



Editorial

Plädoyer für die kooperative Modellierung

Aufgabe der KFKI-Forschung ist es, drängende Fragen aus der Küstenzone aufzunehmen und die erforderliche Forschung und Entwicklung auf den Weg zu bringen. Im Rahmen der KFKI-Forschung befassen sich die wissenschaftlichen Institutionen häufig mit der Beschreibung, Analyse, Diagnose und Prognose der physikalischen Prozesse und Wechselwirkungen zwischen der Dynamik der Küstengewässer und den Objekten zur Sicherung und wirtschaftlichen Nutzung der Küste. Derzeit werden vermehrt Fragen zum Sedimenthaushalt und zum Sedimentmanagement sowie zur morphologischen Entwicklung der in ihrer hydrodynamischen Beanspruchung und in ihrem Charakter sehr verschiedenen Küstengebiete gestellt. Die Dringlichkeit einzelner Fragestellungen, die aktuell z.B. am Ems- und Elbeästuar bestehen, wird sich durch die Einbeziehung möglicher Folgen des Klimawandels verstärken. Bereits durch einen beschleunigten Anstieg des mittleren Meeresspiegels können über komplexe Wirkpfade erhebliche nachteilige Veränderungen entstehen, die man für realistische Spannen der Klimaentwicklung untersuchen und einschätzen muss. Damit können Planungen für anstehende Maßnahmen und Investitionen im Bereich der Küstengewässer im Rahmen von Alternativbetrachtungen auch in der langfristigen Wirkung im Sinne eines climate proof nachhaltig gestaltet werden. Hierbei geht es nicht allein um die Fragen eines angepassten Küstenschutzes. Es geht auch um die Gestaltung fachlich gesicherter und ökologisch vertretbarer Reaktionen auf schleichende Veränderungen, die zur Beeinträchtigung der verschiedenen Lebensbereiche und Wirtschaftssektoren an den Küsten und Ästuaren führen können.

Die optimale, für erwartete Klimaänderungen kompatible Gestaltung zukünftiger Maßnahmen setzt ein ausreichendes Systemverständnis voraus, das durch umfassende Untersuchungen der historischen, gegenwärtigen und zukünftig wahrscheinlichen Entwicklungsstufen eines Gewässersystems gewon-

nen werden kann. In diesem Zusammenhang stellt sich dem Autor die Frage, mit welchen Methoden das erforderliche Systemverständnis für die anstehenden Aufgaben weiter verbessert werden kann und vor allem wie daraus wichtige Entscheidungen für zukünftige Maßnahmen in einem kooperativen Prozess nachhaltig getroffen werden können.

Um der Forderung nach dem Fernziel eines umfassenden Verständnisses gründlich nachkommen zu können, muss man zunächst einmal akzeptieren, dass die Untersuchung der komplexen Naturprozesse an den sandigen Küsten, im Wattenmeer und in den Ästuaren eine sehr anspruchsvolle Aufgabe ist, die heute kaum mehr von Einzelpersonen vollständig und mit der erforderlichen hohen Qualität erfüllt werden kann. Die Aufgabe zwingt zu einer interdisziplinären und zur rechtzeitigen Berücksichtigung der Fragestellungen aus der Praxis auch transdisziplinären Arbeitsweise. Zur grundlegenden Erweiterung des heute gesicherten Wissens über die Naturprozesse ist es erforderlich, das bereits vielfältig bestehende Erfahrungswissen mit den Methoden und Berechnungsverfahren der verschiedenen wissenschaftlichen Fachrichtungen zusammen zu führen.

Zur Bearbeitung komplexer Fragestellungen bedient sich die Wissenschaft in zunehmendem Maße der Entwicklung und Anwendung mathematischer Verfahren, vorzugsweise in Form von Simulationsmodellen, die versuchen, die physikalischen Prozesse in der zeitlichen und räumlichen Verteilung möglichst umfassend und vollständig, mit einer möglichst exakten Beschreibung der Modelltopographie und der das System beeinflussenden Randwerte zu erfassen. Ein Modell bleibt aber – unabhängig von der erreichten Entwicklungsstufe – stets ein Ersatzsystem für das reale Natursystem. Ein wichtiges Ziel des Modellierers muss deshalb darauf ausgerichtet sein, die Unschärfen eines Modells sichtbar zu machen und die Gründe für diese Unschärfen zu untersuchen. Beispielsweise kann ein morphodynamisches Sim-

ulationsmodell die in der Natur tatsächlich auftretenden Erosionsraten in der räumlichen und zeitlichen Verteilung nicht vollkommen richtig berechnen, weil dies schon für die Verteilungen der durch Strömung und Seegang induzierten Schubspannungen und turbulenten Schwankungen nicht gelingt. Darüber hinaus gibt es noch eine Vielzahl anderer Faktoren, die zu systemimmanenten Modellunschärfen führen. In der Konsequenz ergibt sich hieraus, dass die Wissenschaft auch auf Grundlage schon sehr weit entwickelter Simulationsmodelle nur Aussagen zur Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Systemverhaltens treffen kann. Dennoch muss versucht werden, im Hinblick auf die weiter wachsenden Anforderungen an mathematische Modellierungen eine möglichst weitgehende Übereinstimmung und auch Komplementarität (im Sinne sich ergänzender Merkmale und Eigenschaften) zwischen der Natur und dem Simulationsmodell zu erreichen. Hieraus ergibt sich die Forderung nach griffigen Qualitätsmerkmalen, die ein Modell zu erfüllen hat. Ob ein Simulationsverfahren einem zweiten gleichwertig oder gar überlegen ist, kann letztlich nur festgestellt werden, wenn der Anwenderkreis mehrere mathematische Modelle einsetzt und deren Grundlagen und Ergebnisse vergleicht und kritisch hinterfragt. Mathematische Modelle sind komplexe Werkzeuge, die von Experten eingesetzt werden. Bewertungen müssen deshalb nach verabredeten, allgemein akzeptierten und dokumentierten Regeln ablaufen. Insbesondere die im konzeptionellen Modell getroffenen Annahmen sind herauszustellen. Dies dient letztlich dem Ziel, dem erzielten Modellergebnis einen nachvollziehbaren Gültigkeitsbereich zuweisen zu können.

Zur Sicherung weitreichender Maßnahmenentscheidungen sollen deshalb verschiedene Simulationsmodelle mit vollkommen unterschiedlicher Modellsoftware erstellt und von einem Anwenderkreis (nicht von Einzelpersonen) betrieben werden (Multi-Modell-Ansatz), um Unterschiede zu interpretieren, die sich aus der Verschiedenheit konzeptioneller Modelle und Implementierungen der Simulationsverfahren ergeben können.

Die Simulationsverfahren müssen über den heutigen Stand hinausgehend noch viele - oft nur kleine - Schritte weiter entwickelt werden. Dies kann besonders gut gelingen, wenn auf Grundlage integrierender Modellsysteme (integrated modelling) gearbeitet wird. Integrierende Modellsysteme zeichnen sich

durch eine Softwarearchitektur aus, die es erlaubt, spezielles Know-how und Softwarebausteine verschiedener Forscher- und Entwicklergruppen funktional und ggf. über standardisierte Schnittstellen in ein Gesamtsystem einbinden zu können. Der Ansatz soll die Auswechselbarkeit von Kernkomponenten des Modellierungssystems ermöglichen. Er soll aber auch den Multi-Modell-Ansatz unterstützen, indem zum Beispiel ein möglichst einheitliches Post-Processing der Simulationsdaten die Vergleichbarkeit der Simulationsergebnisse auf Grundlage eines standardisierten Kennwertsystems ermöglicht.

Um es abschließend noch einmal mit besonderer Betonung herauszustellen: Der Multi-Modell-Ansatz und die Ausgestaltung kooperativer Anwendungs- und Entwicklungsumgebungen gewinnt an Wichtigkeit, weil Entscheidungen für Maßnahmen im Küstengebiet mehr und mehr auf der Grundlage von Modellergebnissen herbei geführt werden. Durch den Ansatz kann das Verständnis darüber, wie das in Frage stehende Gewässersystem im Inneren wirklich tickt, voran gebracht werden. Dabei werden die Modellunschärfen erkannt, Wahrscheinlichkeiten fachlich weiter abgesichert und in der Entscheidungsfindung berücksichtigt.

LRDir Dr.-Ing. Harro Heyer
Bundesanstalt für Wasserbau

Wedeler Landstraße 157 | 22559 Hamburg |
harro.heyer@baw.de

INTBEM A - Analyse bodenmechanischer Prozesse zur funktionalen Optimierung von Deichelementen(03KIS061)

Prof. Dr.-Ing. Werner Richwien

Universität Duisburg-Essen, Institut für Grundbau
und Bodenmechanik

Wie sicher sind die Deiche? Und was ist zu tun, wenn sich zeigen sollte, dass die Deiche nicht sicher sind? Das sind die immer wiederkehrenden Fragen, die im Zusammenhang mit der Klimaerwärmung gestellt werden und auf die Antworten gefunden werden müssen. Anlass für diese Frage ist bekanntermaßen die Erwartung, dass der Meereswasserspiegel in Zukunft stärker ansteigen könnte als in der bisherigen Deichbemessung vorgesehen und dass auch die Sturmfluten heftiger ausfallen könnten als das bisher der Fall war.

Die eingangs gestellten Fragen stehen also in direktem Bezug zu einer erwarteten Änderung der Einwirkungen auf unsere Deiche, sie sind nicht Ausdruck der Sorge, die vorhandenen Deiche könnten den bisher bekannten Einwirkungen nicht Stand halten. Diese Feststellung ist wichtig, sie beinhaltet nämlich erstens die Aussage, dass die derzeitige Sicherheit der Deiche vernünftigerweise nicht in Frage gestellt werden kann, solange diese ordentlich unterhalten sind. Und sie lenkt die Aufmerksamkeit zweites auf die Einwirkungen, denen die Deiche in Zukunft ausgesetzt werden, und daher ist es nicht unvernünftig, sich zunächst mit der Frage zu beschäftigen, wie sich diese Einwirkungen als Folge von Wasserspiegel- und Klimaänderungen verändern.

Das vom KFKI dankenswerterweise seit 2006 geförderte Vorhaben "Integrierte Bemessung von See- und Ästuardeichen (INTBEM)" besteht daher aus zwei direkt auf einander bezogenen Teilprojekten, nämlich dem Projekt "Mathematische Modellierung der hydrodynamischen Belastungen von Deichen (INTBEM B)", über dessen Ergebnisse Hanz-Dieter Niemeyer im nächsten Beitrag berichten wird, und dem Projekt "Analyse bodenmechanischer Prozesse zur funktionalen Optimierung von Deichelementen (INTBEM A)". Aus der Zusammenführung der Ergebnisse dieser beiden Projekte wollen wir belastbare Angaben zur Sicherheit der Deiche in Abhängigkeit von erwarteten zukünftigen Einwirkungen ableiten, und falls sich dabei ergibt, dass die Sicherheit nicht ausreicht, liefern unsere Ergebnisse die Grundlage für zielgerichtete Maßnahmen der Ertüchtigung nicht nur durch Deicherhöhungen.

Die Erfahrungen seit 1962 können dahingehend zusammengefasst werden, dass Deichversagen vor allem, wenn nicht ausschließlich, immer dann erwartet werden muss, wenn der Deich überströmt wird. Das auf der Binnenböschung ablaufende Wasser kann die Böschungsabdeckung erodieren, oder die Böschung rutscht als Ganzes ab, weil in der Kombination von Vernässung des Bodens und dem damit verbundenen oft dramatischem Festigkeitsverlust die Einwirkungen aus dem Überströmen nicht mehr aufgenommen werden können.

Das ist soweit durchaus bekannt und letztendlich der Hintergrund für die seit 1962 gültige Festlegung der Deichhöhe: Deiche sollen so hoch sein, dass der Wellenüberlauf unterhalb eines sehr konservativ gesetzten Grenzwerts bleibt, 3 % der Wellen dürfen die Deichkrone erreichen und auf der Binnen-

böschung abfließen. In anderen Bemessungsregeln für die Deichhöhe wird die Überlaufrate auf 2 l/sm begrenzt. Will man dieses Konzept des vorsorgenden Küstenschutzes beibehalten, müssten die Deiche erhöht werden, wenn ein Anstieg des Meeresspiegels zu erwarten ist, weil der Wellenüberlauf unmittelbar mit der Wasserspiegelhöhe zusammen hängt.

