete Wasserstands-Daten an der Position „Hörnum Hafen“ aufgetragen gegen Pegeldata des WSA Tönning. Die Tnw (Tideniedrigwasser) des Modells liegen im Mittel um 4.3 cm höher als die Tnw der Pegeldata, während die Thw (Tidehochwasser) des Modells im Mittel um 6.3 cm zu niedrig liegen. Der mittlere Tidenhub ist im Modell also rund 10 cm (oder um 5 % gemessen am mittleren Hub) geringer als der gemessenen Tidenhub - das bedeutet um 5 % zu geringe Strömungs-Geschwindigkeiten im Modell. Bei Sturmfluten (Thw am Pegel Hörnum > 2.5 m) werden die Thw vom Modell besonders stark unterschätzt: im Mittel um 24 cm. Sturmfluten sind wichtig für die hydrodynamische Belastung höher gelegener Watten.

	2002					2003					2004					2005																								
	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O									
Messpfahl																																								
ADCP																																								
Seegangsboje																																								
WAMOS																																								
Turtle																																								
Schiffskampagne																																								

Abb. 2: Einsatzzeiträume von Dauermessgeräten und Schiffskampagnen 2002-2005. Es wurden nur Kampagnen mit einer Dauer von mehr als drei Tagen berücksichtigt. Nur die Kampagnen im April und August sind direkter Bestandteil des Projektes. „Turtle“ ist ein am Boden (in tiefem Wasser) liegendes Messsystem

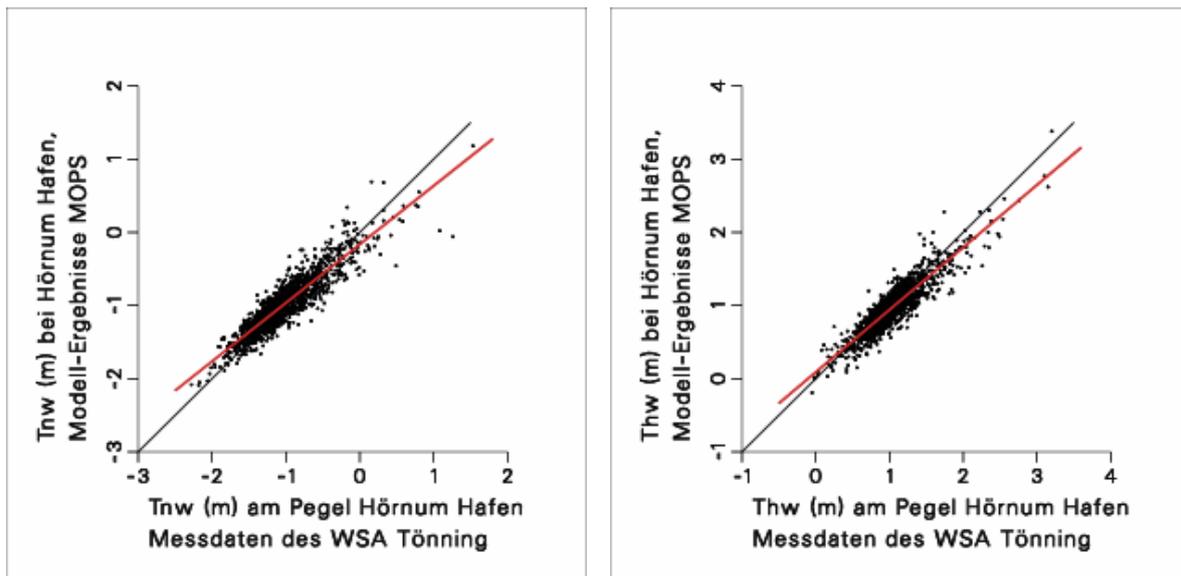


Abb. 3: Vergleich gemessener und berechneter Tnw und Thw (Wasserstands-Angaben sind bezogen auf NN) am Standort Hörnum für den BELAWATT-Simulations-Zeitraum November 1999 bis Oktober 2001. Die schwarz eingezeichneten Geraden sind die 45°-Geraden. Die Regressionsgeraden sind rot eingezeichnet.

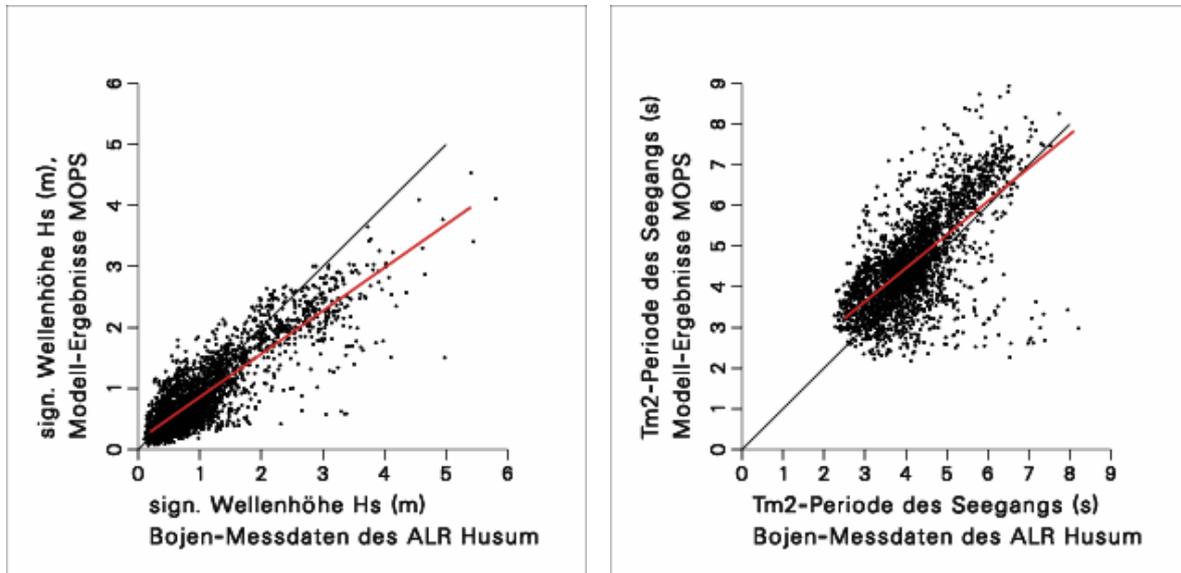


Abb. 4: Vergleich gemessener und berechneter Seegangsdaten. Links signifikante Wellenhöhe H_s , rechts mittlere Wellenperiode T_{m2} . Standort der Seegangs-Messboje „Hörnum West“: siehe Abb. 5. Wassertiefe am Ort der Boje: etwa 10 m. Vergleichs-Zeitraum: November 1999 bis Oktober 2001. Die schwarz eingezeichneten Geraden sind die 45°-Geraden. Die Regressionsgeraden sind rot.

Ein Langzeit-Vergleich für den Seegang zeigt Abb. 4. Die signifikante Wellenhöhe H_s wird vom Modell für mittleren und starken Seegang ($H_s > 1.5$ m) unterschätzt, und zwar im Mittel um 0.5 m.

Dagegen wird die mittlere Wellenperiode T_{m2} für alle Wellen um rund 0.5s zu hoch berechnet. Der in Abb. 4 gezeigte Seegang gilt für die offene See; er wird auf den flachen Sänden im Ebbdelta des Hörnum Tiefs gedämpft und gebrochen.

Im Innern des Hörnum Tidebeckens haben wir nur noch lokal erzeugte Windsee.

