



**Forschungsanstalt der Bundeswehr für
Wasserschall und Geophysik (FWG)**



Bundeswehr

**TIMOS 2007
Fahrtbericht zur Messfahrt
mit FS Poseidon POS 355
vom 11.08. – 16.08.2007**

Volker Fiekas und Hartmut Prandke

Technischer Bericht
TB 2007-16

Kiel, Dezember 2007

In Vertretung

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Tielbürger', written in a cursive style.

Dr. Tielbürger

Berichts-/Erschließungsblatt

Bitte Ausfüllanweisung auf der Rückseite beachten.

Dieses Berichts-/Erschließungsblatt wird unabhängig vom Geheimhaltungsgrad des Dokumentes immer als "offen" behandelt, deshalb sind keine geheim-schutzwürdigen Angaben zu übernehmen.

| | | | | |
|--|--|--|--|-----------------------|
| 2 BerichtsNr des Herausgebers/Auftragnehmers (AN) (Vollständige Buchstaben-/Ziffernfolge) Technischer Bericht TB 2007 - 16 | | 3 BerichtsNr des Auftraggebers (AG) | Nur von SKA Abt III F17Rw auszufüllen | |
| 4 Titel/Untertitel (VS-eingestuftem Titel fängieren "....."; bei mehrbändigen Dokumenten BdNr und zutreffenden Einzeltitel angeben) TIMOS 2007 - Fahrtbericht zur Messfahrt mit FS POSEIDON POS 355 vom 11.08. – 16.08.2007 | | 10 Dst und StO (Dokument langfristig verfügbar, Ausleihe) | | |
| Kurztitel: (max. 30 Stellen) TIMOS 2007 | | 11 Geheimhaltungsgrad Offen VS-NfD VS-Vertr. GEHEIM <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> | | |
| 4 a Ins Englische übersetzter Titel/Untertitel TIMOS 2007 Cruise Report RV POSEIDON POS 355 11 August – 16 August 2007 | | 12 Gesamtseiten-/blattzahl | | 13 Quellen |
| 5 Autor(en) (Name, Vorname(n) oder Institution als körperschaftlicher Urheber) Fiekas ¹ , Volker Prandke ² , Hartmut ¹ FWG ² ISW Wassermesstechnik | | 14 Tabellen | | 15 Statistiken |
| 6 Auftragnehmer (AN) (Institution(en), Abteilung, Ort/Sitz der beteiligten AN, SubAN, MitAN) Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik FWG-210, Klausdorfer Weg 2 – 24, 24148 Kiel | | 16 Techn. Zeichnungen | | 17 Abbildungen |
| 7 Auftraggeber (AG)/Aufgabensteller (AST)/Fachlich zuständige Stelle AG: Bundesministerium der Verteidigung HA RÜ AST: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, PA See | | 18 Berichtsdatum J J J J M M T T 2 0 0 7 1 1 0 0 | | |
| 8 Kurzreferat (Inhaltsbeschreibung des Dokumentes) Ziel der Seeerprobung war, zwei neuentwickelte Geräteträger für Messungen vom fahrenden Schiff vor ihren Einsätzen in den kommenden Jahren auf ihre Tauglichkeit hin zu überprüfen und ihre Schleppeigenschaften unter realen Umgebungsbedingungen bei unterschiedlichen Fahrstufen und Schleppkabel-längen zu ermitteln. Für oberflächennahe Strömungsmessungen wurde in der FWG ein kommerzieller Sportkatamaran als Träger für akustische Doppler-Stromprofiler umgebaut. Für die schnelle und hochauflösende Erfassung horizontaler Turbulenzgrößen wurde im Rahmen eines F&T-Vorhabens ein geschleppter Unterwassergeräteträger für ein horizontal profilierendes Mikrostrukturmesssystem entwickelt. | | 19 Berichtsart (z.B. Zwischen-/Abschlussbericht, vgl Feld 27) Fahrtbericht/Technischer Bericht | | |
| 9 Schlagwörter (Schwerpunktartige Inhaltskennzeichnung mittels Fachbegriffe, maximal 10 Wörter) Turbulenzmessungen, akustische Strömungsmessungen, Unterwegsmessungen, Sensorträger, geschleppte Messgeräteträger, Nachlaufuntersuchungen | | 20 Auftrags-/VertragsNr des AG (Vollständige Buchstaben-/Ziffernfolge) | | |
| 21 Auftragserteilung/Vertragsabschluss J J J J M M T T 2 0 0 7 0 1 0 0 | | 22 Abschlussdatum/Vertragsende J J J J M M T T 2 0 0 7 1 2 0 0 | | |
| 23 Projekt-/Programm-/Konzeptbezeichnung (z.B. ZTL 1979, FAG 1, MBB 1-85-1) FWG – Vorhaben 8.2 (Ozeanogr. Messtechnik) F&T – Vorhaben 3F139 | | 24 Studien-/Aufgabenkennziffer, DateiblattNr (SKZ., AKZ., DateiblattNr) | | |
| 25 Aktenzeichen des AG/Herausgebers oder der fachlich zuständigen Stelle | | 26 Sperrvermerk | | |
| 27 Zusätzliche Angaben/Hinweise | | | | |

Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik (FWG)

TIMOS 2007 Fahrtbericht zur Messfahrt mit FS Poseidon POS 355 vom 11.08. - 16.08.2007

Volker Fiekas und Hartmut Prandke

Technischer Bericht TB 2007 - 16

Zusammenfassung

Ziel der Seerprobung war, zwei neuentwickelte ozeanographische Geräteträger für Messungen vom fahrenden Schiff vor ihren Einsätzen in den kommenden Jahren auf ihre Tauglichkeit hin zu überprüfen und ihre Schleppeigenschaften unter realen Umgebungsbedingungen bei unterschiedlichen Fahrstufen und Schleppkabelnängen zu ermitteln. Die Reise wurde vom 11. bis zum 16. August 2007 östlich von Bornholm sowie nördlich von Rügen mit FS POSEIDON, einem Forschungsschiff des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften IFM-Geomar an der Kieler Universität, durchgeführt.

Für oberflächennahe Strömungsmessungen wurde in der FWG ein kommerzieller Sportkatamaran als Träger für akustische Doppler-Stromprofiler (ADCP) umgebaut und mit einem hochgenauen GPS-Navigationssystem, einer Brennstoffzelle und einem Thermosalinographen ausgestattet. Für die schnelle und hochauflösende horizontale Erfassung der Turbulenzgrößen und ihrer Horizontalskalen wurde im Rahmen eines F&T-Vorhabens ein Unterwassergeräteträger für ein horizontal profilierendes Mikrostrukturmesssystem entwickelt. Beide Plattformen werden geschleppt. Während das Auslesen der Daten und die Steuerung des Katamarans über eine WLAN-Verbindung erfolgt, werden die Messdaten des Unterwasserträgers über das elektrische Schleppkabel ausgelesen.

Die mit dem 75-kHz-Schiffs-ADCPs der POSEIDON gemessenen Strömungen stimmen in überzeugender Weise mit den parallel aufgezeichneten Strömungsmessungen des 300-kHz-ADCPs an Bord des Schleppkatamarans überein.

Ein erster graphischer Vergleich eines gemessenen Turbulenzspektrums mit dem universellen Turbulenzspektrum unterstreicht, dass trotz störender Vibrationen (infolge der Wirbelablösungen am Rumpf, Schutzkorb und Kabel) aussagekräftige Turbulenzmessungen mit dem horizontal geschleppte Mikrostrukturmesssystem technisch möglich sind.

Forschungsanstalt der Bundeswehr für Wasserschall und Geophysik (FWG)

TIMOS 2007 Cruise Report RV Poseidon POS 355 11 August to 16 August 2007

Volker Fiekas and Hartmut Prandke

Technical Report TB 2007 - 16

Abstract

Aim of this cruise was to examine the towing properties of two newly-developed oceanographic sensor platforms for underway measurements under real environmental conditions at different speeds and lengths of towing cables. The cruise was carried out from August 11 to August 16, 2007 east of Bornholm and north of the Island of Ruegen with RV Poseidon, a research vessel of Leibniz-Institute for Marine Sciences IFM-Geomar at the University of Kiel.

For near surface current measurements, a commercial sports catamaran was rebuilt at FWG as a platform for acoustical Doppler current profilers (ADCP) and additionally equipped with a precision GPS navigation system, a fuel cell and a thermosalinograph. For rapid and high resolution horizontal surveys of turbulence quantities and their horizontal scales, an underwater vehicle was developed as a platform for an horizontal microstructure profiler within the framework of a R&D project. Both platforms are towing systems. While the data acquisition and the controlling of the catamaran are realized by means of WLAN connection, the measured data of the underwater sensor platform are transferred to the ship via the electrical tow cable.

The currents measured with the vessel mounted 75-kHz-ADCP of RV Poseidon agree convincingly with the current measurements recorded at the same time by means of 300-kHz-ADCP on board the towed catamaran.

Despite of disturbing vibrations (due to vortex detachments at the hull, protection guard and towing cable), a first graphical comparison of the measured turbulence spectrum with the universal turbulence spectrum emphasizes that clear turbulence measurements are technically possible by means of the horizontally towed microstructure profiler system.

Inhalt

| | |
|---|-----|
| Zusammenfassung | III |
| Abstract..... | IV |
| 1. Hintergrund und Ziele..... | 1 |
| 1.1 Einführung | 1 |
| 1.2 Ziele der Seerprobung..... | 2 |
| 1.3 Umgebungsmessungen | 2 |
| 2. Schiffseinsatz im Operationsgebiet..... | 3 |
| 2.1 Reisedaten | 3 |
| 2.2 Forschungsschiff | 3 |
| 2.3 Seegebiete | 3 |
| 3. Messsysteme | 4 |
| 3.1 TIMOS (Towed Instrument for Microstructure Ocean Soundings) | 5 |
| 3.2 Schleppkatamaran | 8 |
| 3.3 MSS-Profiler | 10 |
| 4. Einzelpläne..... | 11 |
| 4.1 TIMOS..... | 11 |
| 4.1.1 Vermessungsmuster | 12 |
| 4.1.2 Turbulenzmessungen | 13 |
| 4.1.3 Tiefensteuerung..... | 14 |
| 4.2 Katamaran..... | 15 |
| 4.2.1 Vermessungsmuster..... | 16 |
| 4.2.2 Strömungsmessungen..... | 17 |
| 5. Ozeanische und meteorologische Umgebungsdaten | 20 |
| 5.1 T/S-Aufzeichnungen auf dem Katamaran | 20 |
| 5.2 Meteorologische Beobachtungen..... | 23 |
| 6. Abschließende Bemerkungen | 30 |
| 7. Anhang..... | 31 |
| 7.1 Fahrtteilnehmer | 31 |
| FWG Kiel..... | 31 |
| ISW Petersdorf..... | 31 |
| 7.2 Zusammenarbeit | 31 |
| 7.3 Fahrtleitertagebuch | 32 |
| 7.4 Protokolle und Stationslisten | 36 |
| 8. Literatur | 44 |

1. Hintergrund und Ziele

1.1 Einführung

Künstliche Hindernisse, wie stationäre „Offshore“-Windparks und Brückenpfeiler, aber auch natürliche Hindernisse, wie Inseln, unterseeische Schwellen und Kuppen, hinterlassen ebenso wie Schiffe turbulente Nachlaufspuren, die sich zum Teil eindeutig messbar an der Meeresoberfläche abbilden (**Abb. 1**) bzw. nachhaltig auf die natürliche ozeanische Schichtung und das umgebende Strömungsfeld auswirken. Um die künstlich erzeugten Turbulenzen und Mikrostrukturen vor dem Hintergrund der natürlichen Turbulenz und Schichtung detektieren zu können, ist es unerlässlich, unsere Kenntnisse über die Erzeugungs- und Entwicklungsmechanismen der Turbulenz zu vertiefen. Ohne Zweifel spielt hierfür neben dem theoretischen Studium der Turbulenz auch die Verfügbarkeit des geeigneten Instrumentariums für die Vermessung der turbulenten Phänomene auf See eine entscheidende Rolle.

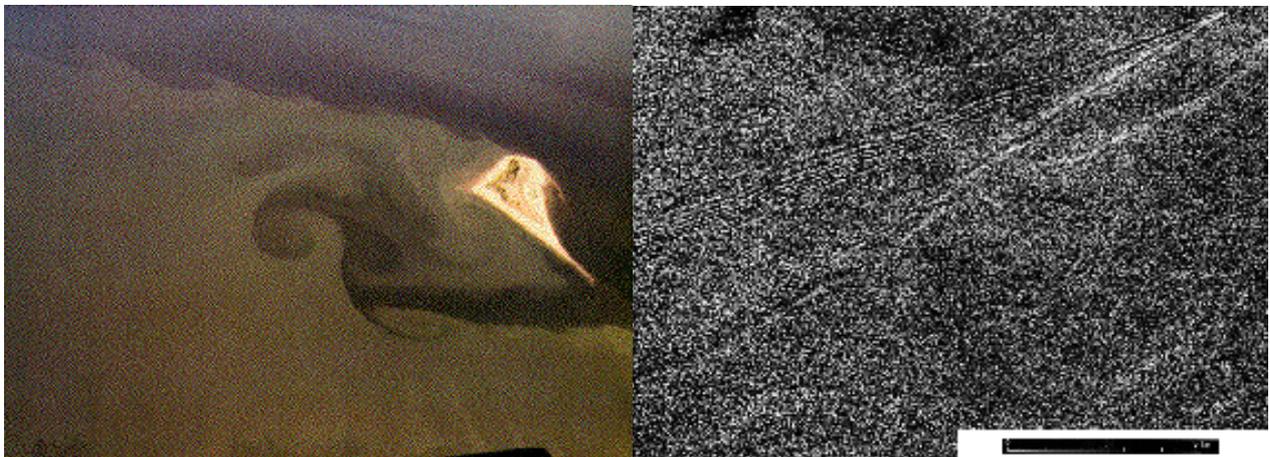


Abb. 1: Bekannte Nachlaufphänomene hinter Inseln und Schiffen.
Links: Luftbildaufnahme vom Salzsee Lake Eyre, Südaustralien kurz nach einer Überflutung. (© J.A.T. Bye, R.A.D. Byron-Scott, T. Maxworthy and R.A. Nunes, see also EOS 67 (1986), 58-59.)
Rechts: Satellitengestützte ERS-1 SAR - Aufnahme des Kielwassers eines Überwasserschiffes. (© European Space Agency and the Forsvarets Forskningsinstitut, Kjeller, Norway)

Im Gegensatz zu jederzeit unter gleichen Bedingungen wiederholbaren Laborexperimenten müssen Turbulenzuntersuchungen auf See unter erschwerten und kaum wiederholbaren Umweltbedingungen durchgeführt werden. Messsysteme, die diesen rauerer Einsatzbedingungen standhalten sollen, müssen sowohl die notwendige Messempfindlichkeit als auch die entsprechende Robustheit und Zuverlässigkeit garantieren.

In den letzten Jahren sind im Hinblick auf Nachlaufuntersuchungen eine Vielzahl von geschleppten Messgeräteträgern in der FWG konzipiert, konstruiert und gebaut worden. Messgeräte und Geräteträger, die aufgrund fehlenden Know-hows nicht im eigenen Haus hergestellt werden können, die aber für die geplanten Untersuchungen als notwendig erachtet werden, müssen von Firmen mit entsprechender Expertise eingekauft oder gegebenenfalls entwickelt werden.