Nun ist die Erhöhung von Deichen aber keineswegs einfach und billig zu bekommen, auf die damit verbundenen Probleme will und kann ich hier nicht eingehen. Sie waren und sind aber Anlass für das Forschungsvorhaben, über das ich hier berichte.

Statt die Deiche zu erhöhen, wollen wir die Widerstandsfähigkeit der Binnenböschung gegen die Überströmung zahlenmäßig fassen, und sie mit den Einwirkungen vergleichen, die zu erwarten sind, wenn sich die Prognosen hinsichtlich des Anstiegs des Meeresspiegels verwirklichen. Dabei wird sich zeigen, welche Überlaufraten ein bestehender Deich verträgt, ohne dass seine Sicherheit in Frage gestellt werden muss. Sind diese kleiner als der prognostizierte Überlauf, kann die Frage nach der Sicherheit des betreffenden Deichs in Hinsicht auf den Anstieg des Meeresspiegels positiv beantwortet werden. Falls nicht, muss man überlegen, was zu tun ist. Die Deicherhöhung ist dann nur eine von möglichen Optionen, oft einfacher und genauso sicher ist eine Ertüchtigung der Binnenböschung.

Wir haben im Rahmen des Forschungsvorhabens INTBEM untersucht, nach welchen Regeln sich in der Abdeckung der Deiche Risse aus dem Schrumpfen des Bodens ergeben und wie die Rissbildung die Infiltration von Niederschlägen, aber auch von überlaufendem Wasser beeinflusst und welche Folgen das für die Festigkeit der Böden und damit für die Deichsicherheit hat. Die Ergebnisse zu dieser Fragestellung münden in einen Bemessungsansatz für die Dicke der Böschungsabdeckung, mit der die in den Deich infiltrierende Wassermenge so begrenzt werden kann, dass sie über das Deichlager, meist mit einer Deichkerndrainage abgeführt werden kann.

Des Weiteren haben wir einen Ansatz entwickelt, mit dem die Erosion beim Wellenüberlauf angegeben werden kann, und zwar in Abhängigkeit vom spezifischen Erosionswiderstand des Bodens und der Schutzwirkung der Grasnarbe.

Und schließlich haben wir den Schädigungsmechanismus des Abrutschens der Böschungsabdeckung auf der Binnenböschung untersucht, aus diesem folgt eine Qualitätsanforderung für die

Verdichtung der Böschung und für die Grasnarbe. Mit diesen Ansätzen kann dann die Sicherheit für einen bestehenden Deich zahlenmäßig angegeben werden, wenn ein bestimmtes Maß des Meeresspiegelanstiegs und die daraus abzuleitenden Überlaufmengen vorgegeben werden. Künftig kann also mit den Ergebnissen aus INTBEM B für jeden Deichabschnitt die zu erwartende mittlere Überlaufmenge ermittelt werden. Sodann kann geprüft werden, wie groß dann die Infiltrationsrate wird, und ob diese über die Deichkernentwässerung abgeführt werden kann. Falls das nicht der Fall ist, muss die Abdeckung dicker werden, allerdings dürfte das in den wenigsten Fällen tatsächlich erforderlich sein. Sodann wäre zu prüfen, ob die prognostizierte Erosionsrate hinnehmbar ist. Letztendlich ist zu prüfen, ob die Abdeckung hinreichend verdichtet ist und damit ihre Festigkeit ausreicht, die erhöhte Beanspruchung aus dem Wellenüberlauf aufzunehmen. Ist das nicht der Fall, ist keineswegs die Erhöhung des Deichs zwangsläufig, ebenso kann die Festigkeit der Deichabdeckung durch Nachverdichten verbessert werden.

INTBEM B - Mathematische Modellierung der hydrodynamischen Belastung von Deichen (03KIS062)

Cordula Berkenbrink

Ralf Kaiser

Hanz-Dieter Niemeyer

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz -
Forschungsstelle Küste

Einleitung

Im Rahmen des vom BMBF finanzierten KFKI-Forschungsprojekts INTBEM ("Integrierte Bemessung von See- und Ästuardeichen"; 03 KIS 061 und 03 KIS 062) wurden im Teilprojekt INTBEM B - 03 KIS 062 die hydrodynamischen Belastungen von Deichen mit dem mathematischen Modell OTT-1D berechnet. Das Modell ist in der Lage den Wellenauflauf und -überlauf sowie die Auf- und Rücklaufgeschwindigkeiten auf der Deichaußenböschung und die mittleren Schichtdicken des Überlaufs auf der Deichkrone zu quantifizieren. Um die Naturähnlichkeit des Modells nachzuweisen wurden mit Hilfe verschiedener Wellenkanal-

daten umfangreiche Untersuchungen zur Modellierung einfacher und komplexer Geometrien durchgeführt und Ergebnissen aus empirischen Berechnungen gegenübergestellt.

Mathematische Modellierung

Die Modellierung der hydrodynamischen Belastung wurde mit dem mathematischen Modell OTT-1D von HR Wallingford vorgenommen (Dodd, 1998 und Dodd et al., 1998). Es ist in der Lage die vollständige Überströmung eines Bauwerkes zu simulieren. Dies liegt im Wesentlichen an der Fähigkeit, mehrere voneinander getrennte Wassermassen (Auflaufzunge, überströmendes Wasser, Wasserkörper in Lee) rechentechnisch zu behandeln. Die physikalische Grundlage des Modells bilden die Flachwassergleichungen, sie werden im Küsteningenieurwesen schon länger zur Berechnung von horizontalen Meeresströmungen verwendet. Der Vorteil dieser Gleichungen liegt in ihrer rechentechnisch unkomplizierten Anwendung mit standardisierten, stabilen, schnell zu lösenden numerischen Schemata. Bei OTT-1D handelt es sich um ein phasenauflösendes Modell, das die Flachwassergleichungen über die Finite Volumen Methoden explizit löst. Es liefert ein Abbild des Wellenfeldes. Die seegangsbedingte sich transformierende Gestalt wird hochgradig zeit- und ortsauflösend beschrieben.

Im Rahmen der Untersuchungen wurde das Modell dahingehend verändert, dass es stabil auf große Modellmaßstäbe bzw. auf den Naturmaßstab anwendbar ist. Weiterhin können mit einer modifizierten Version die hydrodynamischen Belastungen auch auf der Deichbinnenböschung ermittelt werden und beliebig unterschiedliche Rauigkeitsabschnitte können im Modell implementiert werden. Diese Modifikationen schaffen die Voraussetzung für eine allgemeine Anwendbarkeit des mathematischen Modells auf Deiche und Deckwerke in naturähnlicher Form.

Zur Verifikation des Modells standen eine Reihe von Wellenkanaldaten vom Leichtweiss-Institut in Braunschweig und vom Großen Wellenkanal in Hannover zur Verfügung. Diese beinhalteten sowohl einfache Deichgeometrien als auch komplexe Deckwerke wie die von Baltrum und Norderney. Außerdem wurden Naturmessungen aus Petten in den Niederlanden zur Analyse herangezogen (Berkenbrink et al. 2008).

Ergebnisse

1. Mit dem mathematischen Modell OTT-1D können effizient und stabil die hydrodynamischen Belastungen von Deich- und Deckwerksböschungen modelliert werden. Sowohl einfache als auch komplexe Geometrien werden von dem Modell gut erfasst. Bei einem Vergleich mit den Messwerten weisen die Ergebnisse eine geringe Streuung und eine gute Übereinstimmung auf.
2. Im Rahmen des KFKI-Forschungsvorhabens "Wellenüberlaufbelastung von Deichbinnenböschungen" wurden detaillierte großmaßstäbliche Untersuchungen zu Wellenauf-, -ab- und -überlauf durchgeführt. Diese Datensätze wurden genutzt, um das Modell in Bezug auf die Schichtdicken, die Geschwindigkeiten und den Wellenüberlauf an einer einfachen Deichgeometrie zu verifizieren. Die Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Daten ist bei allen hydrodynamischen Größen sehr gut. Zur Sensitivitätsstudie wurden kleinmaßstäbliche Versuche zur Untersuchung der Streuung mittlerer Wellenüberlaufzeiten bei hydraulischen Modellversuchen aus Hannover hinzugezogen (Kanis 2008).
3. Zur Verifikation komplexer Geometrien standen klein- und großmaßstäbliche Datensätze aus den Untersuchungen zum Norderneyer und Baltrumer Deckwerk zur Verfügung. Mit diesen Datensätzen wurde nachgewiesen, dass das Modell auch bei komplexen Geometrien den Wellenüberlauf zuverlässig bestimmen kann.
4. Sämtliche Berechnungsergebnisse wurden mit Ergebnissen von diversen empirischen Formeln verglichen. Dazu wurden zum einen die auf den physikalischen Modellversuchen basierenden Gleichungen benutzt und zum anderen die allgemeinen Gleichungen des EurOtop Manuals (2007). Mit Ausnahme einer speziellen nicht übertragbaren empirischen Anpassungsfunktion ist die Abweichung und Streuung der modellierten Ergebnisse geringer als bei den Ergebnissen aus den empirischen Gleichungen.
5. Die Validierung des Modells an Hand aller Datensätze hat gezeigt, dass OTT-1D allgemeingültig anwendbar ist. Es ist eine Kalibrierungsgleichung entwickelt worden, die für alle Datensätze gültig ist. Mit der modifizierten Modellversion kann zusammen mit der Kalibrierungsgleichung der Wellenüberlauf bei beliebigen Profilen naturähnlich ermitteln.

Literatur

- Dodd, N. (1998): Numerical model of wave run-up, overtopping and generation. ASCE J. Waterways, Port, Coastal and Ocean Eng. Div., Vol. 124, Ww2
- Dodd, N., Giarrusso, C.C., Nakamura, S. (1998): ANEMONE: OTT-1d – A User Manual – Report TR 50 – HR Wallingford.
- Kanis, J. (2008): Über die Streuung von mittleren Überlaufmengen in hydraulischen Modellversuchen von Seedeichen, Diplomarbeit am Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen, Hannover.
- EurOtop Manual (2007): Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual.
- Schüttrumpf, H. (2001): Wellenüberlaufströmung bei Seedeichen – Experimentelle und theoretische Untersuchungen – Dissertation am Leichtweiss-Institut für Wasserbau, Braunschweig.

Bisherige Veröffentlichungen zum Projekt

- Witting, M. & Niemeyer, H.D. (2006): Mathematische Modellierung von Wellenauf- und -überlauf. Die Küste, H. 71. Boyens, Heide.
- Statusbericht (2007): Integrierte Bemessung von See- und Ästuardeichen. Essen, Norderney.
- Statusbericht (2008): Integrierte Bemessung von See- und Ästuardeichen. Essen, Norderney.
- Berkenbrink, C., Kaiser, R., Niemeyer, H. D. (2008): Prototype Overtopping Measurements and Model Verification. Proc 31st Int. Conf. on Coastal Eng., 3009-3019, Hamburg.

