



Editorial

ICCE 2008 – Erfolgreiche Konferenz in Hamburg

Vom 31.8.2008 bis zum 5.9.2008 fand in Hamburg im CCH zum zweiten Mal nach 1978 die "International Conference on Coastal Engineering" ICCE statt.

Die 917 Teilnehmer aus 45 Ländern erlebten ein unvergessliches Großereignis des internationalen Küsteningenieurwesens, bei dem in 517 Vorträgen die Themenfelder Prozesse im Küstenbereich, Küsten- und Hafenbauwerke, Häfen und Wasserstraßen, Umweltaspekte, Risiken und Entwicklung der Küste behandelt wurden. Mit 266 Teilnehmern stellte Deutschland vor den USA mit 98 Teilnehmern und Japan mit 95 Teilnehmern die größte Delegation dar.

Nicht zuletzt durch die Diskussion über die Auswirkungen des Klimawandels, gewinnt das Küsteningenieurwesen an Bedeutung. Aber auch Fragen zu den Auswirkungen und Risiken durch Hurrikane und Tsunamis sind aufgrund der Ereignisse in den USA und in Südostasien von großer Bedeutung für Öffentlichkeit und Fachwelt.

Besonders eindrucksvoll wurde dies durch die Keynote-Lecture mit dem Titel "Coasts – the riskiest places on earth" von Dr. Wolfgang Kron von der Münchener Rückversicherung dargestellt. Dr. Kron verdeutlichte, dass die Risiken im Küstenbereich aufgrund der wachsenden Besiedlungsdichte und Nutzung, aber auch aufgrund der erhöhten Gefahren durch natürliche Extremereignisse in Zukunft zunehmen werden. Die Forschung auf dem Gebiet des Küsteningenieurwesens hat eine hohe aktuelle Bedeutung für die nachhaltige Nutzung unserer Küstenlandschaften durch Wirtschaft, Tourismus, Ökologie, Fischerei, Schifffahrt etc.

Für Interessierte stehen alle Abstracts der Konferenz weiterhin auf der Homepage der Konferenz <http://icce2008.hamburg.baw.de> zum Download bereit. Die gedruckten Proceedings erscheinen voraussichtlich im April und sind dann in der Bibliothek des KFKI verfügbar.

Aus Deutschland wurden 78 Vorträge und 15 Poster präsentiert. Diese Beiträge haben es geschafft, das

strenge Auswahlverfahren mit 17 Gutachtern bei einer deutschen Stimme zu passieren. In diesem Zusammenhang muss auch darauf hingewiesen werden, dass nur etwa 50% aller eingereichten Beiträge durch die Gutachter überhaupt für die Konferenz ausgewählt wurden. Dies unterstreicht das hohe wissenschaftliche Niveau der ICCE im Gegensatz zu vielen anderen Konferenzen.

In den Pausen bot sich den Teilnehmern eine gute Gelegenheit für den fachlichen Austausch und zum Besuch der 34 Aussteller aus den Bereichen Bauindustrie, Baustoffindustrie, Consulting, Messtechnik, Wissenschaftsverlage und Hafenverwaltung. Allen Ausstellern soll an dieser Stelle nochmals ausdrücklich für ihr Engagement gedankt werden. Besonderer Dank gilt aber auch den Sponsoren der Konferenz, ohne deren Unterstützung eine Veranstaltung dieser Größenordnung nicht zu organisieren wäre.

Die Konferenz wurde auch dazu genutzt, Studierende, Referendare und junge Wissenschaftler für das Thema Küsteningenieurwesen zu begeistern. Die vielen Helfer auf der Konferenz waren Studierende der RWTH Aachen und der Universitäten Hannover und Hamburg-Harburg sowie Referendare des Bundes und der HPA.

Der Mittwochnachmittag der ICCE-Woche ist traditionell den Fachexkursionen vorbehalten. In Hamburg hießen die Ziele der Exkursionen: Hamburger Hafen mit den Terminals der HHLA und Eurogate, Airbuswerk in Hamburg, Hochwasserschutz in Hitzacker und das Schiffshebewerk Scharnebeck, "Blanker Hans" und Deichmuseum in Büsum sowie Hallig Langeness und das Eider-Sperrwerk.

Mit einem Festessen im Kultur- und Gewerbespeicher in der Hamburger Speicherstadt ging die ICCE 2008 feierlich zu Ende.

Prof. Dr.-Ing. Holger Schüttrumpf
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der
RWTH Aachen | Mies-van-der-Rohe-Str. 1 |
52056 Aachen | schuettrumpf@iww.rwth-aachen.de

Verhalten und Eigenschaften von Fluid-Mud (03 KIS 051)

Prof. Dr.-Ing. Horst Nasner

Hochschule Bremen, Labor für Wasserbau

Die offenen Tidehäfen von Emden, Bremerhaven und Brunsbüttel an der deutschen Nordseeküste liegen in den Brackwasserzonen der Ems, Weser und Elbe (Abbildung 1). In den Durchmischungszonen des vom Binnenland kommenden Oberwassers mit dem von der Nordsee eindringenden Seewasser entstehen hohe Konzentrationen kohäsiver Sedimente. In den strömungsberuhigten Vorhäfen entstehen Fluid-Mud Lagen mit Schichtstärken bis zu mehreren Metern. Die jährlichen Sedimentationsraten sind in den Brackwasserhäfen um eine Zehnerpotenz höher als in den Tidehäfen von Bremen und Hamburg, die oberhalb des Salzwassereinflusses aus der Nordsee liegen. Die Ursache für die starke Anreicherung der Feststoffe in den Brackwasserhäfen ist die Überlagerung der Walzen- und Dichteströmungen.

Vom Bundesminister für Bildung und Forschung (BMBF) wurde ein KFKI-Projekt gefördert (Reg. Nr. 03KIS051) in dem die sedimentologischen und rheologischen Fluid-Mud Eigenschaften von verschiedenen Brackwasserhäfen erforscht werden sollten. Mit der Analyse der dopplerechtonen Echolotaufnahmen (210 kHz und 15 kHz) wird gezeigt, dass die Fluid-Mud Mengen in den Außenhäfen von Emden, Bremerhaven und Brunsbüttel auch über mehrjährige Zeiträume nahezu konstant sind. Eine Ursache für die Entstehung von Fluid-Mud sind Barren in der Hafeneinfahrt.

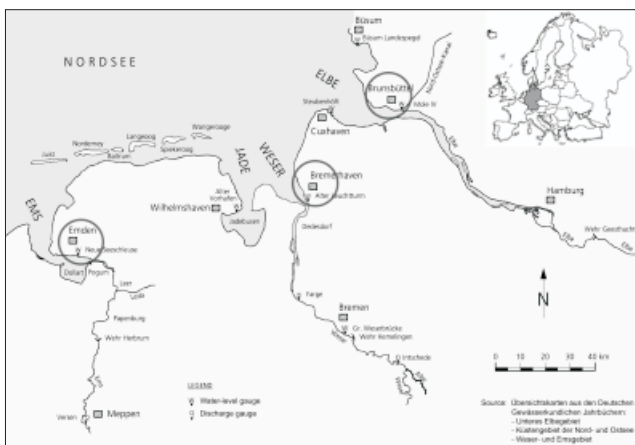


Abbildung 1:
Die Deutsche Nordseeküste

Das Verhalten der kohäsiven Sedimente wird nicht nur von physikalischen, sondern auch von chemischen und biologischen Prozessen bestimmt. Mit den sich verändernden rheologischen Eigenschaften (Viskosität und Scherspannung) nimmt der Flüssigschlick innerhalb einer Übergangszone zunehmend plastische Eigenschaften an. Die Studien haben übereinstimmend für alle Häfen gezeigt, dass die Schwebstoffkonzentrationen im Bereich des hochfrequenten Signals sprunghaft zunehmen. Im oberen Bereich hat der Flüssigschlick geringe Dichten und Zähigkeiten. Das Medium hat noch Newton'sche Eigenschaften. Im Bereich des 15 kHz-Horizonts wurde in allen Häfen nicht mehr schiffbares Material mit plastischen Eigenschaften angetroffen. Die Dichten erreichen dort Werte von $\rho > 1,2 \text{ t/m}^3$ und die Viskositäten von $\eta > 1000 \text{ Pas}$ (Abbildung 2). Mit der Nutzung der hydrodynamischen und morphologischen Gegebenheiten wurden für die Brackwasserhäfen innovative Unterhaltungsmethoden entwickelt.

Der aerobe Zustand und damit die Schiffbarkeit des Flüssigschlicks wird durch die Anreicherung mit Sauerstoff erreicht. In Emden geschieht das mit einem Hopperbagger und in Bremerhaven mit Wasserinjektionen (KSN-Methode, Keep Sediment Navigable).

Bei gegenüber dem Strom höher gelegenen Hafenbecken kann ein Sohlgefälle vom Schleusenaupt zur Einfahrt unter Nutzung der Dichteströmungen die Fluid-Mud Bildung von vornherein verhindern (KSM-Methode, Keep Sediment in Motion). In beiden Fällen verbleiben die Sedimente im System (KSIS, Keep Sediment In the System).

Mit den vorstehend genannten Methoden wurden konventionelle Baggerungen abgelöst. Kostenintensive Deponierungen oder aufwendige Verbringung des Baggermaterials entfallen.