Aus der bodennahen Strömung und dem Seegang wird die Boden-Schubspannung τ berechnet. Dazu wird die Formulierung von Soulsby (1997) („DATA2“) verwendet.

Wirken Strömung und Seegang gemeinsam auf das Sediment, so wirbeln die Wellen das Sediment nur auf, während die Strömung das Sediment ebenfalls aufwirbelt, aber zusätzlich für einen Netto-Transport sorgt.

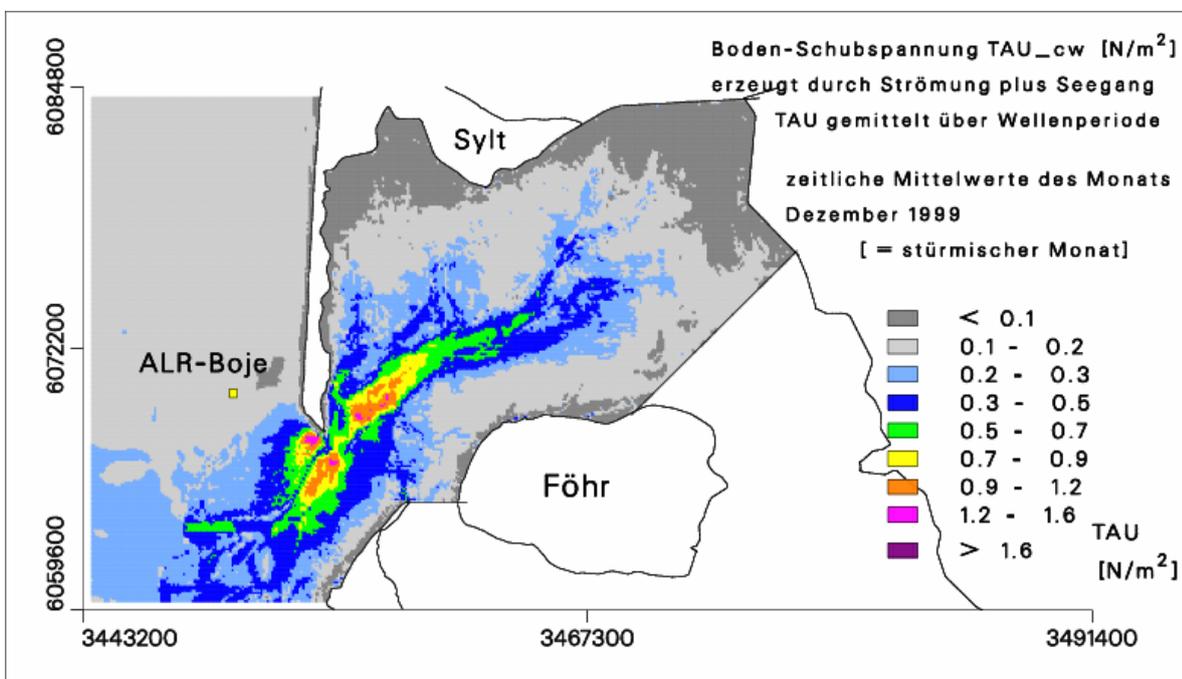


Abb. 5: Verteilung der berechneten Boden-Schubspannung $\tau_{cw,m}$ im Hörnum Tidebecken, gemeinsam erzeugt von Strömung und Seegang. Um die Rechenzeiten des Seegangsmodells im Rahmen zu halten, wurde das Watt südlich und östlich Föhr ausgeblendet. Gegeben ist hier das über eine Wellenperiode gemittelte τ . Aus den archivierten MOPS-Ergebnissen (Strömung, Seegang) wird alle 20 Minuten ein Feld der $\tau_{cw,m}$ berechnet. Hier dargestellt ist das zeitliche Mittel aller dieser $\tau_{cw,m}$ -Felder für den Dezember 1999 (ein relativ stürmischer Monat mit „ANATOL“ am 3. Dezember). Trockenfallzeiten werden für die zeitliche Mittelung nicht berücksichtigt. Maßgebend für $\tau_{cw,m}$ ist die Strömungsgeschwindigkeit, daher die höchsten $\tau_{cw,m}$ in den Tiderinnen und die geringsten $\tau_{cw,m}$ auf den hohen Watten.

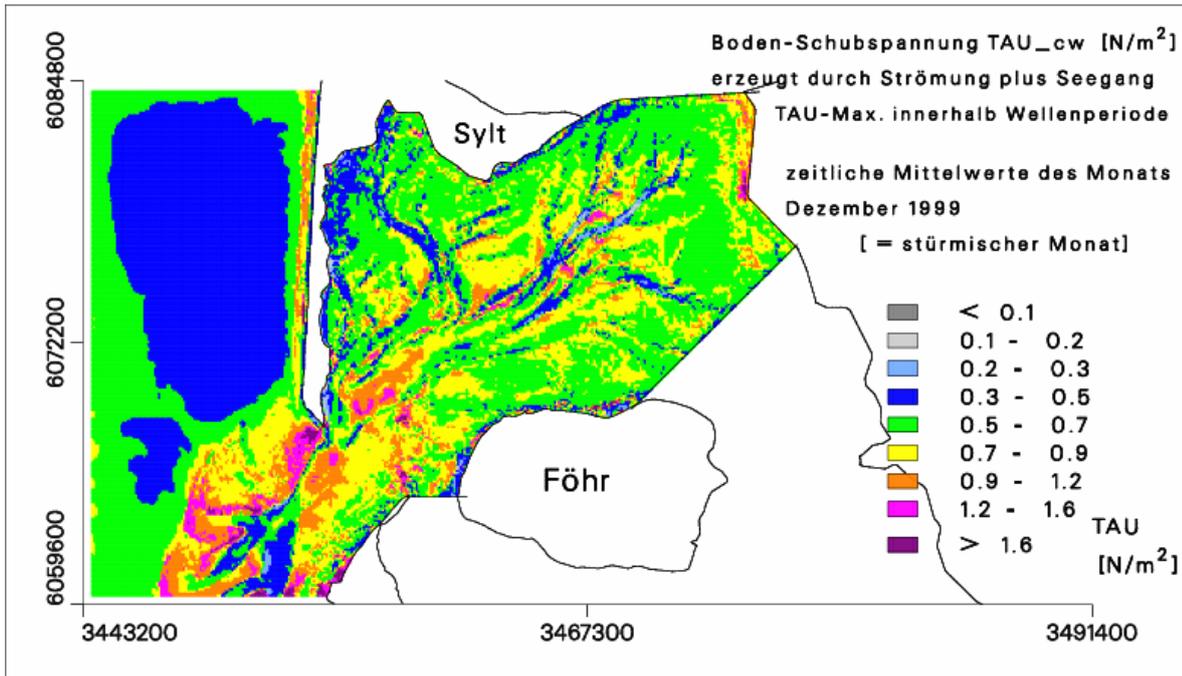


Abb. 6: Verteilung der berechneten Boden-Schubspannung $\tau_{cw,max}$ im Hörnumer Tidebecken, gemeinsam erzeugt von Strömung und Seegang. Gegeben ist hier das maximale τ innerhalb einer Wellenperiode, und zwar das zeitliche Mittel aller $\tau_{cw,max}$ -Felder für den Dezember 1999. Das $\tau_{cw,max}$ ist dort am höchsten, wo Seegang aus tiefem Wasser unmittelbar in flaches Wasser einläuft, z. B. über den Außensänden des Ebbdeltas. Das $\tau_{cw,max}$ ist ebenfalls hoch nahe der Küste im Osten des Beckens. In den Tiderinnen ist das Wasser so tief, dass der Seegang den Boden kaum erreicht - dort ist $\tau_{cw,max}$ nur wenig höher als das in Abb. 5 gezeigte $\tau_{cw,max}$. Von der offenen Nordsee läuft (durch Vorgabe des HIPOCAS-Seeganges) ein Seegang ein, der eine höhere Schubspannung am Boden erzeugt als jener Seegang, der vom k-Modell „unterstützt“ wird.