Flüssigschlick - Erweiterung eines morphodynamisch-numerischen Simulationsmodells zur Simulation der Dynamik von Flüssigschlick (Fluid Mud) im Bereich der deutschen Nordseeküste und der angrenzenden Ästuar- und Tideflüsse (03KIS065)

Dr.-Ing. Andreas Wurpts

Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen

In situ Messungen und rheologische Analysen von Flüssigschlick

Aufgrund der schnellen Entwicklung der Schiffsgrößen der internationalen Seeschifffahrt und der ständig steigenden Tiefgänge in den letzten

Jahrzehnten sind die ausreichenden Wassertiefen im Anfahrtsweg der Seehäfen an der deutschen Nordseeküste ein wesentlicher Standortfaktor geworden, der nur durch fortwährende Vertiefungen und nachfolgende Unterhaltung der Zufahrtswege dauerhaft erhalten werden kann. So fallen von den etwa 45 Mio. m³ Baggergut, die in Deutschland in den letzten Jahren jährlich durch Nassbaggerungen bewegt werden, etwa 90% im Bereich der Nordseeküste und der zugehörigen Tideflüsse an. Insbesondere im Süß-Salzwasser-Mischbereich, der Brackwasserzone, wird aufgrund der großräumigen hydrodynamischen Situation permanent ein spezielles, teilweise organisches Feinsediment angesammelt. Dieses bildet im Wasserkörper Flocken, welche eine sehr geringe und zudem mit der lokalen Sedimentkonzentration und den lokalen Strömungsbedingungen variierende Sinkgeschwindigkeit aufweisen. Hierdurch setzen sich diese insbesondere in strömungsberuhigten Zonen und zu den Kenterzeiten ab. Die Sedimentkonzentration in Sohlnähe kann dabei so hoch werden, dass man von Flüssigschllick (fluid mud) spricht, der deutlich andere Fließeigenschaften aufweist, als das darüber befindliche Wasser. Welcher Anteil der Baggeraufwendungen auf Flüssigschllick entfällt, ist nicht genau bekannt, einen Eindruck vermitteln jedoch die Erfahrungen aus dem Emdener Hafen, wo bis zur Etablierung der heutigen in situ Unterhaltungsstrategie jährlich 4,0 Mio. m³ vorrangig aus Fluid Mud bestehendes Baggergut den Häfen entnommen wurden.

Um die Unterhaltungskosten an den Tideflüssen zu minimieren, muss die Dynamik von Flüssigschllick berechenbar sein. Die hydrodynamische Situation in den sogenannten teildurchmischten Ästuaren der deutschen Nordseeküste wird geprägt durch die komplexen Interaktionen der gezeiteninduzierten Strömungen mit Dichte- und Schichtungseffekten, die auf räumlich sehr unterschiedlichen Skalen ablaufen. Der dominanteste Einfluss auf die Wasserbewegung ist die gezeiteninduzierte Bewegung des Wasserkörpers, die aus den zyklischen Wasserstandsschwankungen am seeseitigen Rand des Ästuars resultiert. Ein anderer wesentlicher Einfluss ergibt sich aus der Einmischung des Oberwasserzuflusses in das salzige Wasser der offenen See und die resultierenden Schichtungseffekte, welche von lokalen Skalen bis hin zur großräumigen baroklinen Zirkulation reichen.

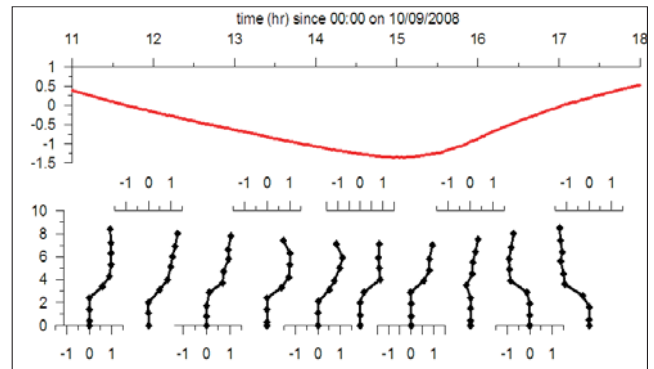


Abbildung 2:
Über einen Tidezyklus gemessene Vertikalprofile der Strömungsgeschwindigkeit in der Ems bei Soltbor

Für den Sedimenttransport im Ästuar resultiert aus der baroklinen Zirkulation die Existenz einer Trübungszone, welcher Sediment sowohl von See als auch von oberstrom zugeführt wird. Die Position der Trübungszone, in der sich Schichten aus Flüssigschllick bilden können, ist u. a. von der Oberwassermenge abhängig.

Die mechanischen Eigenschaften des Flüssigschllicks hängen stark von der Art der bakteriellen Stoffwechselprozesse darin ab. Die zunächst dominierenden aeroben Stoffwechselprozesse gehen hierbei mit zunehmendem Sauerstoffmangel in anaerobe Prozesse über. Grundsätzlich weist Flüssigschllick viskos-plastisches Materialverhalten auf, d.h. es ist fließfähig entsprechend einer komplexen Rheologie, die sowohl Scherverflüssigung als auch Thixotropie aufweist. Bezüglich der Schiffbarkeit verfügt Fluid Mud zudem über eine Fließgrenze. Die beschriebenen mechanischen Eigenschaften sind langfristig (d.h. im Zeitraum von mehreren Wochen



Abbildung 1:
Messboot "Otto" des Franzius-Instituts

und länger) unbedingt im Zusammenhang mit den biologischen Aspekten zu sehen, da diese im erheblichen Maße durch die Stoffwechselprodukte der enthaltenen Mikroorganismen beeinflusst sind: Die durch die aeroben Stoffwechselprozesse und die reduzierte turbulente Durchmischung im Fluid Mud bewirkte Sauerstoffzehrung führt mit der Zeit zur Umstellung auf anaeroben Stoffwechsel. Dies geht aufgrund der Stoffwechselprodukte mit einer deutlichen Zunahme der mechanischen Festigkeit des Flüssigschlicks einher und begünstigt letztendlich dessen dauerhafte Konsolidierung. Auch haben die anaeroben Prozesse eine Zunahme u.a. des Methangehaltes im sich verfestigenden Flüssigschlack zur Folge, so dass die effektive Dichte des betrachteten Materials auch in diesem Stadium vergleichsweise niedrig bleibt.

Zur Modellierung der vorgenannten Prozesse sind u.a. Parametrisierungen der strukturviskosen Eigenschaften des Flüssigschlacks nötig, da diese in Form eines nichtlinearen viskosen Terms in der Impulsgleichung der Suspension berücksichtigt werden müssen. Die vorgestellte Parametrisierung basierend auf dem Konzept von Gleichgewichtsfließkurven und zusätzlichen Parametern zur Beschreibung der zeitabhängigen strukturellen Festigkeit erlaubt die numerische Reproduktion im Rheometer gemessener zeitlicher Scherversuche. Der Beitrag gibt einen Überblick über die jüngsten Feldmessungen und rheometrischen Analysen im Bereich der Flüssigschlackforschung am Franzius-Institut.

Literatur

Franz, B. (2009): Rheologischer Vergleich von Flüssigschlacksuspension und synthetischer Tonmineralsuspension, Bachelorarbeit am Franzius-Institut, Hannover.

Oberrecht, D. (2009): Rheologische Analyse von Flüssigschlacksuspension aus unterschiedlichen Lokationen entlang der Ems, Bachelorarbeit am Franzius-Institut, Hannover.

Trevethan, M., Wurpts, A., Becker, M. (2009): High frequency measurements about the fluid mud boundary in the estuarine zone of the Ems river, Germany, IAHR conference paper, Vancouver.

Zorndt, A. (2009): Feldstudie zur zeitlichen und vertikalen Verteilung sedimentologischer und rheologischer Kenngrößen über den Tidezyklus der Ems, Studienarbeit am Franzius-Institut, Hannover.

OPTEL - Windstaustudien und Entwicklung eines operationellen TideElbemodells (03KIS069-03KIS072)

Dr. rer. nat. Sylvin Müller-Navarra

Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) Hamburg

Ziele des Projektes

Aufgrund des Tideinflusses benötigen Schiffe, die von der Nordsee kommend die Elbe nach Hamburg befahren, räumlich und zeitlich detaillierte Vorhersagen des Wasserstandes. Aber auch bei Bauvorhaben, für den Kraftwerksbetrieb, die Wasserbewirtschaftung und den Katastrophenschutz bei Sturmfluten sind gute Wasserstandsvorhersagen von großer Bedeutung. Für bestimmte Manöver im Hafen (z. B. Eindocken von Schiffen, Wenden sehr großer Schiffe) sind zusätzlich detaillierte Kenntnisse der tideabhängigen Strömungsverhältnisse wichtig.

Im Rahmen von OPTEL soll untersucht werden, ob mit verfügbaren hydrodynamisch-numerischen Modellen mit heutiger Rechnerleistung eine operationelle Wasserstands- und Strömungsvorhersage für die Elbe auch unter extremen Wind- und/oder Oberwasserbedingungen möglich ist. Es wird eine Kopplung mit den Modellen der Nordsee und Deutschen Bucht, die schon seit langem am BSH betrieben werden, realisiert werden. Es soll auch geprüft werden, ob eine Verlängerung des Vorhersagezeitraumes für die Wasserstandsentwicklung z.B. im Hamburger Hafen erreicht werden kann.

Partner in diesem Projekt sind BAW, BSH, HPA und DWD. Das BSH entwickelt und benutzt seit vielen Jahren operationelle numerische Modelle der Nord- und Ostsee und der Deutschen Bucht zur Vorhersage von Wasserstand und Strömung und anderer physikalischer Größen. Das BSH erweitert im Projekt dieses System um ein interaktiv an das bestehende Nordseemodell gekoppeltes Elbemodell. Bei der BAW liegen ebenfalls langjährige Erfahrungen im Bereich numerischer Modellierung der Ästuare von Elbe, Jade-Weser und Ems für Szenarien- und Nachhersage-Untersuchungen vor. Die bisher erarbeiteten Modellverfahren sollen erweitert werden und in einem an das BSH-Nordseemodell gekoppelten

operationellen Vorhersagemodell für die Tideelbe münden. Beim BSH und der HPA gibt es zudem langjährige Erfahrungen in der Analyse und empirischen Vorhersage von Wasserständen in der Deutschen Bucht und der Tideelbe. Die HPA setzt Zeiträume zur Validierung der Modelle fest und führt einen Vergleich mit empirischen Windstaubrechnungsverfahren durch. Für die Wasserstandsvorhersage liefern die Daten der Windrichtung und -geschwindigkeit aus den numerischen Vorhersagemodellen des DWD entscheidenden Input. Bei der Entwicklung, Interpretation und Anwendung von numerischen Wettervorhersagemodellen im Kurz- und Mittelfristbereich sowie von Anschlussmodellen und "Downscaling"-Verfahren besitzt der DWD eine international anerkannte Position. "Downscaling" ist beim Elbemodell notwendig, da dessen horizontale Auflösung (zunächst 90 m, später ev. 45 m) wesentlich höher als die der Atmosphärenmodelle sein wird. Der DWD erstellt deshalb ein Verfahren, mit dem der Windschub auf den Wasserflächen der Elbe aus den größeren Atmosphärenmodellen COSMO-EU und COSMO-DE abgeleitet werden kann.

Weiteres Ziel des Projekts ist die Einrichtung eines operationellen Betriebs des neuen Elbemodells, womit u.a. die langfristige Verwertung der Projektergebnisse sichergestellt wird. Dieses wird im Zusammenhang mit dem operationellen Vorhersagemodell der Nord- und Ostsee erfolgen, welches am BSH seit vielen Jahren betrieben wird. Parallel zu OPTEL wird am BSH z. Zt. eine neue Form einer Modellergebnis-Statistik (Model Output Statistics, MOS) entwickelt, mit der systematische Fehler abgemildert und die Modellergebnisse über eine Verknüpfung mit Messdaten nachträglich veredelt werden. Im Rahmen der Nutzung des zukünftigen Elbemodells für Zwecke der Wasserstandsvorhersage werden voraussichtlich auch MOS-Verfahren eine Rolle spielen.

Nach Aufnahme eines operationellen Betriebs des Elbemodells werden die aktuellen Vorhersagedaten allen Fachbehörden der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes sowie den zuständigen Landesbehörden auf einem BSH-Server zur Verfügung gestellt.

Die Erfahrungen aus der Entwicklung und dem präoperationellen Betrieb des operationellen Tideelbmodells sowie die IT-Verfahren können nach Abschluss des Projektes auf andere Ästuar übertragen werden.