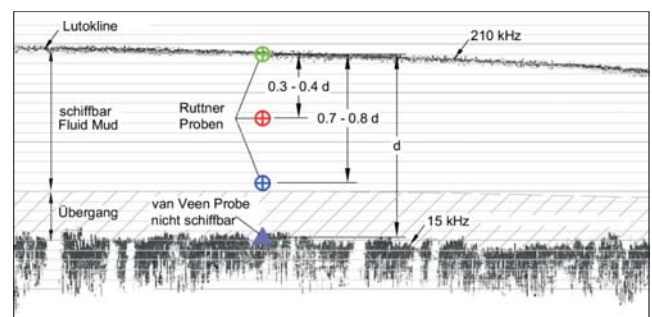


Abbildung 2:
Tiefen der Ruttner- and van Veen Proben

kfkiGIS – Informations- und Planungswerkzeuge mit NOKIS (03KIS073)

Dr.-Ing. Rainer Lehfeldt

Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen

Dr.-Ing. Frank Sellerhoff

smile consult GmbH

Einleitung

Mit dem kfkiGIS ist der Prototyp eines Web-basierten Geoinformationssystems bei der KFKI Geschäftsstelle aufgebaut worden, das deutlich verbesserte Informationen über Messdaten aus dem Küsteningenieurwesen bereitstellen soll. Als technologische Grundlagen werden die standardisierten Methoden und Internet-basierten Dienste von NOKIS verwendet. kfkiGIS ist eine Java-Webstart Anwendung, die bei NOKIS www.nokis.org und KFKI kfki.baw.de verfügbar und mit Beispielen zur Nutzung dokumentiert ist.

kfkiGIS Technologie

Zunächst erfolgt mit dem NOKIS Küstenzonen-Profil für Metadaten eine strukturierte Dokumentation der Datenbestände. Auf dieser Grundlage können Küstendaten auch in bestehenden Rechtersystemen wie GDI-DE und PortalU gesucht und aufgefunden werden.

Die Metadaten der NOKIS Informations-Infrastruktur beinhalten in der Regel neben dem umschreibenden Rechteck auch komplexe Polygone zur Beschreibung der tatsächlichen Lage und Ausdehnung von

Daten. Für kartenbasierte Recherchen werden diese Polygone in den Darstellungsdiensten der NOKIS-Server ausgewertet. Unter Verwendung der Industriestandards für Internet-basierte Dienste vom Open GIS Konsortium OGC wird der Zugang zu den vorhandenen Küstendaten ermöglicht. Dies sind Katalog-Dienste (CS-W) zur Kommunikation zwischen Metadaten-Servern, Kartendarstellungs-Dienste (WMS) und Datenbereitstellungs-Dienste (WFS). Für Daten, die mit entsprechenden Techniken aufbereitet worden sind, unterstützen diese drei Kerntechnologien den intersektoralen Informationsaustausch zwischen allen Bundes- und Landes-Dienststellen in der Küstenzonenzone, die im KFKI zusammenarbeiten. Die im kfkiGIS angebotenen Karten ermöglichen in der Regel den Zugang zu den Metadaten der dargestellten Daten mit einem Mausklick. Bisherige WMS Anwendungen greifen im Wesentlichen auf GIS-Datensätze, die thematische Karten beschreiben, zu und nutzen im Geoprocessing die Interoperabilität von Daten aus verschiedenen Quellen. Für Daten, deren Darstellung nicht durch GIS-Techniken abgedeckt ist, wie z.B. Zeitreihen skalarer und vektorieller Größen und deren statistische Auswertungen, waren bisher keine standardisierten Web-Services verfügbar. Gerade die hydrologischen Messungen gehören zu diesem Datentyp, so dass hier ein Defizit im Web-basierten Datenmanagement besteht, das mit den Methoden im kfkiGIS aufgefangen wird. Mit einem Service-Desktop wird die Verknüpfung von Metadaten und Diensten für vorgegebene Datentypen ermöglicht. Hier kann direkt aus der Trefferliste einer Datenrecherche heraus eine Visualisierung der Daten ausgelöst werden.

kfkiGIS Beispiele

In der kfkiGIS Prototyp-Anwendung sind derzeit 10 Map-Server für küstenrelevante Informationen mit insgesamt 150 thematischen Layern eingebunden. Dazu gehört auch der NOKIS WMS, der die aktuellen Messstellen des Bund-Länder-Messprogramms BLMP und die Planungen der KFKI-AG Synoptische Seevermessung präsentiert. Am Beispiel einer ADCP-Messkampagne in der Elbe wird gezeigt, dass georeferenzierte GIS-untypische Daten aus dem Küsteningenieurwesen mit den gegebenen Standards verarbeitet und publiziert werden können. Weitere Datenbestände aus KFKI-Projekten sollen entsprechend mit WMS und WFS aufbereitet werden. Die Konzepte und Techniken zur Kopplung von Metadaten und Webservices in kfkiGIS sollen in Zukunft weiter-



Abbildung 1: Karten von NOKIS-Map-Servern des BLMP-Messprogramms (Messstellen) und der KFKI AG Synopse (Seevermessungspolygone)

Identifikation morphologischer Tendenzen und Geschwindigkeiten im Küstennahbereich (03KIS059)

Dr. Peter Milbradt

Catrin Dorow

Leibniz Universität Hannover, Institut für Bauinformatik

Einleitung

Regelmäßig durchgeführte Vermessungen verschiedener Institutionen mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Messverfahren bilden die Grundlage für die Beurteilung der langfristigen morphologischen Veränderungen und zugehörigen Gestaltungsvorgänge an der deutschen Nord- und Ostseeküste. Trotz der sich ständig verbessernden Messtechnik wird es auch in Zukunft nicht möglich sein, synoptische Aufnahmen des Gewässerbodens (Bathymetrie) für große Bereiche durchzuführen. Für die Beurteilung der zeitlichen und räumlichen Veränderungen der Bathymetrie wird die Modellvorstellung eines digitalen Geländemodells in Raum und Zeit verwendet. Unter einem digitalen Geländemodell wird folglich eine Menge von Basisdatensätzen und zugehörigen Interpretationsvorschriften verstanden.

Methodik

Die von den Projektpartnern NLWKN, ALR-Husum, StAUN-Rostock und der BAW-DH, zur Verfügung gestellten bathymetrischen Daten wurden in Basisdatensätzen tagesgenau strukturiert, mit Metadaten versehen und mit geeigneten örtliche Interpolationsverfahren in einer objektorientierten Datenbank www.db4o.com archiviert. Diese Vorgehensweise erlaubt es, entsprechend dem Charakter der Vermessungsdaten (Linien- und Flächenpeilung, Laserscanning usw.) geeignete Approximations- bzw. Interpolationsverfahren anzuwenden sowie deren Aussagebereiche festzulegen. Bei der Bestimmung quasi-synoptischer bathymetrischer Modelle zu beliebigen Zeitpunkten müssen zusätzlich Interpolations- bzw. Approximationsverfahren in der Zeit hinzugezogen und auch zeitliche Aussagebereiche festgelegt werden. Eine quasi-synoptische digitale Bathymetrie zu einem bestimmten Zeitpunkt kann dann als horizontaler Schnitt im örtlichen und zeitlichen Aussagebereich

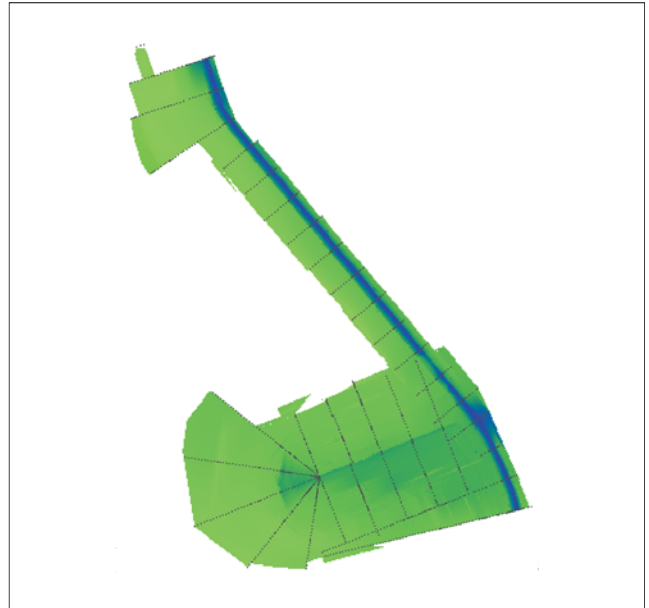


Abbildung 1:
Profil-Interpolation innerhalb des nicht konvexen Aussagebereiches eines Datensatzes

aufgefasst werden. Ausgehend von einem solchem datenbankbasierten quasi-kontinuierlichen raumzeitvarianten bathymetrischen Modell sind vielfältige, insbesondere nichtklassische Analysen wie die Berechnung von Ableitungen und Isoflächen sowie daraus abgeleiteter Größen möglich.

