

Erste Betriebserfahrungen mit der FINO1-Forschungsplattform in der Nordsee

First Operating Experience with the FINO1 Research Platform in the North Sea

T. Neumann, K. Nolopp, DEWI Wilhelmshaven
K. Herklotz, Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)



Summary

Since mid-2003, the first research platform has been erected within the framework of the FINO programme in the North Sea, approx. 45 km off the island of Borkum. The platform is close to the first approved Germany offshore wind energy project and serves as a basis for an extensive technical and biological measuring programme. The aim of the technical investigations carried out by DEWI in co-operation with BSH (Federal Maritime and Hydrographic Agency) is the exact measurement of the meteorological conditions in the lower atmospheric boundary layer. The hydrographic measurements of BSH include waves, wave height, water current and physical properties of the sea water. A large number of sensors provided for the measurement of the structural dynamics of the platform will allow to analyse the effects of waves and wind on the foundation structure. During the first six months of the measurements no particular incidents with regard to the meteorological and structural measurements were reported. Maintenance and servicing mainly concerned the measurement computer and re-calibration of individual sensors or measuring chains. As already expected, the wave measurements also required some maintenance and repair work. For several months, the hydrographic standard data can already be found on the Internet (follow the link on the BSH homepage).

The complete English Article can be found soon on the DEWI Homepage. (<http://www.dewi.de>)

1. Einleitung

Etwa eine halbe Stunde sind seit dem Start auf dem Flugplatz Mariensiel in der Nähe von Wilhelmshaven vergangen. Der Helikopter des Typs Sikorsky befindet sich in ca. 600 m Höhe im Luftraum über der Deutschen Bucht, Kurs NordWest. Das Ziel ist die erste deutsche Forschungsplattform, die Mitte 2003 im Rahmen des FINO-Programmes* ca. 45 km vor der Insel Borkum errichtet wurde. Die sieben mitfliegenden Passagiere gehören Instituten und Ingenieurbüros an, die ein umfangreiches technisches und biologisches Forschungsprogramm im Zusammenhang mit dem Ausbau der Offshore-Windenergie-Nutzung auf der Plattform durchführen. Von der Forschungsplattform ist in einigen Seemeilen Abstand zunächst nicht mehr zu erkennen als der 100 m hohe Windmessmast, der wie eine dünne Nadelspitze im Dunst auftaucht. Die Weite der Nordsee relativiert die eigentliche Größe des Bauwerks. Mit dem raschen Näherkommen des Helikopters lassen sich weitere Elemente der Plattform, wie Helikopterlandedeck, Messcontainer, Kran aber auch die Unterkonstruktion auflösen. Nach kurzem Sinken reduziert der Helikopter nun seine Geschwindigkeit und setzt im Kreisflug zur Landung an. Der Pilot manövriert den Helikopter meterweise immer näher an den Windmessmasten und setzt schließlich präzise auf dem Landedeck auf. Das Forscherteam kann nach dem kurzem Auslaufen des Rotors seine Arbeit aufnehmen.

* FINO: Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee, GL-Windenergie, Hamburg, im Auftrag des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Rahmen des Zukunftsinvestitionsprogr. der Bundesregierung (<http://www.fino-offshore.de>)



Abb. 1: Die FINO1-Messplattform wurde im Juli 2003 etwa 45 km nördlich der Insel Borkum in der Nordsee errichtet.

Fig. 1: The FINO1 measuring platform was erected in the North Sea in July 2003 approx. 45 km north of the island of Borkum.

Ziel der technischen Untersuchungen, die vom DEWI in Kooperation mit dem BSH durchgeführt werden, ist die genaue Vermessung der meteorologischen Verhältnisse in der unteren atmosphärischen Grenzschicht. Die hydrographischen Messungen des BSH erfassen Seegang, Pegelstände, Strömungsprofile und physikalische Eigenschaften des Seewassers. Eine umfangreiche Sensorik zur Vermessung der Plattformdynamik ermöglicht die Analyse der Wechselwirkungen von Wellen und Windkräften mit der Gründungsstruktur.