Stand der Projektarbeiten

Das Projekt hat im April 2008 begonnen und wird im März 2011 enden. Die Modellentwicklung bei der BAW und im BSH ist soweit vorangetrieben, dass Nachhersageläufe mit den Modellen möglich sind. Der DWD hat die Koeffizientensätze für das "Downscaling" an die Modellierer bei BAW und BSH übergeben, wenngleich noch Feinarbeiten nötig sind. Die Zeiträume für die Validierung sind durch die HPA festgelegt und umfangreiche Messdaten dazu zusammengestellt worden. Für diese Zeiträume sind auch schon Nachrechnungen mit dem BSH-Nordseemodell zur Berechnung von Randwerten für die Elbemodelle von BAW und BSH erfolgt. Die HPA hat verschiedene empirische Verfahren der Stautwicklung zwischen Cuxhaven und Hamburg untersucht, die auf komplexe Zusammenhänge hindeuten.

OPTEL - Downscaling von Windfeldern aus Lokalmodellen auf die Tideelbe (03KIS070)

Windfelder über der Elbe

Dr. Anette Ganske

Gudrun Rosenhagen

Deutscher Wetterdienst (DWD), Hamburg

Im Projekt OPTEL wurde ein Verfahren entwickelt, mit dem räumlich hoch aufgelöste Windfelder über der Elbe bestimmt werden können.

Für die geplanten operationellen Wasserstandsvorhersagen stehen zurzeit nur die räumlich grob aufgelösten Windfelder der Vorhersagemodelle COSMO-EU und COSME-DE des Deutschen Wetterdienstes zur Verfügung. Das Modell COSMO-EU hat eine Gitterweite von rund 7 km und wird für eine Vorhersagezeit von maximal 78 Stunden gerechnet. Auf Grund der großen Gitterweite liegen nur wenige Gitterpunkte von COSMO-EU im Bereich der Elbe, siehe Abbildung 1. Deshalb wird ein Teil der Elbe als Wasserfläche im Modell nicht berücksichtigt, so dass der Einfluss der Elbe auf die Windgeschwindigkeiten nicht erfasst wird und die Windgeschwindigkeiten über der Elbe meist unterschätzt werden. Das zweite Modell COSMO-DE hat zwar eine geringere Gitterweite von rund 2.8 km,

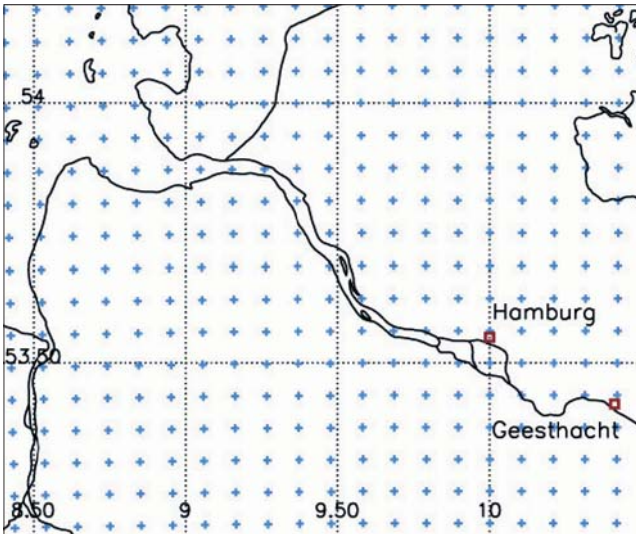


Abbildung 1:
COSMO-EU-Gitterpunkte in der Umgebung der Elbe (blaue Kreuze).
Schwarze Linien: Küstenlinien, Flüsse und Seen.

damit werden jedoch nur maximal 18 Stunden vorhergesagt. Aber auch bei diesem Modell wird die Elbe nur ungenügend mit Gitterpunkten überdeckt, so dass auch aus diesen Windfeldern räumlich höher aufgelöste Felder abgeleitet werden müssen.

Zur Berechnung der räumlich höher aufgelösten Windfelder werden mit Hilfe des Modells WASP (Wind Atlas Analysis and Application Program) auf einem Gitter mit Gitterweiten von 250 m Korrekturfaktoren für die mit COSMO-EU und COSMO-DE berechneten Windgeschwindigkeiten in 10 m Höhe über Grund bzw. NN bestimmt.

Dazu werden zuerst mit WASP verschiedene

Windfelder berechnet, indem man unterschiedliche Randbedingungen vorgibt:

1. Topographie- und Rauigkeitsfelder, die in COSMO-EU als Randbedingung vorliegen (COSMO-EU Randfelder).
2. Topographie- und Rauigkeitsfelder, die in COSMO-DE als Randbedingung vorliegen (COSMO-DE Randfelder).
3. Randfelder, die aus topographischen Rasterdaten und amtlichen topographischen Karten erstellt wurden und die im Weiteren als OPTEL-Randfelder bezeichnet werden.

Die Korrekturfaktoren werden anschließend berechnet aus dem Verhältnis der Windgeschwindigkeiten, die einerseits mit den COSMO-DE Randfeldern und andererseits mit den OPTEL-Feldern bestimmt werden. Windfelder über der Elbe auf dem räumlich hoch aufgelösten Gitter erhält man dann durch Multiplikation der vorhergesagten COSMO-Windgeschwindigkeiten mit den Korrekturfaktoren. Das rechte Bild in Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für die Korrekturfaktoren bei Windrichtungen zwischen 285° und 315° . Dabei ist im linken Bild das mit den COSMO-DE Randfeldern und in der Mitte das mit den OPTEL-Randfeldern berechnete mittlere Windfeld gezeigt. In dem mit den OPTEL-Randfeldern bestimmten Windfeld erkennt man das Absinken der Windgeschwindigkeiten im Lee von Inseln und Sandbänken in der Elbe.

In diesem Beispiel liegen die Korrekturfaktoren im Mittel zwischen 0.8 und 1.2, am südlichen Ufer der

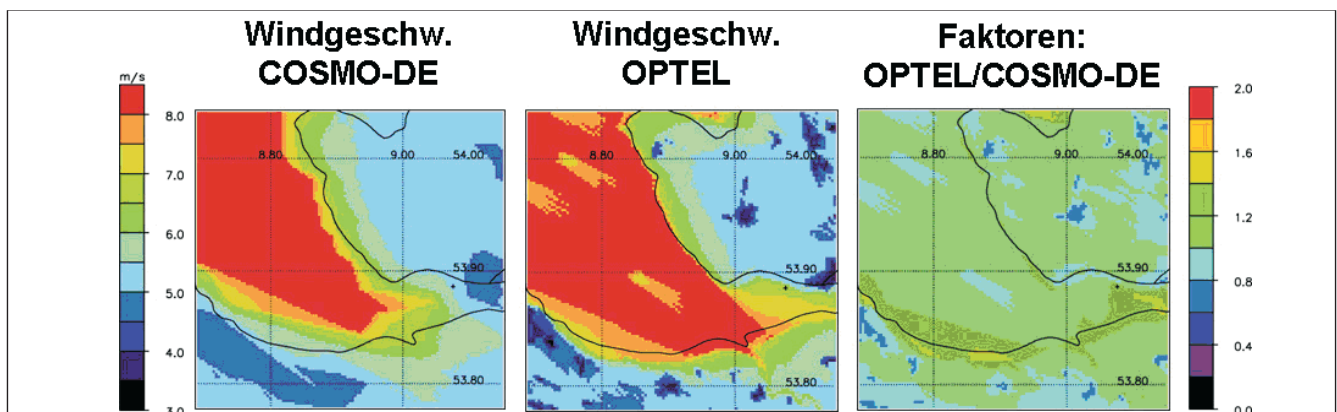


Abbildung 2:
Mittlere Windgeschwindigkeiten im Elbmündungsgebiet bei Windrichtungen zwischen 285° und 315° , berechnet mit dem Programm WASP und den Randfeldern COSMO-DE (linke Abb.) und OPTEL (mittlere Abb.). Das verwendete Windklima wurde aus den Windmessungen von Scharhorn der Jahre 1998 – 2007 ermittelt. Aus dem Verhältnis der Windgeschwindigkeiten der Felder COSMO-DE zu OPTEL werden die Korrekturfaktoren bestimmt (rechte Abb.). Schwarze Linien: Elbufer.

Elbe erreichen sie Werte bis maximal 1.6. Über Land sinken die Werte in Gebieten mit Ortschaften oder Wäldern auf Werte von mindestens 0.6 ab.

Korrekturfaktoren sind für den Verlauf der Elbe von der Mündung bis nach Bleckede, für weitere Windrichtungsintervalle und auch für den Vergleich von COSMO-EU Windfeldern mit OPTEL-Windfeldern vorhanden.

OPTEL - Studien zur Stauentwicklung in der TideElbe (03KIS072)

Empirische Studien zur Stauentwicklung in der TideElbe

Caroline Radegast

Thomas Strotmann

Hamburg Port Authority

Die Hamburg Port Authority (HPA) führt im Rahmen des KFKI-Projektes OPTEL (Windstau Studien und Entwicklung eines Operationellen TideElbe-Modells) empirisch-statistische Analysen von Sturmfluten durch.

Um eine grundsätzliche Einschätzung über die Güte der Ergebnisse existierender Übertragungsverfahren zu erhalten, wurden zunächst drei verschiedene empirisch-statistische Ansätze zur Sturmflutvorhersage im Elbeästuar überprüft. Für eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse wurde hier ausschließlich mit den Scheitelwerten und Eintrittszeiten der Sturmfluten gearbeitet. In diesen Werten finden sich die dominierenden Einflussgrößen auf den Stau wieder, z.B. Oberwasserabfluss, astronomische Wasserstände, Wind, aber auch Fernwellen. Von besonderem Interesse für den Hamburger Sturmflutwarndienst WADI (HPA-Einrichtung) ist die Übertragbarkeit der Sturmflutscheitelwasserstände von Cuxhaven nach Hamburg St. Pauli und deren Eintrittszeit.

Die Gegenüberstellung der drei betrachteten Verfahren – für ca. 150 in OPTEL als Sturmflut definierte Ereignisse – gibt Auskunft über die Standardfehler und welches Verfahren sich für weitere Betrachtungen am besten eignet. In Abb. 1 ist

zu sehen, dass sich ein wesentlicher Anteil der Abweichungen der Ergebnisse in einem Bereich von ± 20 cm befindet. Das ist der Toleranzbereich für die Vorhersagen des WADI zum Zeitpunkt des Hochwassereintritts in Cuxhaven. Trotzdem sind einige, teilweise gravierende Ausreißer erkennbar, die deutlich machen, dass mit den bisher berücksichtigten Einflussfaktoren nicht alle Sturmflutscheitelereignisse in der benötigten Zuverlässigkeit übertragen werden können.

Mit Hilfe der Standardfehler aus Abb. 1 zeigt sich aber, dass das Stauverfahren in der Summe aller Ereignisse bessere Ergebnisse bei der Übertragung von Cuxhaven nach Hamburg liefert als die beiden anderen Verfahren. Diese Erkenntnis führte zu vertiefenden Untersuchungen über die Entwicklung des Staus über die Pegel entlang der Tideelbe bis nach Hamburg. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigen, dass mit dem Eintritt des Hochwassers in Brokdorf eine zufriedenstellende lineare Übertragung der Sturmflutscheitelwasserstände nach Hamburg erreicht werden kann (siehe Abb. 2).