Die in den Abbildungen 5 und 6 dargestellten Schubspannungen $\tau_{cw,m}$ und $\tau_{cw,max}$ sind beide berechnet aus Strömung plus Seegang.

Das $\tau_{cw,m}$ ist das über eine Wellenperiode gemittelte τ - es ist in den bed load Formeln von Soulsby (1997) die für die Sediment-Verfrachtung zuständige Schubspannung.

Dagegen ist das in Abb. 6 gezeigte $\tau_{cw,max}$ in den bed load Formeln „nur“ zuständig für die Beantwortung der Frage, ob überhaupt Sedimenttransport stattfindet, d.h. ob $\tau_{cw,max}$ größer ist als die sog. kritische Boden-Schubspannung τ_{cr} (siehe auch Abb. 7) des Sediments. Hier nicht gezeigt sind jene τ , die allein durch Strömung bzw. allein durch Seegang verursacht werden.

In BELAWATT steht die Frage im Mittelpunkt: welches τ ist maßgebend für die „Belastung“ des Watts? Zur Beantwortung dieser Frage wird in Abb. 7 gezeigt, wie die Verteilungen der $\tau_{cw,m}$ bzw. $\tau_{cw,max}$ korrelieren mit der räumlichen Verteilung der Sediment-Korngrößen im Hörnumer Tidebecken.

Offensichtlich beeinflusst $\tau_{cw,m}$, also das für die Sediment-Verfrachtung maßgebende τ , den Wattboden stärker als $\tau_{cw,max}$, das für die Sediment-Aufwirbelung zuständige τ .

Das heißt: die Sedimentverteilung im Hörnumer Tidebecken ist mehr durch die (transportierende) Strömung beeinflusst als durch den Seegang.

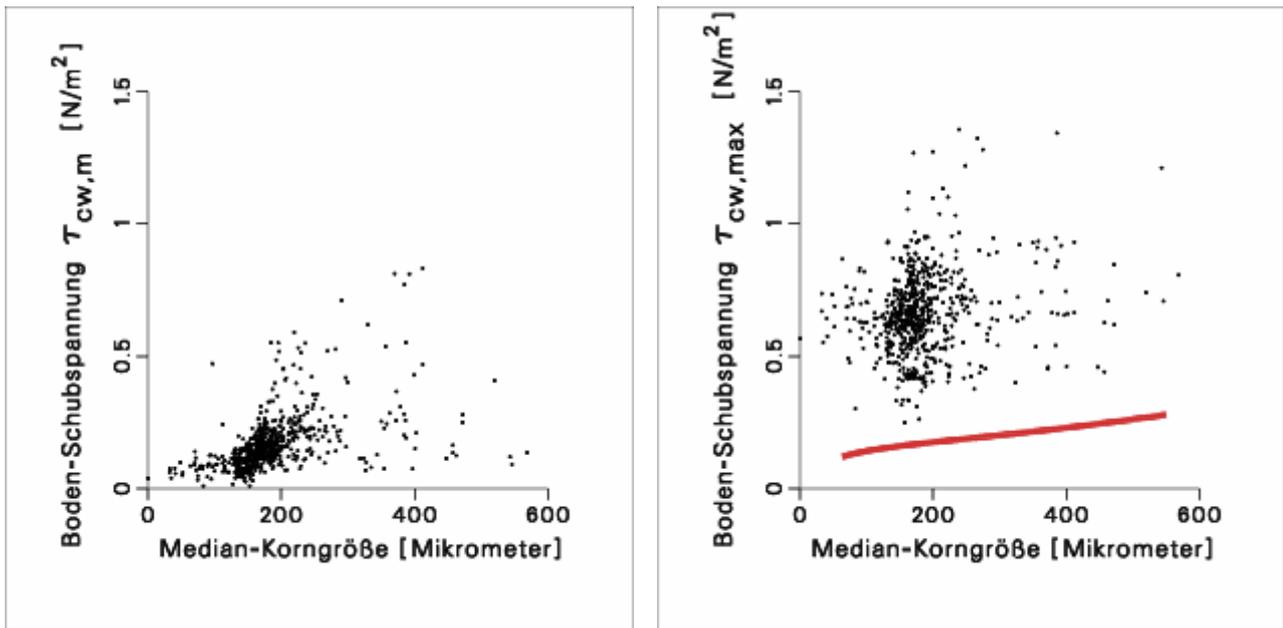


Abb. 7: Scatterplots: aufgetragen sind Boden-Schubspannungen τ (Dezember 1999, zeitlich gemittelt) gegen die Median-Korngrößen des Bodensediments im Hörnummer Tidebecken. Links die $\tau_{cw,m}$ von Abb. 5, rechts die $\tau_{cw,max}$ von Abb. 6. Anzahl der Punkte: jeweils 654. Korrelations-Koeffizient links: $r = 0.40$, rechts: $r = 0.14$. Vom Flugsand der Sylter Dünen dominierte Sedimente sind ausgeblendet. Die Korngrößendaten stammen vom BSH (Figge) und von GKSS (van Bernem). Zusätzlich ist rechts eingezeichnet die Shields-Kurve (rot), die den Beginn des Sediment-Transports in Abhängigkeit von der Korngröße angibt. Feldmessungen (z.B. von GKSS) zeigen, dass τ_{cr} eher im Bereich 0.5 bis 1 N/m^2 liegt.

Neben der Untersuchung des Ist-Zustandes untersucht BELAWATT drei Szenarien: Wasserstands-Erhöhen (a) um 25 cm, (b) um 50 cm und (c) um 50 cm plus Erhöhung der Windgeschwindigkeit um 10 %. Ein Ergebnis des Szenarios „Wasserstand + 50 cm“ für den stürmischen Dezember 1999 (betrachtet wird nur das eigentliche Hörnummer Tidebecken, also das Gebiet östlich der Seegatkehle Sylt – Amrum):

Die Strömung in den tiefen Rinnen (Wattboden tiefer als NN-10m) erhöht sich durch die Wasserspiegel-Erhöhen (im zeitlichen Mittel) nur um 1 bis 2 %, entsprechend gering ist die Erhöhung des $\tau_{cw,m}$. Im Bereich hoher Watten (Wattboden oberhalb von NN+1m) sinkt $\tau_{cw,max}$ um 10 %, obwohl die signifikante Wellenhöhe sich dort um 7.1 % erhöht hat. Ausschlaggebend ist, dass der Seegang bei größeren Wassertiefen nicht mehr so gut zum Boden durchgreifen kann.

