

## Seegangsbedingungen und Wellenüberlauf an der geplanten Kaianlage JadePort, Wilhelmshaven

Mai, S. Daemrich, K.-F. Zimmermann, C.

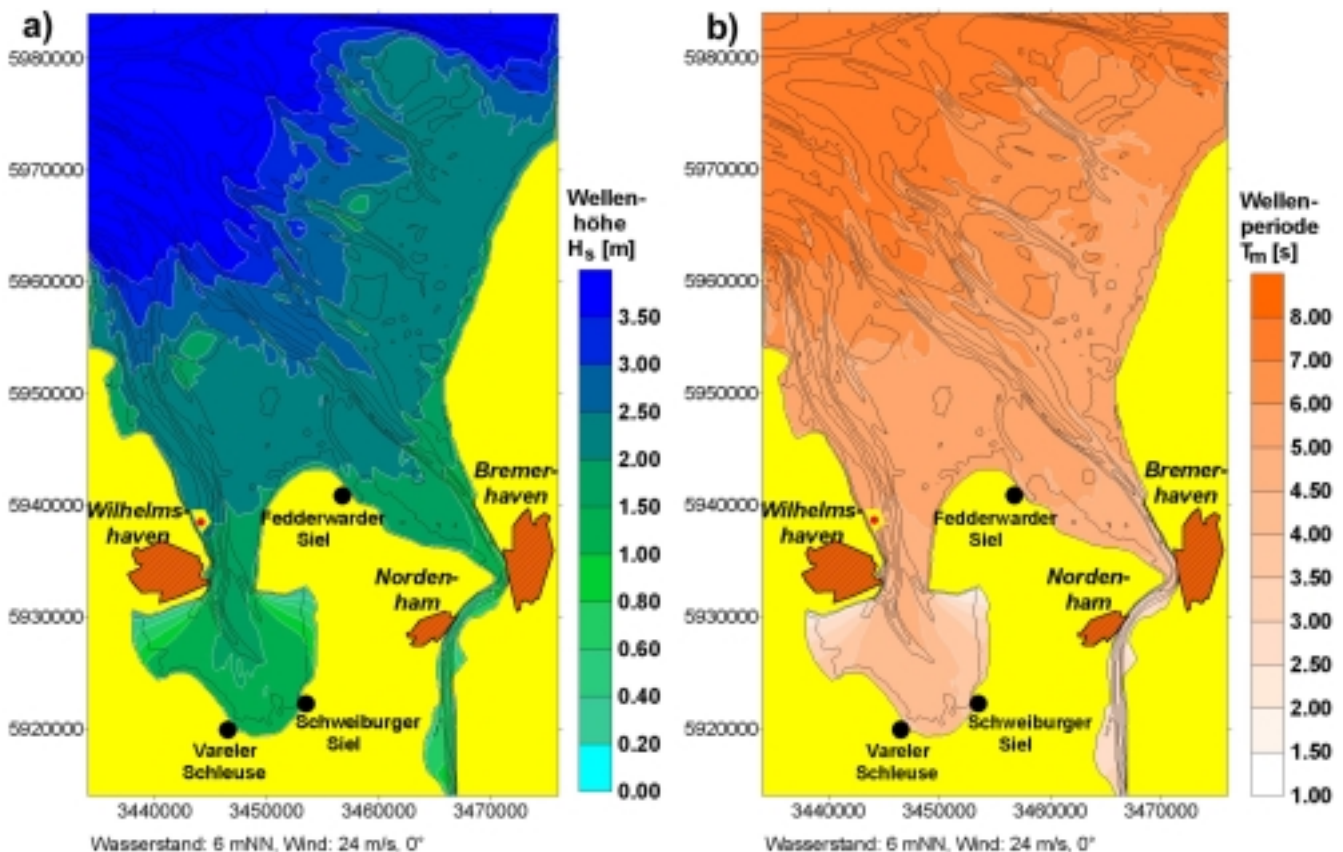
In der HANSA-Ausgabe Nr. 9/1999 wurde die Konzeption eines neuen Containerterminals am Tiefwasser der Jade, der JadePort, vorgestellt. Das FRANZIUS-INSTITUT FÜR WASSERBAU UND KÜSTENINGENIEURWESEN der Universität Hannover hat im Rahmen der Feasibility-Studie JadePort eine Untersuchung der Seegangsbedingungen im Jade-Weser-Ästuar vorgenommen sowie daraus die Seegangsparameter und den Wellenüberlauf an der geplanten Kaianlage (siehe WILDE, 2000) abgeschätzt.

