



BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU

Karlsruhe · Hamburg · Ilmenau

BAW



ANLAGENBAND

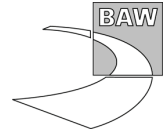
Fahrrinnenanpassung der Unterweser

**Fahrrinnenanpassung der Außenweser
an die Entwicklungen im Schiffsverkehr sowie
Tiefenanpassung der hafenbezogenen Wendestelle**

**Summationswirkung der Anpassungen
von Unter- und Außenweser**

**Gutachten
zur ausbaubedingten Änderung von
Transportprozessen und
Morphodynamik**

Anlagenband 4



Anlage 4

Beschreibung des Seegangmodells

Anlage 4

Seegangmodellierung

Mathematische Verfahren

Die Modellierung des Seegangs und seiner Wechselwirkung mit der Gezeitendynamik werden mit den Verfahren UnK (K-Modell) und UnTRIM-2D durchgeführt.

Aufbau des hydro- und morphodynamischen numerischen Modells

Modellgebiete und Berechnungsgitter

Da keine Seegangssteuerdaten für den Modellrand des Jade-Weser-Modells (s. Abschnitt 10.1) vorliegen, muss das Seegangsgeschehen in der Deutschen Bucht über vorhandene Windfelder des DWD nachgerechnet werden (Seegang-Hindcast). Das für die numerische Seegangssimulation erforderliche Berechnungsgitter umfasst große Teile der Nordsee einschl. des Ärmelkanals (s. Abb. 4-1). Deshalb zeichnet es sich dort durch eine deutlich gröbere Diskretisierung aus. Dies ist ausreichend, da dieser Bereich lediglich der Seegangsentstehung dient und die Tiefwasserbereiche für den Seegang ohne Bedeutung sind. Im Gebiet des Jade-Weser-Ästuars ist eine entsprechend höhere Auflösung vorhanden, um den Tiefeneinfluss für die Seegangstransformation zu erfassen. Durch eine verfeinerte Abbildung des Weser- und Jedefahrwassers sowie des Fedderwarder Priels und des Wurster Arms (mit Viereckelementen) können die Tiefen und damit ihre Wirkung auf den Transport der Seegangenergie in das Ästuar sehr gut wiedergegeben werden. Das Seegangsgitter besteht aus ca. 14.000 Knoten und ca. 20.000 Elementen mit einer minimalen Kantenlänge von 60 m im Bereich der Viereckselemente. Das Nordseemodell wird jeweils für den Vergleichszustand, die Überlagerungsvariante und die Ausbauvariante Außenweseranpassung aufgebaut und für diese Varianten betrieben. Der Berechnungszeitschritt für die Seegangmodellierung ergibt sich in Abhängigkeit von der Gitterdiskretisierung zu 1,0 s.