In aller Regel werden neue Sensoren und Geräteträger vor ihrem ersten eigentlichen Einsatz auf Test- und Erprobungsreisen eingehend auf ihre Tauglichkeit hin geprüft. Auf dieser Reise soll sowohl ein Schleppkatamaran als Träger für akustische Doppler-Stromprofiler für oberflächennahe Strömungsmessungen sowie ein Unterwassergeräteträger mit Sensoren zur hochauflösenden Messung mikroskaliger Geschwindigkeitsfluktuationen getestet werden.

Der Schleppkatamaran wurde in Anlehnung an das Schleppsystem des Instituts für Ostseeforschung (IOW) in Warnemünde konzipiert und mit zahlreichen Neuerungen wie Brennstoffzelle und WLAN-Datenübertragung versehen. Der geschleppte Unterwassergeräteträger, kurz TIMOS (Towed Instrument for Microstructure Ocean Soundings) genannt, ist das Ergebnis eines laufenden F&T-Projekts mit der Firma „ISW Wasser- messtechnik Dr. Hartmut Prandke“ mit dem Ziel einen horizontal profilierenden Mikrostrukturprofiler zur schnellen Erfassung horizontaler Turbulenzgrößen und deren Skalen für die oberen 100 bis 200 m zu entwickeln. Erst der Einsatz solcher Messsysteme vom fahrenden Schiff ermöglicht die quasi-synoptische Vermessung der großräumigen Verteilung ozeanischer Turbulenz.

1.2 Ziele der Seerprobung

Zweck der Erprobung war, die Schleppeigenschaften des Katamarans wie auch die des Unterwassergeräteträgers unter operationellen Bedingungen bei unterschiedlichen Fahrtstufen und Kabellängen zu ermitteln. Ein weiterer wichtiger Parameter zur Beschreibung des Schleppverhaltens ist im Fall des Unterwasserträgers die Tauchtiefe. Sie ergibt sich bei konstanter Vorlast aus dem Zusammenspiel von Schleppgeschwindigkeit und Kabellänge.

Turbulenzuntersuchungen mit empfindlichen Sensoren basieren darauf, dass die Geräteträger aufgrund ihrer Trägheit so stabil laufen, dass ihre Eigenvibrationen keinen nennenswerten Einfluss auf die Messungen haben. Die Ermittlung des Vibrationsniveaus des Schleppsystems als Funktion der Tauchtiefe und der Schleppgeschwindigkeit sollte im Rahmen der Tests besonders viel Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Da es sich bei beiden Systemen um Prototypen handelt, die erstmalig vom fahrenden Schiff aus eingesetzt werden, ist bereits das sichere Aussetzen eine Herausforderung. Das ist u.a. der Grund dafür, die Schleppsysteme möglichst bei Tageslicht auszusetzen bzw. einzuholen. Eine umfangreiche Videodokumentation hält Handhabungsfehler wie auch technische Mängel und Unzulänglichkeiten während der Aussetzens und Bergens fest.

1.3 Umgebungsmessungen

Um die Testergebnisse analysieren und bewerten zu können, ist es hilfreich, die meteorologischen Bedingungen, das hydrographische Umfeld sowie das horizontale und vertikale Strömungsfeld im Erprobungsgebiet zu kennen. Zu diesem Zweck wurden Vergleichsmessungen mit Hilfe einer freifallenden Mikrostruktursonde vom langsam schleppenden Schiff aus, sowie zeitgleiche Strömungsmessungen mit dem schiffseigenem akustischen Doppler-Stromprofiler durchgeführt. Die Wassertiefen und die oberflächennahen Temperaturen und Salzgehalte längs des Weges wurden während der gesamten Messcampagne jeweils mit dem Schiffsecholot und dem festeingebauten Thermosalinographen aufgezeichnet.

Die meteorologischen Aufzeichnungen (siehe Anhang 5.2) ebenso wie die Navigationsdaten, die Lottiefen, die Oberflächentemperaturen und Salzgehalte stehen dem Nutzer im Datenerfassungssystem der Poseidon zur Verfügung. Die akustisch gemessenen Strömungen liegen auf einer separaten Platte zum Kopieren bereit.

2. Schiffseinsatz im Operationsgebiet

FS Poseidon (**Abb. 2**) sollte ursprünglich nur innerhalb der dänischen ökonomischen Zone rundum Bornholm von 14°E bis 16°30'E operieren. Die Erprobungen hingen ganz entscheidend von jeweiligen Großwetterlage und den vorherrschenden Einstrombedingungen in die Ostsee ab, so dass die Vermessungskurse erst kurz vor den Tests genau festgelegt werden konnten. Am vorletzten Erprobungstag wurden die Tests aufgrund stärker aufkommender Winde aus Süd-Süd-Ost und zunehmenden Seegangs an den Rand des Arkona-Beckens in den Schutz nördlich von Rügen verlegt (**Abb. 3**).

2.1 Reisedaten

Beladen und Einschiffung der wissenschaftlichen Crew in Warnemünde: 10.08.2007
 Auslaufen Warnemünde: 11.08.2007 – Einlaufen Marinearsenal Kiel: 16.08.2007

2.2 Forschungsschiff



Allgemeine Information:

Name: **Poseidon**
 Nationalität: deutsch
 Baujahr: 1976
 Gesamtlänge: 60.8 m
 Max. Tiefgang: 4.6 m
 BRT: 1049 BRT
 Antrieb: Diesel Electric
 Anzahl Wissenschaftler: 11
 Crew-Mitglieder: 16
 Rufzeichen: DBKV

Abb. 2: FS Poseidon in Fahrt

2.3 Seegebiete

| Name | Stations No. | Longitude | Latitude |
|------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|
| Bornholm-Becken Dänemark | Testgebiet 1 | 15°25'E - 15°45'E | 55°00'N – 55°30'N |
| Arkona-Becken Deutschland | Testgebiet 2 | 13°10'E – 13°20'E | 54°46'N – 54°49'N |

Tabelle 1: Geographische Begrenzungen der Testgebiete

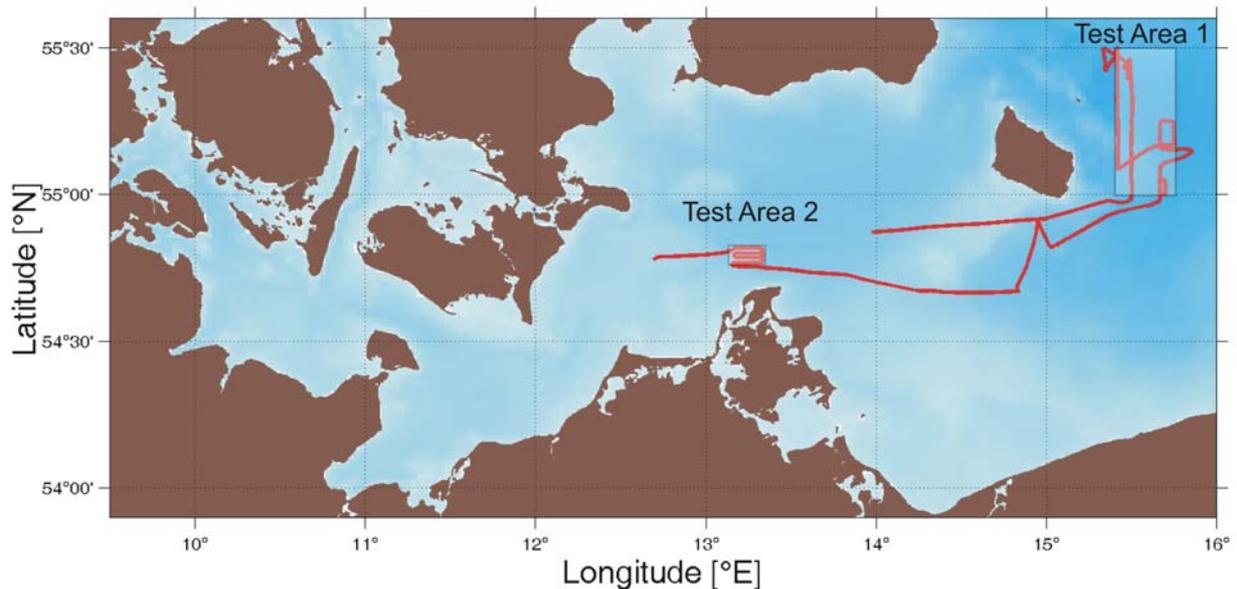


Abb. 3: Verteilung der Testgebiete im Bereich der westlichen Ostsee (Tabelle 1)

3. Messsysteme

Vertikalprofilierende Sonden sind in der ozeanographischen Messtechnik die Standardlösung für die Erfassung hydrographischer und dynamischer Eigenschaften der Wassersäule. Die Methode, die horizontale Variabilität der ozeanischen Turbulenz (**Abb. 4**) mit Hilfe freifallender Sonden quasi-synoptisch bei gleichzeitiger hoher vertikaler Auflösung zu erfassen, stößt jedoch häufig an ihre Grenzen. Dennoch gab es in der Vergangenheit zahlreiche und durchaus erfolgreiche Versuche (Umlauf et al, 2007), es mit Hilfe einer freifallenden Mikrostruktur- und Turbulenzsonde vom langsam fahrenden Schiff (<3kn) aus zu versuchen. Je höher die Geschwindigkeit des Schiffes ist, um so näher kommt man dem Ideal der für die Dauer der Vermessung eingefrorenen Turbulenz (Taylor's Hypothese, siehe Stull, 2003), um so schneller kommt man aber auch mit der vorgegebenen Fallgeschwindigkeit der Sonde in Konflikt. Das Kabel müsste so schnell gefiert werden, dass die Turbulenzsonde immer noch frei fallen kann, ohne dass infolge des Zugs auf dem Kabel sogenannte „strumming“-Effekte die Messungen stören.

Um die horizontale Entwicklung hydrographischer Eigenschaften einschließlich der Turbulenz ausreichend schnell bei gleichzeitig hoher horizontaler Auflösung vermessen zu können, bieten sich vorzugsweise horizontal geschleppte Systeme an (**Abb. 4**).

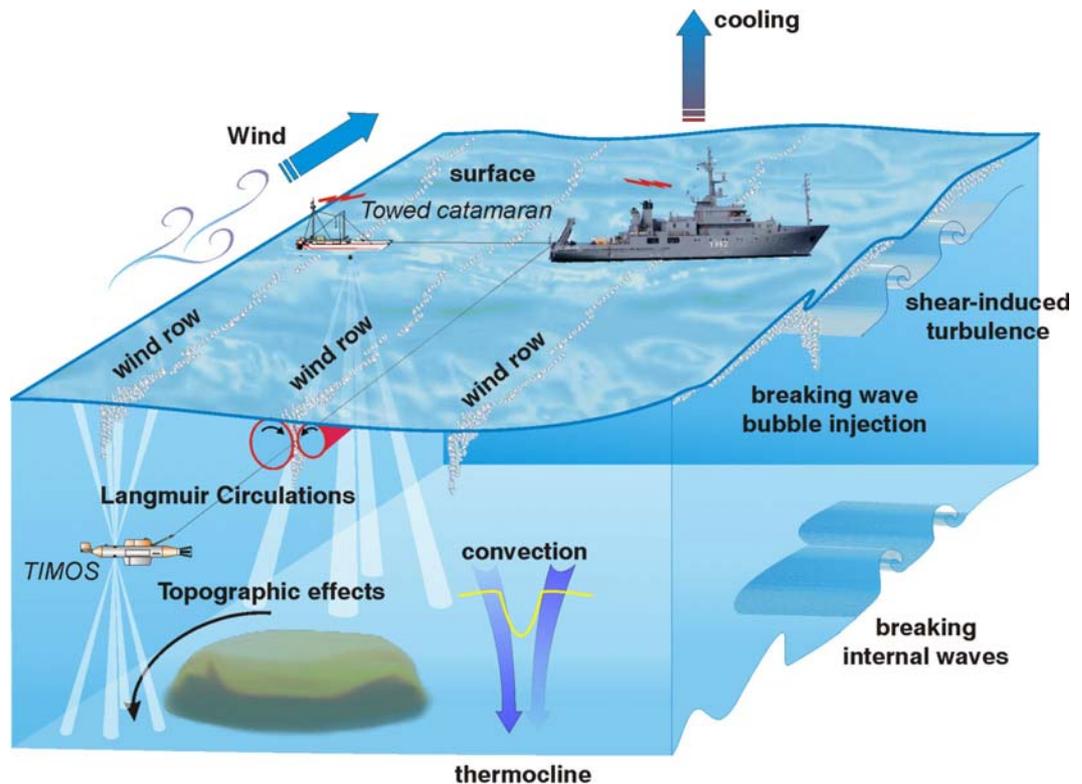


Abb. 4: Einsatz geschleppter Messsysteme, TIMOS und Katamaran, zur Erfassung ozeanischer Turbulenz und mikroskaliger Schichtungsstrukturen. Zu den Erzeugungsmechanismen der Turbulenz und ihrer Mikrostrukturen gehören winderzeugte Phänomene wie brechende Oberflächenwellen oder die walzenförmigen Langmuir-Zirkulation mit den langgestreckten Konvergenzstreifen ebenso wie die vertikale Stromscherung an Dichtegrenzschichten (z.B. Kelvin-Helmholtz-Instabilitäten), brechende topographisch und gezeitenerzeugte interne Wellen und die durch Abkühlung hervorgerufene Vertikal-konvektion. Allen Vorgängen gemeinsam sind die zeitlich und räumlich sehr kleinen Skalen.

Entscheidend für die schnelle, räumlich wie zeitlich hochauflösende und zugleich großräumige Vermessung der klein- und mikroskaligen Dynamik der oberen Wassersäule ist die Verfügbarkeit geeigneter Messsysteme. Sowohl an die Stabilität des Geräteträgers wie an die Empfindlichkeit und Robustheit der Sensoren werden gleichermaßen hohe technische Forderungen gestellt.

3.1 TIMOS (Towed Instrument for Microstructure Ocean Soundings)

Eine Möglichkeit, die horizontale Variabilität der Turbulenz und ihre fleckenartige räumliche Verteilung („patchiness“) quasi-synoptisch erfassen zu können, besteht im Einsatz eines horizontal geschleppten Mikrostrukturprofilers. Aus diesem Grund hatte die FWG im Rahmen des F&T-Projekts „Schnelle Erfassung horizontaler Vermischungsprozesse“ zunächst eine Konzeptstudie (Prandke, 2004), zunächst eine Entwurfs- und Konstruktionsstudie (Prandke, 2005) und schließlich 2006 die Herstellung eines Unterwasserschleppkörpers als Funktionsmuster für das horizontal geschleppte Mikrostruktur-Messsystem bei der Firma ISW in Auftrag gegeben.

Der stromlinienförmige Unterwassergeräteträger TIMOS ist konzipiert worden, um mit Hilfe einer für Schleppsysteme ausgelegten Mikrostruktursonde neben den ozeanographischen Standardgrößen Temperatur, Leitfähigkeit und Druck auch deren Variabilität und die Fluktuationen der mikroskaligen Geschwindigkeitsgradienten längs des Schleppkurses zu messen. Nach oben bzw. nach unten gerichtete akustische

Doppler-Stromprofiler liefern zeitgleich Vertikalprofile der Horizontal- und Vertikalströmung.

