

## Schlussbericht



---

Zuwendungsempfänger:  
Forschungs- und Entwicklungszentrum  
Fachhochschule Kiel GmbH

Förderkennzeichen:  
0327533A

---

Vorhabensbezeichnung:  
FINO3 – NEPTUN „Kompetenzzentrum Offshore-Windenergienutzung, Nordsee-  
Entwicklungsplattform für Technologietransfer und Naturschutz“ – Betrieb der Plattform

---

Laufzeit des Vorhabens:  
01.07.2009 – 30.06.2012

---

Anbieter des Auftrags:  
Helmholtz-Zentrum Geesthacht – Zentrum für Material- und Küstenforschung GmbH

---

Vorhaben des Anbieters:  
Seegang- und Brechererfassung mittels Doppler Messung zur Untersuchung der raum-  
zeitlichen Veränderlichkeiten im Seegangsfeld im Einflussbereich von Offshore-Bauwerken

---

„Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit unter dem Förderkennzeichen 0327533A gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.“

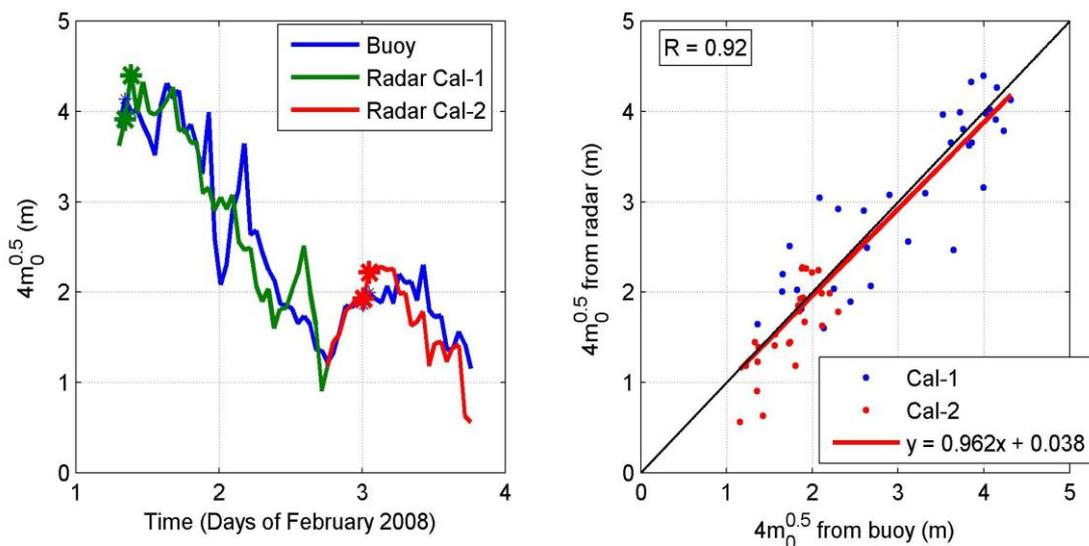
Autor: Dr. Friedwart Ziemer

# Endbericht zum FINO3 Teilprojekt: Felduntersuchungen zur Brecherortung mit kohärentem Radar

## 1. Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Im Verlauf des im Juni 2012 beendeten Projektes „Felduntersuchungen zur Brecherortung mit kohärentem Radar“ wurde eine Studie zur Ortung von Brechern mit Dopplerradar durchgeführt, die von Herrn Stylianos Flampouris zu einer Doktorarbeit [1] zusammengefasst wurde. Weitere Ergebnisse dieses Projektes wurden bei mehreren internationalen Konferenzen und in Zeitschriften veröffentlicht (*References*: [2] bis [8] am Ende dieses Berichtes).