Der Standardfehler der vorhergesagten Wasserstände von Brokdorf nach Hamburg ist kleiner als 10 cm. Da dieser Zeitpunkt zu spät für die Einleitung von Katastrophenabwehrmaßnahmen ist, konzentrieren sich nun die weiteren Untersuchungen auf das Mündungsgebiet der Tideelbe, um die Vorhersage für Brokdorf zu verbessern. Dass im Bereich der Deutschen Bucht vor allem beständiger Wind aus einer Richtung von 285° hohe Wasserstände verursacht, ist bereits aus früheren Untersuchungen bekannt. In OPTEL liegt nun ein besonderes Augenmerk auf der Windwirkung im Bereich des

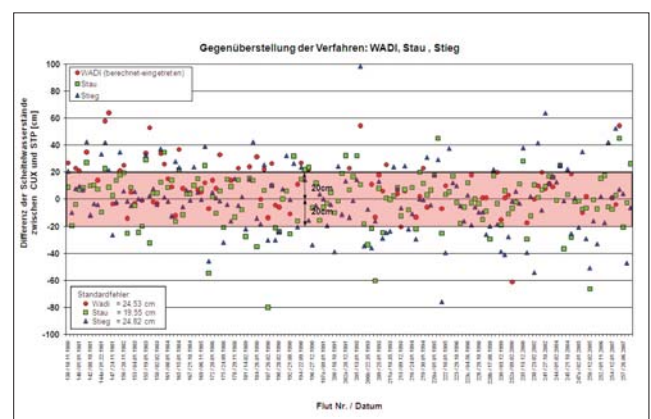


Abbildung 1: Gegenüberstellung Ergebnisse der unterschiedlichen Verfahren

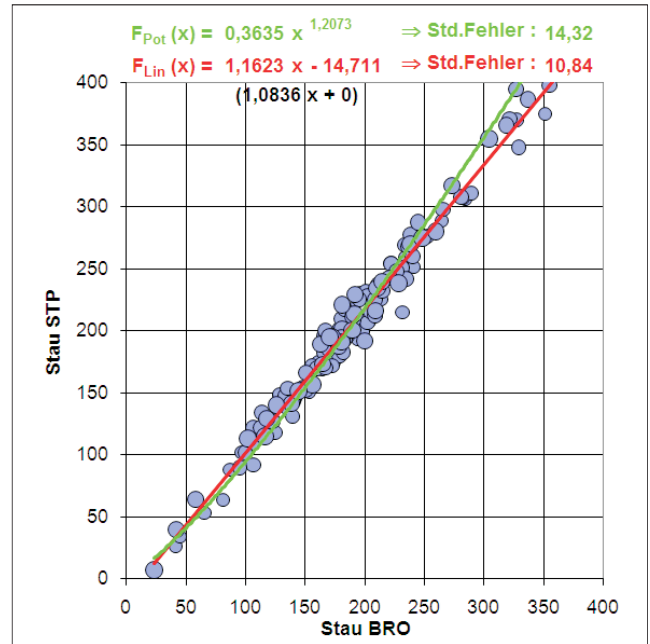
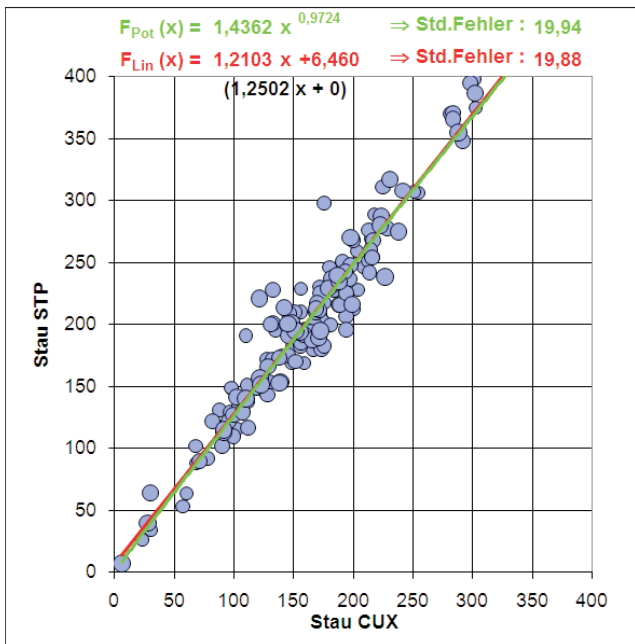


Abbildung 2:
Vergleichende Darstellung der Scatter-Diagramme zur Übertragung von Wasserständen von Cuxhaven nach St. Pauli (links) und von Brokdorf nach St. Pauli (rechts)

Ästuars zwischen Cuxhaven und Brokdorf in einem Zeitfenster um den Sturmflutscheitelwasserstand Cuxhaven. Durch die Berücksichtigung der lokalen Windmessstationen Scharhörn, Cuxhaven und Brunsbüttel soll ein besseres Verständnis für die hydrodynamischen Prozesse der Wassermengen im Mündungsbereich erreicht werden. Bisher sind vor allem Untersuchungen zu den stauwirksamsten Windrichtungen an diesen Messstationen vorgenommen worden. Die bisherigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass hier vor allem westsüdwestliche Winde (250°-265°) Einfluss auf die Stauentwicklung zwischen Cuxhaven und Brokdorf nehmen.

In Anlehnung an Abb. 1 ist eine weitere wichtige Aufgabe die Einzelbetrachtung von Sturmfluten – vornehmlich derer, die in den Verfahren als Ausreißer auffallen. Dazu werden bestimmte Parameter für den Verlauf von Sturmfluten festgelegt, die eine Katalogisierung der Sturmfluten und ihrer dominierenden Einflussgrößen zulassen. Lassen sich die Ausreißer nicht mit diesen Parametern beschreiben, unterliegen sie besonderen Umständen, die dann zusätzlich Berücksichtigung finden müssen. In diesem Zuge sollen für die Ausreißer Ausnahmeregelungen formuliert werden, die besonders den WADI bei der Vorhersage von Sturmflutwasserständen in Hamburg unterstützen können.

AMSeL - Ermittlung des MSL (Mean Sea Level) und Analyse von hochaufgelösten Tidewasserständen an der deutschen Nordseeküste (Trenduntersuchungen küstengefährdeter Tideketten und Verweildauern): MSL + Trends Nordsee (03KIS068)

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Jensen

Dr.-Ing. Torsten Frank

Thomas Wahl

Universität Siegen, Forschungsinstitut Wasser und Umwelt (fwu)

Einleitung / Ziele

Die Tideverhältnisse und die Entwicklung der Wasserstände an der deutschen Nordseeküste wurden und werden über verschiedene Parameter (Extremwasserstände, Scheitelwerte, MThw, MTnw etc.) definiert und auf Basis langjähriger Beobachtungen ausgewertet und der weiteren statistischen Zeitreihenanalyse bis hin zu Trendanalysen zugeführt. Dahingegen ist der Tideverlauf in seiner zeitlichen Abfolge von extremen Scheitelwerten sowie

in den damit einhergehenden Verweildauern bestimmter Wasserstände noch zu wenig untersucht. Auch die Untersuchung des so genannten Mean Sea Levels (MSL) hat in Deutschland kaum Tradition, ist aber als Basiskomponente im Hinblick auf die zukünftige Einschätzung von Sturmflutrisiken und im Hinblick auf internationale Klimastudien, Meeresspiegelanstiegsszenarien und zum Abgleich mit entsprechenden Modellergebnissen sowie der Satellitenaltimetrie von enormer Bedeutung.

Im Forschungsprojekt AMSeL werden diese Fragen aufgegriffen und untersucht, in wie fern sich mögliche Trends auf die Verknüpfung mehrerer, hintereinander auftretender, extremer Tiden auswirken und ob zunehmend mit sehr langen Folgen von erhöht auflaufenden Tnw zu rechnen ist, welche die Binnenentwässerung behindern und weiterhin die Hauptlast des Wellenangriffs auf bisher weniger belastete und geschützte Küstenabschnitte richten. In diesem Zusammenhang besteht eine weitere Fragestellung darin, ob einzelne, hohe Sturmflutscheitel oder eher Ketten von erhöhten Sturmtiden die maßgebende Belastung für den Küstenschutz an repräsentativen Abschnitten darstellen.

Für die Analyse des Mean Sea Levels werden zunächst Verfahren und Methodiken untersucht, um einerseits homogene Datensätze aus aktuellen hochaufgelösten Tideganglinien und historischen Scheitelwertzeitreihen erzeugen zu können und andererseits verschiedene parametrische und nicht-parametrische Funktionen zur Trendermittlung in den erstellten MSL-Zeitreihen untersucht.

Um hierbei möglichst aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen, werden im Rahmen von AMSeL Tidewasserstände, sowohl zeitlich hochaufgelöst als auch Stunden- und Scheitelwerte, an einer Vielzahl repräsentativer Nordseepegel (siehe Abb. 1) ausgewertet.

Datengrundlage

In der bisherigen Projektlaufzeit wurden für 18 Pegel (Abb. 1) insgesamt 1358 Jahre Beobachtungsdaten zusammengeführt; allerdings in unterschiedlicher zeitlicher Auflösung und Qualität. Zusammenführung, Prüfung auf Datenlücken, Inkonsistenzen verschiedener Datensätze, Bewertung der und Rückfragen zur Datenqualität einzelner Pegel nahm dabei großen Raum ein. Maßgebende Pegel innerhalb der gesamten Untersuchungsmenge wurden in Abstimmung mit der projektbegleitenden Gruppe bestimmt und hierfür

besondere Anstrengungen unternommen, um für Detailuntersuchungen auch einige zurückliegende Jahre nachträglich hochauflösend zu digitalisieren; diese Auswertungen dauern noch an.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist hierbei die Abstimmung mit dem KFKI-Projekt IKÜS, sobald Teilauswertungen nicht relativ untereinander oder mit Pegelnull-Werten, sondern mit absolut referenzierten Werten durchgeführt werden sollen.

MSL – Methodiken und Beispiel-Ergebnisse

Zunächst werden MSL- (sprich: Tidemittelwasser-) Zeitreihen aus hochaufgelöst vorliegenden Jahren und Tidehalbwasserzeitreihen aus weiter zurückliegenden Aufzeichnungen von Scheitelwerten generiert. Diese werden kombiniert, um möglichst lange und aussagekräftige MSL-Zeitreihen zu erhalten. Hierzu ist eine Überprüfung der Stationarität des ausgewerteten k-Faktors (LASSEN 1989) Voraussetzung. Liegt Instationarität vor, wird eine Anpassungsfunktion n-ter Ordnung zur Korrektur der Tidehalbwasserzeitreihe angewendet (WAHL, JENSEN und FRANK 2008, MUDERSBACH und JENSEN 2008). Die erhaltenen MSL-Zeitreihen werden in der Folge sowohl mit parametrischen (lineare, quadratische und exponentielle Funktionen) wie mit nicht-parametrischen Verfahren (gleitender Mittelwert und gleitende lineare Trends jeweils über n-Jahre sowie singulärer Systemanalyse, SSA) weiter ausgewertet. In diesem Rahmen wurde ein neuer Ansatz, das sogenannte Monte-Carlo Autoregressive Padding (MCAP) entwickelt.

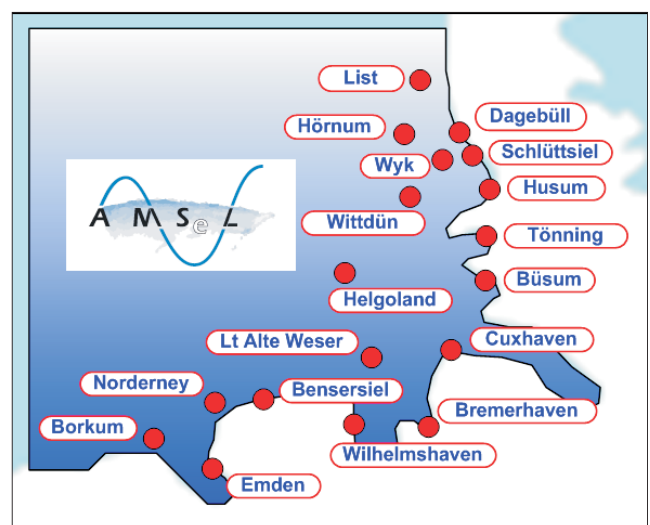


Abbildung 1: Überblick über die im Projekt verwendeten Nordseepegel

Verweilzeiten / Tideketten:

Von der Auswertung des MSL als Ruhewasserspiegel bzw. als Basis für alle weiteren Betrachtungen sollen die Auswertungen der Verweilzeiten und Tideketten zu Erkenntnissen des Verhaltens des Wasserstands bzw. der Bandbreite der Wasserstandsänderungen innerhalb einer Tide und über mehrere Tiden hinweg, führen. Die Untersuchungen beinhalten hierbei die Überschreitungsdauern verschiedener Wasserstände bzw. sogenannte Emersionskurven oder auch Wasserstandsdauerlinien, Verweilzeiten des Wasserstands auf gewissen Höhenstufen sowie Tideketten bzw. Folgen von erhöht auftretenden Thw oder Tnw (LÜDERS 1974, FÜHRBÖTER 1979, FRANK 2007).