### Seegangsmodellierung

Die Seegangsausbreitung in Jade und Weser wurde mit Hilfe des an der TU Delft entwickelten, phasengemittelten numerischen Seegangmodells SWAN, SHALLOW WAVES NEAR SHORE (Ris, 1997), bei verschiedenen Wasser-

stands- und Windbedingungen untersucht. Die räumliche Auflösung des Modells wurden zu 100 m x 100 m gewählt. Die Berechnungen wurden für stationäre Bedingungen von Wasserstand und Wind durchgeführt, Interaktion zwischen Seegang und Tideströmung wurden nicht berücksichtigt. Der Eingangsseegang am nördlichen und westlichen Modellrand wurde dazu wassertiefenabhängig aus Windgeschwindigkeit und -richtung unter Verwendung von Fetch-Diagrammen abgeschätzt (vgl. CERC, 1984). Eine Prüfung dieser Näherung erfolgte durch Vergleich mit Ergebnissen der Seegangsvorhersage des European-Shelf-Modells des Bundesamtes für Seeschiffahrt und Hydrographie BSH für die gesamte Nordsee. Die Kalibrierung des Modells SWAN erfolgte bereits im Rahmen anderer Projektstudien für das

Küstengebiet „Eiderstedt-Pellworm“ in Schleswig-Holstein durch den Vergleich mit Naturmessungen von Seegangsbojen (MAI ET AL., 1999) und wurde für das Gebiet der Jade und der Weser anhand von im Rahmen des Monitoring für den Containerterminal CT III, Bremerhaven, durchgeführten Bojenmessungen überprüft (MAI ET AL., 2000). Abb. 1 gibt einen Überblick über das gewählte Untersuchungsgebiet und zeigt exemplarisch charakteristische Seegangsparameter bei Nordsturm und konstant über das Seegebiet angenommenem Extremwasserstand von 6 mNN. Die Vielzahl der Seegangssimulationen bei verschiedenen Randbedingungen sind in einem Seegangsatlas (MAI & v. LIEBERMAN, 2000) zusammengestellt, siehe auch [www.fi.uni-hannover.de/~smai/seegang/index.htm](http://www.fi.uni-hannover.de/~smai/seegang/index.htm).



**Abb. 1:** Seegangsausbreitung im Jade-Weser-Ästuar bei schwerem Nordsturm (Wasserstand: 6 mNN, Wind: 24 m/s aus 0°)  
 a) signifikante Wellenhöhe b) mittlere Wellenperiode