Literatur

Casulli, V. and Stelling, G.S.: Simulation of Three-Dimensional, Non-Hydrostatic Free-Surface Flows for Estuaries and Coastal Seas. Proceedings of the 4th Int. Conf. on Estuaries and Coastal Modeling, pages 1-12, 1995

Schneggenburger, C., Günther, H., Rosenthal, W.: Spectral wave modelling with non-linear dissipation: validation and applications in a coastal tidal environment. Coastal Engineering 41, Pages 201-235, 2000

Soulsby, R.: Dynamics of marine sands. Thomas Telford, 249 Seiten, 1997

Weiß, R., Feser, F., Günther H.: Wind- und Seegangsklimatologie 1958-2001 für die südliche Nordsee basierend auf Modellrechnungen. GKSS-Report 2003/10, 38 Seiten, 2003

KFKI-Projekt MOSES

Windatlas für Deutsche Küstenseegebiete der Nordsee

Dr. Annette Ganske
Dipl.-Met. Gudrun Rosenhagen
Dipl.-Met. Heiner Schmidt

Deutscher Wetterdienst, Hamburg

Im KFKI-Projekt MOSES (03KIS40) wurde ein Windatlas erstellt für die drei Gebiete Südliche Nordsee, Norderney und Dithmarscher Bucht, siehe Abb. 1, der als Antrieb für anschließende Modelle des Küstenwasserbaus dienen soll.

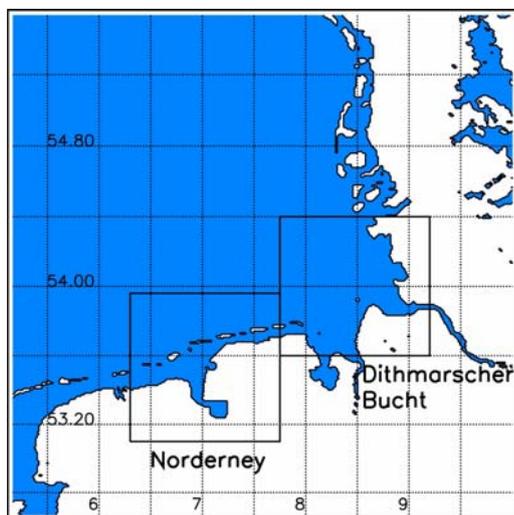


Abb. 1: Gebiet Südliche Nordsee sowie die genesteten Gebiete Norderney und Dithmarscher Bucht.

Der Windatlas besteht aus einer Vielzahl von Feldern der Windgeschwindigkeit in Abhängigkeit von gegebenen Windrichtungen und mittleren Wasserständen des jeweiligen Seegebiets. Zur Berechnung der Windfelder wurde das Windmodell MKW (Massenkonsistentes Windmodell) verwendet, das sich bereits bei derartigen Fragestellungen in verschiedenen Untersuchungen bewährt hat.

Die Windfelder im Gebiet Südliche Nordsee wurden berechnet auf einem Gitter mit einer Gitterweite von 1000 m. Sie dienen als Randfelder zur Berechnung der genesteten Felder Dithmarscher Bucht und Norderney, die Gitterweiten von 250 m besitzen. Die Bestimmung der einzelnen Windfelder basiert auf vorgegebenen Werten für Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 800 m Höhe

sowie einem repräsentativen Wasserstand. Ein Beispiel für ein Windfeld im Gebiet Dithmarscher Bucht ist in Abb. 2 gezeigt.

Zur Berechnung der Windfelder des Windatlas wurden Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 800 m Höhe und der Wasserstand jeweils mit bestimmten Klassenbreiten variiert. Damit ist es möglich, aus den Feldern des Windatlas jedes gewünschte Windfeld mit genügender Genauigkeit zu interpolieren.

Insgesamt setzt sich der Windatlas aus je 534 Windfeldern in den drei Gebieten zusammen.

Bei der Nutzung des Windatlas müssen für einen beliebigen Punkt in einem dieser drei Gebiete als Eingangsgrößen Stundenmittelwerte der Windgeschwindigkeit und Windrichtung in 10 m Höhe und ein zugehöriger repräsentativer Wasserstand vorgegeben werden. Mit Hilfe eines Interpolationsprogramms wird für das gewählte Gebiet aus dem Windatlas das meteorologisch konsistente Windfeld berechnet. Die Gitterpunktwerte können entweder als ASCII-File ausgegeben werden oder es kann an einem vorgegebenen Punkt die Windgeschwindigkeit in eine Datei abgespeichert werden. Somit können auch aus ganzen Zeitreihen von Windgeschwindigkeiten, die z.B. an einem bestimmten Ort gemessen wurden, die zugehörigen Windfelder zu jedem Zeitpunkt bestimmt werden. Diese Windfelder können dann z.B. als meteorologischer Antrieb für ein Seeangangs- und Strömungsmodell verwendet werden.

Zur Verifikation des Windatlas wurden für einzelne Messstationen die nächstgelegenen Gitterpunkte ermittelt und ein Vergleich der aus dem Windatlas berechneten Windgeschwindigkeiten mit den Messwerten durchgeführt. Als Eingabedaten wurden sowohl langjährige Zeitreihen von Messungen als auch Hindcast Ergebnisse von HIPOCAS (Weiß, R., Feser, F. und Günther, H. (2003): Wind- und Seegangsklimatologie 1958-2001 für die südliche Nordsee basierend auf Modellrechnungen. GKSS 2003/10, ISSN 0344-9629) und PRISMA (Luthardt, H. (1987): Analyse der wassernahen Druck- und Windfelder über der Nordsee aus Routinebeobachtungen. Dissertation, Universität Hamburg. Hamburger Geophysikalische Einzelschriften, Reihe A: Wissenschaftliche Abhandlungen, Heft 83) verwendet. Dabei wurden sowohl Statistiken über mehrere Jahre als auch Zeitreihen ausgewählter Ereignisse verglichen.

Es ergaben sich unabhängig von der Datenquelle befriedigende bis gute Übereinstimmungen.

Es ist ein Zugriff auf den Windatlas über NOKIS in Vorbereitung.

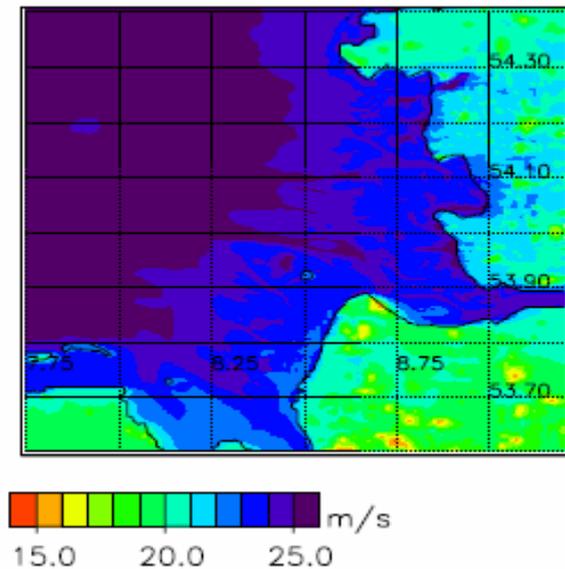


Abb. 2: Betrag der Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe über Grund bzw. über NN im Gebiet Dithmarscher Bucht, berechnet mit dem MKW für eine Windgeschwindigkeit von 40 m/s in 800 m Höhe, einer Windrichtung von 270° und einem repräsentativen Wasserstand von 0 m. Als Windrichtung in 10 m Höhe wird die vorgegebene Windrichtung von 270° angenommen.