Auch hier bedingen unterschiedliche Auswertemethoden verschieden hoch aufgelöste Wasserstandsinformation von Scheitelwerten bis hin zu Minutenwerten. Darüber hinaus vorbereitende Untersuchungen zur Einschätzung der Auswirkung des Wechsels der zeitlichen Auflösung von z.B. Minuten- auf Stundenwerte. Aktuell liegt der Schwerpunkt auf der Bestimmung verschiedener Charakterisierungs- und Parametrisierungsansätze von Verweildauer-Auswertungen, um die Ergebnisse eines Pegels in Bezug mit Nachbarpegeln, mit anderen Tideparametern (Scheitelhöhen) sowie zur zeitlichen Änderung am Pegelstandort selbst, setzen zu können. Hierbei kommt z.B. die Analyse der Zentralität um Modalwerte und die Betrachtung von Verweildauer-Histogrammen als bimodale Verteilung in Betracht.

Literatur

- FRANK, T. (2007): Hochwassersicherheit in sielbeeinflussten Gewässersystemen am Beispiel des Bongsieler Kanals, Dresdner Wasserbauische Mitteilungen Heft 34, Dissertation, Dresden.
- FÜHRBÖTER, A. (1979): Über Verweilzeiten und Wellen-energien, Mitteilungen des Leichtweiss-Instituts für Wasserbau, Heft 65.
- LASSEN, H. (1989): Örtliche und zeitliche Variationen des Meeresspiegels in der südöstlichen Nordsee, Die Küste, 50, 65-96.
- LÜDERS, K. (1974): Sturmtidenketten. Norderney: Forschungs-stelle für Insel und Küstenschutz. (Sonderdruck aus dem Jahresbericht 1973, 25).
- MUDERSBACH, C. und JENSEN, J. (2008): Non-

stationarities in time series and its integration in extreme value statistics for risk management issues, Proc. of the 31st Int. Conf. on Coastal Engineering (ICCE), Hamburg, Germany, in press.

WAHL, TH., JENSEN, J. und FRANK, T. (2008): Changing Sea Level and Tidal Dynamics at the German North Sea Coastline, Proceedings of the Coastal Cities Summit 2008 – Values and Vulnerabilities, St. Petersburg, Florida, USA.

KLIWAS - Auswirkungen des Klimawandels auf Wasserstraßen und Schifffahrt - Entwicklung von Anpassungsoptionen

Dr. Sebastian Kofalk

Bundesanstalt für Gewässerkunde

Das Forschungsprogramm

Die gegenwärtig verfügbaren Klimaprojektionen lassen weit reichende Auswirkungen für Wasserstraßen, Schifffahrtsflotte, Häfen und die auf den Verkehrsträger Wasserstraße angewiesene Wirtschaft möglich erscheinen. Allerdings bestehen noch große Unsicherheiten bezüglich (1) der Ausprägung des Klimawandels, (2) seiner Konsequenzen im hydrologischen System der Küste und des Binnenbereichs, (3) der Sensitivität der Gewässerqualität und -ökologie sowie der Binnenschifffahrt und anderer Wasserstraßennutzer. Die nach dem IPCC Report des Jahres 2007 verstärkten Anfragen von Politik, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung (WSV) und von den Nutzern der Wasserstraßen gaben dann den wesentlichen Impuls für den Start des BMVBS-Forschungsprogramms KLIWAS. Sie erwarten belastbare Aussagen der Forschung, ob und wann für die Nutzung der Wasserstraßen und Häfen Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen sind. Die Spanne von Aussagen zu den Auswirkungen des Klimawandels variiert in Abhängigkeit von den eingesetzten Regionalisierungsverfahren in erheblichem Maß. Das DWD-Projekt "Zusammenstellung von Wirkmodell-Eingangsdatensätzen für die Klimafolgenabschätzung" (ZWEK, BECKER et al. 2008) demonstriert dies für den Niederschlag und die Lufttemperaturen. Wie weit sich die Spanne mit dem Bearbeitungsschritt zu den hydrologischen Parametern in der Projektion für den Zeitraum bis zum Jahr 2100 auffächert, zeigen

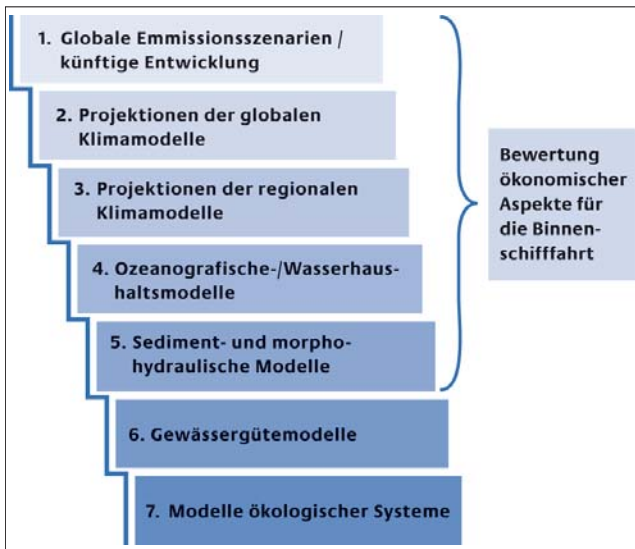


Abbildung 1:
Modellkette von KLIWAS

erste Ergebnisse des bereits seit 2007 laufenden KLIWAS-Pilotprojekts "Hydrologie und Binnenschifffahrt" am Beispiel des Rheins. Hier konnten Daten des EU-Projekts ENSEMBLES mit einer Vielzahl von globalen und regionalen Modellen eingesetzt werden. Ein Auswertungsschema, mit dem verschiedene Unsicherheitsquellen innerhalb der in Abbildung 1 dargestellten Modellkette in ihrer relativen Bedeutung für die Bandbreite der Abflussprojektionen bewertet werden können, wurde unlängst publiziert (KRAHE et al. 2009). Für eine fundierte Politikberatung reicht demnach die Betrachtung der mit variierten Randbedingungen gewonnenen Ergebnisse nur eines Modells nicht aus. Vielmehr ist es erforderlich, einen Multi-Modellansatz durchzuführen. Dies ist eine wesentliche Aufgabe des Forschungsprogramms KLIWAS, für den Binnen- und den Küstenbereich.

Es wird bis zum Jahr 2013 laufen und besteht aus 5 Vorhaben mit 30 Projekten und einer Koordination. Es wird gemeinsam von den Ressortforschungseinrichtungen Deutscher Wetterdienst (DWD), Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) und der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) durchgeführt. Die Strategie von KLIWAS umfasst drei aufeinander folgende Schritte: 1. Erfassung und Analyse einer Bandbreite von Klima und Abflussprojektionen durch den Einsatz unterschiedlicher globaler und regionaler Klimamodelle; 2. Bewertung der Betroffenheit des Verkehrsträgers "Wasserstraße" und weiterer Funktionen der Flüsse und Küsten-

gewässer ("ecosystem services"); 3. Analyse der Sensitivität/Betroffenheit, Darstellung möglicher Handlungsoptionen und daraus folgend der "Verwundbarkeit" des Sektors. Im Beitrag werden die Eckpunkte des Programms umrissen. Schwerpunkt wird eine Kurzvorstellung der Vorhaben bzw. Projekte im Bereich Küste/See sein: Für die Nord- und Ostsee werden durch das BSH und den DWD für das heutige Referenzklima und für verschiedene Klimaprojektionen mit Hilfe numerischer Langzeitsimulation Zeitreihen der ozeanografischen und meteorologischen Variablen erzeugt. In Küstennähe sowie in den Ästuaren von Ems, Weser und Elbe werden ergänzende hydronumerische Berechnungen durch die BAW und die BfG durchgeführt. Darauf aufbauend wird die BAW eine Analyse der durch den Klimawandel bedingten Verwundbarkeit von wasserbaulichen Anlagen an der Nordseeküste durchführen und Anpassungsoptionen zur Nutzung von Wasserstraßen, Häfen und Küstenschutz entwickeln. Offshore wird das BSH die Auswirkungen eines Klimawandels auf Schifffahrt und Meeresnutzung (wie z.B. die Fischerei) darstellen.

Der Einfluss klimabedingter Änderungen auf den Schwebstoffhaushalt der Ästuare sowie auf das Transportverhalten schadstoffbelasteter Sedimente wird an der BfG als Grundlage für die Fortschreibung des Baggergutmanagements untersucht. Daneben werden auch die möglichen Veränderungen der Gewässerqualität und -hygiene ermittelt. Aus den hydrodynamischen Belastungen sowie den Ergebnissen zum Schwebstoff- und Sedimenttransport werden an der BfG schließlich durch den Klimawandel mögliche Projektionen der Änderung der Vorlandvegetation in den Ästuaren Ems, Weser und Elbe abgeleitet und Optionen zur Anpassung des Vorlandmanagements aufgezeigt.

Neben Aussagen zur Bedeutung der zukünftig zu erwartenden klimabedingten Änderungen im marinen Bereich erfolgt auch eine umfangreiche Auswertung des in der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung vorliegenden Datenmaterials, z.B. zu Tidewasserständen. Die Ergebnisse bereits durchgeführter KFKI-Projekte, wie z.B. der Projekte IKÜS oder AMSeL, finden hier direkten Eingang in das KLIWAS-Programm. Im Sinne der Vernetzung sind die KLIWAS-Partner darüber hinaus in anderen Forschungsverbänden vertreten, z.B. KLIMZUG, oder es wird eine Vernetzung im Laufe der Arbeiten angestrebt.

Literatur

BECKER, P, T. DEUTSCHLÄNDER, M. KOBMANN, J. NAMYSLO & A. KNIERIM (2008): Klimaszenarien und Klimafolgen. In: Informationen zur Raumentwicklung. Räumliche Anpassung an den Klimawandel. Heft 6/7.2008. Selbstverlag des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, Bonn.

KRAHE, P., NILSON, E., CARAMBIA, M., MAURER, T., TOMASSINI, L., BÜLOW, K., JACOB, D. & H. MOSER (2009): Wirkungsabschätzung von Unsicherheiten der Klimamodellierung in Abflussprojektionen – Auswertung eines Multimodell-Ensembles für das Rheingebiet. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 53 H.5, 316-331.

XtremRisk - Extremsturmfluten an offenen Küsten und Ästuar-gebieten – Risikoermittlung und –beherrschung im Klimawandel

Dr. Andreas Kortenhaus

Technische Universität Braunschweig, Abt. Hydromechanik und Küsteningenieurwesen

Einleitung

Sturmfluten haben in der Vergangenheit immer wieder zu Schäden entlang der deutschen Küsten geführt. Es ist damit zu rechnen, dass durch den Klimawandel die Gefährdung der Küstengebiete mittel- und langfristig deutlich ansteigen wird. Daher besteht die dringlichste Aufgabe darin, die Zunahme extremer Sturmfluten hinsichtlich der Häufigkeit, Intensität und Verweildauer für den Küstenschutz abzuschätzen, um mögliche Katastrophen in den Siedlungsräumen der Küstengebiete abzuwenden.

Im Oktober 2008 ist daher das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanzierte Verbundprojekt "XtremRisk" gestartet worden. Darin sollen die Auswirkungen extremer Sturmfluten an der Küste am Beispiel von Sylt und in einem Ästuargebiet am Beispiel von Hamburg eingehender untersucht werden. Projektpartner sind das Leichtweiß-Institut für Wasserbau (LWI) der Technischen Universität Braunschweig, das Forschungsinstitut Wasser und

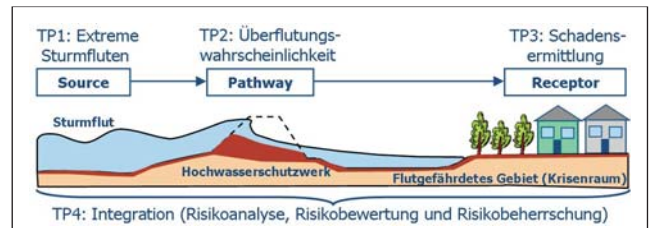


Abbildung 1: Source-Pathway-Receptor Konzept und Teilprojekte (TP) in XtremRisk

Umwelt der Universität Siegen (fwu), das Institut für Wasserbau, Technische Universität Hamburg-Harburg sowie der Landesbetrieb für Straßen, Brücken und Gewässer Hamburg (LSBG).