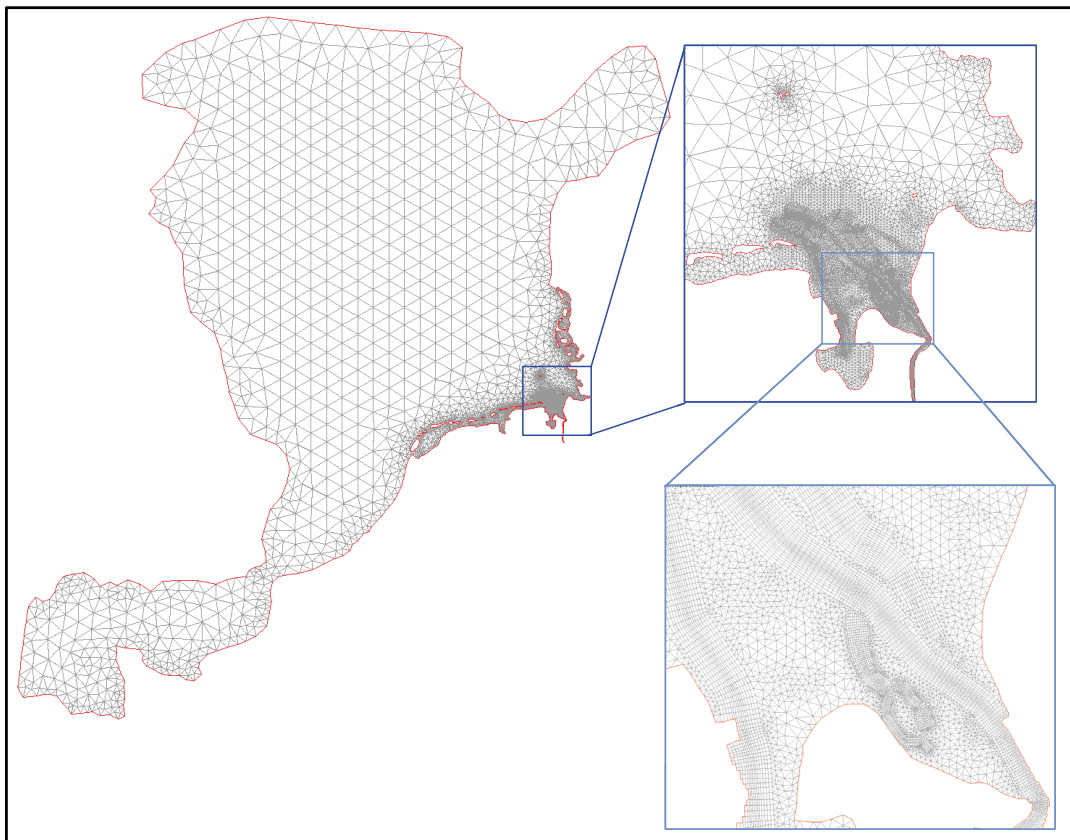
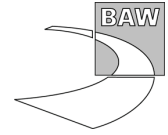


Abb. 4-1: Nordsee-Berechnungsgitter für die Seegangssimulation

Modellsteuerung

Die Steuerung des Nordsee-Seegangmodells erfolgt über Windfelder, die charakteristische Systemzustände repräsentieren. Im ersten Szenario werden Windfelder des DWD verwendet, die dem zu untersuchenden Nipp-Spring-Zyklus 31.05. bis 15.06.2002 zugehörig sind. Da aus diesem Zeitraum nur geringe Seegangsintensitäten hervorgegangen sind, werden für ein zweites Szenario auch synthetische Windfelder eingesetzt, die starke (allerdings in ihrer zeitlichen Dauer deutlich überhöhte) Seegangsereignisse generieren. Dazu wird über den o.g. Simulationszeitraum ein konstant wirkender Nordwest-Wind mit 15 m/s eingesteuert. Für beide Szenarien wird der Seegang instationär mit veränderlichen Wasserständen und Strömungen ($\Delta T = 1 \text{ min}$) berechnet. Die erforderlichen Daten für Wasserstand und Strömungsgeschwindigkeit stammen aus einer vorhergehenden zweidimensionalen hydrodynamischen Berechnung mit dem (Gezeiten-) Nordseemodell der BAW. Das Modellgebiet hierfür ist den Ausmaßen des Nordseemodells für die Seegangssimulation ähnlich, allerdings deutlich feiner diskretisiert. Die mit dieser Modellkopplung berechneten Seegangsdaten werden alle 30 Minuten ausgegeben. Mit äquivalentem Zeitintervall werden die Seegangsdaten während der anschließenden 2D hydrodynamisch, morphodynamisch numerischen Simulation für das Jade-Weser-Modell (s. Abschnitt 10.2) verwendet.