2. Messsystem

Die Installation der Mess-Systeme für das technische Messprogramm begann im Juli 2003, parallel zu letzten Arbeiten an der eigentlichen Plattform-Infrastruktur. Die für langfristige Aussagen bedeutsamen meteorologischen Messungen konnten so noch vor der Einrichtung der elektrischen Energieversorgung und der Datenübertragung der Plattform in Betrieb gehen. Der segmentweise Aufbau von Messmast, Plattformdeck und der tragenden Gründungsstruktur erforderte ein erhebliches Maß an Verkabelungs- und Installationsarbeiten auf See (vergl. DEWI-Magazin 23). Die Hauptinstallation der Messtechnik verlief reibungslos und konnte innerhalb eines Zeitrahmens von weniger als 2 Arbeitswochen durchgeführt werden. Möglich wurde dies einerseits durch umfangreiche Vorinstalltionen an den einzelnen Plattformsegmenten an Land, andererseits trugen eine lang anhaltende Schönwetterperiode aber auch die gute Erreichbarkeit per Hubschrauber maßgeblich hierzu bei. Einer Anreisezeit auf dem Luftweg von nur 35 min steht eine langwierige Schiffspassage von mindestens 3-4 Stunden gegenüber. Hinzu kommt, dass der Übergang vom Schiff auf die Plattform, insbesondere für Ungeübte, nur in einem eng begrenzten Bereich von Windgeschwindigkeiten und Wellenhöhen erfolgen kann. So kann auch bei schönem Wetter bei entsprechend hoher Dünung ein Zugang zur Plattform unmöglich sein.

Das Messsystem für die Meteorologie sowie die Strukturdynamik besteht aus zwei voneinander unabhängigen Einzelsystemen. Daten, bei denen relativ langsame Veränderungen über einen längeren Zeitraum relevant sind (Statistische Daten), wie z. B. die mittlere Windgeschwindigkeit werden, als 10 min-Mittelwerte von Datenloggern erfasst. Mehr als 10 Gbyte "schnelle Daten" pro Monat lassen sich nur mit einem schnellen Datenerfassungssystem inkl. Messrechner bewältigen. Sie werden von den Ultraschallanemometern und den Struktursensoren erzeugt. Die hydrographischen Messungen erfolgen über ein eigenes System, welches die hochspezialisierte Messtechnik verbindet und einen automatischen Betrieb ermöglicht.

2.1 Auslegung der Messsysteme

Die eingeschränkte Zugangsmöglichkeit zur FINO-Station setzt höchste Anforderungen an die Zuverlässigkeit der technischen Systeme. Dies wurde bereits im Systementwurf berücksichtigt, indem für die Basismessungen nur ausgereifte Komponenten ausgesucht wurden, die ausreichende Offshore-Tauglichkeit versprochen. So wurden z. B. klassische Haarhygrometer statt modernerer kapazitiver Sensoren verwendet. Einer in den Teilsystemen stabilen Messtechnik wurde der Vorzug gegeben vor einer integrierten aber nur wenig getesteten Lösung. Durch diese Aufspaltung in Teilsysteme mit unterschiedliche Datenformaten und Standards ist ein relativ hoher Aufwand für die Nachbearbeitung der Daten sowie eine nachträgliche Verknüpfung der Teildatenströme an Land erforderlich. Dies wurde aber in Hinsicht auf die Zuverlässigkeit der Messsysteme bewusst in Kauf genommen. Die zeitliche Synchronität aller Daten ist gewährleistet, da sich sämtliche Teilsysteme auf die Plattformzeit des Servers beziehen. Die Uhren werden mindestens einmal am Tag gestellt.



Abb 2: Der Helikopter im Anflug auf das Landedeck der FINO1-Plattform

Fig. 2: Helicopter approaching the landing deck of FINO1 platform



Abb. 3: Sensoren am FINO-Messmast. Links: Thermo- und Hygrosensor mit Schutzhütte. Rechts: Ultraschallanemometer mit einem Teil der Auslegerabspannung.