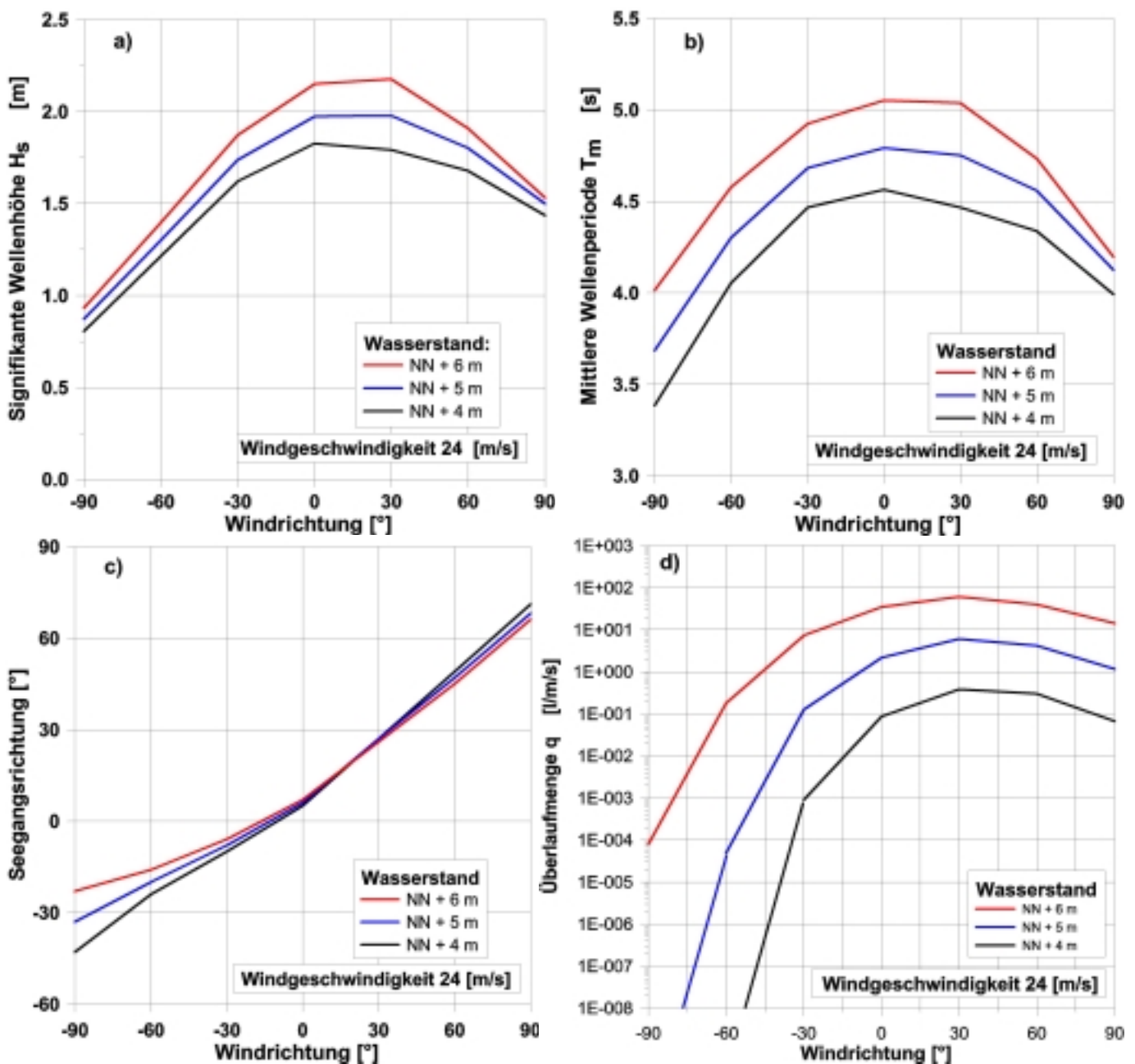
An der in Abb. 1 dargestellten Position vor der geplanten Kaje wurden für die weitere Bemessung die Seegangparameter ausgelesen. Es ergab sich die in Abb.2 [a) bis c)] beispielhaft für Wasserstände von 4 mNN bis 6 mNN und eine Windgeschwindigkeit von 24 m/s dargestellte Abhängigkeit der Seegangparameter –signifikante Wellenhöhe, mittlere Wellenperiode und Hauptseegangsrichtung– von der Windrichtung. Maximale signifikante Wellenhöhen und -perioden werden an der geplanten Kaje für Windrichtungen aus

N bis NNO erreicht. Der Seegang läuft in diesem Fall aus Richtung von 5° bis 25° an. Dies entspricht einem Angriffswinkel von 35° bis 55° zwischen Seegang und Kaje, da die geplante Kaje etwa um einen Winkel von 30° aus der Nordrichtung verdreht ist (vgl. Abb. 1). Ein senkrechter Wellenangriff ( $\beta=0^\circ$ ) auf die Kaje, welcher bei sonst gleichen Seegangparametern zu maximalen Belastungen und Überlauf führt, ist für Winde aus ONO bis O (ca. 75°) zu erwarten. Für historische Sturmflutereignisse sind die Seegangparameter

in Tab. 1 zusammengestellt.