Modellkalibrierung und –validierung

Die mathematischen Ansätze des k-Modells sind auf Naturuntersuchungen, wie zum Beispiel das JONSWAP-Projekt (SCHNEGGENBURGER 1998), abgestimmt. Eine Kalibrierung des Modells mit Sohlrauigkeiten oder anderen Parametern ist nicht notwendig. Ein Nachweis der Berechnungsgüte für das Jade-Weser-Gebiet erfolgt mit Seegangs- und Windmessdaten für den Zeitraum 18. bis 25.07.2005 und dazu passenden Windfeldern des DWD (s. Abschnitt 2.2).

Die Validierung eines Seegangmodells kann nicht nach den gleichen Kriterien bewertet werden, mit der auch beispielsweise Wasserstandsberechnungen beurteilt werden (vgl. Aussagen des Abschnittes 10.3). Vorwiegend ist die Größenordnung des Energieeintrags und -austrags zu prüfen und die Entwicklung der Seegangsenergie im Weser-Ästuar.

Für die Beurteilung des Seegangmodells wird der Parameter signifikante Wellenhöhe verwendet. Die Seegangsenergie verhält sich proportional zum Quadrat der Wellenamplitude. Daher eignet sich die Wellenhöhe (halbe Wellenamplitude) gut zur Beschreibung des Energieeintrags und der Energiedissipation. Der Energieeintrag wird durch den Wind bewirkt. Demnach sind zuerst die gemessenen mit den in das Modell eingesteuerten Windverhältnissen zu vergleichen. Zu beachten ist dabei, dass die Windfelder des DWD in stündlichen Intervallen und die gemessenen Werte in 5 min-Intervallen vorliegen.

Die in das Modell eingesteuerten Windrichtungen stimmen sehr gut mit den gemessenen Werten überein. Der Verlauf der Windgeschwindigkeit wird ebenfalls gut wiedergegeben, allerdings sind besonders während der hohen Windgeschwindigkeit die eingesteuerten Werte ca. 5 m/s geringer. Das Modell kann demzufolge nur Ergebnisse liefern, die den eingesteuerten Daten mit geringerem Energieeintrag entsprechen. Die Messposition Tegeler Plate zeigt dieses Verhalten in Abb. 4-2. An dieser Position in der äußeren Außenweser dominiert der Wind die Ausprägung des Seegangs. An den Positionen Fedderwarder Priel und Wremer Loch hat die Seegangsenergie durch dissipierende Effekte abgenommen. Die berechneten signifikanten Wellenhöhen stimmen sehr gut mit den gemessenen Werten überein, sowohl in der Größenordnung als auch in der Wiedergabe der Peaks. Die Änderung der Seegangsenergie im Weser-Ästuar kann durch eine prozentuale Betrachtung verdeutlicht werden (s. Abb. 4-3). Hier wird die Abnahme der signifikanten Wellenhöhe der Positionen Fedderwarder Priel und Wremer Loch in Bezug auf die Position Tegeler Plate gegenübergestellt. Gleichzeitig kennzeichnet die Darstellung auch die Abnahme der Seegangsenergie von der äußeren in die innere Außenweser. An der Position Fedderwarder Priel liegen die gemessenen und die simulierten Werte auf gleichem Niveau. Die Seegangsenergie hat gegenüber der Tegeler Plate um ca. 80% abgenommen. Aufgrund der Nähe zur Fahrrinne ist an der Position Wremer Loch die Abnahme der Wellenhöhen (rd. 60%-70% Abnahme) geringer. Im Zeitraum vom 20. bis 23.07.2005 ist die Abnahme der berechneten Wellenhöhen tendenziell um 10%

geringer als die der gemessenen Werte. Dies begründet sich in dem geschwächten eingesteuerten Windsignal während dieses Zeitraumes.

Die Ergebnisse für den Validierungszeitraum Juli 2005 zeigen insgesamt, dass das See-gang-Nordseemodell den Energieeintrag und die -dissipation im Verlauf des Weserästuars gut abbildet.

