

Vergleich von Seegangsmessungen mit Boje und Radar an der Plattform FINO 1

Dipl.-Ing. Maria Blümel
Prof. Dr.-Ing. W. Zielke

Leibniz Universität Hannover
Institut für Strömungsmechanik
und Elektronisches Rechnen im Bauwesen
Appelstr. 9a, 30167 Hannover, Germany

Fon: +49 511 762-3567
Fax: +49 511 762-3777
E-mail: zielke@hydromech.uni-hannover.de
www.hydromech.uni-hannover.de

Vergleich von Seegangsmessungen mit Boje und Radar an der Plattform FINO 1

Einleitung

An der Forschungsplattform FINO 1 werden signifikante Seegangparameter gemessen. Dieses geschieht sowohl mit einer Boje, als auch mit einem Radarsystem. Im Folgenden werden die Messwerte der beiden Systeme miteinander verglichen.

Messungen

In 200 m Abstand zur Plattform liegt eine Boje vom Typ Datawell WAVEC mit folgenden Herstellerangaben: Messung der signifikanten Wellenhöhe im Bereich 0,2 - 40 m mit einer Genauigkeit von 1%. Messung der Peakperiode im Bereich 1,6-30 s, auch mit 1% Genauigkeit. Messung der mittleren Wellenrichtung in 1,5° Schritten mit einer Genauigkeit von 0,5°.

Des Weiteren ist an der nördlichen Ecke der Plattform ein WaMoS-Radarmessgerät angebracht. Die Genauigkeit der signifikanten Wellenhöhe wird vom Hersteller mit 10% angegeben, die der Peakperiode mit 0,5 s. Die Wellenhöhe muss mindestens 0,5 m betragen. Der Wertebereich der Peakperiode ist mit 3,5-40 s angegeben.

Für die durchgeführte Auswertung wurden Daten aus dem Zeitraum September 2003 bis Mai 2005 verwendet. Für knapp die Hälfte dieses Zeitraumes liegen Messwerte sowohl von der Boje als auch von WaMoS vor. Dabei sind trotz längerer Messausfälle für jede Jahreszeit Messungen vorhanden. Insgesamt wurden gut 3350 Messwerte ausgewertet.

Im Auswertungszeitraum ist der Wertebereich für die signifikante Wellenhöhe in der Bojenmessung 0,2 m-6,3 m und für den Radar 0,6 m-5,8 m. Der Wertebereich der Peakperiode ist 2,5 s-20 s in der Bojenmessung und 4,7 s-11,8 s in der Radarmessung.

Über den gesamten Zeitraum treten Abweichungen zwischen den beiden Messungen auf. Eine ausgeprägte Häufung in bestimmten Zeiträumen ist nicht erkennbar.

Signifikante Wellenhöhe, Peakperiode und mittlere Richtung

Für einen ersten Vergleich werden die signifikanten Parameter in Scatterplots dargestellt. In dem der signifikanten Wellenhöhe (Abbildung 1) und dem der Peakperiode (Abbildung 2) sind deutliche Abweichungen erkennbar, die im Folgenden betrachtet werden. Auf diesen Abbildungen sind die Bereiche der Messungenauigkeit eingegrenzt. Eine Korrelation der Abweichungen in signifikanter Wellenhöhe und Peakperiode konnte nicht beobachtet werden.

