

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

Dr. Heiko Dankert<sup>1</sup>,  
 Dr. Agnieszka Herman<sup>2</sup>,  
 Dipl.-Ing. Dirk Schulz<sup>3</sup>,  
 Dr. Heinz Günther<sup>1</sup>,  
 Dipl.-Ing. Ralf Kaiser<sup>2</sup>,  
 Prof. Dr. Roberto Mayerle<sup>3</sup>,  
 Dipl.-Ing. Hanz Dieter Niemeyer<sup>2</sup>

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

### EINLEITUNG

Im Rahmen des vom BMBF finanzierten KFKI-Forschungsprojekts MOSES („Modellierungen des mittelfristigen Seegangsklimas im deutschen Nordseeküstengebiet“; 03 KIS 041) wird auf Basis der im EU-Projekt HIPOCAS (Weiße, Feser, Günther 2003) für eine Dauer von 40 Jahren erstellten Datensätze für Wind, Wasserstände, Strömungen und Seegang durch Modellierung in drei ausgewählten Küstengebieten (Dithmarscher Bucht, Elbmündungsgebiet, Einzugsgebiet des Norderneyer Seegats) das mittelfristige Seegangsklima ermittelt. Die Mittelfrist-Zeitreihen in Küstengebieten ermöglichen sowohl eine verfeinerte Abschätzung der Eintrittshäufigkeiten kennzeichnender Seegangparameter im Küstengebiet und der Dauerbelastung von Bauwerken, als auch eine Rekonstruktion des Seegangs früherer Sturmfluten an der Küste. Der Datensatz kann auch als Ausgangspunkt für Untersuchungen hinsichtlich eines morphodynamisch repräsentativen Seegangs dienen.

### VALIDIERUNG DER HIPOCAS-RANDBEDINGUNGEN

Eine der Aufgaben des Corelab/FTZ Westküste innerhalb des Projekts ist die Validierung der HIPOCAS-Randbedingungen für Wasserstände und Strömungen, sowie der Vergleich der HIPOCAS-Randbedingungen mit dem kontinentalen Schelfmodell. Die Validierung erfolgt anhand gemessener Wasserstände an den Pegeln Huibertgat, Helgoland und Großer Vogelsand über einen Zeitraum von 4 Jahren (1997 – 2000). Zur Bestimmung eines mittleren absoluten Fehlers wurden jeweils die Differenzen der Scheitelwasserstände einer Tide

aus den unterschiedlichen Datensätzen berechnet. Es zeigt sich, dass die Tidehochwasserscheitel sehr gut reproduziert werden können, was sowohl durch die Übereinstimmung der mittleren absoluten Fehler als auch durch die gemittelten Tidehochwasserstände und die Standardabweichung der Fehler untermauert wird. Weniger gut ist die Übereinstimmung zwischen den Tideniedrigwasserscheiteln. Bei den ermittelten Flut- und Ebbdauern zeigen sich geringe Unterschiede an den Pegeln Helgoland und Großer Vogelsand. Größer sind diese Unterschiede am Pegel Huibertgat (Abb.1).

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

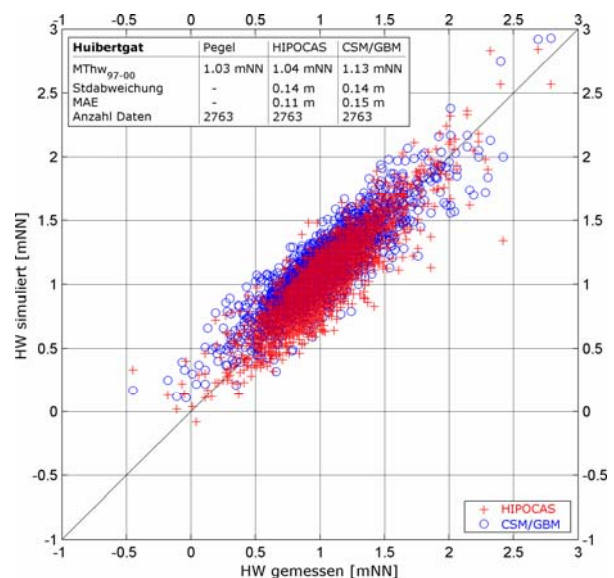


Abb.1: Korrelation von Hoch- und Niedrigwasser für Modelldaten von HIPOCAS und dem kontinentalen Schelfmodell mit denen des Pegels Huibertgat (Ems).

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

## SEEGANGSMODELLIERUNG IN DER ELB-MÜNDUNG

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

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

Um die Abschätzung der Eintrittshäufigkeiten kennzeichnender Seegangparameter und der Dauerbelastung von Bauwerken in der Elbmündung zu ermöglichen, wurde eine Extremwertanalyse durchgeführt, in der für jede Untersuchungsstation zweidimensionale Wellenenergiespektren (stündlich über 10 Jahre) analysiert wurden.

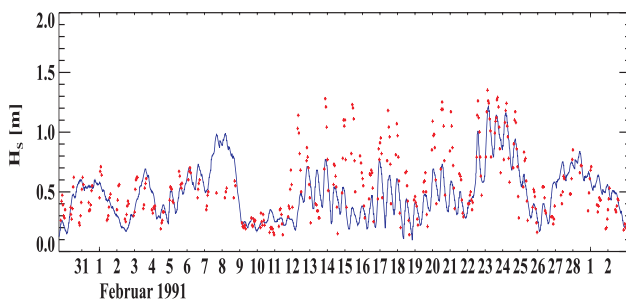


Abb.2: Gemessene (rot) und mit dem k-Modell modellierte (blau) signifikante Wellenhöhen an der Station Vogelsand (Elbmündung) im Februar 1991.

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

monatlichen Karten der statistischen Parameter und deren Wechselbeziehungen verwendet.

## SEEGANGSMODELLIERUNG IM NORDERNEYER SEEGAT

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

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

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

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

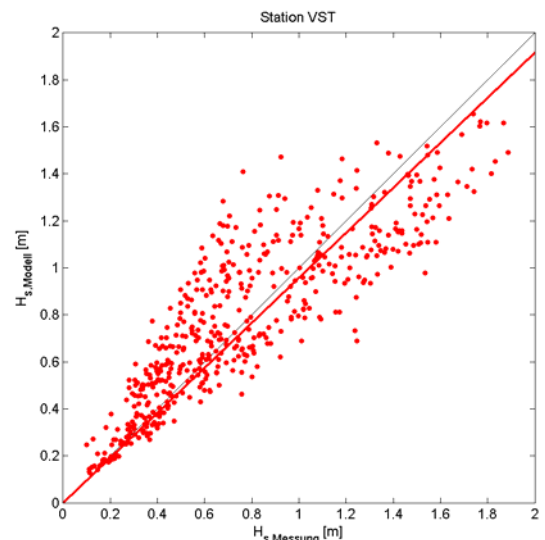


Abb.3.: Streudiagramm für gemessene und mit dem SWAN-Modell modellierte signifikante Wellenhöhen an der Station VST am Vorstrand von Norderney (Sep.-Nov.2002).

Die Ergebnisse der hydrodynamischen Modellierung liefern einen Einblick sowohl in den gesamten Volumentransport durch die Grenzen des Einzugsgebietes des Norderneyer Seegats, als auch in den Einfluss von

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

## LITERATUR

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

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

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

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

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

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

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