Fig. 3: Sensors on the FINO measuring mast. Left: thermal and hygrosensor with protective casing. Right: ultrasonic anemometer with part of boom and guy wire

2.2 Redundanz der Mess-Systeme

Auch bei größter Zuverlässigkeit kann ein Ausfall einzelner Anlagenteile nie ausgeschlossen werden. Dies wurde im Entwurf berücksichtigt. Die meteorologischen Messeinrichtungen, bei denen nur eine relativ geringe Datenmenge pro Messzeitraum anfällt, wurden als autarkes System konzipiert. Selbst bei einem Ausfall aller übrigen Plattformsysteme ist ein Weiterbetrieb der Messeinheiten für einen Zeitraum von mindestens 14 Tagen sichergestellt. Bei einem Ausfall des Messrechners ist zwar die Speicherung der schnellen Kurzzeitdaten nicht mehr möglich, der Zugriff auf Datenlogger und Ultraschallanemometer ist aber nach wie vor gewährleistet. Der Verlauf der Datenströme ist in Abb. 4 dargestellt. Durch Online-Zugriff auf Datenlogger oder Ultraschall-Anemometer können auch spezielle Messkampagnen realisiert werden.

2.3 Messgenauigkeit und Kalibrierung

Um Aussagen über Luftschichtungen machen zu können, sind Temperaturdifferenzen im 1/10K-Bereich von Interesse. Konzepte für hochpräzise direkte Differenzmessungen sind allerdings auf See nicht sinnvoll umsetzbar, weil Wartung, Service und Installation keine Sonderlösungen erlauben. Für die Signalverarbeitung wurde mit dem Einsatz von robusten Pt100-Sensoren in Vierleiterschaltung ein bewährtes Verfahren gewählt. Um den besonderen Anforderungen an die Schichtungsmessungen zu genügen, wurde der Messbereich von Interfaceschaltungen, der standardmäßig ein Spanne von ca. 300 °C umfasst, im DEWI-Labor auf die zu erwartenden Temperaturgrenzen angepasst, um die bestmögliche Auflösung zu erhalten. Um diese Auflösung auch sinnvoll nutzen zu können, ist eine Kalibration der kompletten Meßkette erforderlich. Dies war allerdings erst auf See möglich, weil dort der Messmast zusammengesetzt und verkabelt wurde. Erste Referenzmessungen auf den unterschiedlichen Messhöhen während der routinemäßigen Serviceeinsätze waren nicht ausreichend. Bei den kurzen Stichproben traten zu große Temperaturschwankungen auf, um einen zuverlässigen Temperaturvergleich zu ermöglichen. Daher ist für einen der nächsten Serviceeinsätze eine Kalibrationsmessung eingeplant. Hier werden über längere Zeiträume auf den unterschiedlichen Messhöhen Referenzmessungen parallel zur laufenden Messung durchgeführt. Für

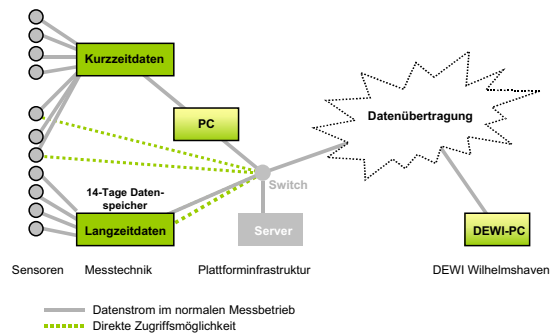


Abb. 4: Schematischer Aufbau der DEWI-Mess-Systeme. Für Kurzzeit- und Langzeitdaten gibt es je ein getrenntes System. Die Anbindung an das Plattform-Netz erfolgt über einen zentralen Switch. Datenlogger und Ultraschallsensoren können im Online-Betrieb auch unter Umgehung des Mess-PC's abgefragt werden.

Fig. 4: Schematic diagram of the DEWI measuring set-up with separate systems for short-term and long-term data. Connection to the platform network is via a central switch. Data logger and ultrasonic sensors can also be polled online directly, without accessing the measuring PC.

Windgeschwindigkeit	100, 90, 80, 70, 60, 50, 40, 33 m
Windrichtung	90, 70, 50, 33 m
Temperatur	100, 70, 50, 40, 33 m
Luftfeuchte *)	100, 50, 33 m
Luftdruck *)	100, 20 m
Globalstrahlung *)	33 m
UV ^Λ *)	33 m

*) nur Mittelwerte

Tab. 1: Langzeitdaten

Tab. 1: Long-term data

Windgeschwindigkeit u,v,w	80, 60, 40 m
Beschleunigung Mast u,v	100, 50 m
Beschleunigung Jacket u,v	7 m, -4 m, -15,5 m
Dehnungen Jacket-Konstruktion	-5 bis -17, -25 m

Tab. 2: Kurzzeitdaten

Tab. 2: Short-term data

Standardauswertungen sind die bisher akquirierten Messwerte ausreichend präzise. Nach Abschluss der Referenzmessung lassen sich die Werte dann nachkalibrieren, so dass auch kleinste Temperaturdifferenzen für hochgenaue Analysen interpretiert werden können.