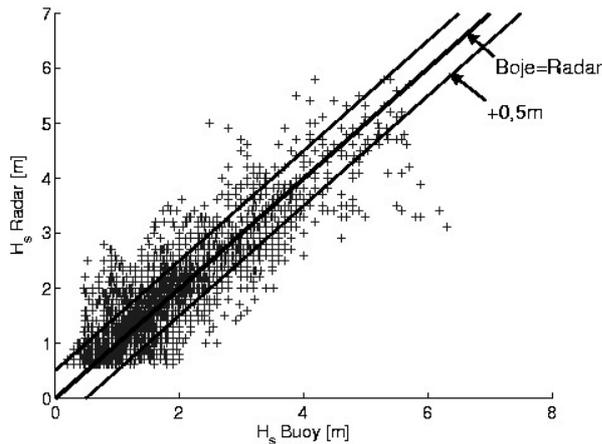


Abbildung 1: Scatterplot der signifikanten Wellenhöhen

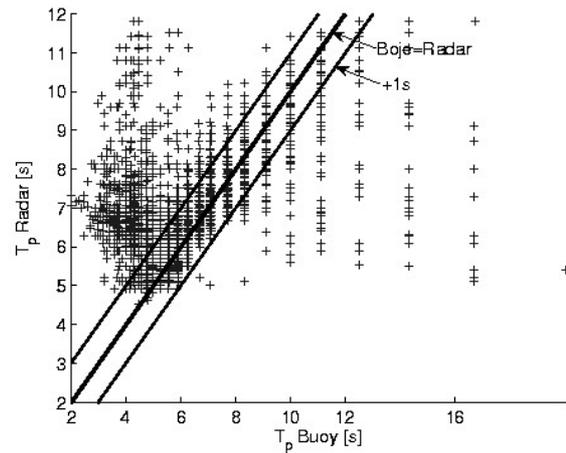


Abbildung 2: Scatterplot der Peakperioden

Unterschiede in den gemessenen mittleren Richtungen zwischen Bojen- und Radarmessung treten hauptsächlich im Bereich niedrigen signifikanten Seegangs auf, Abbildung 3. Für die Wellenklasse im Bereich von ein bis zwei Metern gibt es deutliche Abweichungen. In den höheren Wellenklassen $> 3\text{ m}$ treten nur vereinzelte Ausreißer und geringe Abweichungen in der Richtungsmessung auf. Beide Systeme messen, dass hohe Wellen aus nordwestlicher Richtung kommen.

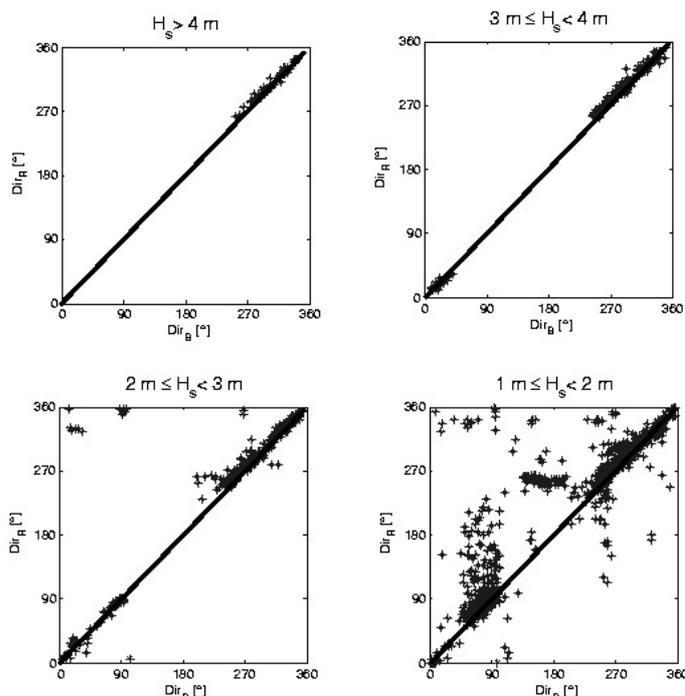


Abbildung 3: Scatterplot der mittleren Richtung von Boje und Radar nach Wellenklasse

Im Weiteren wird die Abweichung der beiden Messungen nach Wellenklassen aufgeteilt. Diese orientieren sich an der von der Boje gemessenen signifikanten Wellenhöhe. Es werden fünf Klassen unterschieden $H_s \leq 1\text{ m}$, $1\text{ m} < H_s \leq 2\text{ m}$, $2\text{ m} < H_s \leq 3\text{ m}$, $3\text{ m} < H_s \leq 4\text{ m}$, $H_s > 4\text{ m}$.

Dabei wird als Abweichung jeweils die Differenz zwischen Radar- und Bojenmesswert bezeichnet. Für die signifikante Wellenhöhe ist die Abweichung:

$$\Delta H_s = H_{s, \text{Radar}} - H_{s, \text{Boje}}$$

Für die Peakperiode ist die Abweichung:

$$\Delta T_p = T_{p, \text{Radar}} - T_{p, \text{Boje}}$$

In Tabelle 1 werden der Mittelwert und die Standardabweichung für alle Wellenklassen angegeben. Demnach sind die signifikanten Wellenhöhen der Radarmessung in der Klasse $H_s \leq 1$ m im Mittel höher als die der Bojenmessung. In den beiden folgenden Klassen heben sich die Abweichungen im Mittel auf. In den nächsthöheren Klassen ist die Radarmessung der signifikanten Wellenhöhe im Mittel niedriger als die der Bojenmessung. Für die Peakperiode ist besonders auffällig, dass die mittlere Abweichung in der Wellenklasse $H_s \leq 1$ m deutlich größer ist als in den anderen Wellenklassen. In Abbildung 4 sind die absoluten Abweichungen der signifikanten Parameter beispielhaft für $2\text{ m} < H_s \leq 3\text{ m}$ aufgetragen. Ein systematischer Fehler, erkennbar durch ähnliche Verteilung für die Wellenklassen liegt nicht vor.