Modular aufgebaut besteht der Prototyp des TIMOS derzeit aus:

- dem strömungsgünstig geformten ca. 4 m langen und ca. 0.36 m (im Durchmesser) breiten Unterwasserschleppkörper (ohne Turm und Kiel) als Geräteträger (**Abb. 5**),
- einer Mikrostruktur/Turbulenzsonde (MSS) (Tabelle 2, **Abb.6**) mit zusätzlichen externen Lage- und Stabilitätssensoren sowie einem Altimeter zur Messung des Bodenabstands und einem induktiven Strömungsmesser (Tabelle 4) zur Messung der Schleppgeschwindigkeit „durchs Wasser“
- einer Deckeinheit mit Laptop zur Datenkontrolle und –aufzeichnung einschließlich Navigationsdaten vom GPS-System des Schleppschiffes,
- einem vertikal ausgerichteten akustischen „600 kHz“-Doppler-Stromprofiler (ADCP) als zusätzliches Messsystem (Tabelle 3)
- einer speziell für dieses System entwickelten Winde (**Abb. 7**) mit z.Z. 400 m Kabel für Datenübertragung und Stromversorgung (Prandke, 2007).

Abb. 5 (rechts):

Bergung des experimentellen Schleppkörpers. Vorn im Kopf des TIMOS sind die Mikrostruktur- und Turbulenzsensoren, hinter dem Turm der nach oben ausgerichtete „600 kHz“-ADCP und im Kiel des Schleppkörpers ein Altimeter sowie ein elektromagnetischer Strömungsmesser untergebracht.

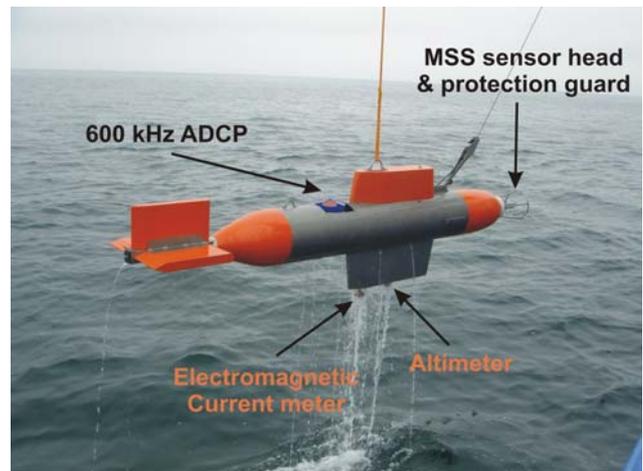
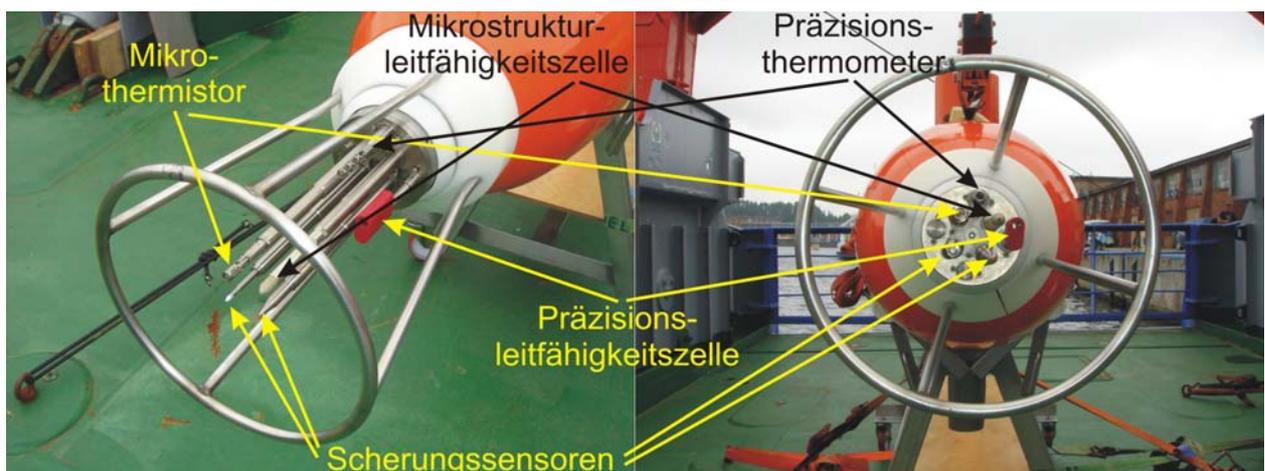


Abb. 6 (unten):

MSS-Sensorkonfiguration im Kopf des TIMOS mit Schutzkorb, ausgestattet mit Sensoren ähnlich denen der vertikal freifallenden Mikrostruktursonden (Tabelle 2).



| Sensor | Messprinzip | Messbereich | Genauigkeit | Auflösung | Zeitkonstante |
|---|--------------------------------|---|-----------------------|------------------------|--------------------------|
| Mikrostruktur-Scherungssensor (Airfoil) | Piezo-keramisches Biegeelement | Dissipationsrate $10^{-11} \dots 10^{-2}$ W/kg | +/- 50% | Nicht spezifiziert | 4 ms |
| Mikrostruktur-Temperatur | Mikrothermistor | -2...+32°C | +/-0.02°C | 0.001°C | 10 ms bei 1 m/s Strom |
| Mikrostruktur-Leitfähigkeit | Miniaturzelle | 0...60 mS/cm | 0.5 mS/cm | 0.005 mS/cm | 10 ms |
| Mikrostruktur-Beschleunigung | Piezo-keramisches Biegeelement | 0...3 m/s ² | 0.02 m/s ² | 0.005 m/s ² | 4 ms |
| Druck | druckelektrisch | 50 bar | 0.1 %fs | 0.002 %fs | 150 ms |
| Präzisions-Temperatur | Pt 100 | -2...+32°C | +/-0.01°C | >0.001°C | 150 ms |
| Präzision-Leitfähigkeit | 7-pol-Zelle | 0...60 mS/cm | +/-0.02 mS/cm | 0.001 mS/cm | 150 ms |

Tabelle 2: Spezifikationen des Mikrostrukturmesssystem (Standardsensorausstattung)

| | Ocean Surveyor (FS Poseidon) | Workhorse Monitor (FWG-Katamaran) | BroadBand ADCP (FWG-Katamaran) |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Systemfrequenz (kHz) | 75 | 600 | 1200 |
| Anzahl Tiefenzellen | 1 - 128 | 1 - 128 | 1 - 128 |
| Zellengröße (m) | 8 - 16 | 1 - 8 | 0.05 - 2 |
| Präzision (cm/s) | | | |
| Weitbereichsmodus | 30 – 17 | 4.2 (4 m-Zellen) | 10 (0.25 m) |
| Präzisionsmodus | 12 – 9 | 12.9 – 2.0 | |
| Geschwindigkeitsbereich (m/s) | -5...+9 | +/- 5 (Default) +/- 20 (Max.) | +/- 10 |
| Max. Tiefenbereich (m) | | | |
| Weitbereichsmodus | 520 – 700 | 70 | 20 |
| Präzisionsmodus | 310 – 450 | 39 - 52 | |
| Bodenerkennung (m) | 950 | ~100 | ~35 |

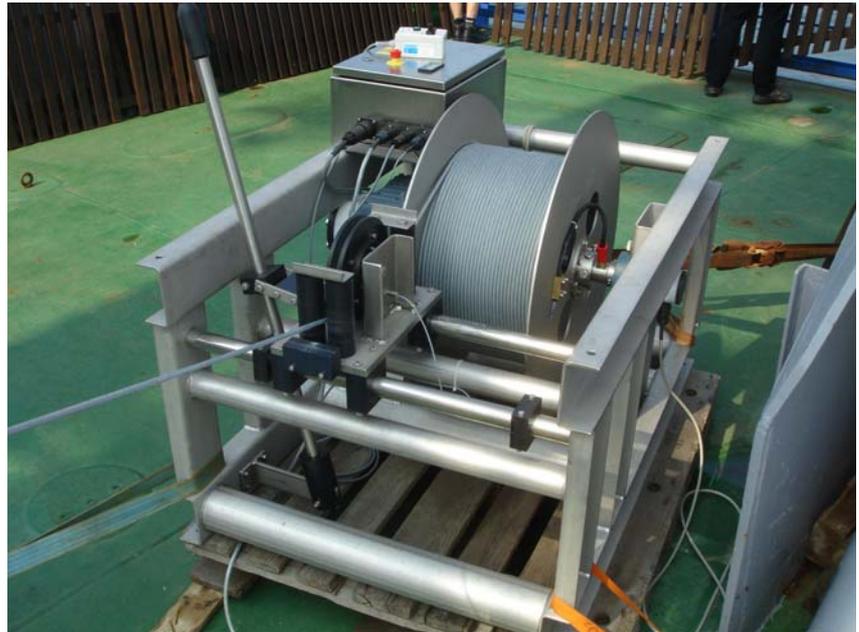
Tabelle 3: Spezifikationen zu den ADCPs der Fa. Teledyne/RDI während TIMOS2007

| | |
|--------------|----------------------------|
| Messbereich | +/- 3 m/s, max. 5 m/s |
| Genauigkeit | +/- (0.5% v. MW+0.5% v.EW) |
| Einsatztiefe | 1000 m |

Tabelle 4: Spezifikationen zum elektromagnetischen Strömungsmesser ISM-2001

Eigens für TIMOS ist von der Firma ISW eine Zugwinde (**Abb. 7**) hergestellt worden, die wie die anderen Systeme auch auf dieser Reise erstmalig eingesetzt wurde. Die aus Edelstahl bestehende, ca. 350 kg schwere Winde besitzt einen 8-poligen Quecksilber-Drehüberträger, der die rauschfreie Übertragung der Messdaten gewährleistet. Die Kapazität der Kabeltrommel reicht für ein 1000 m langes und 9 mm dickes Kabel. Auf der Fahrt wurden aus Gründen der Datenübertragung und der Stromversorgung lediglich 400 m eines Spezialkabels aufgetrommelt. Sowohl Hiev- als Fiergeschwindigkeit sind variabel und können zwischen 0 bis ca. 0.6 m/s eingestellt werden (Prandke, 2007).

Abb. 7:
Zugwinde für TIMOS mit 400 m
Kabel. Sonderanfertigung der
Fa. ISW.



3.2 Schleppkatamaran

Normalerweise fest bzw. im Seeschacht eingebaut zählen akustische Doppler-Stromprofiler (ADCP) mittlerweile zum ozeanographischen Standardwerkzeug für Strömungsmessungen vom fahrenden Schiff aus und sind auf allen größeren Forschungsschiffen vorhanden. Für oberflächennahe Messungen sind die auf Schiffen installierten ADCPs jedoch aufgrund ihres Einbaus im Schiffsboden, der Ausklingzeit des Transducers und der tiefreichenden Wirkung der schiffsinduzierten Strömung ungeeignet.

Ursprünglich als Messplattform für akustische Doppler-Stromprofiler (ADCP) und den Einsatz in flachen Gewässern sowie für oberflächennahe Vermessungen konzipiert, wird der Schleppkatamaran jetzt ganz allgemein als Sensorträger zur Erfassung der kleinskaligen Deckschicht- und Wechselwirkungsprozesse an der Meeresoberfläche ausgebaut (**Abb. 8**). Als Grundausstattung werden ein 1.2-MHz-Breitband-ADCP für vertikal hochauflösende Strömungsmessungen und ein 300-kHz-ADCP für tiefer reichende Strömungsmessungen (Tabelle 3) sowie ein Thermosalinograph für kontinuierliche Erfassung der Oberflächentemperatur und des Oberflächensalzgehalts am vorderen Sparen zwischen den beiden Rümpfen des Katamarans angebracht (**Abb. 9**).

Als Thermosalinograph wurde ein für den Schleppkatamaran umgebauter CTD-Sea-logger (SBE 25) der Fa. Sea-Bird Electronics gewählt (Tabelle 5), der für zukünftige Anwendungen mit bis zu sieben zusätzlichen Sensoren (z.B. Fluorometer und Transmissometer) bestückt werden kann.

| | Messbereich | Genauigkeit | Auflösung |
|---------------|--------------|-----------------|-------------------|
| Temperatur | -5...+35°C | 0.002°C | 0.0003°C |
| Leitfähigkeit | 0...70 mS/cm | 0.003 mS/cm | 0.0004 mS/cm |
| Druck | 0...20 m | 0.1% full scale | 0.015% full scale |

Tabelle 5: Spezifikationen des CTD-Sea-loggers (Grundausstattung)

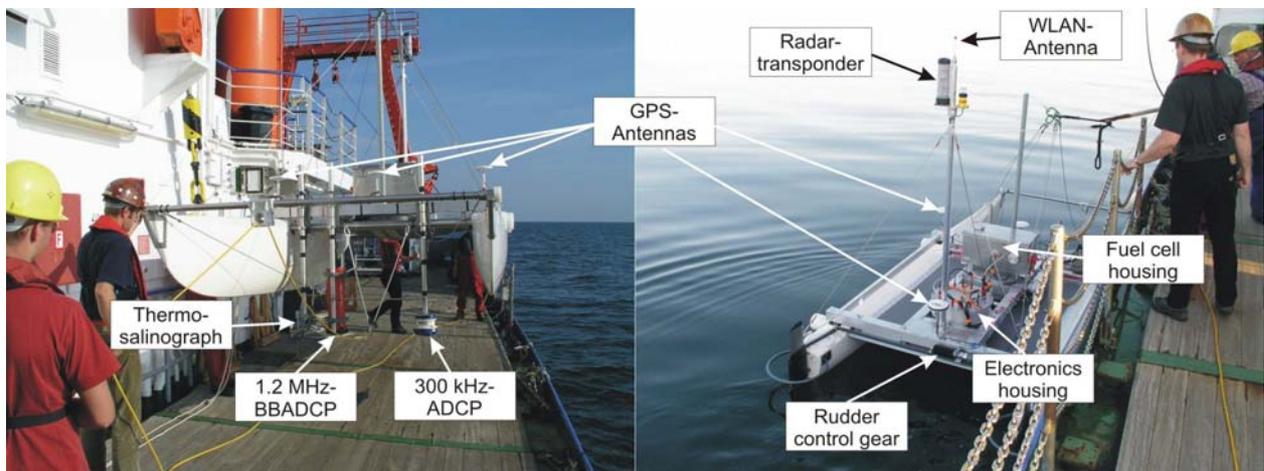
Abb. 8 (rechts):

Schleppkatamaran als Sensorplattform zur Erfassung kleinskaliger Deckschicht- und Wechselwirkungsprozesse an der Meeresoberfläche nach einem Konzept des Instituts für Ostseeforschung in Warnemünde (Mohrholz and Rütz, 2003)



Abb. 9 (unten):

Standardinstrumentierung auf dem Katamaran



In flachen Gewässern, in denen die ADCPs den Boden erfassen, werden Kurs und Fahrt des Katamarans über Grund im sogenannten „Bodenverfolgungsmodus“ bestimmt (**Abb. 10**). Für den Einsatz in größeren Tiefen werden neben der dreidimensionalen Position, Kurs und Fahrt auch Roll- und Stampfwinkel mit einem auf dem Katamaran installierten hochgenauen GPS-Navigationssystem ermittelt. Das Thales Navigationssystem ADU5 benutzt dazu eine Empfängerkonfiguration aus vier Antennen.

Abb. 10:

Einsatzszenario für FWG-Schleppkatamaran. Um den Einfluss des Kielwassers auszuschließen, wird der Forschungskatamaran deutlich außerhalb des Kielwassers geschleppt. Sein geringer Tiefgang ermöglicht nicht nur Strömungsmessungen nahe der Oberfläche, sondern auch den Einsatz in sehr seichtem Wasser, indem er z.B. von einem kleineren Boot geschleppt wird, während die Messdaten von dem größeren Mutterschiff in sicherer Entfernung über WLAN aufgezeichnet werden.



