

# Untersuchungen zu vermessungstechnischen Aspekten beim Aufbau von Windenergieanlagen auf der Nord- und Ostsee

## Einleitung



Abb. 1: Offshore-Windpark „Alpha Ventus“

Die Forderungen nach alternativen Energien ließ Ende 2009 den ersten deutschen Offshore-Windpark „alpha ventus“ (Abb.1) mit zugehörigem Umspannwerk (Abb.2) und wissenschaftlicher Messplattform „Fino 1“ (Abb.3) zu Forschungszwecken entstehen. Weitere Windparks im Gebiet der Nordsee sind geplant, sodass eine Genauigkeitssteigerung in der Unterwasserpositionierung, durch akustische Laufzeitmessungen, erforderlich ist. Dieses Verfahren der Positionsbestimmung wurde auf dessen Genauigkeit untersucht und der Positionslösung einer Navigationssoftware gegenübergestellt.



Abb. 2: Umspannstation

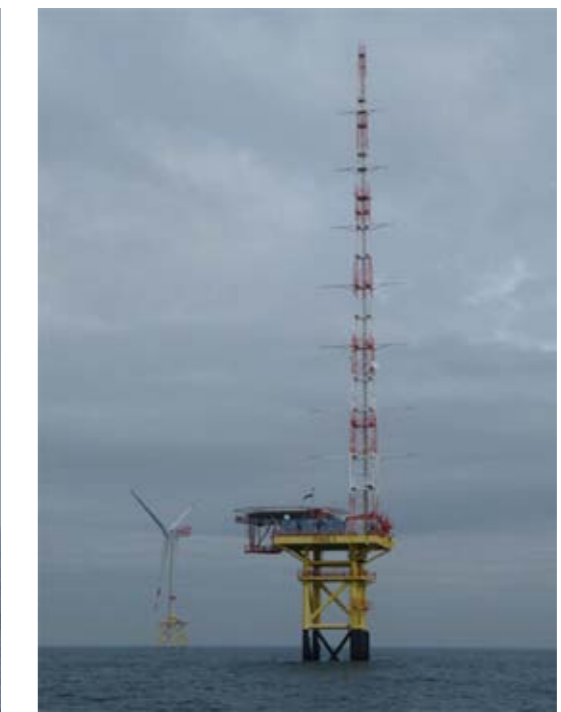


Abb. 3: „Fino 1“

## Trackpoint 3 Portable

Das Ultra-Short-Baseline-System (USBL-System), Trackpoint 3 Portable, wurde für den flexiblen Einsatz auf kleinen Schiffen entwickelt und setzt sich aus verschiedenen Einzelkomponenten (Abb.4) zusammen. Damit das USBL-System eine hohe Genauigkeit erzielen kann, müssen zusätzliche Informationen bezüglich der aktuellen Schiffsneigung, Kursrichtung und absoluten Position in die Berechnungen einfließen, sodass weitere Sensoren die notwendigen Daten bereitstellen müssen. Die Unterwassereinheit bildet ein MultiBeacon, der auf ein Abfragesignal des Hydrophons reagiert, d.h. im Transpondermodus operiert, oder über eine Kabelverbindung auf einen Triggerimpuls ein akustisches Signal ausstößt. Damit die Entfernungen exakt berechnet



Abb. 4: Komponenten des Trackpoint 3 Portable

werden, muss die Schallgeschwindigkeit entlang der vertikalen Wassersäule bestimmt werden. Aus den gemessenen Signallaufzeiten berechnet die Prozessoreinheit die Koordinaten des MultiBeacons. In Begleitung vermessungstechnischer Aufgaben, in Gebieten geplanter Offshore-Windparks, wurde das System zusätzlich zur Positionierung des geschleppten Side Scan Sonars 4200 FS (Abb.6) eingesetzt, wodurch ein Vergleich mit den Lösungen des PDS2000 möglich ist. Auch wurde die Streckenmessgenauigkeit des USBL-Systems untersucht und zeigt, dass die Herstellerangaben unter optimalen Voraussetzungen eingehalten werden können. Diese Verhältnisse sind bei Vermessungen im Offshore-Bereich jedoch schwer zu realisieren.