### Berechnung des Wellenüberlaufs

Zur Ermittlung des Wellenüberlaufs werden in der Regel für den Ausführungsentwurf physikalische Modellversuche durchgeführt. Für Voruntersuchungen eignen sich von FRANCO ET AL. (1994) bzw. FRANCO & FRANCO (1999) abgeleitete analytische Beziehungen zwischen Wellenüberlauf  $q$  und Seegangsrichtung  $\beta$  sowie signifikanter Wellenhöhe  $H_s$ .



**Abb. 2:** Seegangparameter und Wellenüberlauf an der geplanten Kaje als Funktion der Windrichtung  
 a) signifikante Wellenhöhe b) mittlere Wellenperiode c) Hauptseegangsrichtung d) Überlaufmenge

Datum	Tidehoch-Wasserstand	Windgeschwindigkeit	Windrichtung	Wellenhöhe	Wellenperiode	Wellenrichtung	Wellenüberlauf
[-]	[mNN]	[m/s]	[°]	[m]	[s]	[°]	[l/m/s]
16.02.1962	5,23	24,0 (22,1)	280°	1,05	3,95	-25,0	1 10 <sup>-7</sup>
21.01.1976	4,86	24,0 (19,8)	270°	0,85	3,65	-35,0	1 10 <sup>-10</sup>
03.01.1976	4,76	24,0 (22,4)	300°	1,25	4,20	-22,5	3 10 <sup>-6</sup>
04.01.1976	4,05	24,0 (14,1)	340°	1,70	4,50	-5,0	5 10 <sup>-3</sup>
31.12.1977	4,74	24,0 (17,7)	320°	1,55	4,50	-12,5	2 10 <sup>-3</sup>
19.11.1973	4,56	24,0 (22,1)	320°	1,50	4,45	-12,5	2 10 <sup>-4</sup>

**Tab. 1:** Historische Sturmflutereignisse sowie zugeordnete Seegangparameter und Wellenüberlauf an der Kaje des JadePort

Danach gilt (siehe auch DAEMRICH, 1999, DAEMRICH & MATHIAS, 1999):

$$q = \sqrt{g \cdot H_s^3} \cdot 0,082 \cdot \dots \cdot \exp\left(-3 \cdot \frac{R_c}{H_s \cdot \gamma_{\beta\sigma} \cdot \gamma_{geom}}\right)$$

$$\gamma_{\beta\sigma} = \begin{cases} 0,83 & \text{für } \beta \leq 20^\circ \\ 0,83 \cdot \cos(20^\circ - \beta) & \text{für } \beta > 20^\circ \end{cases}$$

$$\gamma_{geom} = \begin{cases} 1,0 & \text{senkrechte Wand} \\ 0,8 & \text{Wellenabweiser} \end{cases}$$

wobei  $R_c$  das Freibord der Kaje, d.h. die Differenz von Kajenhöhe und Wasserstand,  $\gamma_{\beta\sigma}$  den Einfluß des Angriffswinkels und der Kurzkämmigkeit des Seegangs und  $\gamma_{geom}$  den Einfluß der Geometrie der Wand auf die Überlaufmenge beschreiben. Die Höhe der geplanten Kaje des JadePort soll auf 7,50 mNN liegen. Für die in Abb. 2 [a] bis c) dargestellten Seegangsbelastungen an der Kaje wurde unter Voraussetzung einer senkrechten Kajenwand – die Auskrugung der geplanten Kajenwand (WILDE, 1999) wird auf der sicheren Seite liegend vernachlässigt – der Wellenüberlauf berechnet und in Abb. 2 d) dargestellt. Die Überlaufmenge wird für eine Windrichtung aus 30° maximal. Dies entspricht nicht der der maximalen Wellenhöhe zugeordneten Windrichtung, was den Einfluß der Angriffsrichtung des Seegangs widerspiegelt. Den in Tab. 1 aufgeführten historischen Sturmfluten ist – für eine angenommene Windgeschwindigkeit von 24 m/s – ebenfalls die Wellenüberlaufmenge zugeordnet. Es zeigt sich, daß die maximale Überlaufmenge an der geplanten Kaje nicht mit den historisch höchsten Wasserständen verbunden ist, sondern aufgrund der Bedeutung der Angriffsrichtung des Seegangs für einen Sturmflutwasserstand von 4,05 mNN und Windrichtungen aus 340° (04.01.1976)