Für den kurzzeitigen Einsatz des Katamarans bis zu 12 Stunden reichen Batterien für die Stromversorgung der Systeme aus. Darüber hinaus für längere Missionen über mehrere Tage wird der Bedarf mit Hilfe einer wartungsfreien EFOY-Brennstoffzelle gedeckt. Mit 10 l Methanol liefert die Brennstoffzelle ungefähr 7 Tage lang den nötigen Strom.

Sowohl die Steuerbefehle zum Katamaran als auch der Messdatenaustausch vom Katamaran zum Schlepp- bzw. Begleitschiff erfolgen über eine WLAN-Verbindung. Mit Hilfe eines zusätzlichen Verstärkers können Reichweiten von bis zu 10 Seemeilen erreicht werden.

3.3 MSS-Profiler

Für den direkten Vergleich mit den Messungen des horizontal geschleppten Horizontalprofilers TIMOS wurde parallel eine freifallende Mikrostruktur-/Turbulenzsonde (MSS-Profiler) (**Abb. 11**) vom Heck des sehr langsam fahrenden Schiffs (< 1.5 kn) aus eingesetzt. Ausgerüstet mit Präzisionsensoren einer klassischen CTD-Sonde sowie mit schnellen Turbulenz- und Mikrostruktursensoren (siehe auch Tabelle 2) ermöglicht der Vertikalprofiler neben den klassischen CTD-Profilen zur Beschreibung der Schichtungsverhältnisse auch die Aufzeichnung von Vertikalprofilen der mikroskaligen Geschwindigkeitsfluktuationen.

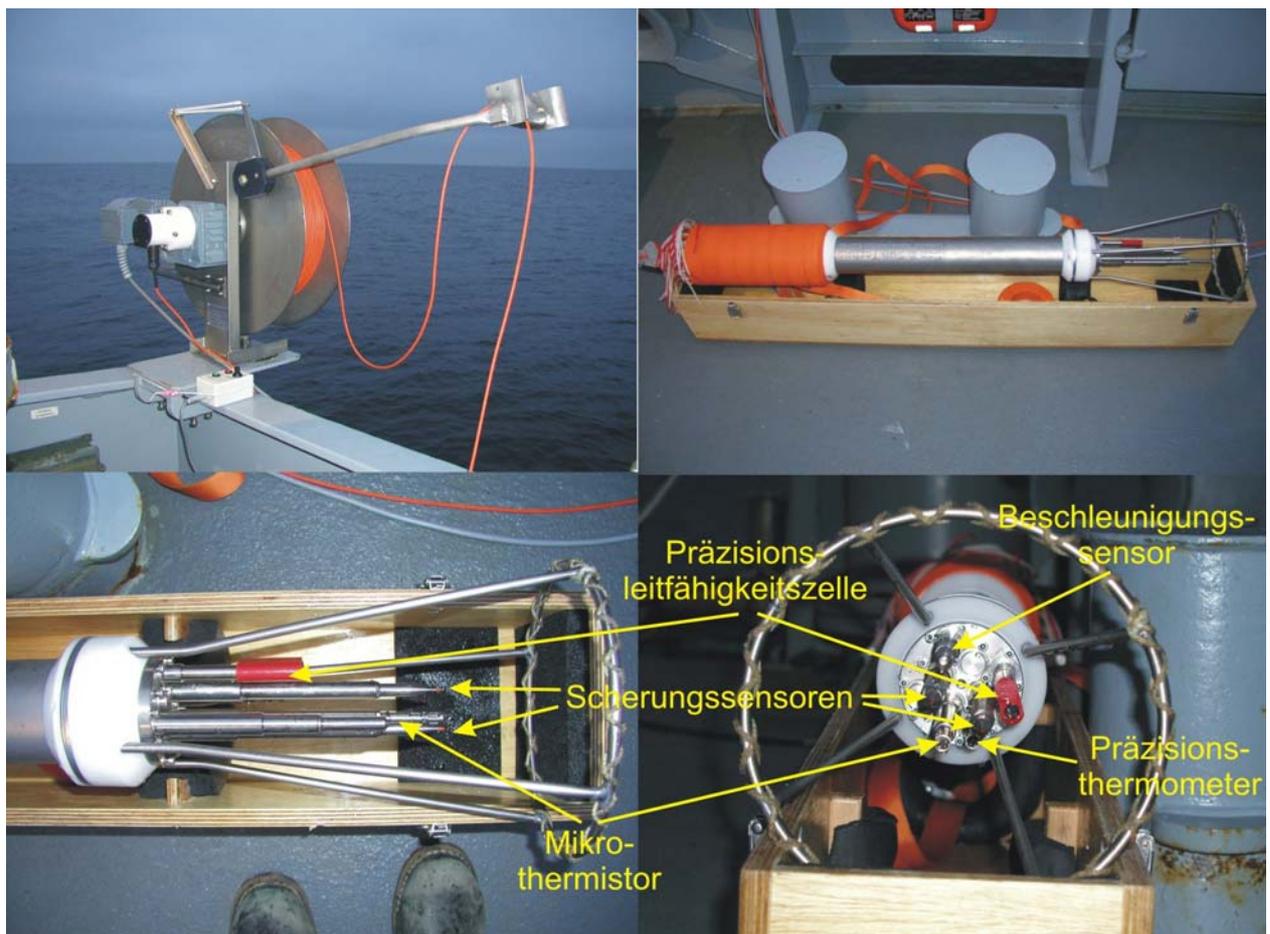


Abb. 11: Mikrostrukturmesssystem MSS90, ein gemeinsames Produkt der Firmen ISW Wassermesstechnik und SST (Sea and Sun Technology) für den freifallenden Einsatz. **Oben:** Winde und MSS Profiler. **Unten:** Sensorkopfkonfiguration durch Schutzkorb gegen Beschädigungen bei Bodenkontakt geschützt.

Der für Messtiefen von 400 m ausgelegte freifallende MSS-Profilier der Fa. ISW (**Abb. 11**) ist über Kabel mit der Datenerfassungsrechner an Bord verbunden. Dieses Kabel besitzt eine auf die Sonde abgestimmte Sinkgeschwindigkeit. Mit Hilfe von Gewichtsringsen und Auftriebselementen wird die Sinkgeschwindigkeit der Sonde entsprechend der gewünschten Vertikalauflösung reguliert. In aller Regel liegt die Sinkgeschwindigkeit zwischen 0.5 und 0.8 m/s. Zusammen mit der Abfragerate von 1 kHz erzielt man rechnerisch eine vertikale Auflösung von weniger als 1 mm. Jedoch lässt sich aufgrund der physikalischen Abmessungen der Sensorspitze lediglich eine Auflösung von ca. 5 mm erreichen.

Um ein möglichst störungsfreies Abtauchen der Sonde zu gewährleisten, muss das Versorgungs- und Datenkabel über eine Winde schneller nachgeführt werden, als sich die Sonde vom Schiff entfernt, so dass sich weder schiffs- noch kabelinduzierte Störungen auf die empfindlichen Scherungssensoren übertragen können.

4. Einzelpläne

Aufgrund des knapp bemessenen FWG-Personals und der Notwendigkeit, die Systeme aus Gründen der Arbeitssicherheit nur während Tageslicht auszusetzen bzw. einzuholen, wurde durchgehend im Tagesdienst gearbeitet. Die zeitaufwendigen Aufbereitung der Messdaten, die mit Hilfe des horizontalgeschleppten Mikrostrukturprofilers aufgezeichnet worden sind, war der Grund, dass der Katamaran und der Unterwassergeräteträger nur im Wechsel von Tag zu Tag eingesetzt wurde. Lediglich am 14.08.07 wurden beide System zu Testzwecken gleichzeitig geschleppt.

4.1 TIMOS

Neben der Tauglichkeitsüberprüfung diente der Seeinsatz zuallererst dem Austarieren des Gesamtsystems „TIMOS“. Eine erste Gewichtsverteilung wurde bereits im Vorwege der Reise unter „statischen“ Bedingungen im Tank der FWG durchgeführt. Erst der Seeinsatz kann jedoch auch die „dynamischen“ Bedingungen während des Schleppens berücksichtigen. Einen Überblick über die Schleppversuche liefern die Kurse in **Abbildung 12** sowie die tabellarischen Messprotokolle im Anhang 6.4. Hierzu wurden neben den Gewichtsänderungen auch die Schleppgeschwindigkeit, die Tauchtiefe und die Kabellänge systematisch verändert (**Abb. 14**). Die Schlepptiefen lagen in der Regel zwischen 10 und 60 m, der Bereich der Schleppgeschwindigkeit zwischen 1.1 und 2.3 m/s. Die maximale Kabellänge betrug 200 m.

Für die spätere Bewertung der TIMOS-Daten wurde sowohl am 12. wie auch am 14.08.2007 der freifallende MSS-Profilier bei sehr langsamer Fahrt mit 1 und 2 kn vom Heck des Schiffes aus parallel zu TIMOS eingesetzt.

4.1.1 Vermessungsmuster

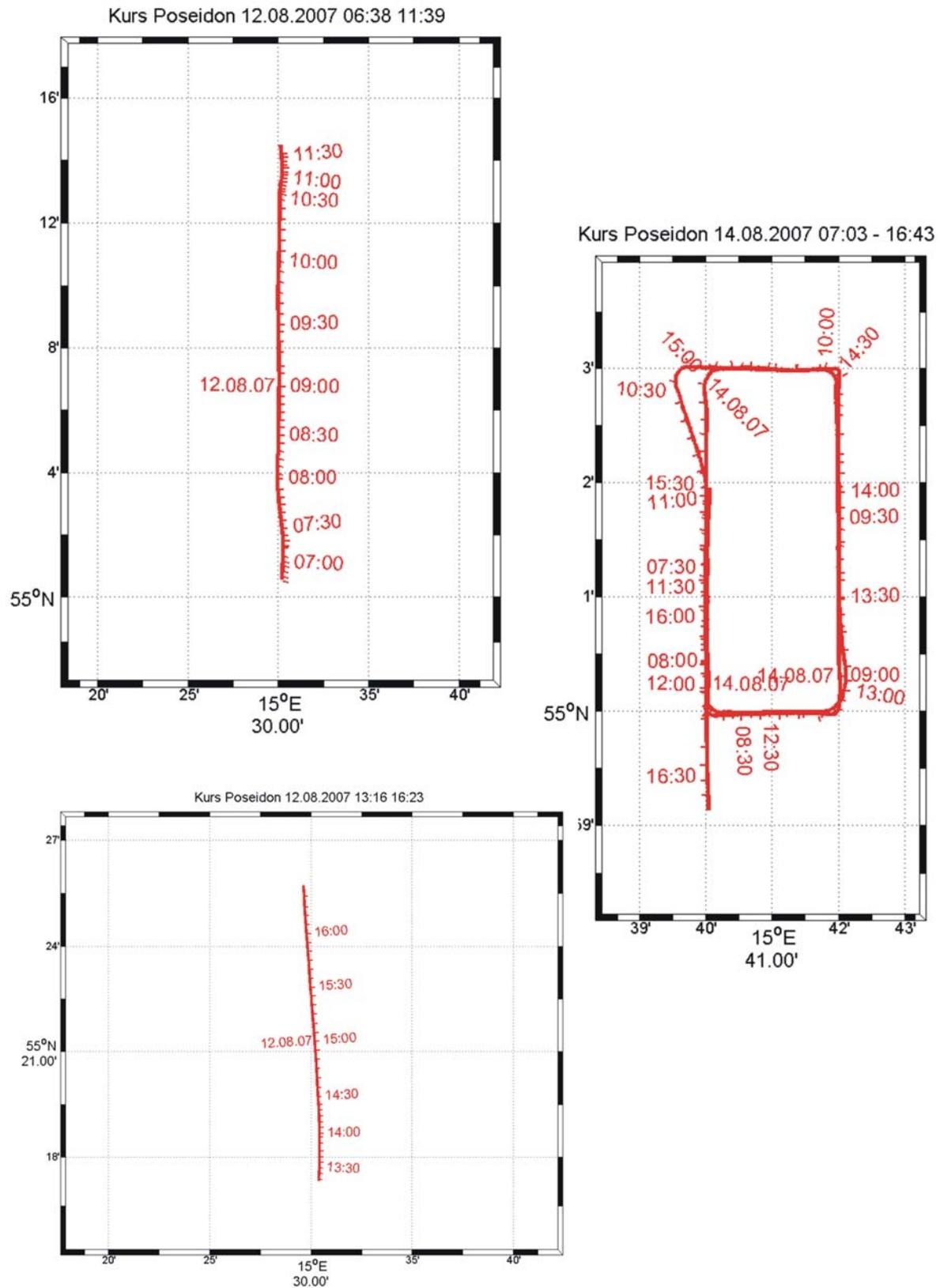


Abb. 12: Schleppkurse mit TIMOS am 12. und 14. August 2007 im Bornholm-Becken. Zur besseren Orientierung wurden die jeweiligen Zeiten an den Kurs geschrieben.

4.1.2 Turbulenzmessungen

Eine erste Bewertung der horizontalen Turbulenzmessungen erfolgte bereits an Bord. Der direkte Vergleich der berechneten Spektren der horizontalen Geschwindigkeitsscherung mit dem universellen Turbulenzspektrum sollte zeigen, ob und in welchem Wellenzahlbereich das berechnete Spektrum dem Universalspektrum folgt (**Abb. 13**). In der Regel wirken sich störende Einflüsse z.B. der Sonden- oder Schutzkorbvibrationen im höheren Wellenzahlbereich aus, Taumelbewegungen der Sonde hingegen bei niedrigen Wellenzahlen. Sie werden von den Scherungssensoren ebenso erfasst wie die natürliche Turbulenz und überlagern das eigentliche Signal mit einem künstlichen Scherungssignal, der sogenannten Pseudoscherung. Gleichzeitige Messungen der Querbeschleunigung der Sonde mittels Beschleunigungssensor markieren den kontaminierten Wellenzahlbereich, der dann bei der Berechnung der Dissipationsrate der turbulenten kinetischen Energie explizit ausgeschlossen wird. Der nicht aufgelöste Wellenzahlbereich wird durch das an das gemessene Spektrum angepasste Universalspektrum nachträglich zu höheren Wellenzahlen hin korrigiert bzw. extrapoliert.

Der direkte graphische Vergleich (**Abb. 13**) des gemessenen Spektrums mit dem Nasmyth-Spektrum zeigt, dass die Kurvenverläufe der beiden Größen zwischen 2 und 10 cpm sich sehr ähnlich sind.