3. Beschreibung der gemessenen Parameter

3.1 Meteorologische Messungen

Eine Übersicht über die gemessenen Langzeitdaten auf Messmast und Plattformebene zeigt die Tab. 1. Im Regelfall werden 10 min Mittelwerte, Standardabweichungen, Minima und Maxima aufgezeichnet, in einzelnen Fällen genügt die Speicherung der Mittelwerte. Die 64 Dehnungsmessstreifen und Beschleunigungssensoren an der Gründungsstruktur und am Mast, sowie die 3 Ultraschallanemometer werden standardmässig mit einer Frequenz von 10 Hz abgefragt und die Messwerte auf Festplatten des Mess-PC's und des Servers gespeichert. Eine Übersicht der gemessenen Kurzzeitdaten ist in Tab. 2 dargestellt.

3.2 Hydrographische Messungen

Bei diesen Messungen handelt es sich um Seegangs- und Strömungsdaten, die zur Berechnung der Bauwerksbelastung heran gezogen werden. Darüber hinaus werden in Anlehnung an das maritime Umweltmessnetz des BSH*, Daten zur Erfassung der thermohalinen Schichtung unter Verwendung von vier PT100-Fühlern (installiert in 3, 10, 15 und 20 m) und zwei mit Temperatur-, Leitfähigkeits- und Drucksensoren ausgerüsteten Sonden (CTD-Sonden) in 6 und 25 m Tiefe gewonnen. Als zusätzliche Variable zur Beurteilung der Umweltbedingungen soll der Sauerstoff in den CTD-Tiefenstufen erfasst werden. Ein Hochseepiegel zum Aufzeichnen der Gezeitensignale ergänzt die hydrographischen Messungen. Die Strömungsgeschwindigkeit und -richtung wird in 15 Tiefenstufen mit Hilfe eines profilierenden akustischen Strömungsmessers ermittelt und über ein Seekabel an die 150 m entfernte Plattform übertragen. Der Seegang wird über eine Seegangsboje (siehe Abb. 5) und parallel dazu über ein Gerät, welches mit rückgestreuten Radarwellen arbeitet, erfasst. Alle Daten werden durch einen zentralen Stationsrechner gesammelt und für die Online-Präsentation des Projektes bereit gestellt.

4. Betrieb und Verfügbarkeit der Datenerfassungssysteme

Die ersten Erfahrungen mit dem Betrieb der Messungen sind als positiv zu bewerten. Die Einflüsse der rauen Offshore-Umgebung haben sich bei den Mast- und Strukturmessungen noch nicht bemerk-



Abb. 5: Die Seegangsboje des BSH vor und nach dem Absetzen in der Nordsee. Die Entfernung zwischen Boje und Plattform beträgt je nach Strömung ca. 300-400m.

Fig. 5: The BSH wave buoy before and after being positioned in the North Sea. The distance between buoy and platform is approx. 300-400 m, depending on the current



Abb. 6: Die BSH-Messkette wird bei starkem Seegang eingeholt.

Fig. 6: BSH measuring chain being hauled in during heavy seas



Abb 7: Blick auf die Windmess-Sensoren und das Plattformdeck im Oktober 2003. Deutlich ist die Verschmutzung der ursprünglich grünen Plattform durch Möwenkot zu sehen. Der Windmessmast und die Sensoren sind hiervon nicht betroffen. Ab November 2003 konnte ein deutlicher Rückgang der Verschmutzung beobachtet werden.

Fig. 7: View on the wind measurement sensors and the platform deck in October 2003. The soiling of the originally green platform with seagull excrements can be seen clearly. The wind measuring mast and sensors are not affected. Since November 2003, there has been considerably less soiling.