Neben der Methode zur Brecherortung wurde ein Verfahren zur Bestimmung der lokalen, signifikanten Wellenhöhen entwickelt (siehe Abbildung 1) und getestet. Dieser Parameter wird bei den meisten Methoden aus der Varianz der Zeitreihen der lokalen Vertikalauslenkungen, also der vertikalen Komponente der Orbitalbewegungen, berechnet. Das Dopplerradar blickt im flachen Winkel auf die Wasseroberfläche und hat daher das Potential Zeitreihen der horizontalen Komponenten der Orbitalbewegungen der Rückstreufacetten zu erfassen. Hierbei sind allerdings drei Effekte zu bedenken: 1. kann das Radar nicht in die Schatten hinter Wellenkämmen „blicken“, 2. ergeben brechende Wellen zu hohe Geschwindigkeiten, die nicht der Orbitalgeschwindigkeit entsprechen und 3. wird nur die radiale, also die auf die Antenne gerichtete Komponente erfasst.



**Abbildung 1** Vergleich der signifikanten Parameter für die Wellenhöhen, die mit den gleichen Algorithmen für Boje und für Radar berechnet wurden. Die Boje lag auf gleicher Wassertiefe aber in einem Abstand von etwa 5 Seemeilen zum Radarmesspunkt.

Doppler-Spektren aus den nicht einsehbaren *Schatten*bereichen bleiben ohne deutliche Maxima und werden über geringe Werte des Signal- zu Rauschpegels separiert. Messungen über *Brechern* werden aus hohen Rückstreuwerten mit für die Orbitalbewegungen zu hohen Dopplergeschwindigkeiten ( $\gg 3$  m/s) identifiziert. Werte über *Schatten* und *Brechern* werden so identifiziert und aus den Zeitreihen entfernt bzw. durch den Wert „Null“ ersetzt. Aus den verbleibenden, gültigen Dopplermessungen werden Zeitreihen mit einem Zeitschritt von 0.5 s zusammengesetzt. Die derart erzeugten Zeitreihen werden mit den gleichen Algorithmen

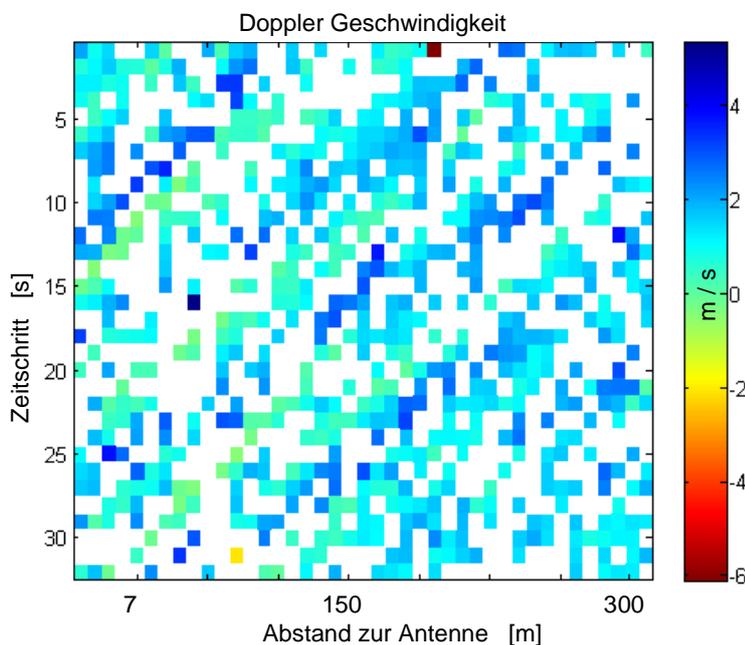
bearbeitet, die zur Analyse der in-situ Messungen herangezogen werden. Bei der Integration der Parameter wird die Wirkung der Abschattung unter Nutzung einer Übertragungsfunktion kompensiert. Dieses Verfahren wird auch bei andern Radarverfahren zur Seegangsmessung erfolgreich eingesetzt.

Die Zeitreihen und das Streudiagramm in Abbildung 1 zeigen, dass die Ergebnisse für die signifikante Wellenhöhe aus der Radarmessungen innerhalb der zu erwartenden geophysikalischen Streubreite zu finden sind.