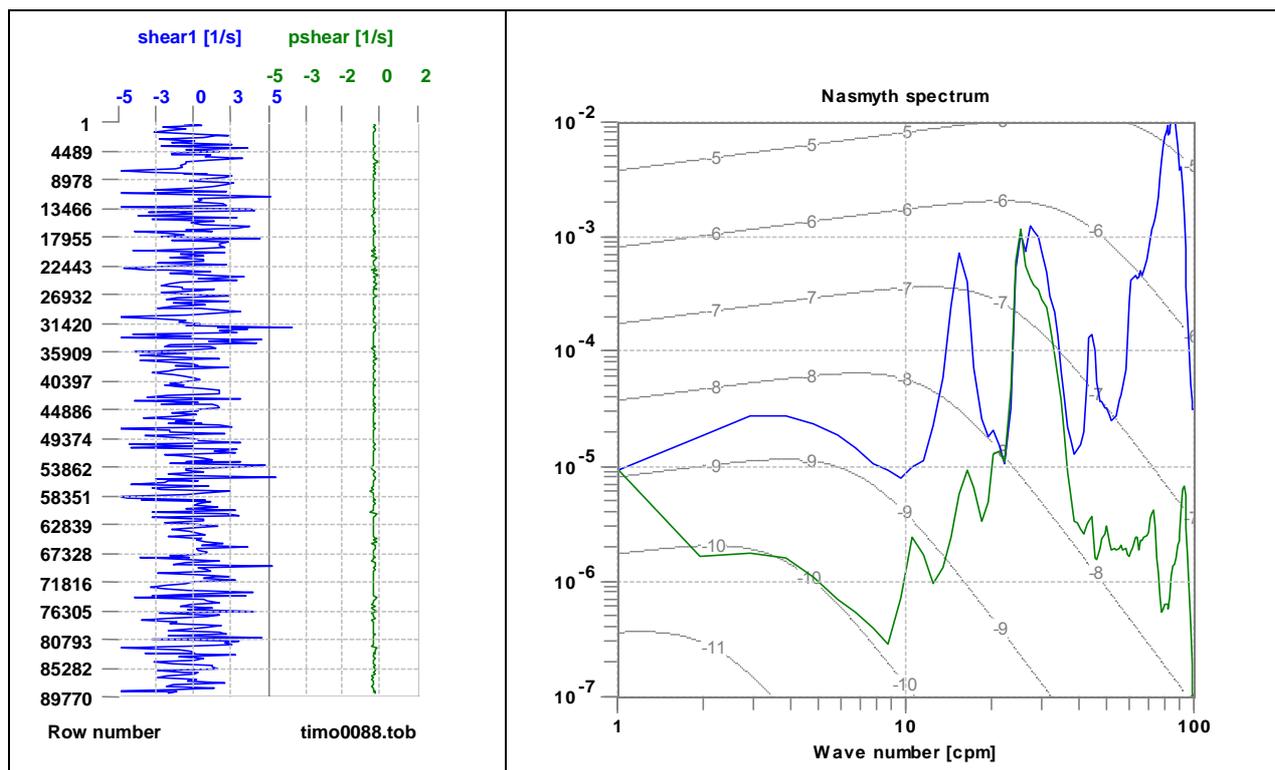


Abb. 13: Beispiel für ein Horizontalprofil der gemessenen horizontalen Geschwindigkeitsscherung (blau) und der Pseudoscherung (grün) einschließlich der entsprechenden Scherungsspektren im Vergleich zum universellen Turbulenzspektrum nach Nasmyth (grau gestrichelt).

4.1.3 Tiefensteuerung

Die Tauchtiefe wird mittels eingebauten Drucksensors aufgezeichnet. Geregelt wird sie in erster Linie durch Ausstecken des Schleppkabels und erst in zweiter und dritter Linie durch die Wahl der Schleppgeschwindigkeit bzw. des Gewichts des TIMOS an Luft. Bei konstantem Gewicht und nahezu konstanter Schiffsgeschwindigkeit bestimmt sich die Tiefe allein durch die Länge des ausgesteckten Kabels, wobei angenommen wird, dass das Kabel unter Wasser in erster Näherung ungekrümmt verläuft (**Abb. 14**). Da sich der Wasserwiderstand mit zunehmender Länge des geschleppten Kabels erhöht, reduziert sich der Seilwinkel α um so mehr, je mehr Kabel ausgesteckt wird. Die Reduzierung des Gewichts um 12.7 kg auf 25.4 kg führt zu Tiefenänderungen von wenigen Metern. Eine Geschwindigkeitserhöhung um 1 kn hat zur Folge, dass die Tauchtiefe je nach Kabellänge bis zu 20 m abnimmt. Eine deutliche Abnahme des berechneten Seilwinkels mit zunehmender Kabellänge lässt sich nur für eine Fahrt von 2 kn feststellen. Für Geschwindigkeiten um 3 kn beträgt der Seilwinkel nahezu konstant 20°. Bei 4 kn liegt er bei ca. 15° und zeigt im Gegenteil bei zunehmender Seillänge eine eher zunehmende Tendenz.

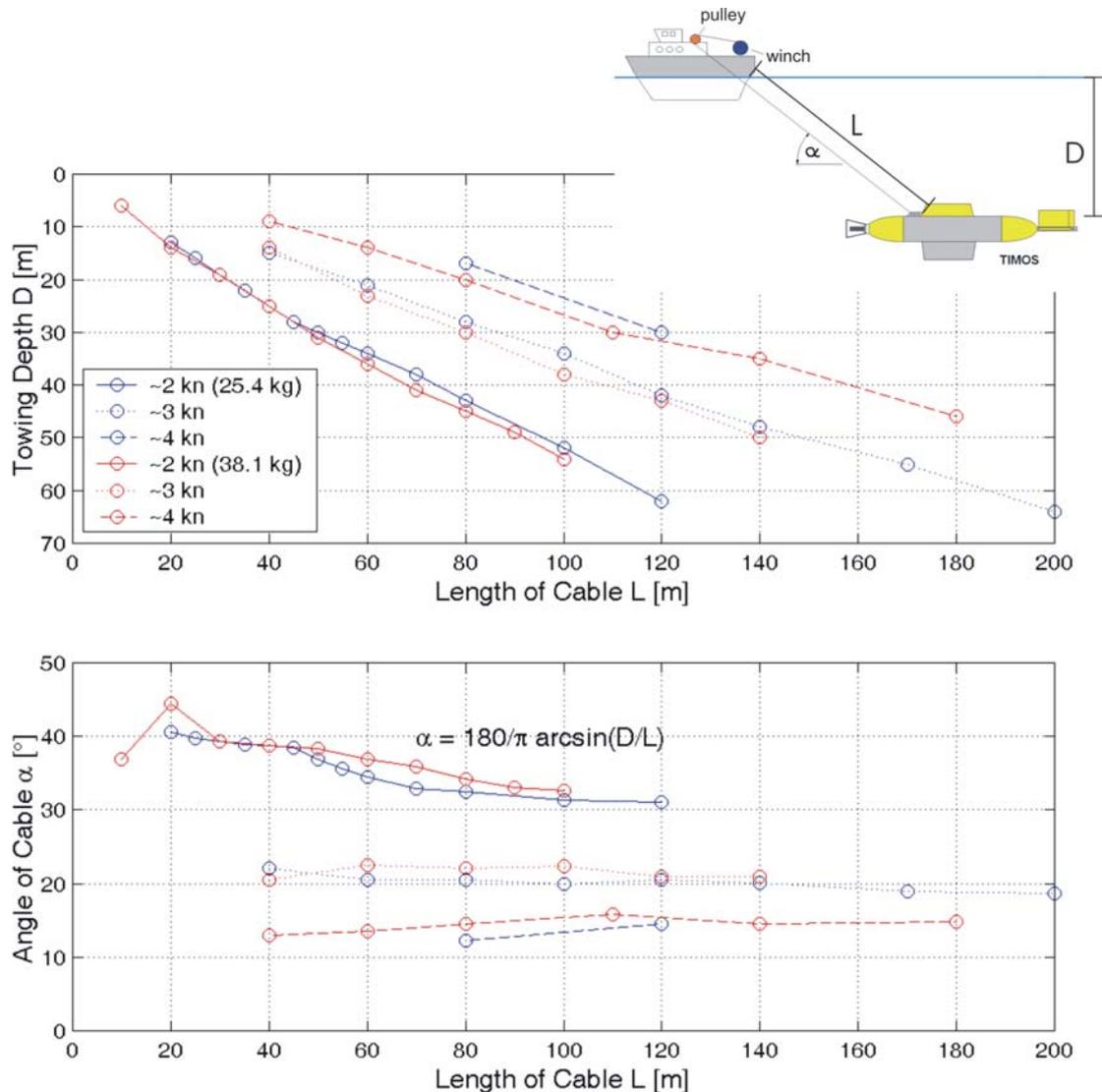


Abb. 14: Tauchverhalten des TIMOS in Abhängigkeit von Kabellänge, Schleppgeschwindigkeit und Gewicht an Luft. **Oben:** Tauchtiefe D als Funktion der Kabellänge L . **Unten:** Seilwinkel α als Funktion der Kabellänge L . Blau beschreibt das Verhalten für einen 25.4 kg (Gewicht an Luft) schweren, Rot für einen 38.1 kg schweren TIMOS. Die unterschiedlichen Linien erfassen den Geschwindigkeitsbereich zwischen 2 und 4 kn.

4.2 Katamaran

Ziel der Schleppversuche mit dem Katamaran war, die Strömungsmessungen der beiden ADCPs an Bord des Katamarans direkt mit den Strömungsmessungen des Ocean Surveyors, einem „Phased Array“-ADCP, an Bord der POSEIDON vergleichen zu können, um die genannten Vorteile auf Seiten des geschleppten Geräteträgers herauszuheben. Der schiffsgebundene ADCP auf FS Poseidon arbeitet mit einer Sendefrequenz von 75 kHz, die auf dem Katamaran installierten ADCPs hingegen mit 300 bzw. mit 1200 kHz.

Es wurden unterschiedliche Vermessungsmuster (**Abb. 15**) abgefahren, die im direkten Vergleich z.B. den Einfluss des schiffsinduzierten Strömungsnachlaufs als Folge der viskosen Reibung am Rumpf der Poseidon verdeutlichen.

Für den Vergleich wurden die mit dem 75 kHz und 300 kHz gemessenen Strömungen über die in Tabelle 6 festgelegten Tiefenbereiche gemittelt und in den Abbildungen 15 bis 17 für die jeweiligen Vermessungsmuster gegenübergestellt.

| | Tiefenbereiche in Metern | | | |
|---|--------------------------|--------|---------|---------|
| Poseidon: 75 kHz Ocean Surveyor | | | 10 - 40 | 40 - 70 |
| Katamaran: 300 kHz Workhorse | 0 - 5 | 5 - 10 | 10 - 40 | 40 - 70 |

Tabelle 6: Tiefenbereiche für vertikale Strömungsmittelung

Im Wesentlichen zeigen die Vergleiche in den einzelnen Abbildungen (**Abb. 16 –18**) ähnlich ausgerichtete Stromvektoren mit ähnlich großen Beträgen von ca. 20 cm/s. Dennoch scheinen die Poseidon-Daten im Tiefenbereich zwischen 10 und 40 m eine Vorwärtskomponente zu besitzen. Die Vektoren sind immer ein wenig mehr in Kursrichtung ausgerichtet als in größeren Tiefen (40 – 70 m). Die Katamaran-Daten hingegen zeigen dieses Verhalten nicht. Selbst in den beiden oberflächennahen Tiefenbereichen 0 bis 5 m und 5 bis 10 m liefern die Messungen ähnliche Strömungsmuster wie die in den darunter liegenden Bereichen.

4.2.1 Vermessungsmuster

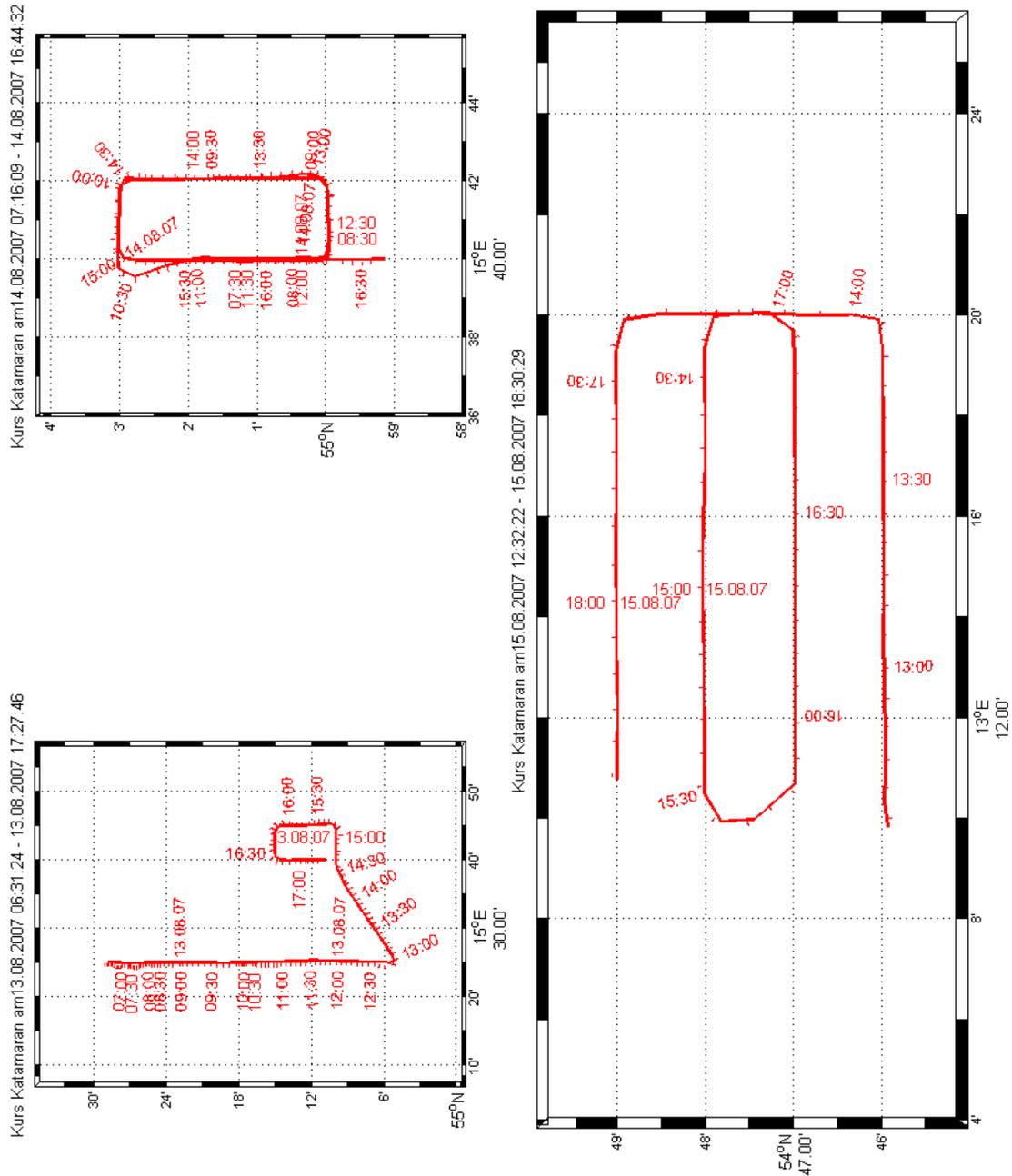


Abb. 15: Schleppkurse mit dem Katamaran am 12. und 14. August 2007 im Bornholm-Becken und am 15. August im Arkona-Becken. Zur besseren Orientierung wurden die jeweiligen Zeiten an den Kurs geschrieben.