Zwischenergebnisse

Zur Datenaufbereitung und Prüfung von Interpolations- und Analysemethoden wurde eine graphische Oberfläche mit verschiedenen Sichten auf die Daten und ingenieurgerechte Visualisierungen implementiert. Hierbei wird zwischen der Sicht auf die Originaldaten mit den zugehörigen Metadaten, den berechneten quasi-synoptischen bathymetrischen Modellen mit interpolierten Tiefenwerten und abgeleiteten Analysemethoden unterschieden. Die Identifikation morphologischer Veränderungen erfolgt in der Regel durch Differenzbildung der Bathymetrien unterschiedlicher Jahre. Die Betrachtung der digitalen Bathymetrie in Raum und Zeit ermöglicht weitergehende geometrische Analysen, wie beispielsweise das kontinuierliche Verfolgen von Isolinen und Strukturkanten, aber auch die Anwendung abstrakter mathematischer Verfahren, wie dem Satz über impliziten Funktionen, um morphologische Geschwindigkeiten abzuleiten. Unter der morphologischen Geschwindigkeit wird die Geschwindigkeit

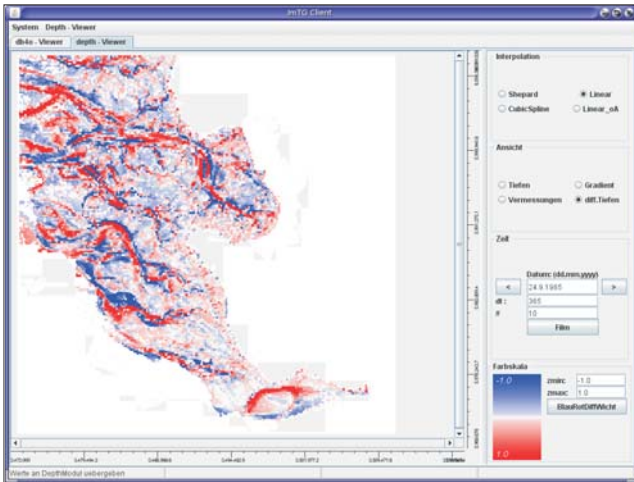


Abbildung 2:
Abgeleitete Akkumulations- und Errosionsbereiche aus der Tiefendifferenz der Jahre 1985 und 1984 im Bereich der Dithmarscher Bucht.

verstanden, mit der sich Isolinien bewegen. Diese können z.B. zur Identifikation des Küstenrückgangs oder der Verlagerung von Transportkörpern herangezogen werden.

Ausblick

Für die kontinuierliche Verbesserung der gekoppelten räumlich- und zeitlichen Interpolations- und Approximationsverfahren werden weitere Informationen hinzugezogen. Hierzu zählt beispielsweise die Berücksichtigung von räumlichen und zeitlichen Unstetigkeiten, wie anthropogenen Eingriffen oder auch von

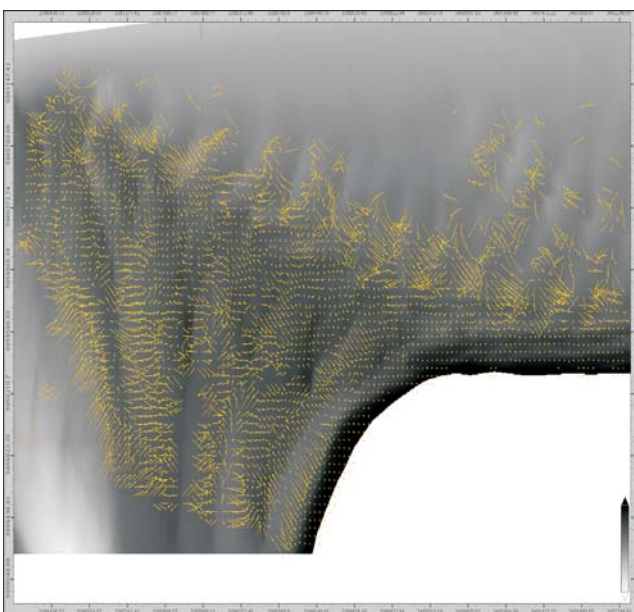


Abbildung 3:
Abgeleitete morphologische Geschwindigkeiten vor Langeoog (bis zu 1300m/Jahr), Tiefenverteilung 2002

abgeleiteten morphologischen Geschwindigkeiten. Die Abschätzung resultierender Sedimenttransporte, die zu den beobachteten bathymetrischen Veränderungen geführt haben könnten, kann durch Anwendung eines Inversen Finite Volumen Verfahrens erfolgen. Diese resultierenden Sedimenttransportraten sind jedoch nur für abgeschlossene Gebiete eindeutig und erfordern für offene Gebiete eine Verknüpfung mit prozessbasierten morphodynamischen Simulationsmodellen.

Die weitere Optimierung der objektorientierten Daten- und Methodenverwaltung in der Bathymetriedatenbank sowie deren Einbindung in Ingenieur Anwendungen sind weitere Herausforderungen im Projekt.

IKÜS - Integriertes Höhenüberwachungssystem in Küstenregionen (03KIS056)

IKÜS-B: Schwerpunkt Pegel

Dr.-Ing. Astrid Sudau

Dipl.-Ing. Robert Weiß

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Ziel des Verbundprojektes IKÜS war die Kombination der Messverfahren (Nivellement, GNSS, Schwere und Pegel) in einem einheitlichen, homogenen und kinematischen Modell zur Erfassung rezenter Krustenbewegungen im Gebiet der Deutschen Bucht. Der BfG wurde innerhalb des Verbundprojektes IKÜS die Aufgabe zuteil, Nivellements entlang der Bundeswasserstraßen (BfG/WSV), geodätische Pegelinformationen und Wasserstandsdaten aufzubereiten bzw. im Rahmen von IKÜS auszuwerten. Die Nivellements unterscheiden sich in technischer Hinsicht nicht von denen der Landesvermessung und werden an die amtlichen Netze angeschlossen. Aus diesem Grund wurden alle verfügbaren Nivellements der BfG/WSV im Küstenbereich aufbereitet und in die IKÜS-Datenbank implementiert. Dabei wurde im Rahmen von IKÜS beschlossen, originale Feldbuchbezeichnungen zu nutzen, um eventuell auftretende Digitalisierungsfehler zu minimieren. Je nach Kampagne, Zeitpunkt und beobachtender Behörde

verfügen die Punkte und damit auch die Pegelfest- und Pegelnullpunkte über verschiedene Bezeichnungen. Aus diesem Grund war es notwendig, Punktidentitäten zu klären bzw. die verschiedenen Bezeichnungen identischer Punkte innerhalb der Datenbank zu speichern. Neben den aufbereiteten Nivellements der Landesvermessung bildeten die Nivellements der BfG/WSV und die Punktidentitätstabelle eine Grundlage für das kinematische Modell des Projektpartners TU Braunschweig.

Die Aufbereitung der Pegeldaten umfasste in erster Linie die Aufbereitung und Implementierung der geodätischen Pegelinformationen. Die Pegelvorschrift (PV) versteht unter dem Begriff "Pegel" eine Einrichtung zum Messen von Wasserständen. Die maßgebenden Teile eines Pegels sind laut PV ein Lattenpegel und mindestens 3 zugehörige Pegelfestpunkte (PFP). Der Nullpunkt der Pegellatte wird als Pegelnullpunkt (PNP) bezeichnet. Die PFP sollen die Vertikalbewegungen der näheren Umgebung und damit auch des Pegels repräsentieren. Daraus resultiert, dass die innere Geometrie des "Systems Pegel" über die gesamte Zeit konstant bleiben muss. In der Praxis bedeutet dies, dass die Sollhöhenunterschiede dhsoll, definiert als bei der erstmaligen Einrichtung festgestellten Höhendifferenzen zwischen PFP und PNP, über die gesamte Dienstzeit des Pegels beibehalten werden sollen. Aufgrund der Tatsache, dass die PFP im Laufe der Zeit unterschiedliche Vertikalbewegungen ausführen, muss aufgrund von Erfahrungen und lokalen Gegebenheiten mindestens ein PFP als repräsentativ festgelegt werden.

Durch einen Anschluss an ein amtliches Höhenreferenzsystem wird ein PNP georeferenziert bzw. dessen Höhenlage in Relation zu einem übergeordneten Höhenreferenzsystem bestimmt. Erst mit einer entsprechenden Georeferenzierung ist die Vergleichbarkeit der Wasserstandsregistrierungen verschiedener Pegel möglich. Eine Analyse langfristiger Wasserstandsänderungen (z.B. als ein Indikator für Klimaänderungen) setzt voraus, dass die Höhenlagen der Pegel und damit auch der PNP während der gesamten Beobachtungsdauer konstant bzw. bekannt sind. Die Pegelvorschrift gibt dabei vor, dass im Küstenbereich bei einer erstmaligen Einmessung der PNP eine Höhenlage von N.N. -5,000m aufzuweisen hat. Tektonische und anthropogene Einflüsse (z.B. Gasentnahmen) bewirken eine vertikale Bewegung der Erdoberfläche (rezente Krusten-

bewegungen), wodurch auch die auf der Erdoberfläche installierten Pegel diese Bewegung mit ausführen. Häufig überlagern sich reale Wasserstandsänderungen und rezente Krustenbewegungen, die in Teilbereichen der Nordseeküste eine Größenordnung von einigen mm/Jahr annehmen können. Die unerkannten bzw. nicht berücksichtigten Vertikalbewegungen der Pegel führen zu scheinbaren Wasserstandsänderungen und kausal hydrologisch bzw. klimabedingte Wasserstandsänderungen können nicht nachgewiesen werden. Die PV trägt diesem Sachverhalt mit der Forderung nach regelmäßigen Anschlussnivellements der Pegel an die übergeordneten Nivellementsnetze der Landesvermessung Rechnung.

Historisch bedingt existieren verschiedene Realisierungen entsprechender amtlicher Höhenreferenzsysteme, die sich in Größenordnungen einiger cm unterscheiden können und somit nicht direkt kombinierbar sind. Aufgrund der Anschlüsse an die jeweils gültigen Höhenreferenzsysteme liegen Höhenangaben der Pegel in verschiedenen Höhenreferenzsystemen bzw. Realisierungen vor. Beispielhaft sind die Auswirkungen des Systemwechsels von Helgoländer Null H.N. auf NormalNull N.N. in der Abbildung 1 dargestellt. Im Gegensatz zu diesem in Abbildung 1 erkennbaren Sprung (2002) in der Wasserstandszeitreihe sind die Auswirkungen von anderen Systemwechseln häufig groß genug, um langfristige Trends zu verfälschen, jedoch zu klein, um in den Zeitreihen erkennbar zu sein.