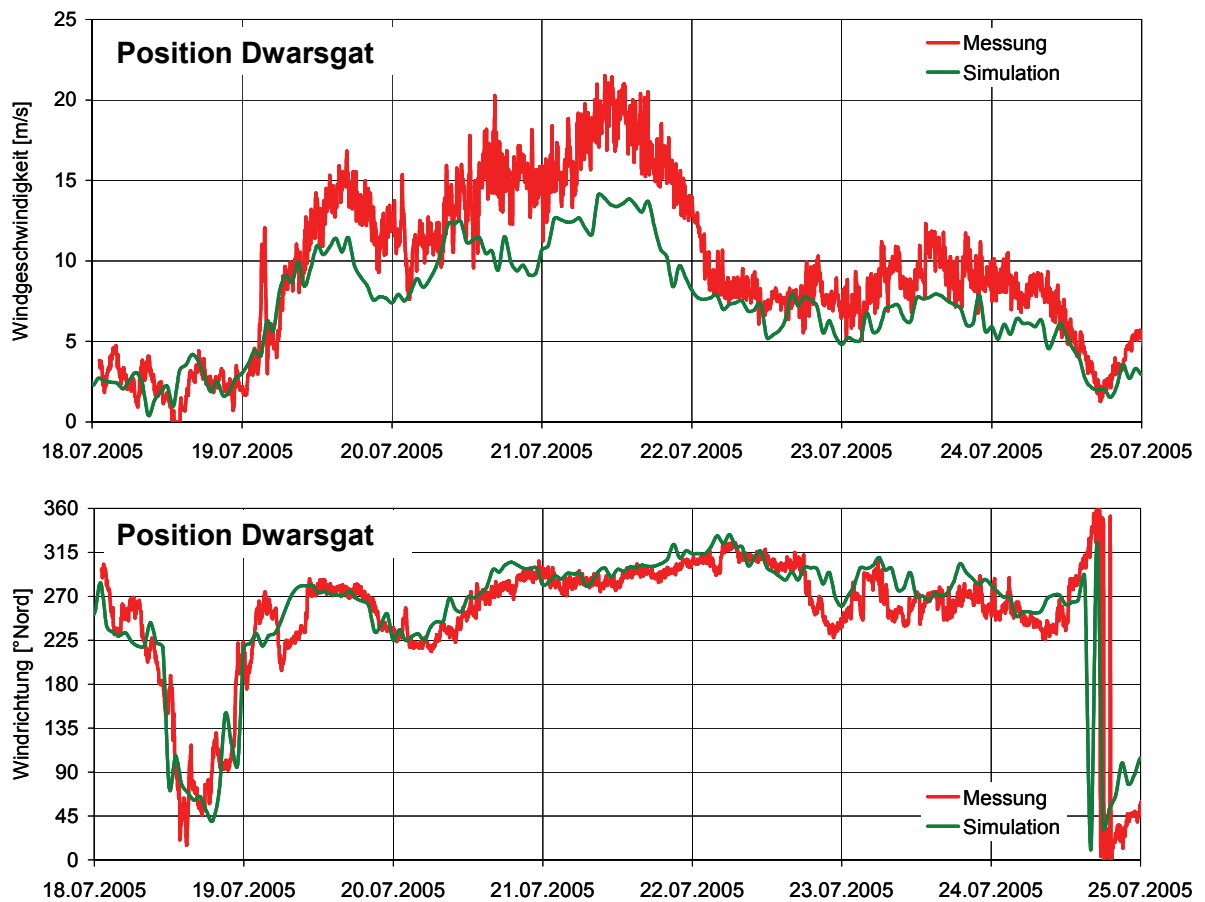


Abb. 4-2: Gemessene und im Modell verwendete Windverhältnisse an der Station Dwarsgat (Windgeschwindigkeit in 10 mNN)