Mittelfristige Seegangmodellierung im Forschungsvorhaben MOSES – Ansatz, Ziele und erste Ergebnisse

Dr. Heiko Dankert¹,
 Dr. Agnieszka Herman²,
 Dipl.-Ing. Dirk Schulz³,
 Dr. Heinz Günther¹,
 Dipl.-Ing. Ralf Kaiser²,
 Prof. Dr. Roberto Mayerle³,
 Dipl.-Ing. Hanz Dieter Niemeyer²

¹GKSS Research Center, Geesthacht; ²NLWKN Forschungsstelle Küste, Norderney; ³FTZ Westküste, Universität Kiel

EINLEITUNG

Im Rahmen des vom BMBF finanzierten KFKI-Forschungsprojekts MOSES („Modellierungen des mittelfristigen Seegangsklimas im deutschen Nordseeküstengebiet“; 03 KIS 041) wird auf Basis der im EU-Projekt HIPOCAS (Weiße, Feser, Günther 2003) für eine Dauer von 40 Jahren erstellten Datensätze für Wind, Wasserstände, Strömungen und Seegang durch Modellierung in

drei ausgewählten Küstengebieten (Dithmarscher Bucht, Elbmündungsgebiet, Einzugsgebiet des Norderneyer Seegats) das mittelfristige Seegangsklima ermittelt. Die Mittelfrist-Zeitreihen in Küstengebieten ermöglichen sowohl eine verfeinerte Abschätzung der Eintrittshäufigkeiten kennzeichnender Seegangparameter im Küstengebiet und der Dauerbelastung von Bauwerken, als auch eine Rekonstruktion des Seegangs früherer Sturmfluten an der Küste. Der Datensatz kann auch als Ausgangspunkt für Untersuchungen hinsichtlich eines morphodynamisch repräsentativen Seegangs dienen.

VALIDIERUNG DER HIPOCAS-RANDBEDINGUNGEN

Eine der Aufgaben des Corelab/FTZ Westküste innerhalb des Projekts ist die Validierung der HIPOCAS-Randbedingungen für Wasserstände und Strömungen, sowie der Vergleich der HIPOCAS-Randbedingungen mit dem kontinentalen Schelfmodell. Die Validierung erfolgt anhand gemessener Wasserstände an den Pegeln Huibergat, Helgoland und Großer Vogelsand über einen Zeitraum von 4 Jahren (1997 – 2000). Zur Bestimmung eines mittleren absoluten Fehlers wurden jeweils die Differenzen der Scheitelwasserstände einer Tide aus den unterschiedlichen Datensätzen berechnet. Es zeigt sich, dass die Tidehochwasserscheitel sehr gut reproduziert werden können, was sowohl durch die Übereinstimmung der mittleren absoluten Fehler als auch durch die gemittelten Tidehochwasserstände und die Standardabweichung der Fehler untermauert wird. Weniger gut ist die Übereinstimmung zwischen den Tideniedrigwasserscheiteln. Bei den ermittelten Flut- und Ebbdauern zeigen sich geringe Unterschiede an den Pegeln Helgoland und Großer Vogelsand. Größer sind diese Unterschiede am Pegel Huibergat (Abb.1).

Ein Vergleich der HIPOCAS-Daten mit Daten aus dem kontinentalen Schelfmodell (Verboom, Ronde, Dijk 1992) zeigt ein ähnliches Muster. Die Fehler hinsichtlich der Tidehochwasserscheitel fallen etwas geringer als die Fehler der HIPOCAS-Daten aus; dafür sind die Fehler bei den Niedrigwasserscheiteln etwas höher. Beiden Datensätzen ist gemein, dass die mittleren Tideniedrigwasserstände an allen drei Pegeln deutlich höher als die gemessenen mittleren Tideniedrigwasserstände liegen. Werden die mittleren Fehler über einen Lunarzyklus gemittelt, so kann festgestellt werden, dass diese besonders beim Hochwasser periodisch schwanken.

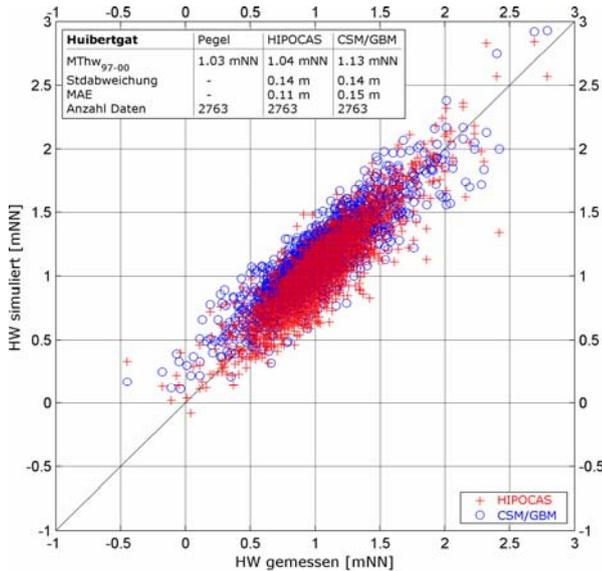


Abb.1: Korrelation von Hoch- und Niedrigwasser für Modelldaten von HIPOCAS und dem kontinentalen Schelfmodell mit denen des Pegels Huibertgat (Ems).

Die mittleren Fehler während der Sommermonate fallen deutlich geringer aus als während der Wintermonate.

SEEGANGSMODELLIERUNG IN DER ELBMÜNDUNG

In dem Untersuchungsgebiet Elbmündung wird die Strömungs- und Seegangmodellierung mit den von GKSS entwickelten Modellen TRIM3D (Casulli, Gattani 1994) und k-Modell (Schneegburger 1997) durchgeführt (Abb.2).

Die im Rahmen des Projektes erstellten Zeitreihen von Strömungsgeschwindigkeiten und Seegangparametern werden für dieses tidegeprägte Gebiet den ersten vollständigen Datensatz bilden. Die Modellierungsergebnisse zeigen, dass es keine einfache Beziehung zwischen dem Seegang an der Grenze des Untersuchungsgebietes und in dem Küstenbereich feststellen kann. Die lokale Topographie, Tiden, Strömungen und die Wind- und Wellenrichtung sind wichtige Faktoren, die zu hoher räumlicher und zeitlicher Variabilität der Wellenenergie in dem Untersuchungsgebiet führen.

Um die Abschätzung der Eintrittshäufigkeiten kennzeichnender Seegangparameter und der Dauerbelastung von Bauwerken in der Elbmündung zu ermöglichen, wurde eine Extremwertanalyse durchgeführt, in der für jede Untersuchungsstation zweidimensionale Wellenenergie-

spektren (stündlich über 10 Jahre) analysiert wurden.

Die Ergebnisse können unter anderem zur Analyse der Wechselwirkungen zwischen Seegang und Dünung und der Dauer von Perioden mit extrem starkem Seegang gebraucht werden. Sie werden auch als Grundlage zur Erstellung der jahreszeitlichen und monatlichen Karten der statistischen Parameter und deren Wechselbeziehungen verwendet.

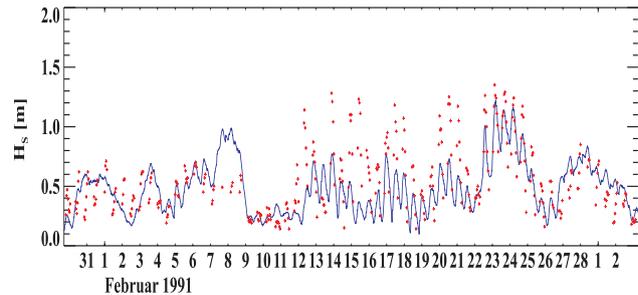


Abb.2: Gemessene (rot) und mit dem k-Modell modellierte (blau) signifikante Wellenhöhen an der Station Vogelsand (Elbmündung) im Februar 1991.