4.2.2 Strömungsmessungen

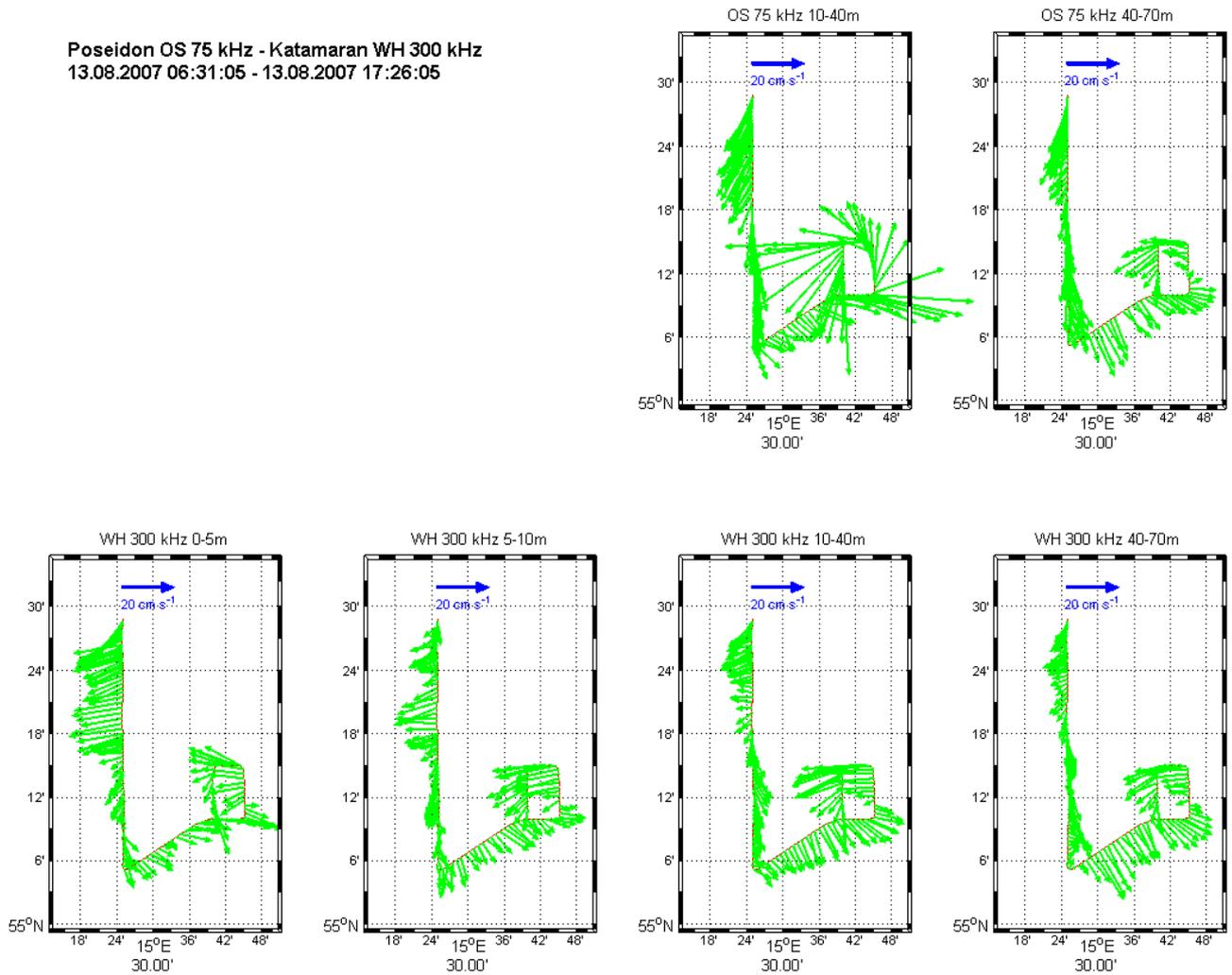


Abb. 16: Vergleich der akustisch gemessenen Strömungen von FS Poseidon (obere Reihe: 75 kHz Ocean Surveyor) und Katamaran (untere Reihe: 300 kHz Workhorse) entlang des Schleppkurses vom 13. August 2007 im Bornholm-Becken.

Poseidon OS 75 kHz - Katamaran WH 300 kHz
 14.08.2007 07:13:45 - 14.08.2007 16:43:47

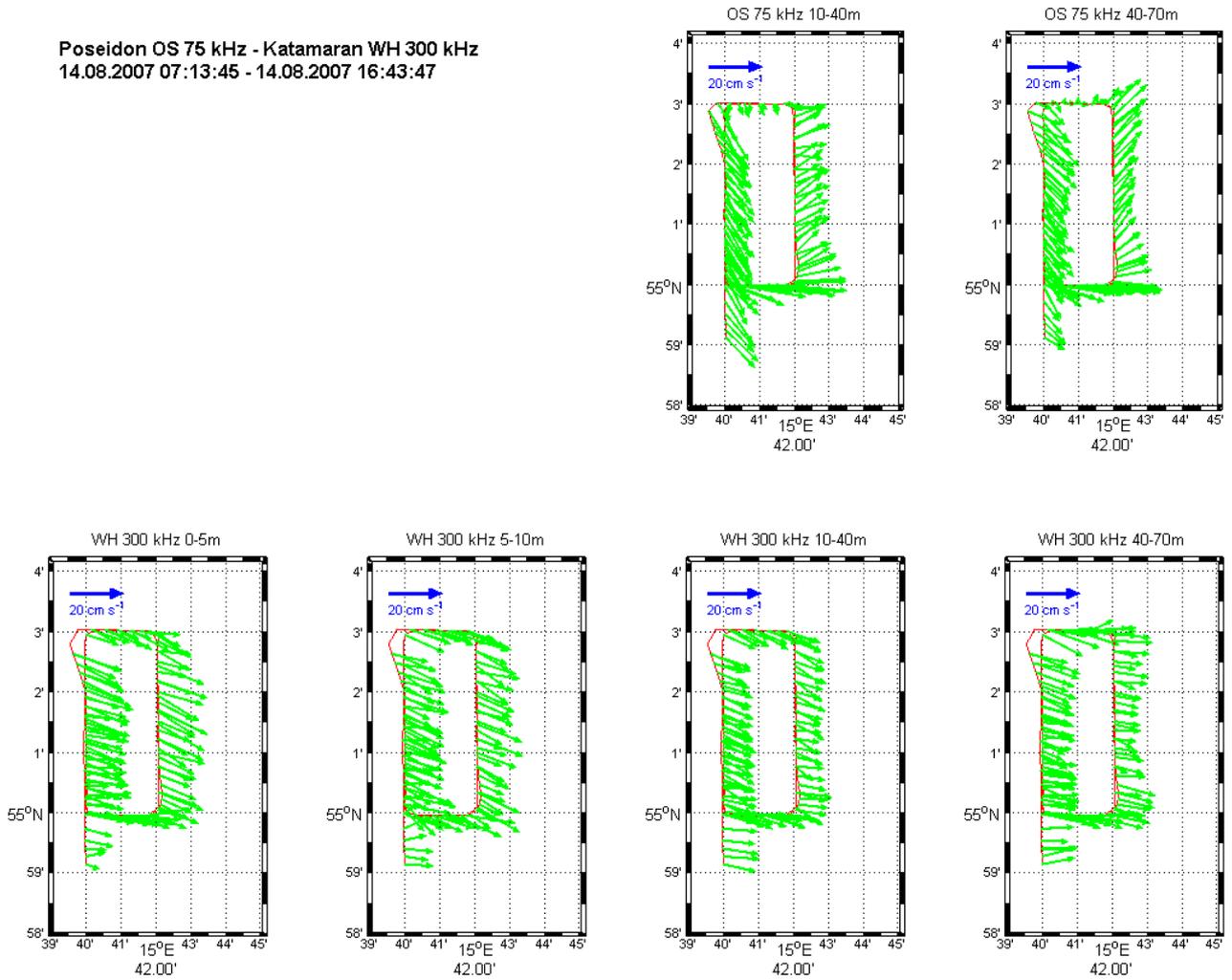


Abb. 17: Vergleich der akustisch gemessenen Strömungen von FS Poseidon (obere Reihe: 75 kHz Ocean Surveyor) und Katamaran (untere Reihe: 300 kHz Workhorse) entlang des Schleppkurses vom 14. August 2007 im Bornholm-Becken.

Poseidon OS 75 kHz - Katamaran WH 300 kHz
15.08.2007 12:31:33 - 15.08.2007 18:46:34

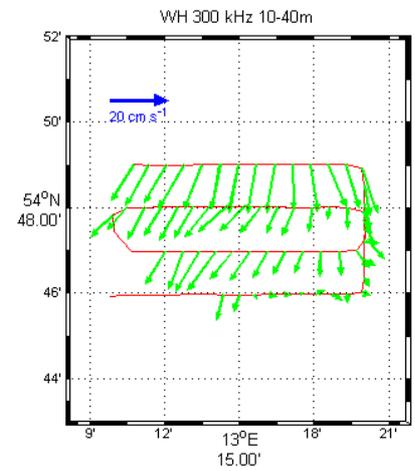
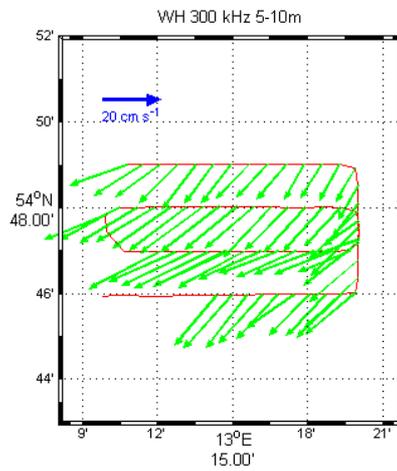
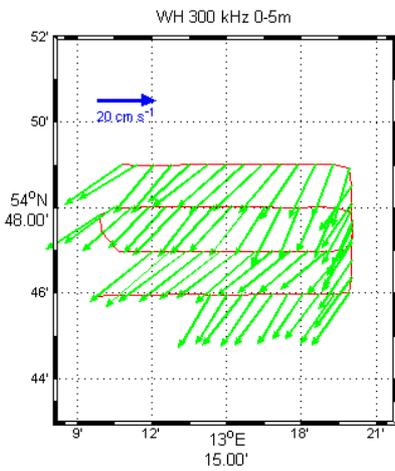
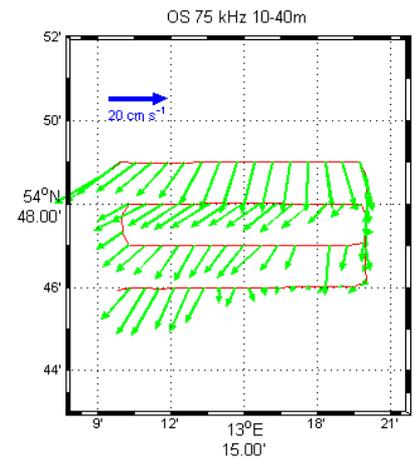


Abb. 18: Vergleich der akustisch gemessenen Strömungen von FS Poseidon (obere Reihe: 75 kHz Ocean Surveyor) und Katamaran (untere Reihe: 300 kHz Workhorse) entlang des Schleppkurses am Nachmittag des 15. August 2007 im Arkona-Becken.

5. Ozeanische und meteorologische Umgebungsdaten

5.1 T/S-Aufzeichnungen auf dem Katamaran

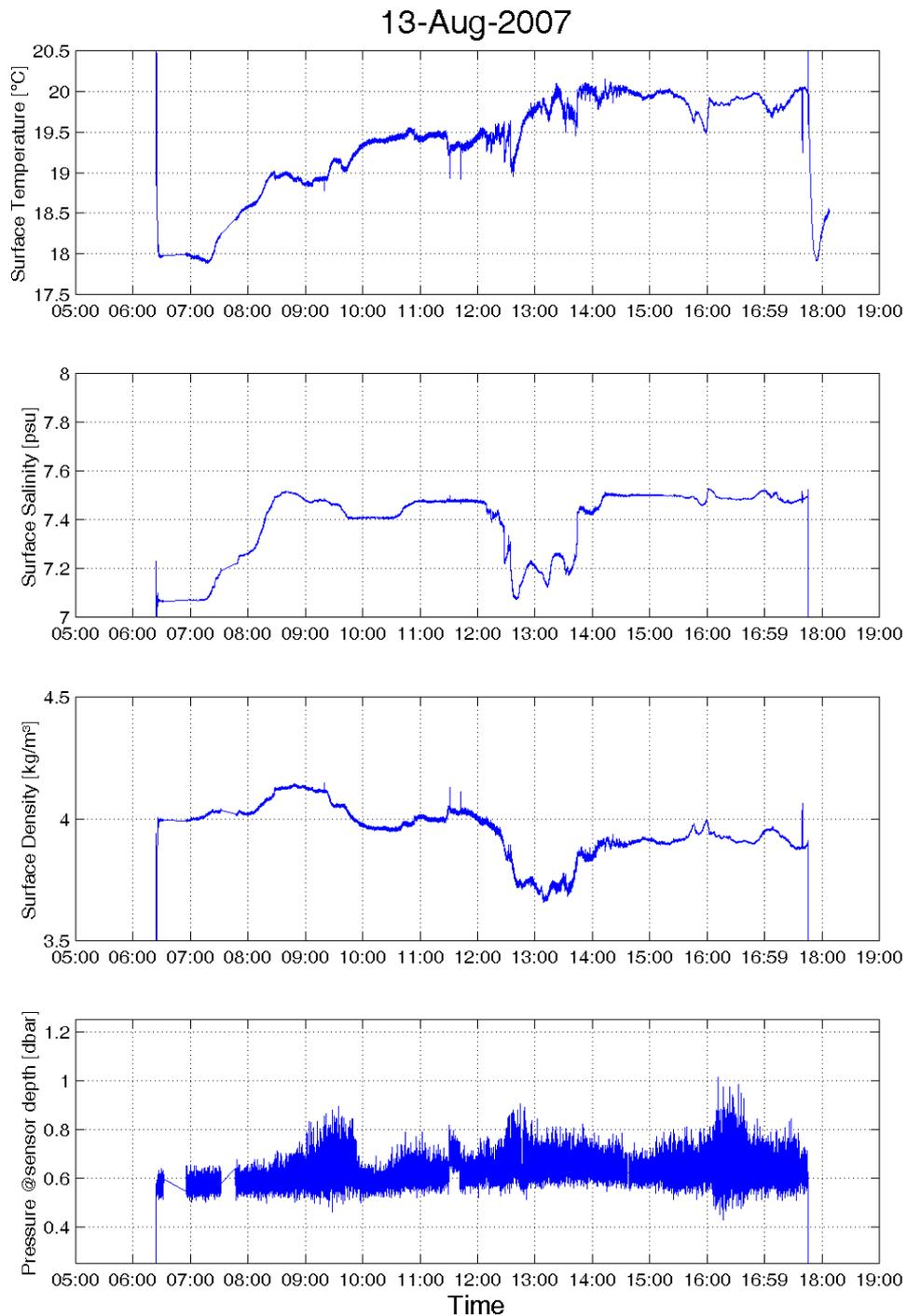


Abb.19: Hydrographische Messungen des Themosalinographen auf dem geschleppten Katamaran. Neben den Temperatur- und Salzgehaltsmessungen an der Meeresoberfläche sind die resultierende Dichte des Meerwassers sowie der gemessene Druck in der Tiefe der CTD-Sensoren östlich von Bornholm am 13.08.07 als Funktion der Zeit dargestellt.