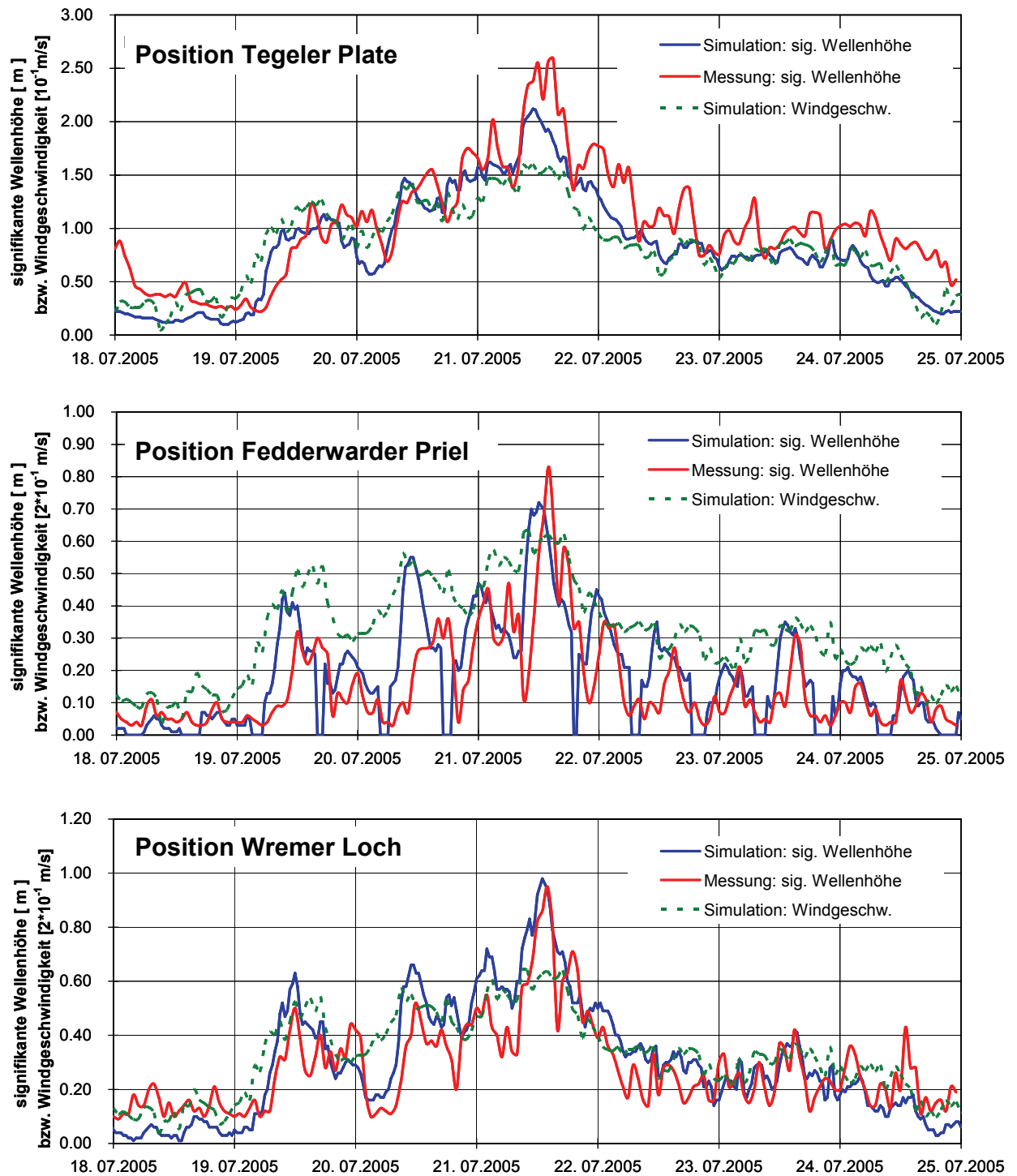


Abb. 4-3: Gemessene und berechnete signifikante Wellenhöhen sowie eingesteuerte Windgeschwindigkeiten an den Positionen Tegeler Plate, Fedderwarder Priel und Wremer Loch