SEEGANGSMODELLIERUNG IM NORDERNEYER SEEGAT

Die Modellierung im Einzugsgebiet des Norderneyer Seegats wird bei der Forschungsstelle Küste mit dem hydrodynamischen Modell Delft3D (Delft Hydraulics 2003) und mit dem spektralen Seegangmodell SWAN (Booij, Ris, Holthuijsen 1999) durchgeführt.

Im Rahmen der Vorarbeiten zu dem Projekt wurde der Code der neuen parallelen Version des SWAN-Modells (TU-Delft 2004) modifiziert (Optimierung von Input/Output Routinen etc.), so dass eine für die mittelfristige Modellierung nötige Effizienz des Modells erreicht wurde.

In der Testperiode Sep-Nov 2002 wurden die Modellierungsergebnisse sowohl mit den gemessenen Daten (Abb.3), als auch mit den von GKSS mit dem k-Modell erstellten Zeitreihen (Abb. 2) verglichen.

Dadurch wurde festgestellt, dass die beiden Modelle in der Lage sind, wesentliche Parameter des Seegangs in den untersuchten Gebieten naturähnlich zu reproduzieren.

Die Ergebnisse der hydrodynamischen Modellierung liefern einen Einblick sowohl in den gesamten Volumentransport durch die Grenzen des Einzugsgebietes des Norderneyer Seegats, als auch in den Einfluss von Topographie und Wind auf räumliche und zeitliche Variationen der Wasserstände

und Strömungen. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass die lokalen Abweichungen von dem gut bekannten Wasseraustauschverlauf in dem Untersuchungsgebiet unter bestimmten Umständen nicht nur vorläufig, sondern auch statistisch von Bedeutung sein können. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei den SWAN-Ergebnissen: Durch Filterung der Wellenenergie nimmt der Einfluss der Randbedingungen von dem äußeren Modellrand bis zum Gebiet südlich von den Inseln deutlich ab, der Einfluss der Topographie und Wind wird dagegen größer.

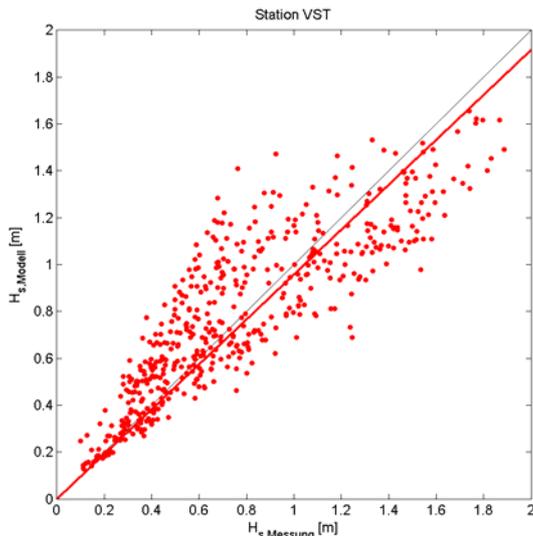


Abb.3.: Streudiagramm für gemessene und mit dem SWAN-Modell modellierte signifikante Wellenhöhen an der Station VST am Vorstrand von Norderney (Sep.-Nov.2002).

LITERATUR

Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen, L.H. 1999. A third-generation wave model for coastal regions. 1. Model description and validation. *J.Geophys.Res.*, 104, C4, 7649–7666.

Casulli, V. and Gattani, E., 1994. Stability, accuracy and efficiency of a semi-implicit method for three-dimensional shallow water flow. *Computers Math. Applic.*, 27(4), 99–112.

Delft Hydraulics, 2003. User manual of Delft3D-FLOW: Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, 497 pp.

Schneggenburger, C., 1997. Shallow water wave modelling with nonlinear dissipation. Dissertation, GKSS Report 98/E/42, GKSS Reserach Center Geesthacht und Universität Hamburg.

TU-Delft, 2004. SWAN Cycle III version 40.41, user's manual. Delft University of Technology, 115 pp.

Verboom, G.K., Ronde, J.G., Dijk, R.P., 1992. A fine grid tidal flow and storm surge model of the North Sea. *Continental Shelf Research*, 12 (2/3), 213-233.

Weiß, R., Feser, F., Günther, H. 2003. Wind- und Seegangsklimatologie 1958–2001 für die südliche Nordsee basierend auf Modellrechnungen. GKSS Forschungszentrum Report 2003/10, 38 pp.

Wattenmeersedimente: Sedimentinventar Nordfriesisches Wattenmeer, 03KIS37

Dr. Kai Ahrendt¹

Dr. Dieter Eppel²

¹Büro für Umwelt und Küste, Kiel; ²Institut für Küstenforschung, GKSS

Für den Küstenabschnitt zwischen der deutsch-dänischen Grenze und einer Linie St.Peter-Ording-Garding-Katharinenherd-Husum wurden qualitative und quantitative Untersuchungen über die postglaziale Sedimentakkumulation und deren kornanalytische Zusammensetzung durchgeführt. Dabei wurde die geologische Entwicklung der nordfriesischen Marsch und des vorgelagerten Wattenmeeres einschließlich der Inseln und Halligen der letzten 8000 Jahre hochauflösend analysiert und unterschiedliche Meeresspiegelanstiegsraten berücksichtigt. Eine hohe Anzahl von Bohrdaten stand zur Verfügung, die durch Erosion freigesetzten und durch Ablagerung akkumulierten Sedimente nach Qualität und Quantität zu bestimmen. Die Geometrie des holozänen Akkumulationskeils wurde rekonstruiert. Mit den modernen EDV-technischen Hilfsmitteln wurde eine Gesamtbilanz des Sedimenteintrages in die Küstenregion erstellt. Weiterhin wurden Massenbilanzen der granulometrisch unterschiedlichen Schichten der obersten drei Meter erstellt. Es wurden Karten entworfen, die die granulometrische Zusammensetzung der oberen drei Meter des Wattbodens (der für Sedimentumlagerung zur Verfügung steht) hochauflösend darstellen. Hieraus wurden Massenbilanzen erstellt, die es erlauben, die Sedimente nach Quantität und Qualität zu beurteilen. Anschließend wurde anhand von morphodynamischen Stabilitätskriterien die benötigten und freigesetzten Sedimentmengen für die Aufrechterhaltung der Stabilität des Wattenmeeres ermittelt. Die Sedimentverfügbarkeit für den Aufbau unterschiedlicher morphologischer Einheiten wurde ermittelt und Ab-

schätzungen über die mittelfristige Stabilität des Wattenmeeres, u. a. auch bei veränderten hydrodynamischen Randbedingungen sowie Anstieg des Meeresspiegels, abgeleitet. Die mögliche Reaktion des Systems auf veränderte Meeresspiegelstände und hydrographische Veränderungen wird beschrieben und beurteilt.