* MARNET: <http://www.bsh.de/de/Meeresdaten/Beobachtungen/MARNET-Messnetz>

bar gemacht. Die Besorgnis, insbesondere die Verschmutzung durch Vogelkot könnte die Windmessensensoren stören bzw. unbrauchbar machen, hat sich als unbegründet erwiesen. Im Herbst 2003 war die Plattformstruktur selbst von einer fast flächendeckenden weißen Schicht überzogen, wie in Abb. 7 zu sehen ist; der Mast war dagegen nicht betroffen. Die höheren Regionen der Plattform wurden von Vögeln bisher gemieden. Von den insgesamt mehr als 100 Sensoren ist bisher erst ein Ausfall zu vermelden - einer von 4 im Ring angeordneten DMS-Sensoren im Wasserbereich der Gründungsstruktur. Die verbleibenden 3 Sensoren genügen allerdings für eine vollständige Beschreibung des Spannungssystems am Gründungselement. In diesem praktisch nicht mehr zugänglichen Bereich der Plattform wurde auf die Redundanz der Sensoren geachtet.

Die Verfügbarkeit der meteorologischen Messdaten liegt bei mehr als 98%, gerechnet von Beginn der Messungen. Bei den schnellen Messsystemen und auch den ozeanographischen Messungen liegt die Ausfallrate höher. Dies ist auf eine zeitweise Instabilität des Windows-PCs, aber auch auf notwendige Anpassungen zwischen Messgeräten und elektrischem Gesamtsystem sowie auf Serviceabschaltungen und Kalibrierungen in der Startphase zurückzuführen. Insgesamt beträgt hier die Verfügbarkeit etwa 80%.

Bereits bei der Planung der Messsysteme war erwartet worden, dass auf der Seite der hydrographischen Messungen größere Probleme entstehen. Hier wirken neben der Korrosion im salzhaltigen Wasser auch die direkten Wellenkräfte ein. Tatsächlich musste die Messkette des BSH nach einem Sturm im Dezember 2003 geborgen und an Land verbracht werden, da sie sich zum Teil aus ihrer Halterung gerissen hatte.

5. Datennutzung

Im Rahmen einer halbjährigen Testphase der Messungen an der FINO-Plattform werden die Daten zunächst nur einem eingeschränkten Nutzerkreis zur Verfügung gestellt. Dieser besteht derzeit aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Instituten, die die Daten im Rahmen von öffentlichen Forschungsvorhaben verwenden. Eine ungeprüfte Weitergabe der Daten innerhalb der Testphase der Messungen erschien nicht als sinnvoll, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Zur Weitergabe von Daten an kommerzielle Nutzer werden die Modalitäten gegenwärtig mit dem Auftraggeber abgestimmt. Bei den meteorologischen Messungen mit geringem Datenaufkommen ist, wie bei den hydrographischen Daten, eine Veröffentlichung im Internet geplant.

6. Erste Auswertung von Messergebnissen

6.1 Windmessungen

Abb. 8 zeigt den Verlauf der mittleren Windgeschwindigkeiten am 2.11.2003. Dargestellt ist eine Zeitreihe der 10min-Mittelwerte für die Höhen 50-100 m. In der Nachtphase gibt es nur einen geringen Unterschied der Windgeschwindigkeiten, in den Morgenstunden prägt sich dann ein stärkeres Windprofil aus. Die höheren Windgeschwindigkeiten in 100 m Höhe erklären sich auch dadurch, dass dieser Sensor als einziger nicht vom Windschatten des Messmastes betroffen ist. Auch die Analyse der übrigen Zeiträume ergibt einen deutlichen Einfluss des Mastes auf die Messwerte bei einer Windrichtung um 315° bzw. entgegengesetzt. Dieser muss bei der Interpretation der Messergebnisse berücksichtigt werden. Abb. 9 zeigt eine "Momentaufnahme" der Windgeschwindigkeiten am 22./23. November 2003 bei freier Anströmung. Ab 17:00 Uhr bildet sich ein deutliches Höhenprofil der Windgeschwindigkeiten heraus, bei 50 m Höhe liegt die Windstärke im Be-

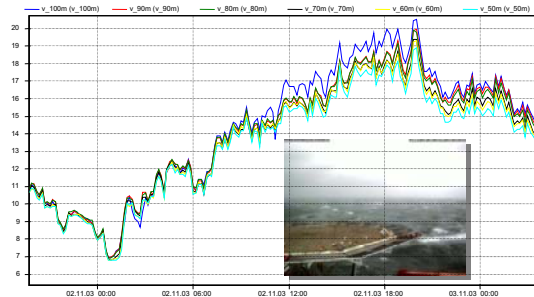


Abb. 8: Zeitreihe der mittleren Windgeschwindigkeiten am 2.11.2003 auf den Höhen 50, 60, 70, 80, 90 und 100 m. Ab ca. 11:00 Uhr zeigt sich ein leichter Windschatteneffekt des Messmastes. Das Anemometer auf 100m wird als einziger Sensor nicht abgeschattet. Bei Windrichtungen aus ca. 315° ist die Ausprägung des Turmschatteneffektes auf die Schalensternanemometer noch deutlich größer.