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der absoluten Abweichungen

	$H_s \leq 1\text{m}$	$1\text{m} < H_s \leq 2\text{m}$	$2\text{m} < H_s \leq 3\text{m}$	$3\text{m} < H_s \leq 4\text{m}$	$H_s > 4\text{m}$
$\mu \Delta H_s$ [m]	0.27	-0.02	-0.01	-0.30	-0.51
$\sigma \Delta H_s$ [m]	0.40	0.40	0.49	0.53	0.94
$\mu \Delta T_p$ [s]	1.05	0.29	0.16	-0.02	-0.21
$\sigma \Delta T_p$ [s]	2.73	1.07	0.69	0.70	0.74

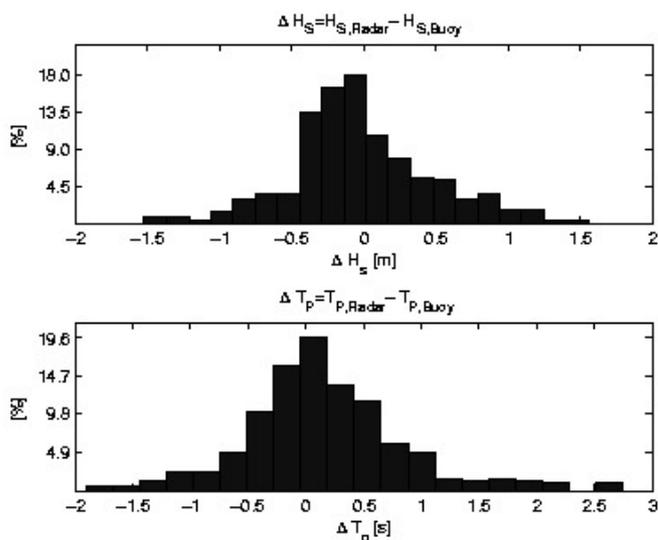


Abbildung 4: Absolute Abweichung für Messungen mit $2\text{ m} < H_s \leq 3\text{ m}$

Richtungsverteilung

Von der Boje wird die Richtungsverteilung (*spreading*) in Grad ausgegeben, die hier in den Spreadingparameter σ_B umgerechnet wird.

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{2}{1+s}}$$

$$\sigma^2(f) = 2 \int_{\theta} [1 - \cos(\theta - \bar{\theta}(f))] E(f, \theta) d\theta$$

Vom Radar wird der Parameter σ_R gemessen, der den Maximalwert 1,4 aufweist.

$$\sigma_R = \sqrt{2(1-r_I)}$$

$$r_I = \frac{I_1}{m_0}, \quad \text{mit } m_0 \text{ 0. Moment}$$

$$I_1 = \int_{\theta} \int_f \cos(\theta - \bar{\theta}(f)) E(f, \theta) df d\theta$$

Aufgrund der verschiedenen Berechnungsweisen des Spreadingparameters können direkt nur Tendenzen betrachtet werden, Abbildung 5.

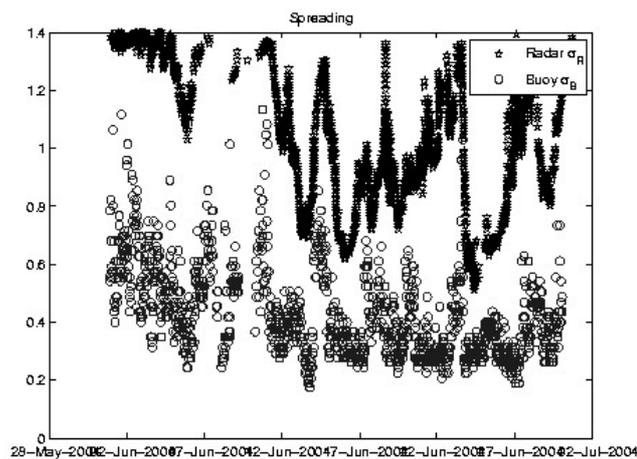


Abbildung 5: Spreading im Juni 2004

Beim Radar ist erkennbar, dass die Richtungsverteilung je nach mittlerer Wellenrichtung unterschiedlich ausgeprägt ist, Abbildung 6. Dieses ist aufgrund der geografischen Gegebenheiten auch zu erwarten. Bei Wellenrichtungen aus West bis Nord treten sowohl kleine als auch große Werte des Spreadingparameters auf. In dieser Richtung von der Plattform befindet sich das offene Meer. Demgegenüber ist kein deutlicher Unterschied des Streuungsparameters nach Wellenrichtung in den Bojenmessungen. Beide Messgeräte zeigen einen Einfluss der signifikanten Wellenhöhe auf die gemessene Abbildung 7. Bei niedrigen signifikanten Wellenhöhen ist der Spreadingparameter im Allgemeinen größer als bei höheren signifikanten Wellenhöhen. Die Bojenmessung weist im Bereich niedriger signifikanter Wellenhöhe eine größere Bandbreite der Richtungsverteilung auf.