Das Projekt gliedert sich in vier Teile, die sich mit der Risikoquelle (Extremsturmfluten), den Risikowegen (Versagen von Hochwasserschutzwerken), den Risikoempfängern (Überflutung und Schadensermittlung) sowie der Risikobestimmung (Zusammenführung der Teilergebnisse) befassen. Die Leitung des Gesamtprojekts liegt am LWI.

Mit den Ergebnissen soll das Wissen über extreme Sturmflutereignisse erweitert werden. Das Projekt leistet somit einen wichtigen Beitrag, die Gefährdung durch Extremsturmfluten im Klimawandel zu bestimmen und daraus Handlungsempfehlungen für die präventive Begegnung der Gefährdung abzuleiten. Weitere Informationen befinden sich auf der Homepage des Projekts unter www.xtremrisk.de.

Der Vortrag befasst sich mit der Darstellung des Gesamtprojekts und den wichtigsten Zielsetzungen sowie der Vorstellung der ersten Ergebnisse aus den Teilprojekten, die im Folgenden kurz dargestellt werden sollen.

Teilprojekt 1 verwendet zwei sich ergänzende Verfahren, um physikalisch mögliche extreme Sturmflut-szenarios abzuschätzen und die dazugehörigen Auftretswahrscheinlichkeiten zu bestimmen. Die Partner vom LSBG wenden dabei einen empirischen Ansatz an, der die einzelnen Komponenten einer Sturmflut (astronomische Tide, Windstau, Seiche etc. und deren Interaktion) explizit berücksichtigt, während die Partner vom fwu einen statistischen Ansatz verwenden, um aus verschiedenen Sturmflutparametern einschließlich dem Seegang gemeinsame Wahrscheinlichkeiten von Extremereignissen zu ermitteln.

In Teilprojekt 2 sind charakteristische Teilgebiete in Hamburg und auf Sylt ausgewählt worden. Für diese Teilgebiete wurden ein Gesamtüberblick und eine detaillierte Beschreibung der Hochwasserschutzwerke erarbeitet. Anschließend wurde eine Klassifizierung der einzelnen Abschnitte vorgenommen, so dass im Weiteren eine probabilistische Analyse der Hochwasserschutzwerke durchgeführt werden kann. Dazu erfolgen zurzeit eine Analyse der benötigten Versagensmechanismen und eine Zusammenstellung der benötigten Grenzzustandsgleichungen. Ziel dieses Teilprojekts ist die Ermittlung der Gesamt-Überflutungswahrscheinlichkeiten aller ausgewählten Teilgebiete für die Pilotgebiete auf Sylt und in Hamburg.

Teilprojekt 3 besteht aus zwei Teilen, wobei sich der erste mit der Ermittlung der relevanten Wasserstände und des Seegangs in Hamburg unter Extrembedingungen befasst. Hierfür wird das numerische Modell RMA Kalypso und eine Kopplung mit dem SWAN Modell der Uni Delft verwendet. Beide Modelle bauen auf den Ergebnissen des Teilprojekts 1 auf. Darüber hinaus wird in Teilprojekt 3 die Schadensermittlung infolge der Überflutung z.B. bei Deichbrüchen durchgeführt. Hierfür wird das numerische Modell FloReTo verwendet, das zunächst die direkten tangiblen Schäden erfasst und im Laufe des Projekts erweitert wird, um auch indirekte ökonomische Schäden und intangible Schäden zu ermitteln.

Da die Zusammenführung aller Risiko-Elemente in Teilprojekt 4 den Input der anderen Teilprojekte erfordert, ist dieses Teilprojekt neun Monate später gestartet. Derzeit wird daher die Analyse der sogenannten intangiblen Schäden (also der Schäden, die sich nicht oder nur schwer in Geldwerten quantifizieren lassen) mithilfe von sozio-ökonomischen Methoden für die beiden Pilotgebiete untersucht. Im nächsten Schritt soll dann eine Kopplung von ökonomischen (tangiblen) Schäden mit intangiblen Schäden erfolgen, so dass diese Schäden in eine Risikoanalyse integriert werden können. Ziel dieses Teilprojekts ist die Ermittlung des gesamten Risikos für die Pilotgebiete unter Berücksichtigung tangibler und intangibler Schäden.

Der aktuelle Stand zu den Teilprojekten und die weiteren Arbeitsschritte werden auf dem Seminar vorgestellt und diskutiert.

Informationssysteme zur Ermittlung der Sedimentationsdynamik aus Geodaten der Ems (WSV) und des Hamburger Hafens

Dr.-Ing. Martin Krebs

Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA) Emden

Bodo Heyenga

Nino Ohle

Hamburg Port Authority (HPA)

Dr.-Ing. Frank Sellerhoff

smile consult GmbH

Die Idee der praktischen Studie, die im Folgenden eingehend dargestellt wird, war und ist es Peildaten, die im Rahmen der Wasserstraßenunterhaltung bzw. Hafenbewirtschaftung regelmäßig anfallen, nach geeigneter Aufbereitung als Optimierungsgrundlage vor allem im Sinne der Reduktion von Unterhaltungsaufwendungen zu verwenden. Der anthropogen überprägte Charakter der jeweiligen Teilsysteme Wasserstraße bzw. Hafen ist für beide Beispiele gekennzeichnet durch ein deutliches intensives Sedimentationsverhalten. Durch die Analyse von Peildaten mit den z. T. aus dem KFKI Forschungsvorhaben KoDiBa entwickelten Ansätzen können Fragen nach der Sedimentationsgeschwindigkeit (-rate), bestehende Abhängigkeiten von Oberwasser, Jahreszeit und anderen Parameter in einer neuen Qualität diskutiert werden.

Der folgende Beitrag geht auf die Entwicklung zweier Informationssysteme und deren Merkmale ein, mit denen Peildaten in einer vor allem aus qualitativen Gesichtspunkten heraus größeren Transparenz analysiert und morphologische Prozesse dadurch besser verstanden werden können.

Praktische Bedeutung

Hafenbehörden sowie Wasser- und Schifffahrtsämter sind durch das Vorhalten von erforderlicher nautischer Tiefe entweder privatrechtlich oder per Gesetz verpflichtet, die Gewässersohle in regelmäßigen Abständen zu erfassen. Dies geschieht im Allgemeinen durch unterschiedliche Verfahren wie Linienpeilungen, Fächerpeilungen oder kombinierte

Verfahren (Multisonden), die bspw. die Dichte oder Impedanzsprünge parallel zur Sohle erfassen können. Ursache und Wirkung stehen durch die mit der Unterhaltung beauftragte Behörde oft in enger gegenseitiger Wechselwirkung. Eine Vielzahl von Datensätzen ist über Jahre in hoher Menge und Güte vorhanden.

Die Betrachtung von morphologischen Informationen im gleichen räumlichen Kontext, am Kontrollvolumen, jedoch mit unterschiedlicher Zeitsignatur liefert anhand ihrer Dynamik eine interpretierbare Größe hinsichtlich Sedimenteigenschaft und -verfügbarkeit, Unterhaltungsintensität bzw. Gebietscharakteristik. Dies ist wichtige Grundlage sowohl theoretischer als auch operativer Methoden.

Untersuchungen des WSA Emden: Applikation MorphoIS-Ems

Die Unterems unterliegt durch die bedarfsweise Anpassung der Wasserstraße zur Überführung großer Werftschiffe einer besonderen Situation, vor allem durch den meist mehrere Wochen andauernden und immer wiederkehrenden Baggereingriff. Obwohl die Strategie klar „Stauen (durch das Emssperrwerk) vor Baggern“ lautet, führen die dadurch reduzierten Baggerungen dennoch im Nachgang an die Überführung zu einem deutlich erhöhten Sedimentations- bzw. Wiedereintriebsverhalten. Um wirksam und nachhaltig der kostenintensiven und auch ökologisch nachteiligen Situation entgegenzusteuern, arbeitet die Bundesanstalt für Wasserbau aktuell an Lösungen, die ein umfangreiches und für die Ems sehr angepasstes Systemverständnis voraussetzen.

Das Peilwesen des WSA Emden erfasst die vorhandene nautische Tiefe in der Unter- bzw. Außenems durch Linienpeilungen mit einer Frequenz von 33 kHz. Regelmäßig wiederkehrende Längspeilungen parallel zur Fahrrinnenachse gewährleisten, dass die erforderliche Fahrwassertiefe stets vorgehalten wird. Die Unterems lässt sich sedimentologisch durch einen hohen Gehalt an Feinsedimenten in Suspension charakterisieren, der sich bei sehr hoher Trübung auf die Peildatenqualität auswirkt.

Die Umsetzung der KoDiBa Funktionalität in Form eines Informationssystems gekoppelt an eine Datenbank, in der sowohl Peildaten als auch die dazugehörigen Metadaten enthalten sind, ermöglicht in einem ersten Schritt quantitative Aussagen, die sich durch die Metainformation auch qualitativ

beschreiben lassen. Für die Unterems wurden einen Kilometer lange Flussabschnitte, aus denen über einen Zeitraum von mehreren Jahren Sedimentationsraten berechnet wurden, gebildet. Durch die Metainformation "Peilzeitpunkt" können einzelne Daten oder Datenkollektive beliebig selektiert und verarbeitet werden, die eindeutig außerhalb der langen Baggerzeiträume liegen. Dies führte im weiteren Schritt zu Zeitreihen von Sedimentationsraten über die einzelnen Kilometerabschnitte der Unterems, die im zahlenmäßigen Ergebnis teilweise bis zu mehreren Dezimetern pro Monat betragen. Durch Vergleich mit hydrologisch ähnlichen Abschnitten, Zeiten erhöhten Oberwasserabflusses und gebaggerten Mengen ist eine nachlaufende Bewertung der Ergebnisse besser und schneller möglich. Mit den gewonnenen Ergebnissen werden die Aussagen durch numerische Modellierung der BAW sensitiver und besitzen einen zusätzlichen Haltepunkt im Sedimentationsgeschehen.

Untersuchungen der HPA: Applikation Sedira der HPA

Die bei der HPA entwickelte Applikation Sedira dient ebenfalls der Erlangung des allgemeinen Systemverständnisses und der damit verbundenen Kenntnis der Sedimentationsdynamik. Des Weiteren sollen Fragestellungen im Rahmen von Beratungen verschiedener Fachabteilungen im Hause der HPA, wie z.B. zur Wassertiefenunterhaltungs- und Baggergutdeposition unter verschiedenen hydrologischen und anthropogenen Randbedingungen beantwortet werden.

Weiterhin ist die wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung von Sedira die konsequente Fortführung früherer Untersuchungen zu den Sedimentationsverhältnissen in Hamburger Hafenbecken, wie sie von Christiansen und Haar (1996 und 1991) sowie von Christiansen und Kamps (1985) erarbeitet wurden. Diese Studien beinhalten die Entwicklung von Methoden zur Auswertung von analogen Peildaten für die Jahre 1977 bis 1995. Mit der Entwicklung des Systems Sedira wurden diese Methoden und Analyseverfahren auf die heutigen flächenhaft vorliegenden digitalen Peildaten angepasst und verfeinert.

Die heutigen Methoden und Daten der Applikation Sedira lassen hierbei weitergehende Analysen zu und können in Verknüpfung mit weiteren Daten, wie z. B.

Baggerfeldkoordinaten, Baggeregutentnahmemengen, baulichen Veränderungen, hydrologischen Randbedingungen oder auch hydronumerischen Simulationsergebnissen zu einer besseren Abschätzung der Sedimentationsraten führen. Die Auswertung und Interpretation der Ergebnisse unter Einbeziehung des vorhandenen wasserbaulichen Erfahrungswissens soll mittelfristig zu räumlich differenzierten Prognosen der Sedimentationsdynamik in den Hafenbecken führen, aus denen sich verbesserte Strategien für ein optimiertes Baggeregut- und Sedimentmanagement im Hamburger Hafen ableiten lassen.