## Port Dredging Software - PDS2000

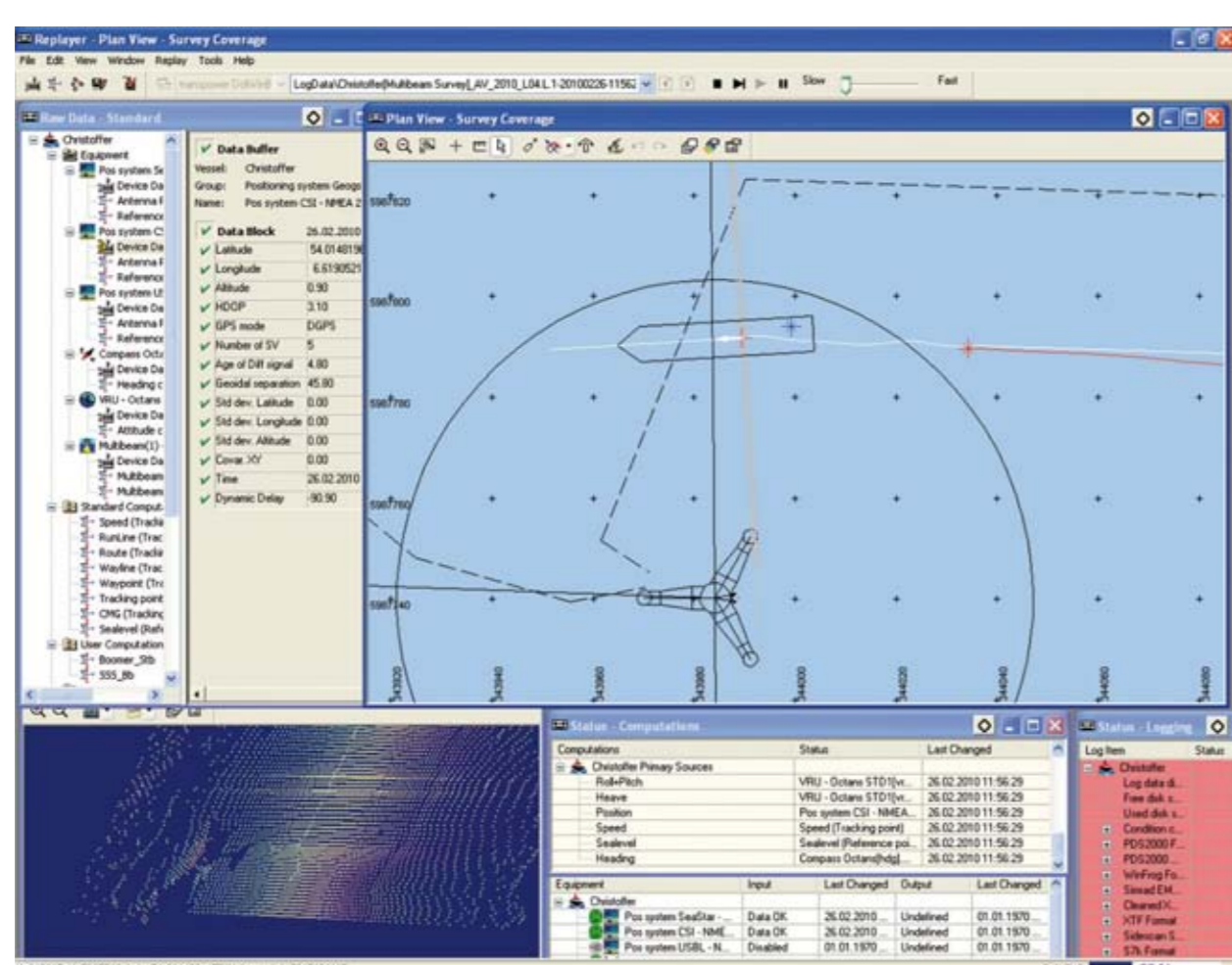


Abb. 5: PDS2000 bei Arbeiten an Windenergieanlagen

Das Navigationsprogramm der Firma RESON bietet die Möglichkeit, Daten verschiedener Sensoren, z.B. Fächerecholot, GPS, Side Scan Sonar und Bewegungssensor, gleichzeitig zu verarbeiten und dem Nutzer visuell aufzuzeigen. Die zahlreichen Konfigurationsmöglichkeiten machen die Software vielseitig einsetzbar, sodass sie in vielen Anwendungen der Hydrographie integriert ist. Die Eigenschaft, die Positionen geschleppter Sensoren zu bestimmen, erfordert die schiffseitige Definition eines Zugpunktes. Dieser ist zusammen mit den Standorten der zusätzlich angelegten Sensoren in einem Schiffkoordinatensystem zu bestimmen und dem Programm in Form von Offsets zu übergeben. Anhand der Messwerte des Bewegungssensors und der be-

kannten Kabellänge des gezogenen Side Scan Sonars, wird dessen relative Position durch eine Schleppkurvenberechnung bestimmt. Das GPS ermöglicht die absolute Einordnung des Sensors.