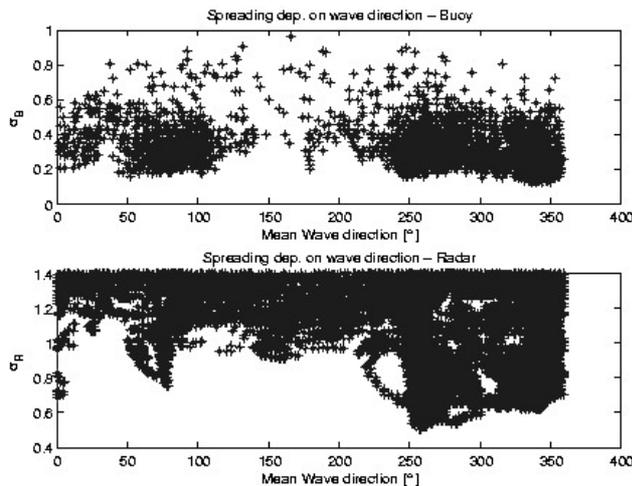


Abbildung 6: Spreading nach Wellenrichtung

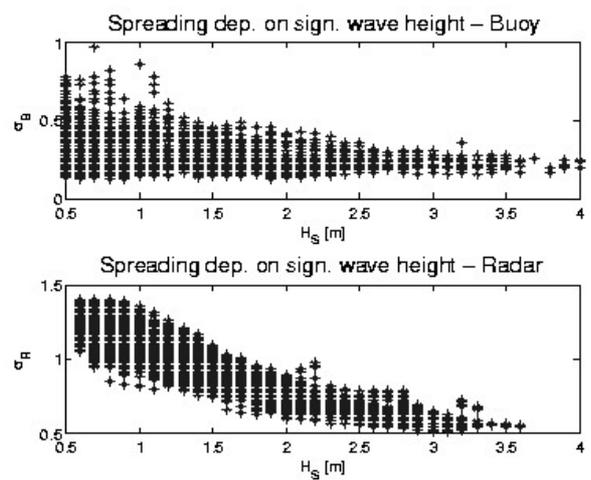


Abbildung 7: Spreading in Abhängigkeit von der Wellenhöhe

Zusammenfassung

Die Seegangsmessungen mit einer WAVEC Boje und eines Radarmessgerätes vom Typ WaMoS II wurden verglichen. Dazu wurden die Parameter signifikante Wellenhöhe, Peakperiode und mittlere Richtung, sowie die Richtungsverteilung (Spreading) untersucht.

Die Differenzen der gemessenen signifikanten Wellenhöhen sind teilweise erheblich höher als die von den Herstellern genannten Messtoleranzen (1%Boje; 0,5 m Radar), und zwar für den gesamten Bereich gemessener Wellen

Die Abweichung der Peakperiode liegt ab einer signifikanten Wellenhöhe von 2 m zu 90% innerhalb der angegebenen Messgenauigkeit von 1 s.

Die Messung der mittleren Wellenrichtung der beiden Systeme stimmt für größere signifikante Wellenhöhen gut überein. Nur im Bereich von signifikanten Wellenhöhen von unter zwei Metern gibt es größere Abweichungen.

Damit liefern Boje und Radar (im für die Anwendung relevanten Bereich) Werte für Richtung und Peakperiode, deren Differenzen im Rahmen ihrer angegebenen Messgenauigkeiten liegen. Für die signifikante Wellenhöhe treten jedoch auch bei höheren Werten noch deutliche Unterschiede auf.

Der vom Radar gemessene Spreadingparameter zeigt einen Einfluss der Wellenrichtung, sowie bei niedrigem Seegang einen hohen Wert, während die Boje bei niedrigen Wellen eine geringere Richtungsverteilung misst.

Eine weitere Auswertung der Daten findet sich in Mitteldorf et al.

Literatur

- [1]. Ocean Waves GmbH, WaMoS II Wave Analysis Method, Limitations, and Definitions, Bericht (www.oceanwaves.org)
- [2]. Datawell BV, Directional Waverider Documentation (www.datawell.nl) [Formulierungen werden auch für WAVEC-Boje verwendet]

-
- [3]. Blümel, M., Zielke, W. : Vergleich der Messungen mittels Seegangsboje und Radar an der Forschungsplattform FINO 1, Bericht, ISEB, Universität Hannover, (www.gigawind.de).
- [4]. Mittendorf, K., et al. : Seegangslasten und Strukturantworten der Messplattenformen FINO-1 und Amrumbank, 5. Symposium über Offshore-Windenergie, Bau- und umwelttechnische Aspekte