Aufgrund von Fehlinterpretationen der Pegelvorschrift wurden z.T. die PNP trotz Höhenänderungen der PFP (neue Messungen) durch Verschieben der Pegellatte auf NN -5,000m gehalten, wodurch sich die Sollhöhenunterschiede dhsoll und damit auch die innere Geometrie geändert haben. Hinzu kommt, dass bei Standortverlagerungen bzw. Umbauten an Pegeln die PNP häufig wieder auf eine Höhenlage von N.N. -5,000m eingestellt wurden. Dies hat zur Folge, dass vertikale Landbewegungen zum Teil über Verschiebungen der Pegellatte mechanisch kompensiert wurden.

Die Forderungen nach einer konstanten inneren geometrischen Beziehung zwischen PFP und PNP und die nach einer Höhenlage des PNP von N.N. -5,000m schließen sich gegenseitig aus. Bei Höhenänderungen der PFP führt dies zwangsläufig zu einem Widerspruch, in dessen Folge es zu unterschiedlichen

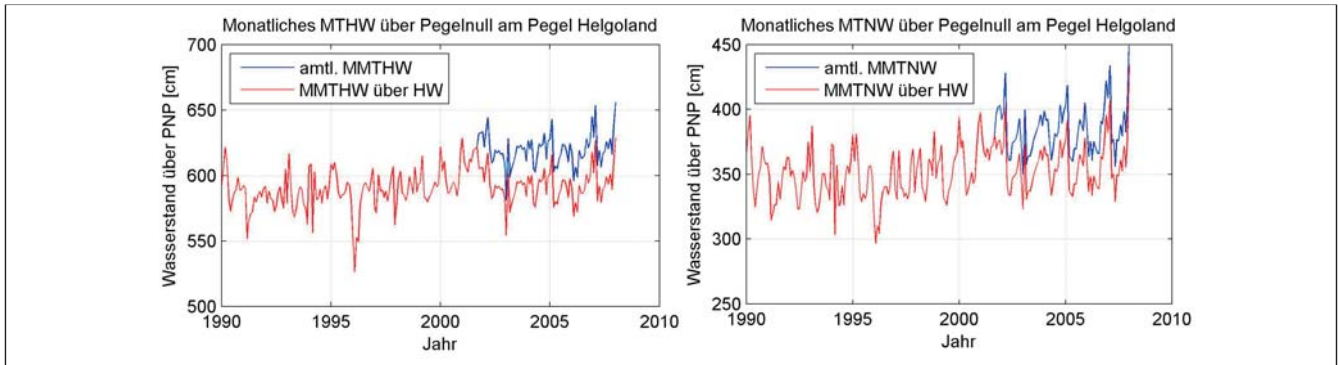


Abbildung 1:
Auswirkungen des Systemsprungs von Helgoländer Null H.N. auf NormalNull N.N auf den erfassten Wasserstand

Interpretationen der Pegelvorschrift bezüglich der Erhaltung der Höhenlage des PNP und dem Umgang mit wechselnden Höhenreferenzsystemen kam. Die bisherigen Vorgehensweisen bei festgestellten Höhenänderungen bestehen einerseits in einem mechanischen Verschieben der Pegellatte und damit verbundenen Änderungen der Sollhöhenunterschiede dhsoll und andererseits einer Änderung von Höhenangaben der PNP bei gleichzeitiger Beibehaltung der dhsoll. Im Verlauf der Zeit wurden an ein und demselben Pegel beide Verfahren praktiziert. Die Folge sind heterogene und aus geodätischer Sicht für den Nachweis säkularer Wasserstandsänderungen unzureichende Datenbestände.

Im Rahmen von IKÜS wurden die geodätischen Pegelinformationen soweit aufbereitet, dass die Forderung nach einer konstanten geometrischen Beziehung zwischen repräsentativen PFP und PNP (konst. Sollhöhenunterschiede dhsoll) erfüllt ist und gleichzeitig die realen Höhenlagen der PNP abgebildet werden. Praktisch bedeutet dies eine Rückgängigmachung der Lattenverschiebungen über an die Wasserstände anzubringende Offsets. Sofern am Pegel Lattenverschiebungen vorgenommen worden sind, ist entscheidend, welcher PFP als repräsentativ

für die Vertikalbewegungen der näheren Umgebung angenommen worden ist. Dieser Sachverhalt ist insbesondere bei Küstenschutzbauwerken von sehr großem Interesse, da für entsprechende Anwendungen die relativen Wasserstandsänderungen gegenüber der unmittelbaren Umgebung entscheidend sind.

Durch eine Kombination der aufbereiteten geodätischen Pegelinformationen, den Anschlussnivelements und den Ergebnissen der TU Braunschweig lassen sich die PFP und die PNP in das kinematische IKÜS-Modell integrieren. In Verbindung mit den Wasserstandsdaten über dem PNP lassen sich Aussagen hinsichtlich säkularer Wasserstandstrends unter Berücksichtigung der vertikalen Krustenbewegungen treffen. Die zugehörigen Wasserstände wurden im Rahmen von IKÜS analysiert und mit zugehörigen Metainformationen in die IKÜS-DB implementiert. Für ein künftiges Pegelmonitoring wurde ein Konzept erstellt und in Ansätzen realisiert. Dieses besteht im Kern aus permanenten GNSS-Pegelstationen, die in einem homogenen, global kompatiblen Referenzsystem ausgewertet und sowohl amtlichen als auch wissenschaftlichen Anforderungen gerecht werden.

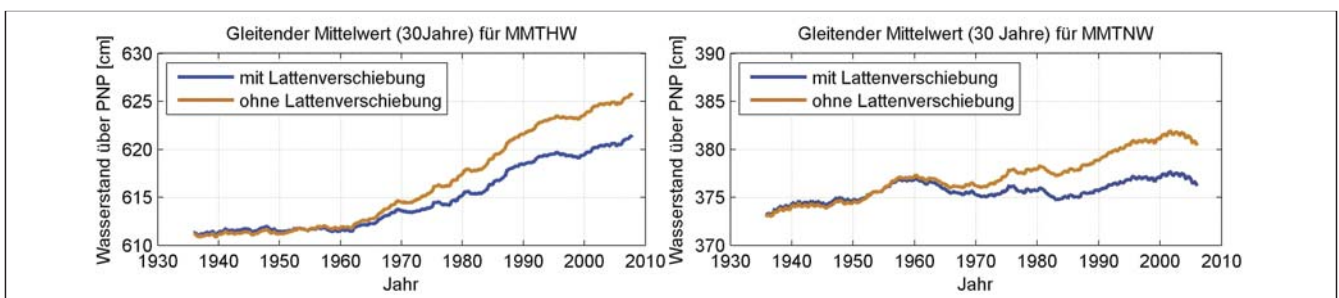


Abbildung 2:
Amtliche Wasserstände und um Lattenverschiebungen korrigierte Wasserstände des Pegels Norderney.

IKÜS – Integriertes Höhenüberwachungssystem in Küstenregionen (03KIS057)

IKÜS – C : Kombination höhenrelevanter Messinformation

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Niemeier

TU Braunschweig, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie

Aufgabenstellung

Eigentliches Ziel des Projektes IKÜS ist es, die derzeitigen Höhenänderungen im Nordsee-Küstenbereich nachzuweisen. Die Bestimmung erfolgte durch eingehende Aufbereitung und Analyse der verfügbaren primär geodätischen Messinformationen und anschließende algorithmisch-numerische Kombination. Das Bestreben dabei war die strenge Kombination physikalisch unterschiedlicher Sensoren, um durch Nutzung von Redundanzen eventuell verbliebene Restsystematiken aufdecken und eliminieren zu können.

Übergeordnete Zielsetzung war die Ableitung von belastbaren Aussagen über die landseitig zu erwartenden bzw. bekannten Höhenänderungen, die in der derzeitigen Diskussion über den zu erwartenden Meeresspiegelanstieg für die Dimensionierung von speziellen Ingenieurbauwerken, insbesondere den Deichbau zu berücksichtigen sind.

Die aufbereiteten Messungsdaten sowie die definitiven Ergebnisse werden mit zugehöriger Meta-information in einer eigenen Datenbank abgespeichert, die nach Fertigstellung der eigenen Arbeiten der KFKI-Community zur Verfügung steht.

Datenbasis

Als Datenbasis dienen die innerhalb von IKÜS aufbereiteten Nivellementsdaten der vergangenen ca. 100 Jahre und Aufzeichnungen kontinuierlich arbeitender GPS-Stationen, meist SAPOS-Stationen, von bis zu 10 Jahren Länge. Das Arbeitsgebiet von IKÜS ist grundsätzlich die deutsche Nordseeküste. Da die für unser Projekt verfügbaren GPS-Zeitreihen in Schleswig-Holstein allerdings nur für maximal 2 Jahre vorlagen, wurde dieses Teilgebiet nicht mit in die

kombinierte Auswertung aufgenommen.

Pegelregistrierungen wurden nicht selbst als Messinformation in das Auswertemodell einbezogen; die von der Bundesanstalt für Gewässerkunde vorgenommenen Aufbereitungs- und Analysearbeiten erlauben jedoch jetzt eine strenge Berücksichtigung von IKÜS-Höhenänderungen in den Pegelganglinien.