Abb. 6: Side Scan Sonar 4200FS mit MultiBeacon 4330B

## Der Vergleich beider Positionslösungen

Damit der Vergleich der Positionslösungen möglich war, mussten die Messwerte mithilfe einer selbstgestellten Software in ein einheitliches Format überführt werden. Da vereinzelt Fehlmessungen entstanden, mussten diese anhand eines erstellten Programms erkannt und von der Auswertung ausgeschlossen werden. Für den Vergleich war es notwendig die Messzeitpunkte des Side Scan Sonars auf den Datensatz des Trackpoint 3 Portable zu reduzieren, wodurch ein

weiteres Programm notwendig wurde. Für die graphische Darstellung der Ergebnisse wurde der Trend entnommen. Die Positionen des USBL-Systems und PDS2000 sind in Abb.7 aufgezeigt. Da die Messungen durch Signalreflektion am Schiffsrumpf nicht kontinuierlich durchgeführt wurden, musste für die weitere Auswertung ein Bereich mit zeitlich beständigen Positionsbestimmungen gewählt werden. In diesem Ausschnitt, signalisiert durch die schwarze Umrahmung,

wurden die Differenzen aus den PDS2000- und USBL-Lösungen gebildet, um die Unterschiede in der Positionierung zu verdeutlichen. Das Ergebnis ist zusammen mit den Messzeitpunkten in Abb.8 zusammengestellt. Es ist zu erkennen, dass das Trackpoint 3 Portable die Bewegungen des Side Scan Sonars, hervorgerufen durch die Schiffsneigungen, detaillierter erfasst. Die Wellenlänge umfasst eine zeitliche Spanne von 6s, welche die Rollzeit des Vermessungsschiffes repräsentiert.