Fig. 8: Time series of mean wind speeds on 2.11.2003 at heights of 50, 60, 70, 80, 90 and 100 m. From 11:00 h on there is a slight wake effect of the met mast. The only sensor not subject to wake effects is the anemometer at 100 m. In case of wind directions from approx. 315° the wake effect on the cup anemometers is even stronger.

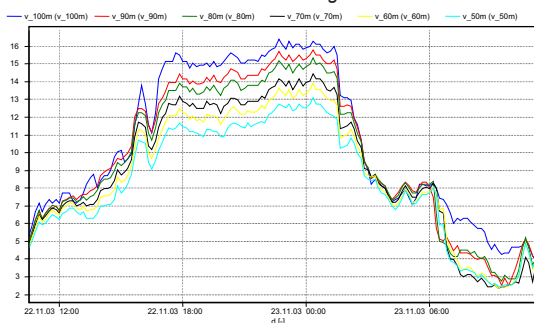


Abb. 9: "Momentaufnahme" der Windgeschwindigkeiten zwischen 50 und 100m Höhe am 22./23.11.2003. Bei freier Anströmung aller Sensoren bildet sich ab ca. 17:00 ein klar strukturiertes Höhenprofil aus.

Fig. 9: "Snapshot" of wind speeds at heights between 50 and 100 m on 22/23.11.2003. With a free air flow towards all the sensors, a clearly structured height profile is formed from approx. 17:00 h on.

reich von 11 m/s, bis 100 m Höhe steigt sie auf 15 m/s an. Abb. 10 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten in 100 m Höhe von September bis Dezember 2003. Ein Weibull-Fit kann bei diesem kurzen Messzeitraum nur sehr ungenau sein, da für wenige Monate noch keine gleichmässige Verteilung der Windgeschwindigkeitsklassen zu erwarten ist. Es ergibt sich eine mittlere Windgeschwindigkeit von ca. 9.5 m/s bei $A = 10.7$ und $k = 2.3$.

Selbstverständlich ist die Aussagekraft der Werte bei dieser noch recht kurzen Messphase für längerfristige Aussagen gering. Zur Verringerung der Unsicherheiten muss eine Langzeitkorrelation der Offshore-Daten, wie im Artikel ab Seite 34 dargestellt, durchgeführt werden.

6.2 Hydrographische Messungen

Für die Vermessung der Seegangsspektren werden zwei unterschiedliche Messverfahren eingesetzt: Eine konventionelle Seegangsmessboje (WAVEC) und ein Seegangsradar, das mit rückgestreuten Radarwellen arbeitet und auf diese Weise Seegangsspektren in hoher zeitlicher Auflösung ermittelt. Gerade diese hohe Auflösung ist wichtig für eine Analyse der Wechselwirkung zwischen Plattformstruktur und Wellenkräften. Der von der Boje gemessene Seegang wird per Funk halbstündig zur FINO-Plattform gesendet. Ein Vergleich der bisher gewonnenen Daten mit denen aus den Radarmessungen zeigen insgesamt eine gute Übereinstimmung. Als

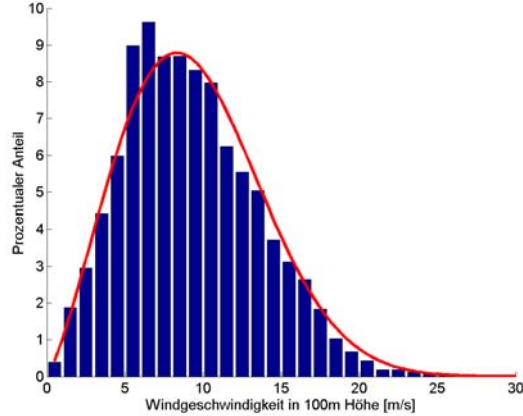


Abb. 10: Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeiten für die Monate September bis Dezember. Aufgrund der kurzen Messperiode ergeben sich noch starke Abweichungen von Weibull-Verteilung. Für längerfristige Aussagen ist eine Langzeitkorrelation der Daten erforderlich (siehe Artikel Seite 34).