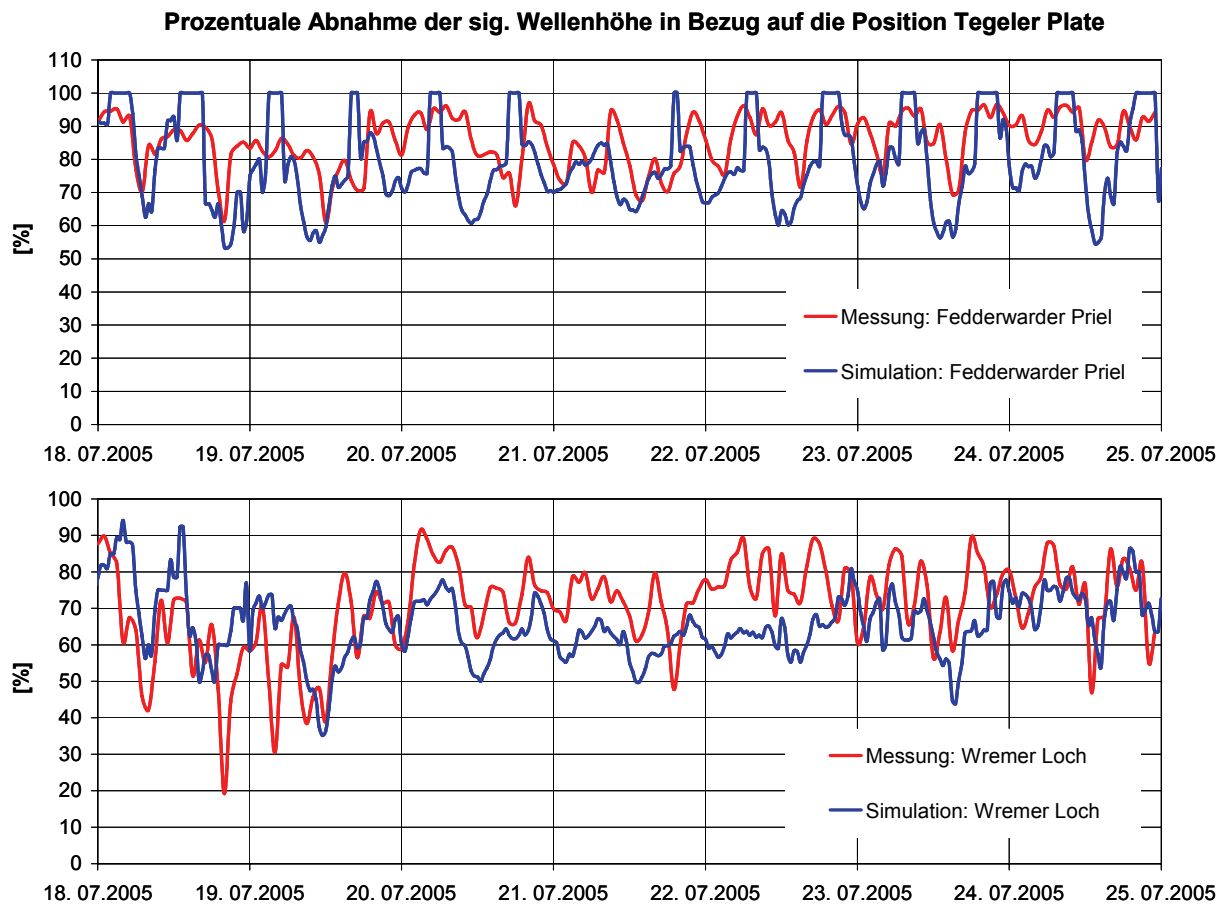


Abb. 4-4: Prozentuale Abnahme der signifikanten Wellenhöhe in Bezug auf die Position Tegeler Plate

Schrifttum

SCHNEGGENBURGER, C.: Spectral Wave Modelling with Nonlinear Dissipation. Technical Report GKSS 98/E42, Forschungszentrum-Geesthacht, 1998.