Mathematisches Modell für die Kombination

a) Direkte Bestimmung von Höhenänderungen

Der innovative Ansatz des IKÜS-Projektes besteht darin, Höhenänderungen als eigenständige Information abzuleiten. Bisher wurden je Messungsepoche eines Nivellements unmittelbar Höhen bestimmt, aus denen dann durch Vergleich die Höhenänderungen abgeleitet wurden. Probleme ergeben sich bei diesem klassischen Ansatz durch unterschiedliche Höhenanschlusspunkte der oft mehrjährigen Messkampagnen, deren Bewegungsverhalten a priori nicht bekannt ist, und Wechsel in den Höhenbezugssystemen.

Zur Vermeidung dieser "Datumsprobleme" wurden in IKÜS-C aus den Nivellementsdaten sogenannte Doppeldifferenzen abgeleitet. Diese jetzt "datumsfreie" Information wird durch doppelte Differenzbildung von Höhenunterschieden zwischen zwei benachbarten Punkten mit einem ausreichenden Zeitintervall zwischen den Wiederholungsmessungen gebildet.

Bei GPS-Zeitreihen liegen direkt und mit hoher Präzision die zeitlichen Veränderungen vor, auch wenn die absolute Position der Station nicht oder weniger genau bestimmt ist. Allerdings sind bei GPS-Daten durch oftmals erforderliche Wechsel der Antennen Offsets im Bewegungsmodell zu berücksichtigen.

b) Lineares, flächenhaftes Bewegungsmodell

Für die zu erwartenden Bewegungen der angemessenen Punkte wurde ein lineares Bewegungsmodell angesetzt. Dieser Ansatz nur linearer Veränderungen ist für den im geologischen Maßstab sehr kurzen hier betrachteten Zeitabschnitt von ca. 100 Jahren sicher gerechtfertigt. Allerdings werden anthropogene Einflüsse bisher nicht berücksichtigt, die z.B. durch Bergbauaktivitäten wie im Groninger Gasfeld und weitere aktive Öl- und Gasgewinnungen in der Region oder ggf. durch Ausbaggerungsarbeiten verursacht

sein können.

Zusätzlich sind saisonale Bewegungen mit in das Auswertemodell aufgenommen worden, was sich für einige küstennahe Punkte als sinnvoll erwiesen hat. Eine Besonderheit im Auswerteansatz ist der Anspruch, flächenhafte Aussagen über die Bewegungen zu machen, d.h. geschlossene Bewegungsmuster für das gesamte Untersuchungsgebiet abzuleiten. Da die kontinuierlichen GPS-Informationen nur punktuell vorliegen und die Nivellements auch nur linienweise vorliegen, musste für diese räumliche und zeitliche Interpolation ein mathematischer Ansatz gewählt werden. Als geeignet erwies sich die Nutzung von Radialen Basisfunktionen (RBF), die in diesem Projekt in Form einer Gauß'schen Glockenkurve angesetzt wurde. Die Höhe der Glockenkurve entspricht den Geschwindigkeiten und wurde durch Approximation bestimmt, die Wirkungs- oder Interpolationsweite wurde vorgegeben.

Ergebnisse

Aufgabe des Projektes IKÜS-C war eine strenge Kombination der aufbereiteten Datensätze aus GPS und Nivellement unter Beachtung der bisher dargelegten Grundsätze für die Modellbildung unter Verzicht auf die schleswig-holsteinische Nordseeküste wegen mangelnder GPS-Daten.

Das Ergebnis ist in der beigefügten Abbildung zusammengefasst worden. Die Höhenänderungen in der Dimension mm/Jahr sind unter Nutzung der RBF flächenhaft interpoliert worden. Als Referenzpunkte wurden als stabil eingestufte GPS-Stationen im

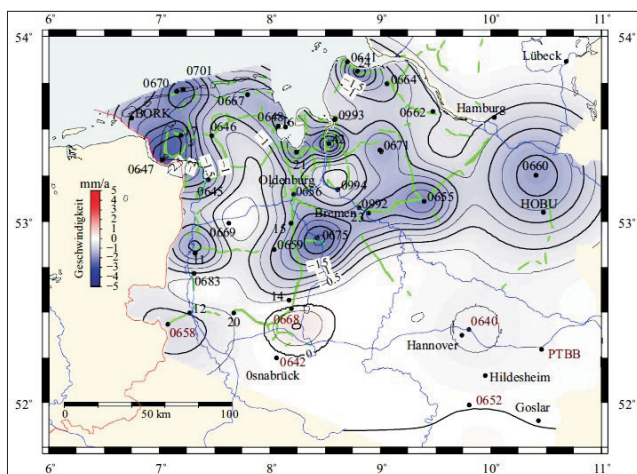


Abbildung 1:
IKÜS-Ergebnis: Höhenänderungen aus strenger
Kombination von GPS-Zeitreihen und Nivellementsdaten

südlichen Niedersachsen angesehen. Es ist anzumerken ist, dass für die vorgelagerten Inseln weniger Nivellementsinformation und kaum GPS-Daten vorlagen und daher hier z.T. eher von einer Extrapolation gesprochen werden muss.

NOKIS++ - Informations- Infrastrukturen für einen Integrierten Küstengewässer- schutz (03F0412B)

Die Überwachung der Meeresumwelt am Beispiel des operationellen Sediment- und Habitatmonitorings

Dr. Hans-Christian Reimers

Landesamt für Natur und Umwelt Schleswig-
Holstein

Im Jahr 2004 startete das vom KFKI und BMBF bis 2008 geförderte F&E-Vorhaben NOKIS++ (Informationsinfrastrukturen für Nord- und Ostseeküste) mit 14 Partnern aus den Landes- und Bundesdienststellen der Küstenregion Deutschlands. Des Weiteren waren IT-Entwickler-Firmen und Forschungseinrichtungen maßgeblich an der Umsetzung des Projektes beteiligt.

Ziel des auf den Grundlagen des Nord- und Ostseeküsten-Informationssystems (NOKIS) aufbauenden Vorhabens war es, in 2 Teilprojekten Informationsinfrastrukturen für eine integrierte Küstenhydrographie und für einen integrierten Küstengewässerschutz zu entwickeln. Diese basieren im Wesentlichen auf standardkonformen Metadaten (ISO 19115), Web-Services (ISO, OGC) und der Vernetzung von Informationen. Die technischen Aspekte dieser Entwicklungsarbeiten wurden bereits in früheren Ausgaben des KFKI-Aktuell beschrieben (KFKI-Aktuell 6 (2) 2006 und 7 (1) 2007).

Um die Veranlassung für das Teilprojekt Informationsinfrastrukturen für einen integrierten Küstengewässerschutz darzustellen, ist es erforderlich, einen Blick in die Entwicklung des marinen Monitorings zu wagen.

Schon 1976 wurde mit den "Empfehlungen für ein Wassergüte-Messnetz in den Küstengewässern der

Bundesrepublik Deutschland“ mit dem koordinierten Monitoring in Deutschland begonnen. Seit dieser Zeit sind der Bund und die Länder in Überwachungsprogramme wie OSPAR, HELCOM, TMAP und das Bund/Länder-Messprogramm mit eingebunden. Der Schwerpunkt dieser Programme liegt in den Messungen der Hydrographie, des Nährstoffhaushaltes, der chemischen Belastungen und deren Auswirkungen auf die Meeresumwelt und deren Lebensgemeinschaften.

Durch die Flora-Fauna-Habitat-Richtlinie (FFH), die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) sind weitere Aufgabenfelder in der Überwachung und Bewertung der Meere hinzugekommen. Zukünftig müssen nicht nur biologische und physikalisch-chemische Qualitätskomponenten (Messgrößen) untersucht werden. Im Fokus des sogenannten hydromorphologischen und Habitat-Monitorings stehen neben der Messung von Strömungen, Seegang und der Topographie vor allem die Erfassung der Verteilung und Beschaffenheit der marinen Sedimente und Substrate. Diese wurden im Gegensatz zur Hydrologie und Morphologie bisher nur im Rahmen von Forschungsprojekten und Umweltverträglichkeitsuntersuchungen betrachtet und nicht im operativen Einsatz überwacht. Zudem erfolgte dies meist nur für Teilbereiche und nicht flächendeckend, wie es das Monitoring für die o.g. europäischen Richtlinien erfordert.

Zur Bewältigung dieser Aufgabe stehen uns neben den traditionellen Probenahmeverfahren und Kartiermethoden seit vergleichsweise kurzer Zeit technische Methoden zur Verfügung, die helfen die lokalen Untersuchungen zu einem flächendeckenden Gesamtbild des Seegrundes und der Meeresumwelt zusammenzufügen. Hierzu zählen insbesondere die Sonar- und Echolottechniken, die Satelliten- und Flugzeuggestützte Fernerkundung, wie auch der Verwendung numerischer Modelle.

Durch den Einsatz multi- und hyperspektraler Fernerkundungsmethoden wird der trockenfallende Meeresboden mit bis zu 160 spektralen Kanälen erfasst. Spezielle Computerverfahren ermöglichen es, die jeweiligen spektralen Anteile zu separieren (entmischen) und spezifischen Sediment- und Besiedlungsklassen zuzuordnen. Dies ist in vergleichbarer, jedoch akustischer Weise auch mit Echolot- und Sidescan-Sonar-Verfahren möglich, mit denen man

nicht nur die genaue Wassertiefe, sondern mittels aufwendiger hydroakustischer und statistischer Verfahren auch die Beschaffenheit der Sedimente und die Art ihrer Besiedlung bestimmen kann.

Am Beispiel des seit einigen Jahren auf dem Laborschiff “MS Haithabu” eingesetzten Seegrundklassifizierungssystems Echoplus wurde gezeigt, dass die eigentlichen Messungen relativ automatisch und weitgehend unabhängig von den sonstigen Messaufträgen erfolgen können. Das Verfahren ist somit hervorragend für den operationellen Einsatz im Routinemonitoring geeignet.