Fig. 10: Frequency distribution of wind speeds during the months September to December. Due to the short measuring periods there are still considerable deviations from the Weibull distribution curve. All statements on wind speeds still have to be regarded with utmost caution (see the article on Page 34).

FINO

Position : 54 ° 01.00 N 6 ° 35.00 E
Wassertiefe / Water Depth : 30 m

Letzte Messungen / Last Measurements :		2004-02-02 14:30 UTC	
Signifikante Wellenhöhe	H_s :	1.7 m	1.9 m
Periode	Per (T_p) :	7.1 s	7.4 s
Seegangsrichtung	Dir :	271 ° (W)	276 ° (W)
		WAVEC-Boje	WAMOS-Radar

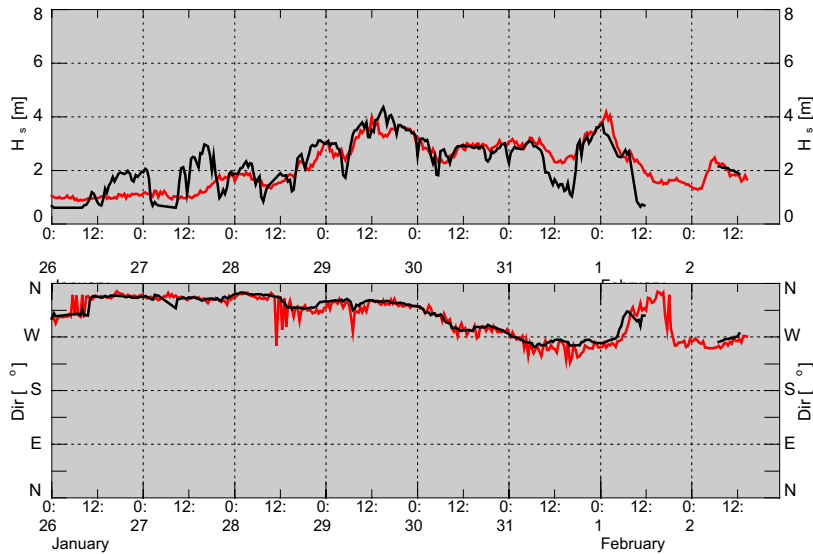


Abb. 11: Vergleich der Seegangsmessungen mit Seegangsmessboje und WAMOS-RADAR vom 26. Januar bis zum 2. Februar 2004. Es zeigt sich eine gute Übereinstimmung beider Messverfahren.

Fig. 11: Comparison of the wave measurements by wave buoy and WAMOS-RADAR between 26.1.2003 and 2.2.2004. The results of both measuring methods correspond well.

Beispiel sind in Abb. 11 die Daten der beiden Seegangsaufzeichnungssysteme für den Zeitraum 26. Januar bis 2. Februar 2004, in dem maximale Wellenhöhen bis 6,5 m auftraten, dargestellt.

7. Fazit und Ausblick des Messprogramms

Das erste Halbjahr der Messungen verlief in Bezug auf die meteorologischen und die Strukturmessungen ohne größere Zwischenfälle. Servicearbeiten galten im wesentlichen dem Mess-PC und dienten der Nachkalibration einzelner Sensoren bzw. der Messketten. Die Seegangsmessungen zeigten wie erwartet einen etwas höheren Wartungs- und Reparaturaufwand. Die hydrographischen Standarddaten können schon seit einigen Monaten im Internet (siehe Seite 30) abgerufen werden.

Eine ähnliche Online-Darstellung der Daten soll in der nächsten Zukunft auch für die wesentlichen meteorologischen Parameter möglich sein. Darüber hinaus sollen die erheblichen Datenmengen in einer Datenbank organisiert werden. Hierdurch wird es möglich sein, ganz spezifische Wettersituationen in einfacher und schneller Form abzufragen und diese wissenschaftlichen und kommerziellen Nutzern zur Verfügung zu stellen.