Verfahrensgrundlage der Applikationen MorphoIS-Ems bzw. Sedira

Zur Beantwortung der Fragestellungen aus den vorgenannten Projekten wurden seitens der smile consult GmbH die zwei Anwendungen Sedira und MorphoIS-Ems entwickelt. In Ihren Grundzügen bauen beide auf Ergebnissen auf, die im KFKI-Forschungsprojekt KoDiBa (Sellerhoff, 2005) erarbeitet wurden. Seinerzeit wurde das Ziel verfolgt, Methoden zur Erstellung konsistenter digitaler Bathymetrien zu entwickeln. Für die vorliegende Fragestellung wurde die im Projekt formulierte Modellvorstellung einer Zeitreihe, welche die Entwicklung der Topographie an einem Ort über die Zeit beschreibt, aufgegriffen und erweitert. Die Erweiterungen betreffen unter anderem die Berücksichtigung anthropogener Eingriffe mit Auswirkung auf die Topographie, wie beispielsweise Baggerungen oder Umlagerungen.

Die Beantwortung der Fragestellungen stellt hohe Anforderungen an die zugrunde liegende Datengrundlage und deren detaillierte Beschreibung durch Metadaten. Die genaue Kenntnis sowohl der räumlichen Ausdehnung, die über geeignete Hüllpolygone beschrieben wird, als auch der zeitlichen Ausdehnung ist für die nachfolgende Analyse der Zeitreihen unverzichtbar. Beide Anwendungen nutzen die Infrastruktur zur Beschreibung der erforderlichen Daten und Metadaten, welche auf dem relationalen Datenbankmanagementsystem MySQL basiert.

In einem ersten Schritt werden für unterschiedliche Kontrollvolumen Zeitreihen erstellt, die den zeitlichen Verlauf der Sohle beschreiben. Die auf diesem Wege erzeugten Zeitreihen werden in einem weiteren Schritt analysiert. Die Analyse der Charakteristika

dieser Zeitreihen eröffnet die Möglichkeit, beispielsweise auf die Änderungsraten oder das Volumen der eingetriebenen Sedimente zu schließen.

Während die Algorithmen zur Bestimmung der ungestörten Zeiträume und mittleren Änderungsraten in beiden Anwendungen sich ähneln, unterscheiden sich die Lösungswege zur Ermittlung der Zeitreihe in beiden Anwendungsfällen aufgrund der sehr unterschiedlichen Randbedingungen fundamental. Die Unterems ist ein relativ natürliches System, welches trübungsbedingt durch z. T. spärliche aber regelmäßige Verkehrssicherungspeilungen beschrieben ist. Informationen werden von oberstrom

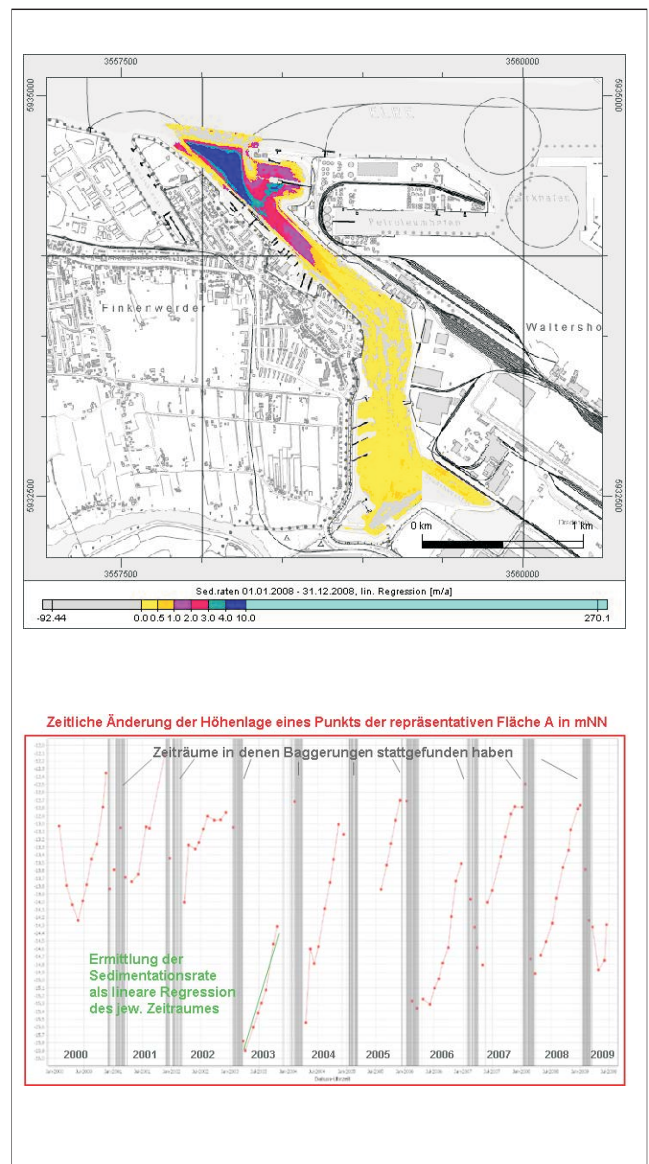


Abbildung 1:
Flächenhafte Sedimentationsraten und deren zeitliche Entwicklungen.

gelegenen Abschnitten stromabwärts weitergegeben. Die Auswertung erfolgt hier auf der Basis voller Kilometerabschnitte der Fahrrinne. Im Vergleich dazu stellt ein Hafenbecken ein eher anthropogenes System dar. Aufgrund der durchgängigen Nutzung der Schiffs Liegeplätze, der periodischen Unterhaltung durch Baggerungen und verschiedener physikalischer Prozesse wie beispielsweise primäre und sekundäre Walzenströmungen in den Einfahrten der Hafenbecken gilt es, das lokal unterschiedliche Verhalten innerhalb des Kontrollgebietes auf der Basis einer großen Zahl von kleinen Kontrollvolumen (Diskretisierung) abzubilden und zu berücksichtigen.

Zusammenfassung

Die bisher gesammelten Erfahrungen mit den Systemen erlauben neben der Visualisierung und Bilanzierung der Veränderungen ein tieferes Verständnis der wirksamen Prozesse. Im Zuge der Frage nach den Ursachen der Veränderungen wird es nötig sein, im Rahmen von Weiterentwicklungen neben den Zeitreihen der Änderungen auch andere Größen wie Oberwasserabfluss, Tidekennwerte, Salzgehalt, Temperatur etc. zeitgleich zu betrachten und Abhängigkeiten und Wechselwirkungen beispielsweise durch Korrelation zu beschreiben.

Die konsequente Auseinandersetzung mit Peil- und Metadaten sowie synoptischen Datensätzen zur erweiterten Beschreibung von digitalen Gelände-modellen führte über das KFKI Projekt KoDiBa und stellt die Ausgangsbasis für die Informationssysteme MorphoIS-Ems bzw. Sedira dar. Diese Informationssysteme werden derzeit für morphologische Fragestellungen an Elbe und Ems genutzt und erzeugen durch die bisherigen Ergebnisse ein tieferes Systemverständnis, das wiederum als Ausgangspunkt zur Optimierung von Vermessungs- und Baggeraktivitäten, Unterhaltungsfragen sowie Fragestellungen im ökologischen Kontext genutzt werden kann. Schnelligkeit, Interaktivität und Erweiterbarkeit stellen für die praktische Arbeit eine wichtige Voraussetzung dar.

Literatur

Christiansen, H. und Haar, S. (1996): Sedimentationsverhältnisse in Hamburger Hafenbecken, Auswertungen der Peilungen von 1977 bis 1995, Gewässerkundliche Studie Nr. 15, Referat Gewässerkunde, Strom- und Hafenbau, Behörde für Wirtschaft

und Arbeit, Hamburg, Dezember.

Sellerhoff, F., Milbradt, P. und Krönert N. (2005): Entwicklung und Implementierung von Methoden zur Aufbereitung konsistenter digitaler Bathymetrien, KFKI-Projekt Nr. 79, Abschlussbericht, Hannover.

Krebs, M. und Weilbeer, H. (2008): Ems-Dollart Estuary, Die Küste, Heft 74, Hamburg.

Neue Großgeräte für die Küstenforschung

Leibniz Universität Hannover

Kurt B. Neubert

Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur

Das Niedersächsische Ministerium für Wissenschaft und Kultur (MWK) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) finanzieren gemeinsam zwei innovative Forschungsgroßgeräte im Wert von rund 2,4 Millionen Euro an der Leibniz Universität Hannover.

Mit einer 3-D-Wellenmaschine für ein Wellenbecken sowie einem neuen Messsystem kann die Forschergruppe um Professor Torsten Schlurmann am Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen den Stellenwert der Universität in der Küstenforschung weiter ausbauen. Die Küsteningenieure in Hannover betreiben bereits seit 20 Jahren erfolgreich den 2-D-Wellenkanal, der nach wie vor die größte Laboreinrichtung seiner Art weltweit ist.

„Gemeinsam mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstreicht das Land mit der Finanzierung die bundesweite Einmaligkeit des Küsteningenieurwesens in Hannover“, sagte der Niedersächsische Minister für Wissenschaft und Kultur, Lutz Stratmann.

„Wir freuen uns sehr über die Bewilligung der neuen Anlagen. Mit ihrer Hilfe können wir in der Küstenforschung und Meerestechnik ganz oben mitspielen und planen bereits mit den Kollegen vom GKSS-Forschungszentrum in Geesthacht und den weiteren

Einrichtungen des Konsortiums Deutscher Meeresforschung gemeinsame Forschungsvorhaben," sagte Schlurmann.

Die Großgeräte ermöglichen es den Wissenschaftlern, dreidimensionale kurzkämmige Seegangs- und Strömungsverhältnisse an der Küste und die damit verbundenen komplexen Wechselwirkungen mit Bauwerken wie Wellenbrechern oder Hafен- und Windenergieanlagen erstmalig im physikalischen Modell zu simulieren und zu analysieren.

Einen wertvollen Beitrag sollen die Geräte für die Tsunami-Forschung liefern. Die Forscher wollen Analysen des Wellenaufbaus und -überlaufs an Küsten- und Hafenanlagen erstellen und Konzepte für die Bemessung von Seedeichen und Kaianlagen weiterentwickeln. Design und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen in der Nord- und Ostsee sollen

unter realitätsnahen Seegangs- und Strömungsbelastungen untersucht werden. Außerdem wollen die Forscher Erkenntnisse über die Auswirkungen des Klimawandels auf Hydrosysteme und Infrastrukturen in Küstenzonen gewinnen, indem Klimawandel-szenarien für erosionsgefährdete, sandige Küsten simuliert werden.

Der Einsatz der neuen Forschungsgroßgeräte kommt auch den Studierenden beispielsweise im neuen, deutschlandweit einmaligen Masterstudiengang Wasser-, Umwelt- und Küsteningenieurwesen zugute. "Bauingenieure mit diesem speziellen Profil sind national und international gefragter denn je", so Schlurmann. Er rechnet mit einem künftig deutlich ausgeweiteten Aufgaben- und Einsatzspektrum von Küsteningenieuren. "Durch den Klimawandel steigt der Meeresspiegel und der Lebens- und Wirtschaftsraum Küste ändert sich nachhaltig."

Veranstaltungen

7.-8.1.2010 **40. IWASA - Internationales Wasserbausymposium Aachen**, Technologiezentrum (AGIT) am Europaplatz, Aachen
info: www.iww.rwth-aachen.de

11.3.2010 **39. Mitgliederversammlung der Gesellschaft der Förderer des Franzius-Instituts e.V. und Vortragsveranstaltung des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen**, Franzius Institut, Hannover
info: www.fi.uni-hannover.de > Institut > Veranstaltungen

17.-18.3.2010 **Dresdner Wasserbaukolloquium "Wasserbau und Umwelt - Anforderungen, Methoden, Lösungen"**, Internationales Congress Center Dresden
info: tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_bauingenieurwesen/iwd/kolloquien/kolloquium2010

30.6.-5.7.2010 **32nd International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2010)**, Shanghai, China
info: <http://www.icce2010.cn/>

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
kfki-sekretariat@baw.de
<http://kfki.baw.de>

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