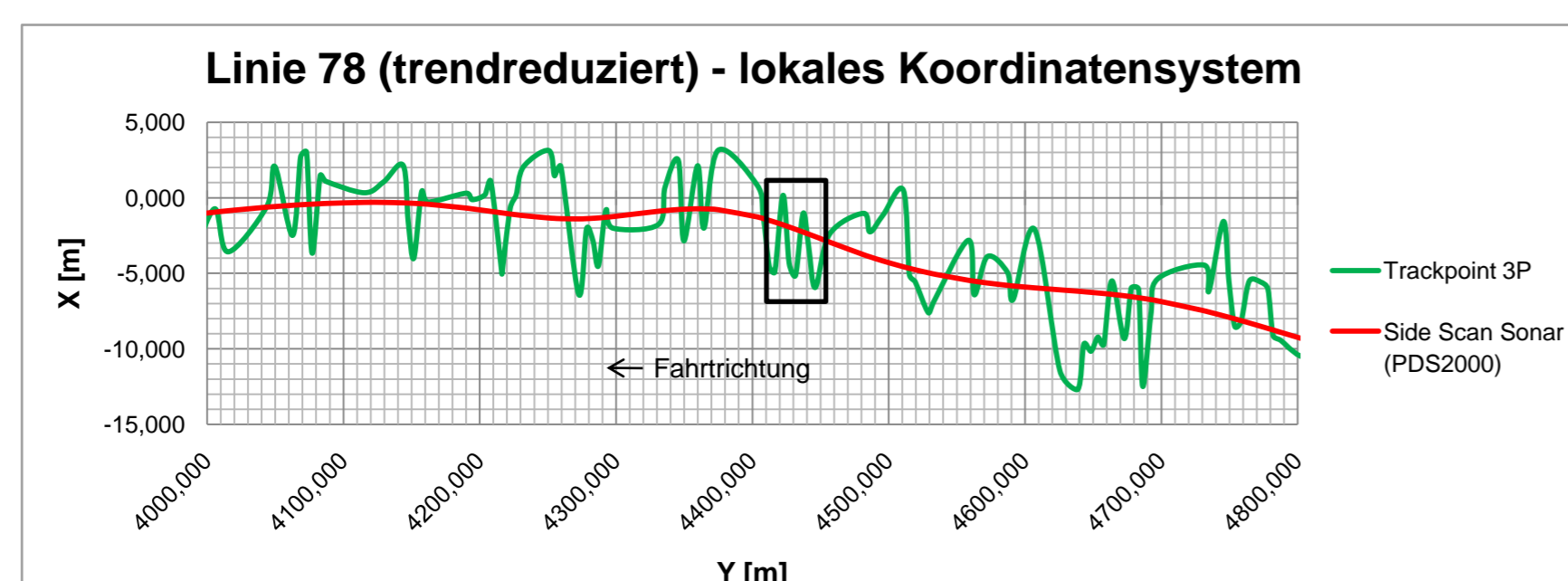


Abb. 7: transformierte und trendreduzierte Darstellung der Messergebnisse

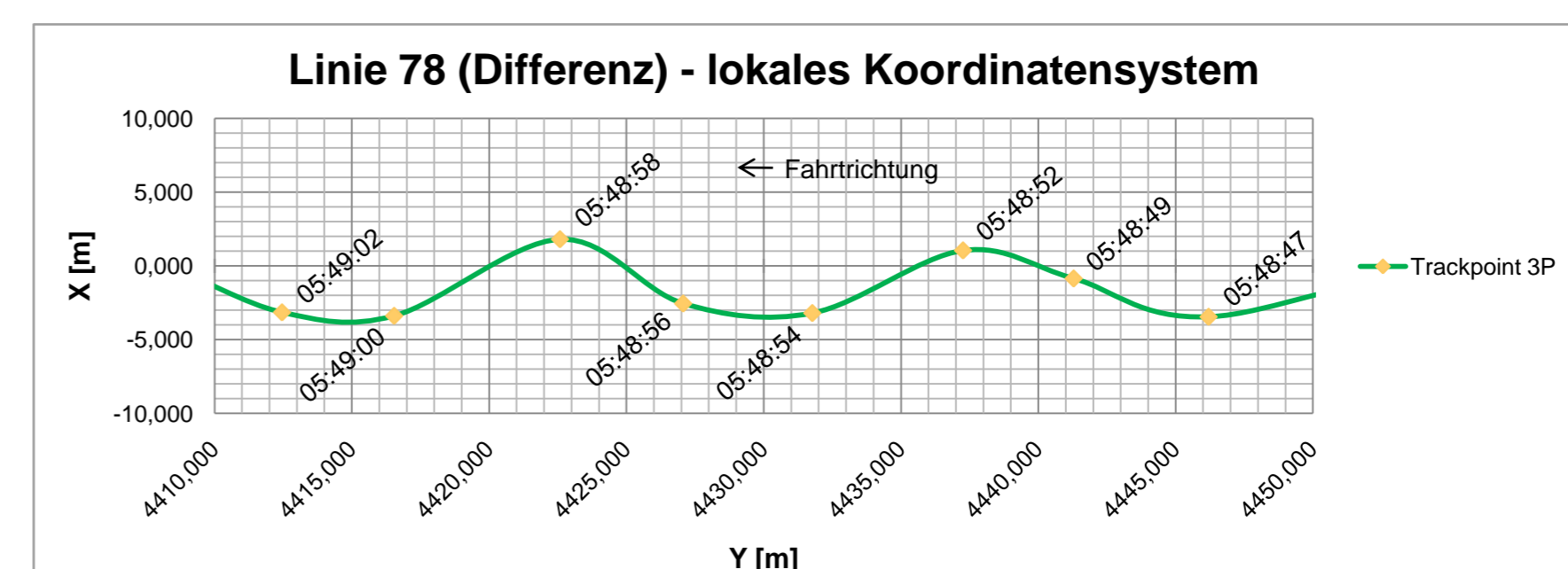


Abb. 8: Differenz der Positionslösungen

## Schlussfolgerung

Um die Positioniergenauigkeit und Messrate des Trackpoint 3 Portable zu steigern, muss der Respondermodus des MultiBeacons verwendet

werden. Der Modus halbiert die Laufzeitmessung und minimiert den Fehleranteil, verursacht durch die Signalreflektion am Schiffsrumpf. Dieser Effekt

kann weiterhin durch einen Standortwechsel des Hydrophons reduziert werden, dessen Position am Heck des Schiffes festzusetzen ist.