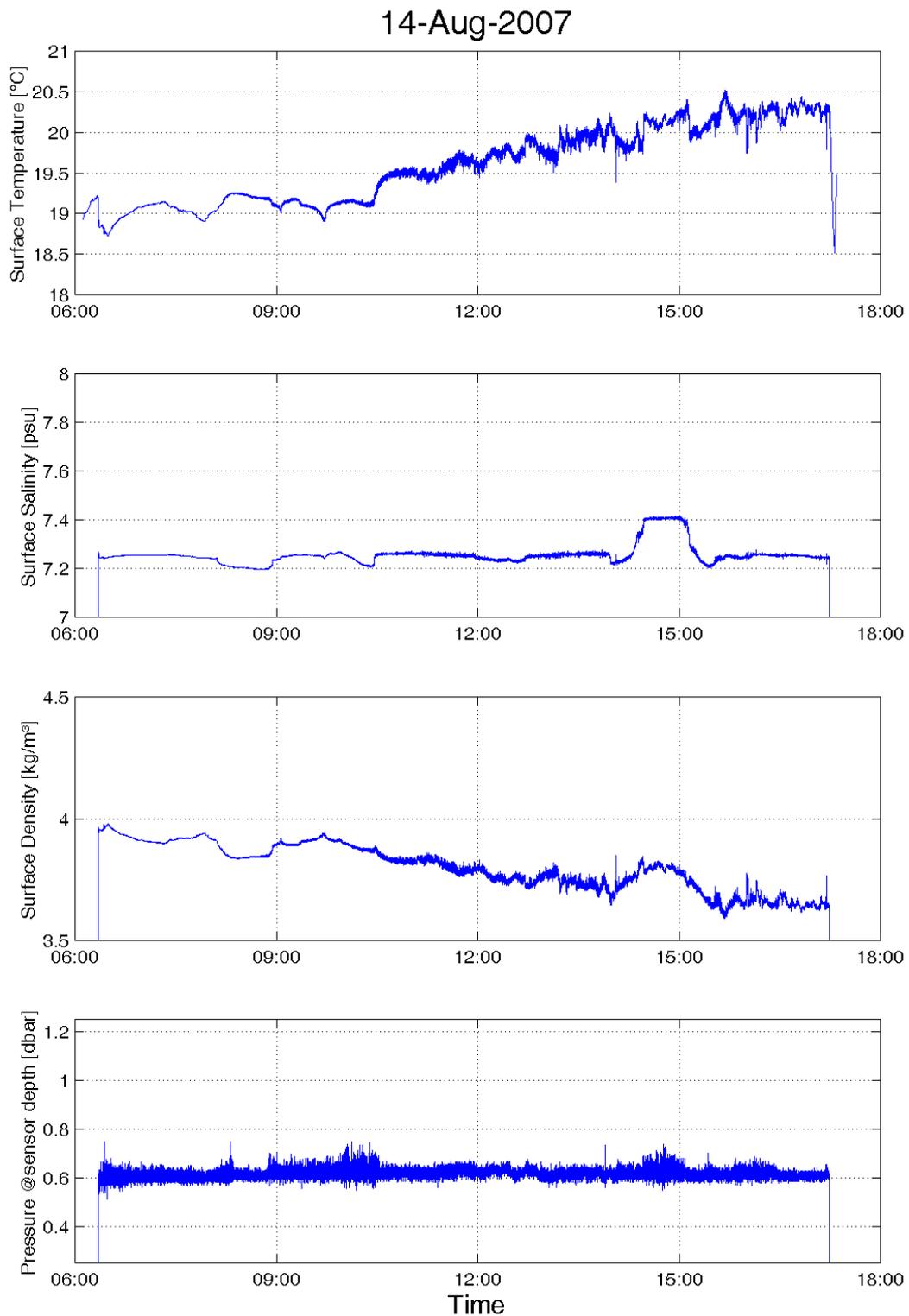


Abb.20: Hydrographische Messungen des Themosalinographen auf dem geschleppten Katamaran. Neben den Temperatur- und Salzgehaltsmessungen an der Meeresoberfläche sind die resultierende Dichte des Meerwassers sowie der gemessene Druck in der Tiefe der CTD-Sensoren östlich von Bornholm am 14.08.07 als Funktion der Zeit dargestellt.

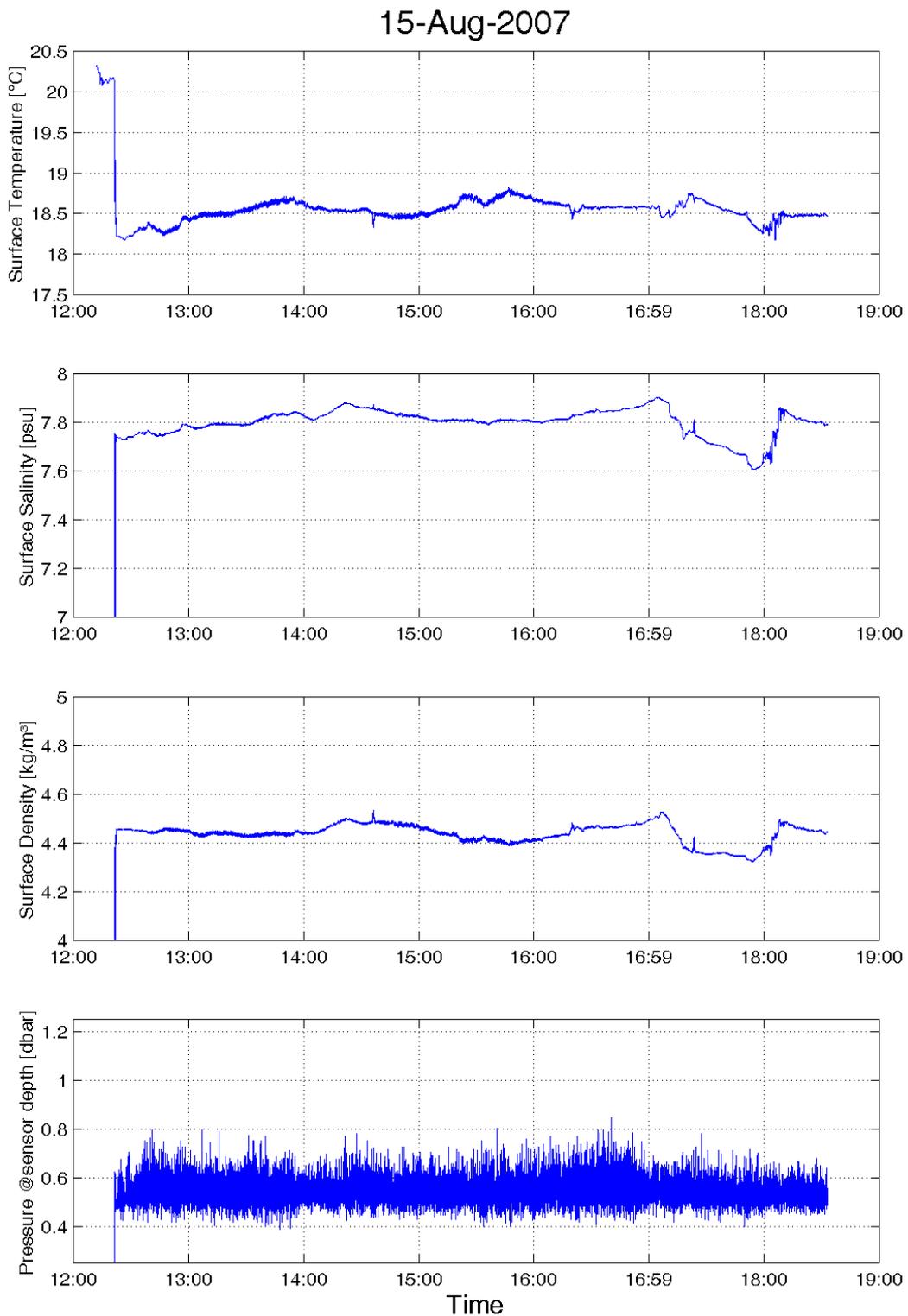


Abb.21: Hydrographische Messungen des Themosalinographen auf dem geschleppten Katamaran. Neben den Temperatur- und Salzgehaltsmessungen an der Meeresoberfläche sind die resultierende Dichte des Meerwassers sowie der gemessene Druck in der Tiefe der CTD-Sensoren nördlich von Rügen am 15.08.07 als Funktion der Zeit dargestellt.

5.2 Meteorologische Beobachtungen

Während der gesamten Reise wurden die meteorologischen wie auch die Navigationsdaten mit einem zentralen automatischen Datenerfassungssystem kontinuierlich aufgezeichnet. Dieses Erfassungssystem ist auf FS Poseidon fest installiert und steht den wissenschaftlichen Gruppen jederzeit zur Verfügung. Die abgespeicherten Daten können auf eigene Datenträgern zur weiteren Verwendung kopiert werden.

Die meteorologischen Daten werden an Bord unter anderem von einer automatischen Bordwetterstation (ABWSt) des Deutschen Wetterdienstes (DWD) aufgezeichnet. Alle von der ABWST erfassten Werte sind Mittelwerte über die letzten 60 Sekunden, wobei die Datenwiederholrate 10 Sekunden beträgt.

Die Instrumentierung der automatischen Station besteht aus Anemometer und Windfahne, die am obersten Punkt des Hauptmasts in ca. 25.5 m Höhe frei vom Einfluss schiffsinduzierter Wirbel angebracht sind, einem Thermometer für die Lufttemperatur und einem Feuchtesensor, die beide im Korb auf dem Hauptmast installiert sind. Die gemessenen Winddaten werden sowohl als relative wie auch als wahrer (absoluter) Wind aufgezeichnet. Der Luftdrucksensor befindet sich in der Bordwetterstation auf dem Peildeck.

Die Wassertemperatur wird zum einen mit Hilfe eines Widerstandsthermometers im Bugstrahlraum ca. 3 m unter der Wasserlinie gemessen, zum anderen mit einem Thermosalinographen, der sich das Seewasser aus ca. 4 m Tiefe ansaugt. Gleichzeitig misst der Thermosalinograph die Leitfähigkeit des Meerwassers, die dann gemeinsam mit der gemessenen Wassertemperatur nach den UNESCO-Formeln zum Salzgehalt umgerechnet wird. Die Messgenauigkeiten für die Temperatur- und Leitfähigkeitsmessungen liegen bei 0.01°C bzw. 0.05 mS/cm .

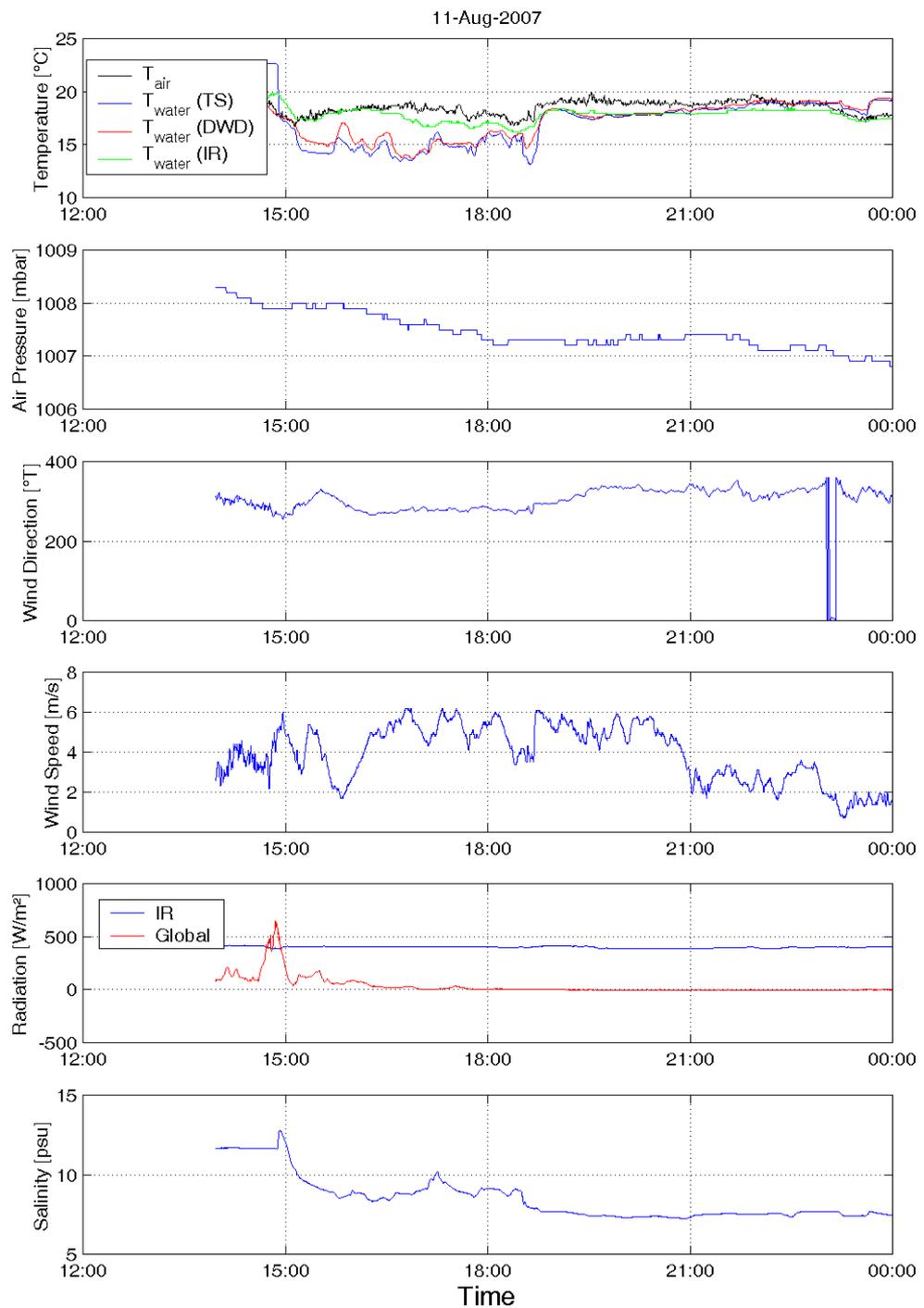


Abb. 22: Luft- und Wassertemperaturen, gemessen mit Hilfe des schiffseigenen Thermosalinographen (TS), einem separaten Thermometer (DWD) und einem Infrarottemperatursensor (IR), Luftdruck, Windrichtung und Geschwindigkeit, Global- und Infrarot-Strahlung sowie Salzgehalt, gemessen mit dem Thermosalinographen auf der Anfahrt ins Messgebiet am 11.08.07.