Im Postprocessing mit dem Java Sedimentklassifizierungstool “Jedi” werden die Raum-, Zeit- und Qualitätsinformationen der Ergebnisse automatisch abgeleitet und unmittelbar im Arbeitsprozess mit ISO-konformen Metadaten entsprechend dem NOKIS Küstenzonen- und Monitoringprofil beschrieben (s.a. KFKI-Aktuell 6 (1) 2006). Diese werden danach auf einem zentralen Server www.nokis.org hochgeladen und stehen dort ab Frühjahr 2009 sowohl für Recherchen, den Zugang zu den Daten, wie auch für die weitere Monitoring- und Maßnahmenplanungen in einem geschlossenen Workflow zur Verfügung (s. Abbildung 1).

Das Projekt NOKIS++ hat damit einen wertvollen Beitrag zur datentechnischen Optimierung und Operationalisierung des marinen Monitorings vor dem Hintergrund nationaler und internationaler Richtlinien zum Schutz der Meere geleistet.

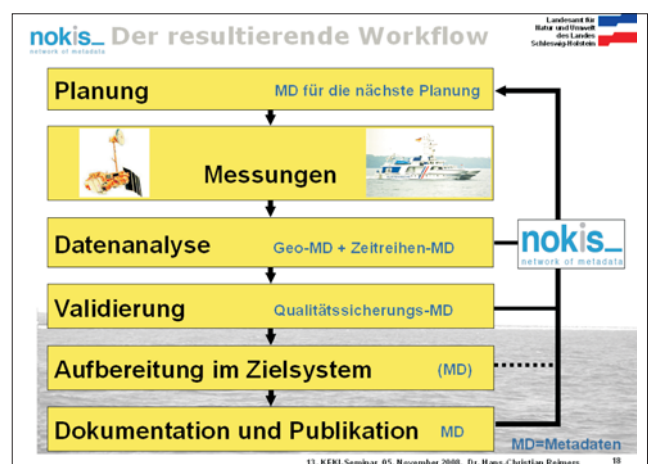


Abbildung 1:
Die verschiedenen Bestandteile des marinen Monitorings werden durch die NOKIS++-Entwicklungen nicht nur unterstützt und ergänzt, sondern zu einem Metadaten gestützten, operationellen Workflow zusammengeführt.

MUSTOK - Modellgestützte Untersuchungen zu extremen Sturmflutereignissen an der Deutschen Ostseeküste (03KIS052-54)

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen

Dipl.-Ing. Christoph Mudersbach

Universität Siegen, Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)

Dr.-Ing. Peter Fröhle

Dipl.-Ing. Christian Schlamkow

Universität Rostock, Institut für Umweltingenieurwesen, FG Küstenwasserbau

Prof. Dr. Roberto Mayerle

Gerd Bruss

Christian Albrechts Universität Kiel, Forschungs- und Technologiezentrum Westküste (FTZ)

Für die Bemessung von Küstenschutzbauwerken bilden die Abschätzungen von möglichen Extrembelastungen durch Wasserstand und Seegang eine wesentliche Grundlage. Dabei kann in aller Regel nicht die größte anzunehmende Belastung als Bemessungsgröße verwendet werden, jedoch lassen sich hieraus und aus beobachteten Daten technisch und volkswirtschaftlich sinnvolle Bemessungsgrößen ableiten. Da ein Deich im Wesentlichen durch den Wasserstand und Wellen belastet wird, müssen auch Kombinationen dieser Parameter untersucht werden.

Um zum einen mögliche extreme Wasserstände und zugleich Kombinationen aus Wasserstand und Seegang zur Ermittlung maßgebender Bemessungsparameter ableiten zu können, wurde ab dem Jahr 2005 das KFKI-Verbundprojekt Modellgestützte Untersuchungen zu extremen Sturmflutereignissen an der Deutschen Ostseeküste (MUSTOK) mit einer Laufzeit von 3,5 Jahren vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Das Verbundprojekt MUSTOK besteht aus den drei Teilvorhaben:

- MUSE Ostsee (Ziel: Abschätzung möglicher Extremwasserstände und Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeiten)
- SEBOK A (Ziel: Ableitung maßgebender Bemessungsparameter für Küstenschutzwerke an der Küste Schleswig-Holsteins)
- SEBOK B (Ziel: Ableitung maßgebender Bemessungsparameter für Küstenschutzwerke an der Küste Mecklenburg-Vorpommerns)

MUSE Ostsee

In dem Teilvorhaben MUSE Ostsee wurden physikalisch mögliche Extremwasserstände auf Basis einer Systemkette numerischer Modelle (DWD – GKSS – BSH) für die gesamte Deutsche Ostseeküste abgeleitet. Die katastrophale Sturmflut vom 12./13. November 1872 konnte erstmalig mit modernen Simulationsmodellen mit guter Übereinstimmung hinsichtlich der erreichten Extremwasserstände rekonstruiert werden. Dies kann auch die Sturmflutvorhersagen weiter verbessern.

Es zeigt sich, dass zum gegenwärtigen Zeitpunkt Sturmflutwasserstände, die deutlich über dem Extremereignis vom 12./13. November 1872 liegen, wenig wahrscheinlich sind. Die Ergebnisse zeigen jedoch regionale Unterschiede. Durch die Einbeziehung von modellierten Extremwerten, historischen Ereignissen und regelmäßig aufgezeichneten Sturmflutwasserständen kann die Extremwertstatistik verbessert werden (Abbildung 1), womit Eintrittswahrscheinlichkeiten belastbarer angegeben werden können. Die Eintrittswahrscheinlichkeit des Extremereignisses von 1872 am Pegel Travemünde kann nach den aktuellen Untersuchungen mit einer Jährlichkeit von $T = 3.400$ bis 7.000 Jahren angegeben werden.

SEBOK A

Im Teilprojekt SEBOK A wurde einer Methode für die Bemessung künftiger, sowie für die Sicherheits-einschätzung bestehender Küstenschutzanlagen, basierend auf der Abschätzung extremer Küstenbelastungen, entwickelt. Insgesamt wurden ca. 60 der im Teilprojekt MUSE Ostsee generierten Stürme

mit hohem Sturmhochwasserpotential, sowie die meteorologische Rekonstruktion der historischen Sturmflut von 1872 verwendet, um mit einer Modellkette schrittweise die erzeugten Wasserstände und Seegangshöhen zunächst auf überregionaler Ebene und schließlich entlang der gesamten deutschen Ostseeküste lokal sehr hoch aufgelöst abzuschätzen.

Die verwendeten Modelle basieren auf der Modellfamilie des "Danish Hydraulic Institute". Sie wurden mit Hilfe von Messdaten kalibriert und verifiziert, und weisen gute Übereinstimmung mit den Naturdaten auf. Auf überregionaler Ebene, d.h. im Bereich der gesamten Ostsee, wurde ein dreidimensionales Strömungsmodell mit einem tiefengemittelten spektralen Seegangmodell gekoppelt. Auf lokaler Ebene wurden hochauflösende Profilmodelle verwendet, um die morphologische Auswirkung der Szenarien sowie die räumliche Entwicklung von Seegang und mittlerem Wasserstand bis an den Strand berechnen zu können. Diese küstenahen Modelle werden an den offenen Rändern mit den Ergebnissen der überregionalen Modelle in Form von Wasserstands- und Seegangszeitreihen angetrieben.

Je nach örtlich maßgebendem Belastungsfall können die zeitlichen Verläufe von Energieeintrag oder Wellenaufbau zwischen Szenarien und rekonstruiertem Referenzereignis von 1872 verglichen und damit die lokal jeweils höchsten Belastungen bestimmt werden. Auf diese Weise kann sowohl eine iterative Bemessung als auch eine Sicherheitseinschätzung bestehender Strukturen, die auf Basis des Ereignisses von 1872 bemessen wurden, erfolgen.

SEBOK B

Ziel der Untersuchungen im Vorhaben SEBOK B ist die Entwicklung, Verifikation und Anwendung einer Methodik zur Ermittlung maßgebender hydrodynamischer Eingangsdaten als Grundlage für den Entwurf und die Bemessung von Küsten- und Hochwasserschutzbauwerken im Bereich der deutschen Ostseeküste. Dabei wurden die Eingangsdaten für die Bemessung auf der Grundlage möglichst umfassender Zeitserien der hydrodynamischen Parameter bestimmt. Diese Zeitserien wurden für Wind- und Wasserstandsdaten aus Messungen und für Seegangsdaten mittels Wind-Wellen-Korrelationsrechnungen und Langzeit-Seegangssimulationen (bis

zu 55 Jahren) gebildet.

Aus den Zeitserien wurden die Bemessungsparameter Wasserstand, Dauer einer Sturmflut und Seegangparameter (Wellenhöhe, Wellenperiode, Wellenanlaufzeit) abgeleitet und mit Methoden der Extremwertstatistik untersucht. Für die Kombinationen der Bemessungsparameter wurden kombinierte Eintrittswahrscheinlichkeiten berechnet, die eine Grundlage für die Bemessung von Küstenschutzanlagen und die Bewertung von Deichsicherheiten bilden können.

Im Rahmen der Projektbearbeitung werden zusätzlich ein Vergleich der im Projekt MUSTOK verwendeten numerischen Modelle durchgeführt, sowie die unterschiedlichen methodischen Ansätze zur Ermittlung maßgebender Bemessungsparameter anhand eines Fallbeispiels intensiv diskutiert.