Als Ergebnisse können festgehalten werden:

- Die Volumenentwicklung des holozänen Becken folgt einer logarithmischen Entwicklung (mit Ausnahme des Bereiches zwischen -10 m NN und -8 m NN);
- Maximal 10% des heutigen holozänen Sedimentes stammen aus der Erosion aus dem Wattenmeer, d. h. über 90% müssen von außen eingetragen worden sein;
- Die Entwässerung des Bereiches südlich einer Grenze Amrum-Föhr-Festland ist bis zur Tiefenlinie von ca. -6 m NN (ca. 5000 v. Chr.) nach Westen verlaufen. Erst anschließend fand eine Entwässerung nach Norden statt;
- Einen Hinweis auf eine Barriere im Bereich Amrum-Süderoog-Eiderstedt kann nicht erbracht werden;
- Ca. 33% des holozänen Sedimentes sind eingedeicht und damit dem Sedimenthaushalt entzogen;

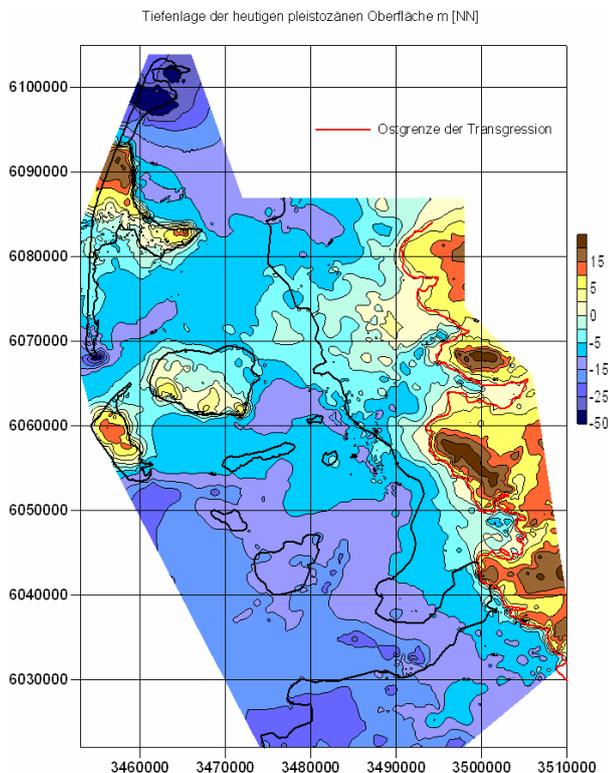


Abb. 1: Tiefenlage der heutigen holozänen Basis bezogen auf NN nach Auswertung von ca. 18.000 Bohrungen. Die Bereiche oberhalb der maximalen marinen Ausbreitung sind aus den aktuellen topographischen Daten des Landsvermessungsamtes generiert.

- Aus interner Umlagerung ständen genügend Sedimente für das Mitwachsen des Wattenmeeres zur Verfügung;

Ausgangsdaten waren topographische Daten des LVA SH, topographische Daten des LANU SH und des ALR Husums sowie geologische Daten des LANU SH und des ALR Husums. Sämtliche topographische Daten lagen in digitaler Form vor, mussten aber für das Projekt aufbereitet werden. Geologische Informationen lagen ausschließlich in analoger Form vor und belaufen sich auf ca. 18.000 Bohrungen. 6000 Bohrungen konnten aufgrund ihrer Qualität und örtlichen Verteilung für die Untersuchungen berücksichtigt werden.

Durch fachspezifische Software wurden die Daten im Projekt verarbeitet. Damit diese Daten aber auch weiteren Nutzern zur Verfügung gestellt werden können, wurde im ersten Schritt EXCEL-Tabellen erzeugt, die nur noch die wesentlichen Informationen enthalten. Originaldatenbestände liegen in nicht öffentlich zugänglicher Form vor, können aber bei den Autoren eingesehen werden. Für die weitere Verwertung in NOKIS werden alle digital erzeugten Karten georeferenziert zur Verfügung gestellt und mit entsprechenden Links zum Abschlussbericht versehen.

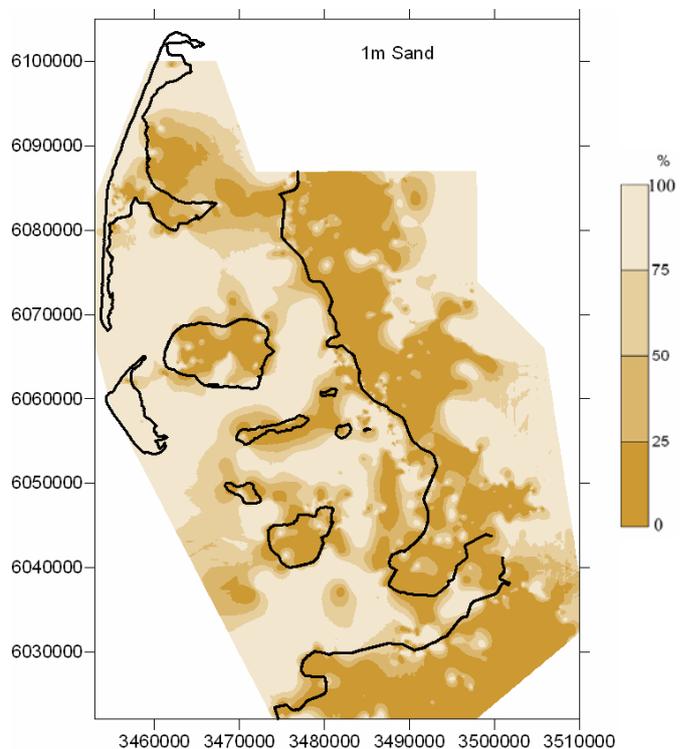


Abb. 2: Darstellung des Sandanteils (Korngrößen $>63\mu\text{m}$) im obersten Meter des Geländes in Prozent der Gesamtmenge

Die KÜSTE

In diesem Jahr erscheinen zwei Ausgaben der Küste in englischer Sprache. In Heft 70 wird der Abschlussbericht des transnationalen INTERREG IIIB Projektes „COMRISK – gemeinsame Strategien zur Reduzierung der Risiken von Sturmfluten in Küstenniederungen“ mit Berichten aus allen Unterprojekten veröffentlicht. In Heft 69 finden Sie Aufsätze, die im Zusammenhang mit dem Forschungsprojekt „PROMORPH - Prognose mittelfristiger Küstenmorphologieänderungen“ entstanden sind.

Inhalt Heft 70

HOFSTEDE: COMRISK — Common Strategies to Reduce the Risk of Storm Floods in Coastal Lowlands: an Introduction

VAN NIELEN-KIEZEBRINK, KLOOSTER: Evaluation of Policies and Strategies for Coastal Risk Management

SAYERS, MEADOWCROFT: Strategic Planning in Coastal Risk Management

HOFSTEDE, KAISER, REESE, STERR: Risk Perception and Public Participation

SIMM, MEADOWCROFT: Performance of Flood Risk Management Measures

DEKKER, WOLTERS, DEN HEIJER, FRAIKIN: Hydraulic Boundary Conditions for Coastal Risk Management

VERWAEST, TROUW: Risk Assessment for Flanders PIONTKOWITZ, KORTENHAUS, OUMERACI: Risk Assessment for the Ribe Area

POBJOY, FLOYD, HAYMAN: Risk Assessment for the Lincolnshire Coastal Flood Unit

BLUM, THORENZ: Risk Assessment for the Island of Langeoog

HOFSTEDE, BLUM, FRAIKIN, HAYMAN, LASTRUP, VAN NIELEN-KIEZEBRINK, MEADOWCROFT, PIONTKOWITZ, THORENZ, VERWAEST, WOLTERS: COMRISK - Common Strategies to Reduce the Risk of Storm Floods in Coastal Lowlands: a Synthesis

OUMERACI: Integrated Risk-Based Design and Management of Coastal Flood Defences

ALE: Risk is of all Time

Inhalt Heft 69

ZIELKE and MAYERLE: Introduction and Overview of the Research Project PROMORPH

TORO, MAYERLE, POERBANDONO and WILKENS: Patterns of Hydrodynamics in a Tide-Dominated Coastal Area in the South-Eastern German Bight