## 2. Ergebnis des Vorhabens

Die Messergebnisse (s. Abb. 1 und 2) bestätigen die Erwartung, dass brechende Wellen sich anhand der Dopplerspektren deutlich von den regelmäßigen Wellen unterscheiden lassen. Allerdings sind wegen der Strandnähe, in der diese Messungen gewonnen wurden, die meisten Brecherereignisse stationär, d.h. die Brecher treten regelmäßig an den gleichen Stellen vor den Sandriffs auf und wandern nicht über längere Strecken, wie das auf See zu erwarten ist.

Auf Basis der von Land aus genommenen Daten (Abb.1) konnten wir zeigen, dass es möglich ist, Brecherereignisse in Raum und Zeit zu identifizieren und zu verfolgen. Wir haben zunächst die von Land aus gemessenen Dopplerspektren analysiert, weil bei diesen Datensätzen zwei große Vorteile bei der Interpretation bestehen. Zum einen ist die Laufrichtung der Wellen eindeutig, weil der Hauptteil der Seegangenergie auf den Strand zu läuft und zum andern ist die Position der Brecher eindeutig, da diese vom Gradienten in der Bathymetrie vorgegeben wird und das „Brandungsbrechen“ je nach Wellenlänge an der gleichen Stelle erzwingt.



**Abbildung 2** Raum- Zeifenster der radialen Dopplergeschwindigkeiten aus jeweils 1 s Dopplermessung. Mit „weiß“ entsprechend „0“ sind die Zellen markiert, die im Schatten der Wellentäler liegen und nur verrauschte Spektren ergeben. Geschwindigkeiten von mehr als +/-3 m/s (dunkleres blau bzw. rot) stammen von brechenden Wellenkämmen.

Seit 2011 wird von FINO<sup>3</sup> aus mit einem baugleichen Radar gemessen. Auf der FINO Position laufen die Wellen über nahezu gleichbleibende Wassertiefe, so dass kein lokales

Brechen erzwungen wird. Abbildung 2 zeigt ein Raum – Zeitfenster mit Dopplergeschwindigkeiten, die im Jahr 2011 von FINO<sup>3</sup> aus während eines Sturmes genommen wurden. Deutlich erkennbar sind Becherereignisse, die über mehreren Raum – Zeitschritten laufen. Diese Ergebnisse belegen, dass die Ortung von Brechern auch über homogener Bathymetrie mit dem auf FINO eingesetzten Radar erreicht wurde.

## References

### Monography

- [1] S. Flampouris, "On the wave propagation over uneven seabottom observed by ground based radar," in *Institute of Oceanography*. vol. Ph.D. Hamburg: University of Hamburg, 2010, p. 220.

### Peer reviewed Publications

- [2] J. Seemann, F. Ziemer and S. Flampouris, "Wave energy transformations in the littoral zone observed by ground based *coherent on receive* radar," in preparation.

### Conferences

- [3] S. Flampouris, J. Seemann, and F. Ziemer, "Radar observations of wave field in littoral zone," in *Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International*, 2010, pp. 948-951.
- [4] S. Flampouris, J. Seemann, and F. Ziemer, "Observing littoral waves by Doppler radar," in *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009*, 2009, pp. III-757-III-760.
- [5] S. Flampouris, J. Seemann, and F. Ziemer, "Observation of littoral hydrodynamics by ground based Dopplerized X-band Radar," in *Ocean Sciences Meeting* Portland American Geophysical Union, 2010.

### Invited talks

- [6] S. Flampouris, 'Monitoring of the nearshore bathymetry and current field by inverting the wave field propagation', Coastal Ocean Fluid Dynamics Laboratory seminar, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, 20 November 2009.
- [7] S. Flampouris and F. Ziemer, 'Observation of the Wavefield in the Nearshore Zone by Coherent Radar', Workshop on Deterministic Measurement and Simulation of Ocean Waves', Office of Naval Research, Delft, 4-6 May 2009.
- [8] S. Flampouris and F. Ziemer, 'Synoptic monitoring of littoral processes based on Radar observations', Naval Research Laboratory, Stennis Space Center, Louisiana, 23 August 2010.