Workshop

Am 4. und 5. März 2008 fand ein Workshop zum Projekt MUSTOK mit dem Titel "Sturmflutgefährdung der Ostseeküste" an der Universität Rostock statt. Über 100 Fachkolleginnen und Fachkollegen aus Wissenschaft und Praxis und Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung nahmen an dem Workshop teil. Das Ziel der Veranstaltung war es, die Ergebnisse insbesondere hinsichtlich ihrer Praxisrelevanz mit einer breiten Fachöffentlichkeit zu diskutieren.

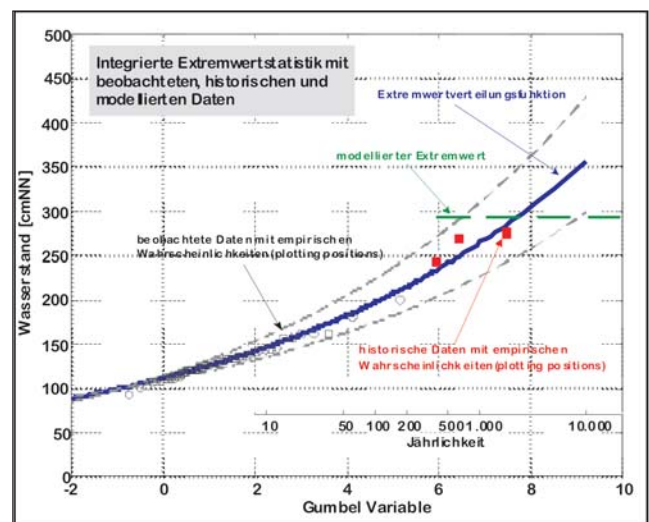


Abbildung 1:
Schematische Darstellung der integrierten
Extremwertstatistik

MudSim - Numerische Simulation von Flüssigschlick (03KIS066-67)

Rheologische Untersuchungen und Parametrisierungen

- Aufbau eines isopyknischen Modells -

Denise Knoch

Bundesanstalt für Wasserbau

Kristina Terheiden

Prof. Dr.-Ing. habil. Andreas Malcherek

Universität der Bundeswehr München, Institut für Wasserwesen - Hydromechanik und Wasserbau

Einleitung

Fortschreitende Ausbaumaßnahmen der Seeschiff-fahrtsstraßen haben in vielen Gebieten zu einer ansteigenden Verschlickungsproblematik in Häfen, Hafenzufahrten und auch teilweise in Fahrrinnenabschnitten geführt. Die Behebung und Beseitigung der Verschlickung und deren Auswirkungen ist sehr kostenintensiv. Aus diesem Grund ist es Ziel des Projektes, ein numerisches Verfahren zur Simulation der Dynamik von Flüssigschlick (Entstehung, Deposition, Transport, Fluidisierung, Resuspension, Konsolidierung) zu entwickeln. Mit diesem Verfahren soll das Verhalten von Flüssigschlick prognostiziert werden und zur Optimierung von Unterhaltungsmaßnahmen in Häfen und Ästuaren dienen.

Methoden

Grundlegend für die Entwicklung neuer Methoden zur numerischen Simulation von Flüssigschlick ist die Erforschung der rheologischen Eigenschaften von Flüssigschlick und die Bestimmung der charakterisierenden Parameter zur Beschreibung von Flüssigschlick.

Einer der wichtigsten charakterisierenden Parameter für das Verhalten von Flüssigschlick ist der Feststoffgehalt, bzw. die sich dazu proportional verhaltende Dichte. Dieser Parameter wird für die numerische Modellierung zur Differenzierung von rheologischem Verhalten genutzt. Der Wasserkörper mit Flüssigschlick wird dabei in Schichten gleicher Dichte unterteilt bei gleichzeitiger Annahme einer

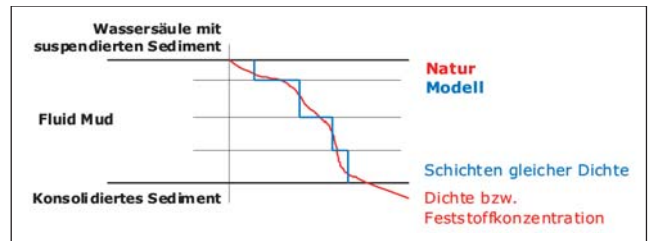


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Dichteapproximation

stabilen Schichtung (siehe Abbildung 1). Diese Schichten gleicher Dichte werden Isopyknen genannt. Das numerische Modell MudSim erhält neben der isopyknischen/dichteabhängigen vertikalen Auflösung auch eine dreidimensionale Diskretisierung mit statischen z-Schichten, somit kann in jeder Dichteschicht ein dreidimensionales Geschwindigkeitsfeld bestimmt werden. Jeder dieser Dichteschichten wird ein bestimmtes rheologisches Verhalten (Newtonsches, Nicht-Newtonsches Fluid) zugeordnet (siehe Abbildung 2).

Die Entwicklung des MudSim-Modells basiert auf einem hydrodynamischen isopyknischen Modell, welches von Prof. V. Casulli (Department of Civil and Environmental Engineering, University of Trento) zur Verfügung gestellt wurde. Die wesentlichen Erweiterungsschritte zur Simulation von Flüssigschlick sind

- Integration des Nicht-Newtonschen Spannungstensors / Approximation für das rheologische Verhalten von Flüssigschlick
- Integration von Feststofftransport
- Massenaustausch zwischen den Schichten gleicher Dichte.

Ausblick

Weitere Forschungs- und Untersuchungsschwerpunkte werden neben der zuvor genannten Weiterentwicklung des numerischen Modells die Untersuchung des Einflusses der Turbulenz auf das

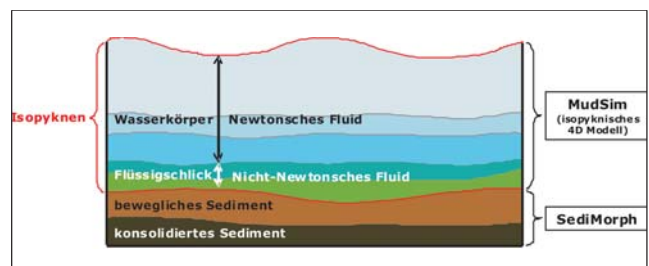


Abbildung 2: Schematische Darstellung des isopyknischen MudSim-Modells und dem Sedimenttransport Modell SediMorph

rheologische Verhalten von Flüssigschlick und der Aufbau eines schematischen Hafenmodells im Labortechnischen Maßstab sein.

Doktoranden-Schulungen

Im Rahmen des MudSim-Projektes werden Seminare an der Universität der Bundeswehr in München sowie bei der Bundesanstalt für Wasserbau in Hamburg durchgeführt, die der Fortbildung von Doktoranden und Nachwuchsmitarbeitern dienen. Folgende Seminare fanden bis jetzt statt bzw. sind für die nächsten Monate geplant:

- Die Cauchygleichungen als Grundlage der rheologischen Modellierung (20.-22.2.2008)
- Modulare Programmierung (26.-28.11.2008): Wissenstransfer aus der Praxis - modulares, wissenschaftliches Programmieren in Fortran90
- Rheologie granularer Suspensionen (Feb. 2009)

Sturmflutwarndienst des NLWKN für die niedersächsische Küste

Dipl.-Ing. Hans-Gerd Coldewey

Nds. Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz

Einführung

Früher waren Gefährdungslagen durch Sturmfluten oft nicht rechtzeitig oder nur mit zu geringer Vorwarnfrist zu erkennen. Ab 1998 konnte der Deutsche Wetterdienst (DWD) flächenhafte Wetterdaten aus seinem globalen Wettervorhersagemodell GME bereitstellen (DWD, 2007).

Mit dem Abruf der Windfelder, die der DWD über einen Server in Offenbach bereitstellt, wurde der Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz NLWKN (1998, damals NLWK) erstmals in die Lage versetzt, die Windentwicklung über der gesamten Nordsee mit einer Vorlaufzeit bis zu 5 Tagen vorausschauend auszuwerten und vorsorglich vor drohenden Sturmflutgefahren zu warnen.

Der Inselschutz, den das Land als Träger der Deicherhaltung wahrnimmt, benötigt für die Planung seines Personal- und Geräteeinsatzes vorausschau-

ende Wetter und Tidewasserstandsinformationen - insbesondere an Wochenenden. Dies gilt auch für die Vorlandbewirtschaftung und Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen im Einflussbereich der Tide. Auch benötigt der Betrieb der Sperrwerke Angaben zur Wasserstandentwicklung. Der Betriebsplan des Emssperwerk gibt z.B. vor, dass Wetterlagen, die Sturmflutwasserstände mit mehr als 1,5 m Erhöhung über Mittlerem Tidehochwasser (MThw) zur Folge haben, frühzeitig verfolgt werden. Auch sonstige Sperrwerksschließungen z.B. zwecks Aufstaus der Ems für Schiffsüberführungen erfordern langfristige Vorbereitungen und mehrtägige Vorhersagen der Tidewasserstände und der Niederschläge. Wunsch der Landkreise und seiner Katastrophenstäbe ist es, dass sie Hinweise auf Sturmflutgefahren möglichst mit einem Tag Vorlauf bekommen, damit rechtzeitig Dienstbereitschaften eingerichtet werden können. Im Sommer sind die Inselgemeinden und auch touristische Einrichtungen an der Küste auf Warnhinweise angewiesen, wenn die Gefahr besteht, dass Strände und Vorländer überflutet werden.