POERBANDONO and MAYERLE: Composition and Dynamics of Sediments in Tidal Channels of the German North Sea Coast

RICKLEFS and SCHROTTKE: Near Bed Suspended Sediment Dynamics in a Tidal Channel of the German Wadden Sea

RICKLEFS and NETO: Geology and Morphodynamics of a Tidal Flat Area along the German North Sea Coast

JUNGE: Exchange and Archiving of Measurement Data within the Research Project PROMORPH

BENKEL and GROß: Meteorological Data and Wind Field Modelling for a Coastal Area in the South-Eastern German Bight

PALACIO, MAYERLE, TORO and JIMÉNEZ: Modelling of Flow in a Tidal Flat Area in the South-Eastern German Bight

WILKENS, JUNGE and HOYME: Modelling of Waves in a Tidal Flat Area in the South-Eastern German Bight

WINTER, POERBANDONO, HOYME and MAYERLE: Modelling of Suspended Sediment Dynamics in Tidal Channels of the German Bight

JUNGE, WILKENS, HOYME and MAYERLE: Modelling of Medium-Scale Morphodynamics of a Tidal Flat Area in the South-Eastern German Bight

RICKLEFS, LEHNER and RAUSCH: Morphological Changes in a Tidal Flat Area: A Comparison of Radar, Optical and In-Situ Data

POERBANDONO and MAYERLE: Effectiveness of Acoustic Profiling for Estimating the Concentration of Suspended Material

GONZALEZ, MAYERLE and EGOZCUE: A Proposed Approach for Determination of the Accuracy of Acoustic Profilers in the Field

MAYERLE, PRAMONO and ESCOBAR: Dimension and Roughness Distribution of Bed Forms in Tidal Channels in the German Bight

MAYERLE, WILKENS, ESCOBAR and WINDUPRANATA: Hydrodynamic Forcing along Open Sea Boundaries of Coastal Models

NETO, RICKLEFS and MAYERLE: Paleo Tidal Conditions of the Inner German Bight During the Holocene

LEANGRUXA, HESSE and MAYERLE: Small-Scale Nutrient Dynamics in a Tidal Flat Area in the South-Eastern German Bight

WILKENS and MAYERLE: MORPHODYNAMIC Response to Natural and Anthropogenic Influences in the German Bight

EDEN and MÜLLER: Investigations on Near Bed Transient Sediment Dynamics

In eigener Sache

KFKI-Workshop zur Morphodynamik

Am 21. und 22. September fand in den Räumen des FTZ Büsum ein KFKI-Workshop zur Morphodynamik mit 48 Teilnehmerinnen und Teilnehmern aus Verwaltung und Wissenschaft statt. Dabei wurden die Erwartungen an morphodynamische Modellierung, deren momentane Möglichkeiten, zukünftige Perspektiven der angewandten Forschung und die erforderlichen Rahmenbedingungen diskutiert. Ziel des Workshops war es, wesentliche Impulse zur Detaillierung des Forschungsprogramms des KFKI zu erarbeiten.

Am ersten Tag wurden offene Fragestellungen in Kurzreferaten präsentiert, die aus **Nutzer-Sicht** für Häfen, Wasser- und Schifffahrts- und Küstenschutzverwaltungen vordringlich sind. Aus Sicht der **Modell-Anwender** und **Modell-Entwickler** wurden Stand der Technik und konzeptionelle Probleme dargestellt.

Am zweiten Tag befassten sich vier parallele Arbeitsgruppen, jeweils mit den Themen **Daten-Grundlagen** und –Verfügbarkeit, Leistungsfähigkeit, Vertrauenswürdigkeit und Prognosefähigkeit von **Modellen**, **Prozessverständnis** und –modellierung, sowie Perspektiven der **Modell-Technik** und –Kopplung.

Die Ergebnissicherung und -diskussion fand in einem Abschlussplenum statt. Die Resonanz war äußerst positiv, da mit diesem Workshop erstmals ein Forum geschaffen wurde, in welchem eine Diskussion auf einer breiten Plattform mit unterschiedlichen Akteuren erreicht wurde. Die Ergebnisse des Workshops werden eine wichtige Grundlage für die Schwerpunktsetzung des KFKI zu zukünftigem Forschungsbedarf in diesem Bereich sein, erläuterte Frank Thorenz, Forschungsleiter des KFKI, in seinem Resümee des Workshops.

KRING 2005 in Hamburg

Der **Kring van Zeewerende Ingenieurs** wurde 1954 von niederländischen Küsteningenieurern gegründet und trifft sich einmal jährlich an wechselnden Orten zum Erfahrungsaustausch und zur Diskussion aktueller Fragestellungen. In der Regel werden bei diesen Veranstaltungen eine Reihe von Vorträgen gehalten, die sich auf Projekte beziehen, die in anschließenden Exkursionen besichtigt werden.

Mittlerweile nehmen am KRING regelmäßig 80 bis 100 Vertreter aus England, Belgien, Holland, Deutschland, Dänemark und Polen teil. In Deutschland haben 1962, 1965, 1967, 1970, 1974, 1977, 1980, 1987, 1990, 1993, 1998 und 2005 KRING-Veranstaltungen stattgefunden. Seit seiner Gründung organisiert das KFKI diese Zusammenkünfte in Zusammenarbeit mit den zuständigen Landesbehörden und sorgt für ein angemessenes Rahmenprogramm.

Die diesjährige KRING Veranstaltung vom 25.-27. September wurde in Hamburg von der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt gemeinsam mit der Hamburg Port Authority unter dem Motto **Storm Surge Protection in a Harbour Metropolis** gestaltet. Einführungsvorträge zum innerstädtischen Hochwasserschutz, zur besonderen Situation der Tore am Fischmarkt und die Planungen für die Galerie Landungsbrücken bereiteten auf die Exkursionen zu Fuß und per Barkasse vor. Besonderes Interesse fanden die rund 90 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus 6 Nationen an der entstehenden Hafency und dem Sperrwerk Billwerder Bucht.

Ein Besuch bei Airbus mit Vorträgen zur Flächenerweiterung, Rundgang durch die Fertigungshallen und Busrundfahrt über das Gelände sowie der daran anschließende Besuch bei METHA (Mechanische Trennung von Hafensedimenten) rundeten das Programm ab.

Veranstaltungen in 2005 und 2006

- | | |
|--------------------|---|
| 17.-18. 10. 2005 | GIS-Küste - Schwerpunktthema Naturschutz, Insel Vilm
Website: http://www.gis-kueste.de/ |
| 03.- 04. 11. 2005 | CEDA Dredging Days 2005 , Rotterdam, Niederlande
Website: www.dredging.org/ |
| 10. 11. 2005 | Fachliche Grundlagen zur Begutachtung wasserbaulicher Maßnahmen an Seeschifffahrtsstraßen , Hamburg-Rissen
Website: http://www.baw.de/vip/programm.php?veranstaltung=60 |
| 3.- 8. 09. 2006 | ICCE 2006 30th International Conference on Coastal Engineering, San Diego, Kalifornien, USA
Website: http://www.icce2006.com/ |
| 10.-13. 09. 2006 | ICHE 2006 7th International Conference on Hydroscience and Engineering, Philadelphia, USA
Website: http://thor.cae.drexel.edu/ICHE2006/intro.html |
| 18. - 20. 09. 2006 | Littoral 2006 Conference "Costal Innovation and Initiatives", Gdansk, Polen
Website: http://www.littoral2006.gda.pl |