aufgetreten wäre.

### Schlußfolgerung

Für vergangene Sturmfluten wäre die Menge des Wellenüberlaufs an der geplanten Kaje stets geringer als 0,005 l/m/s gewesen. Dies bedeutet, daß die obere Grenze der funktionellen Sicherheit von Kaianlagen, hier speziell in Bezug auf die Fahrsicherheit der Flurfördergeräte, stets eingehalten worden wäre [FRANCO ET AL., 1994]. Setzt man außerdem den Einfluß eines Wellenabweisers an, so vermindert sich die Wellenüberlaufmenge um mehr als 50 % der hier berechneten Werte. Die tatsächliche Auswirkung der vorgesehenen horizontalen Platte kann, ebenso wie die durch vor der Kaje liegende Schiffe hervorgerufene örtlich höhere Überlaufmenge bei nördlichen Wellenanlauffrichtungen, nur durch hydraulische Modellversuche ermittelt werden.

### Schrifttum

**CERC (Coastal Engineering Research Center)**, Shore protection manual, Vol. 1, 1984  
**DAEMRICH, K.-F.**, Overtopping at vertical structures, 2<sup>nd</sup> German-Chinese Joint Seminar on Recent Development in Coastal Eng., Tainan, Taiwan, 1999  
**DAEMRICH, K.-F., MATHIAS, H.-J.**, Overtopping at vertical walls with oblique wave approach, Proc. of the 5th Int. Conf. on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Cape Town, South Africa, 1999  
**FRANCO, C., FRANCO, L.**, Overtopping formulas for caisson breakwaters with non breaking 3D waves, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol. 125, No. 2, 1999  
**FRANCO, L., DE GERLONI, M., VAN DER MEER, J.W.**, Wave overtopping on

vertical and composite breakwaters, Coastal Engineering, 1994

**MAI, S., v. LIEBERMAN**, Internet-based tools for risk assessment for coastal areas, Proc. of the 4th Int. Conf. on Hydroinformatics, Iowa, USA, 2000

**MAI, S., OHLE, N., ZIMMERMANN, C.**, Applicability of Wave Models in Shallow Coastal Waters, Proc. of the 5th Int. Conf. on Coastal and Port Engineering in Developing Countries, Cape Town, South Africa, 1999

**MAI, S., v. LIEBERMAN, N., FITTSCHEN, T., BARTELS, K.**, Seegang in der Weser vor Bremerhaven, HANSA, Hamburg, Germany, (im Druck)

**RIS, R.C.**, Spectral modelling of wind waves in coastal areas, Communications on Hydraulic and Geotechnical Engineering, no. 97-4, Delft, Netherlands, 1997

**WILDE, C.**, Erfolgsaussichten für den JadePort, HANSA, Nr. 9, Hamburg, Germany, 1999

### Anschrift der Autoren:

**Dipl.-Phys. Stephan Mai**

Tel.: 0511 – 762 4295

e-mail: smai@fi.uni-hannover.de

**Dr.-Ing. Karl-Friedrich Daemrich**

Tel.: 0511 – 762 3739

e-mail: daekf@fi.uni-hannover.de

**o. Prof. Dr.-Ing. Claus Zimmermann**

Tel.: 0511 – 762 5481

e-mail: zi@fi.uni-hannover.de

**alle:**

Franzius-Institut für Wasserbau und Küsteningenieurwesen

Nienburger Straße 4

30167 Hannover

Fax: 0511 – 732 4002