Verfahrensablauf des Sturmflutwarndienstes

Der Ablauf der Sturmflutvorhersage des NLWKN erfolgt in mehrstufiger Beobachtung und Beurteilung der Wind- und Stauentwicklung. Die Windfelddaten werden mit Hilfe des Programms "KÜSTE" des DWD online vom DWD-Server abgefragt und in eine Programmanwendung übernommen. Diese Anwendung enthält windrichtungsabhängige empirische Ansätze für die Stauermittlung. Als Ergebnis werden Stauganglinien für den Bereich der Ostfriesischen Inseln (Norderney) und Küste (Emden) und Elbemündung (Cuxhaven) ausgegeben. Diese überlagert mit den mittleren Tidekurven - ergeben dann die Sturmflutwasserstände. Zusätzlich werden bei leichten Sturmfluten die astronomischen Abweichungen berücksichtigt. Mit zunehmender Schwere einer Sturmflut nimmt jedoch der astronomische Einfluß ab (Dick, 2000). Er ist bei sehr schweren Sturmfluten vernachlässigbar (Niemeyer, 2001).

Die Windstauansätze berücksichtigen unterschiedliche Wirkungen bei der Änderung der Windgeschwindigkeiten:

Ist eine Abnahme des Windfeldes bereits vor Thw zu erwarten, nimmt der Windstau entsprechend ohne Verzögerung ab. Bei einer Zunahme des Windes wird

mit einem gewissen Nachlauf der Stauzunahme gerechnet.

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Entwicklung langfristig und großräumig verfolgt und die Prognose mit abnehmender Vorlaufzeit genauer wird.

Trends und Veränderungen von bis zu 16 Windvorhersagen werden erkannt und in die Stauvorhersage einbezogen.

Zudem finden Stauprognosen anderer Institutionen, wie dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie und Rijkswaterstaat der Niederlande, wenn sie verfügbar sind, Eingang in die Entscheidung, die insbesondere bei abweichenden Ergebnissen sorgfältig abzuwägen ist.

Das Ergebnis der Auswertung wird in einer Mitteilung des Sturmflutwarndienstes zusammengefasst. Angegeben werden die Abweichungen des erwarteten Scheitelwasserstandes zum MThw an den Leitpegeln Norderney, Emden und Cuxhaven.

Die Meldungen werden in Abhängigkeit der Gefährdungslage an die betroffenen Betriebsstellen des NLWKN versendet. Auch die Mannschaft des Emssperrwerkes erhält regelmäßige Nachricht.

Der bis zu 5-tägige Vorlauf erlaubt eine erste Einschätzung potentieller Gefahren und gegebenenfalls die Vorplanung notwendiger Dienstbereitschaften. Bestätigt sich die Prognose anhand bereits zuverlässigerer Daten zur Wind- und Stauentwicklung werden auch die Landkreise, Deichachten und Inselkommunen über die Gefährdungslage informiert.

Außerdem kann die interessierte Öffentlichkeit die Sturmflutentwicklung aus dem Internet entnehmen <http://www.nlwkn.de>, unter "Aktuelles", "Warndienste" und "Sturmflutwarndienst im NLWKN").

In der letzten Phase einer Sturmflut werden die windbasierten Vorhersagen durch Stauextrapolation über Vorlaufpegel und durch Einzelbeobachtung der Pegelwerte und Ermittlung der Abweichung der Tidewasserstände von der mittleren bzw. von der astronomischen Tidekurve abgeglichen.

Als Vorlaufpegel dienen die Pegel der westfriesischen Inseln Terschelling, Wierumergronden und Huibergat. Diese werden über das MFPS-System des Rijkswaterstaats abgefragt und ausgewertet. Etwa 5 Stunden vor Tidehochwasser bei Norderney kann zum

Beispiel der Stau der ersten Flutphase aus den Niederlanden für die Ostfriesischen Inseln hochgerechnet werden. Dabei werden die vorhergesagten Stauhöhen auch mit den vor Ort eingetretenen Wasserständen abgeglichen. Diese lokale Kontrolle der Wasserstände ist sehr wichtig, da die Wasserstandsentwicklung die Gesamtwirkung aller lokalen Einflüsse enthält und mit höherer Genauigkeit verfolgt werden kann. So sind z.B. für den Betrieb der Sperrwerke an der Weser zusätzlich lokale Dienste tätig.

Wegen ztw. vorkommender Ausfälle der vorhandenen Pegelübertragung werden verschiedene Datenübertragungsmöglichkeiten genutzt. Außerdem werden über die Internetseiten des NLWKN (URL: <http://www.nlwkn.de>, unter "Aktuelles" und "Aktuelle Messungen") Daten von acht niedersächsischen Küstenpegelstationen bereitgestellt. Die vorsorglichen Stauvorhersagen werden an Beispielen erläutert.

Qualitätssicherung

Die Vorhersagen und eingetretenen Wasserstände werden im Rahmen einer Qualitätssicherung erfasst und in einer Datenbank zusammengestellt. Bei Sturmflutereignissen werden außerdem alle wichtigen Informationen, Warnungen und Telefonate in einem Logbuch registriert. Die Qualitätssicherung dient der objektiven Einschätzung der Vorhersagegenauigkeit in Abhängigkeit der Vorlaufzeit zum vorhergesagten Scheitelwasserstand. Die auf meteorologischen Vorhersagen basierenden Vorhersagen hängen von der Qualität der Windfeldvorhersagen ab, deren Genauigkeit i.d.R. mit der Aktualität der Datenlage zunimmt.

Einordnung der Sturmfluten

Die Einordnung von Sturmfluten ist in der DIN 4049, Teil 1, Nr. 3.3.50 bis 3.3.53, geregelt. Demnach sind Tidehochwasserstände mit der mittleren jährlichen Häufigkeit von 10 und seltener als Sturmfluten zu bezeichnen. Die Sturmflutgrenzen werden erläutert.

Ausblick

Das empirische Vorhersageverfahren des NLWKN soll unter Einbeziehung von nachgerechneten Windfeldern vergangener Sturmfluten und von Pegelmessungen weiterentwickelt werden. Einbezogen

werden sollen die Pegel Borkum, Norderney, Emden, Bengersiel, Alte Weser, Wilhelmshaven, Bremerhaven und Cuxhaven. Mit den Daten soll versucht werden, ein neuronales Netz aufzubauen, mit dem die Hauptkomponenten der Wasserstände und der Windfelder analysiert werden. Voraussetzung dafür ist, dass geeignete Windfelddaten zur Verfügung stehen. Im Rahmen des KFKI-Projektes MOSES wurden Vorhersagerechnungen mit den DWD-Modellen durchgeführt, die auf Reanalysedaten (ERA-40) des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersagen (EZMW) beruhen (Frank et al, 2006). Hierzu sind weitere Untersuchungen angedacht.

Literatur

Deutscher Wetterdienst: Globalmodell GME
<http://www.dwd.de/de/FundE/Analyse/Modellierung/model.htm>, Stand Juli 2007

Frank, H.P. et al: Hindcasts of historic storms with the DWD models GME, LMQ and LMK using ERA-40

realyses, ECMWF - Newsletter No. 109 - 2006

Coldewey, Hans-Gerd: Vorsorglicher Sturmflutwarndienst des NLWKN - Erfahrungsbericht aus dem Winterhalbjahr 2006/2007

Dienstbericht Dick, Stephan: Die Sturmflut am 3. Dezember 1999 - Fallstudien mit dem Windstaumodell des BSH, Vortrag BAW-Kolloquium am 16.11.2000

Gönnert, Gabriele: Windstauanalysen in der Nordsee, Schlussbericht KFKI-Projekt, 1999

Niemeyer, Hanz-Dieter: Zur Klassifikation und Häufigkeit von Sturmfluten, Jahresbericht Forschungsstelle Küste Bd. 38, Oktober 1986

Niemeyer, Hanz-Dieter: Bemessung von See- und Ästuardeichen in Niedersachsen, Die KÜSTE, Heft 64, 2001

NLWKN: URL: **<http://www.nlwkn.de/>**, "Aktuelles", "Warndienste" und "Sturmflutwarndienst im NLWKN"

Veranstaltungen

12.-13.3.2009	3. Symposium Sicherung von Dämmen, Deichen und Stauanlagen , Universität Siegen info: http://www.uni-siegen.de/fb10/subdomains/geo/veranst/veranst/flyer_daemme_2009_1.pdf
12.-13.3.2009	Dresdner Wasserbaukolloquium "Wasserkraftknutzung im Zeichen des Klimawandels" , Technische Universität Dresden info: http://www.iwd.tu-dresden.de/Resources/Colloquium2009/Call_for_Papers_E_Wasserbaukolloquium_2009.pdf
30.3.-2.4.2009	2. Internationales Symposium zur Wasserwirtschaft , Messe Berlin info: http://www1.messe-berlin.de/vip8_1/website/Internet/Internet/www.wasser-berlin/deutsch/index.html
28.4.2009	Neubau der Kaiserschleuse in Bremerhaven - Baustellentag , Conference Center SAIL CITY, Bremerhaven info: http://www.htg-online.de/ ->Veranstaltungen
25.5.2009	Climate Change in the southern Baltic region , Szczecin, Polen info: http://www.baltex-research.eu/SZC2009/

Impressum

Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen
c/o Bundesanstalt für Wasserbau
Wedeler Landstrasse 157
22559 Hamburg

KFKI-Geschäftsstelle
t +49 (0) 40-81908-392
f +49 (0) 40-81908-578
kfk-sekretariat@baw.de
<http://kfk.baw.de>

KFKI-Bibliothek
t +49 (0) 40-81908-378
f +49 (0) 40-81908-578
kfk-bibliothek@baw.de
webOPAC <http://kfk.baw.de/OPAC>