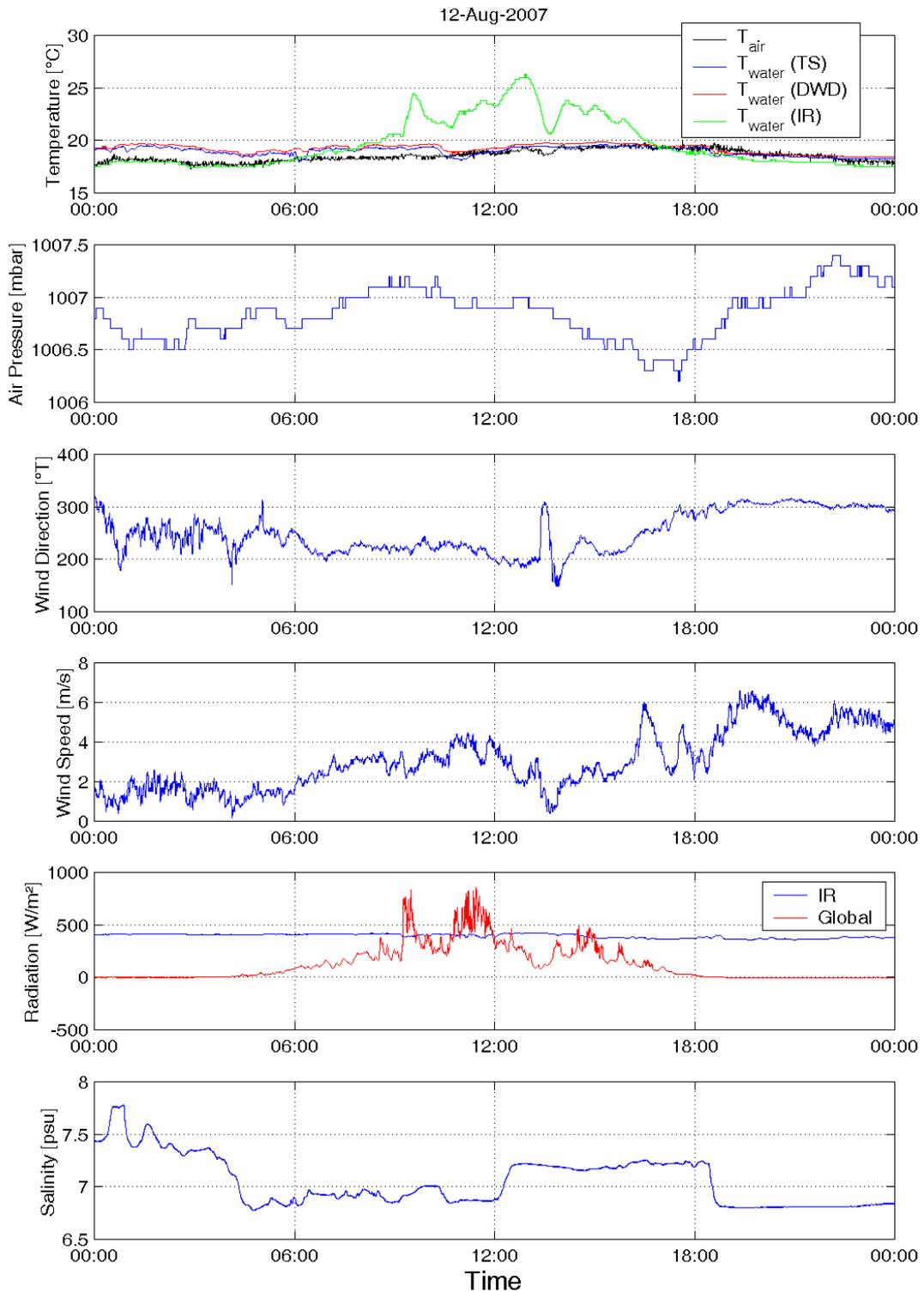


Abb. 23: Luft- und Wassertemperaturen, gemessen mit Hilfe des schiffseigenen Thermosalinographen (TS), einem separaten Thermometer (DWD) und einem Infrarottemperatursensor (IR), Luftdruck, Windrichtung und Geschwindigkeit, Global- und Infrarot-Strahlung sowie Salzgehalt, gemessen mit dem Thermosalinographen, im Messgebiet östlich von Bornholm am 12.08.07.

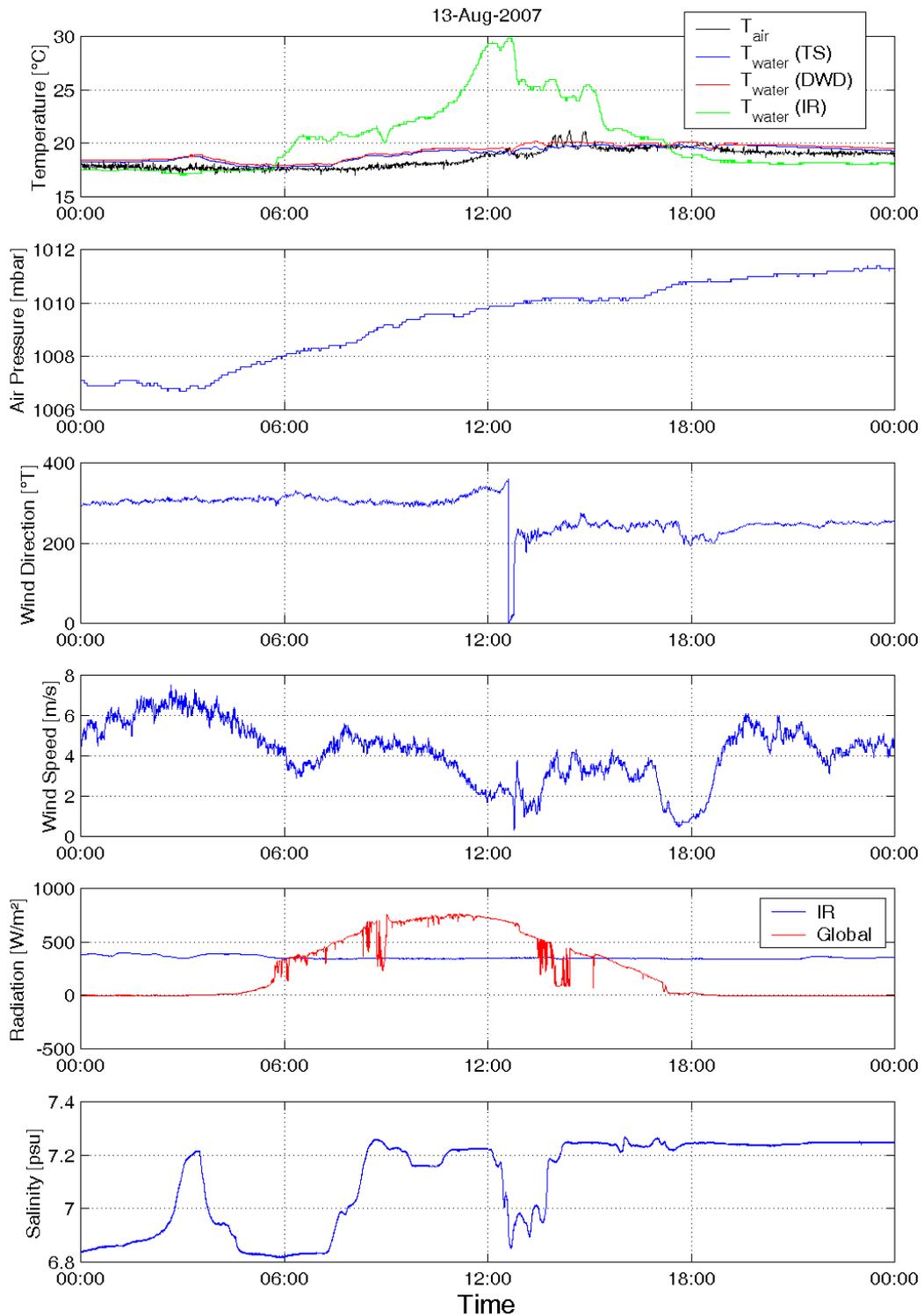


Abb. 24: Luft- und Wassertemperaturen, gemessen mit Hilfe des schiffseigenen Thermosalinographen (TS), einem separaten Thermometer (DWD) und einem Infrarottemperatursensor (IR), Luftdruck, Windrichtung und Geschwindigkeit, Global- und Infrarot-Strahlung sowie Salzgehalt, gemessen mit dem Thermosalinographen, im Messgebiet östlich von Bornholm am 13.08.07.

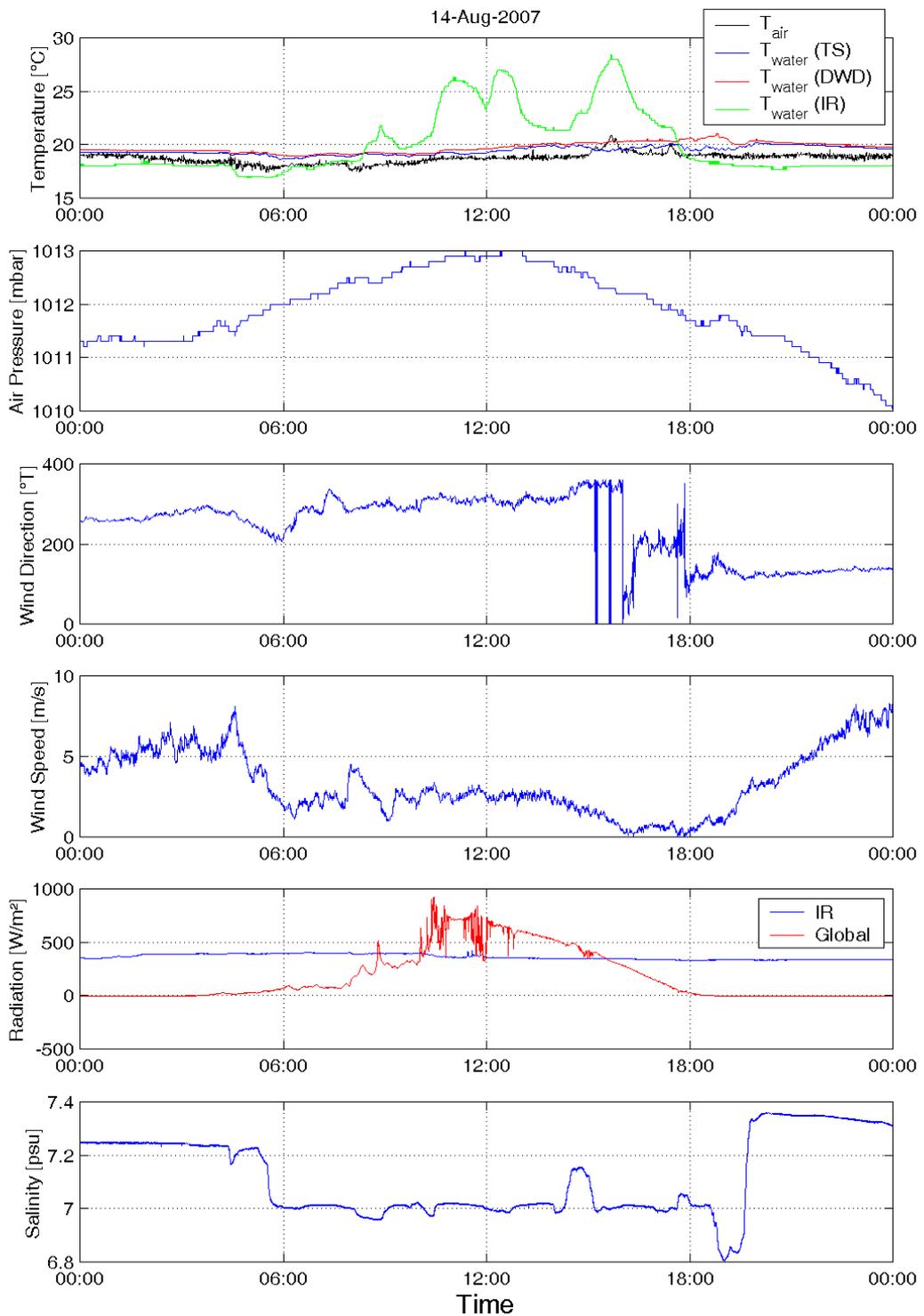


Abb. 25: Luft- und Wassertemperaturen, gemessen mit Hilfe des schiffseigenen Thermosalinographen (TS), einem separaten Thermometer (DWD) und einem Infrarottemperatursensor (IR), Luftdruck, Windrichtung und Geschwindigkeit, Global- und Infrarot-Strahlung sowie Salzgehalt, gemessen mit dem Thermosalinographen, im Messgebiet östlich von Bornholm am 14.08.07.

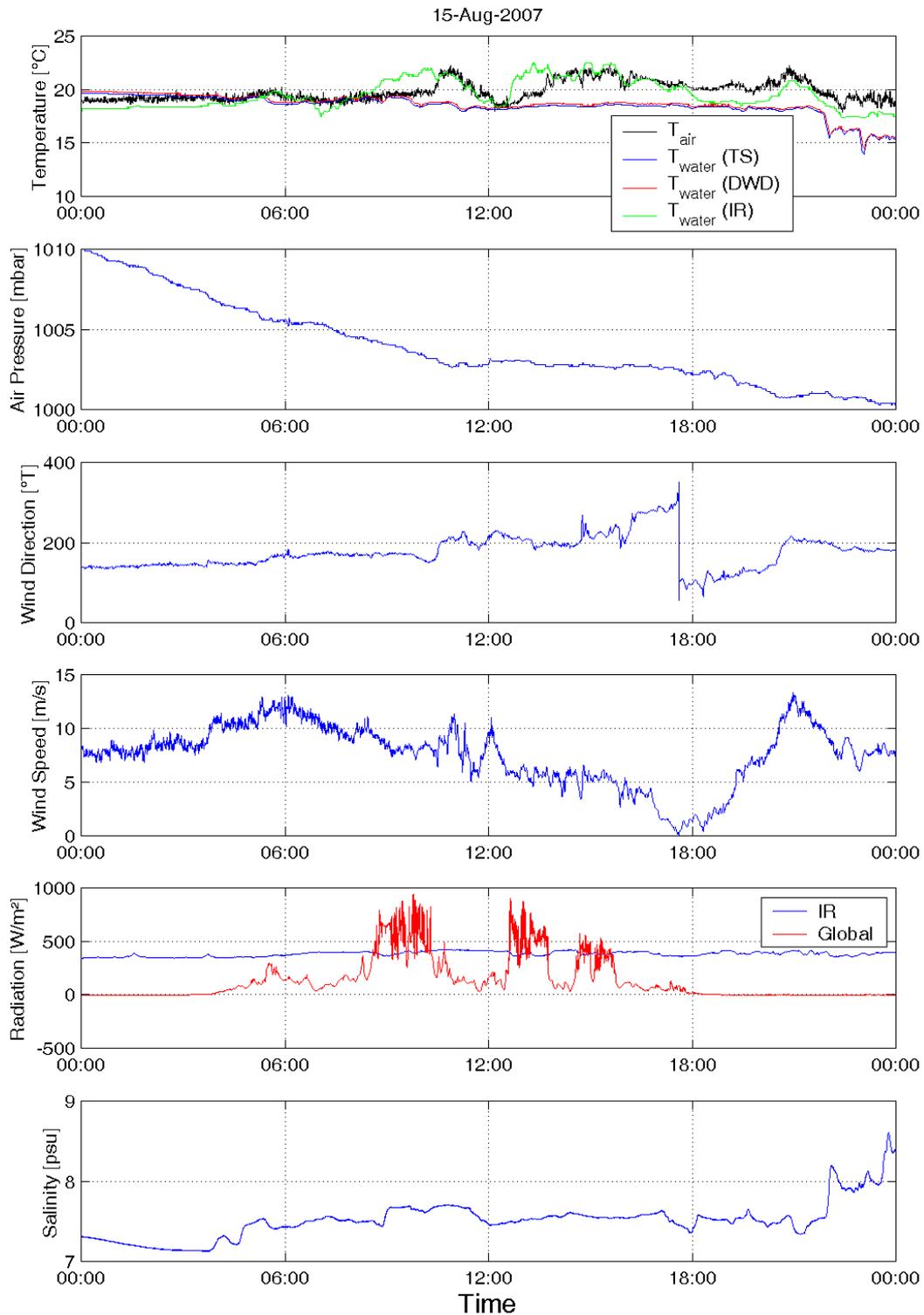


Abb. 26: Luft- und Wassertemperaturen, gemessen mit Hilfe des schiffseigenen Thermosalinographen (TS), einem separaten Thermometer (DWD) und einem Infrarottemperatursensor (IR), Luftdruck, Windrichtung und Geschwindigkeit, Global- und Infrarot-Strahlung sowie Salzgehalt, gemessen mit dem Thermosalinographen, südlich von Bornholm und nördlich von Rügen am 15.08.07.

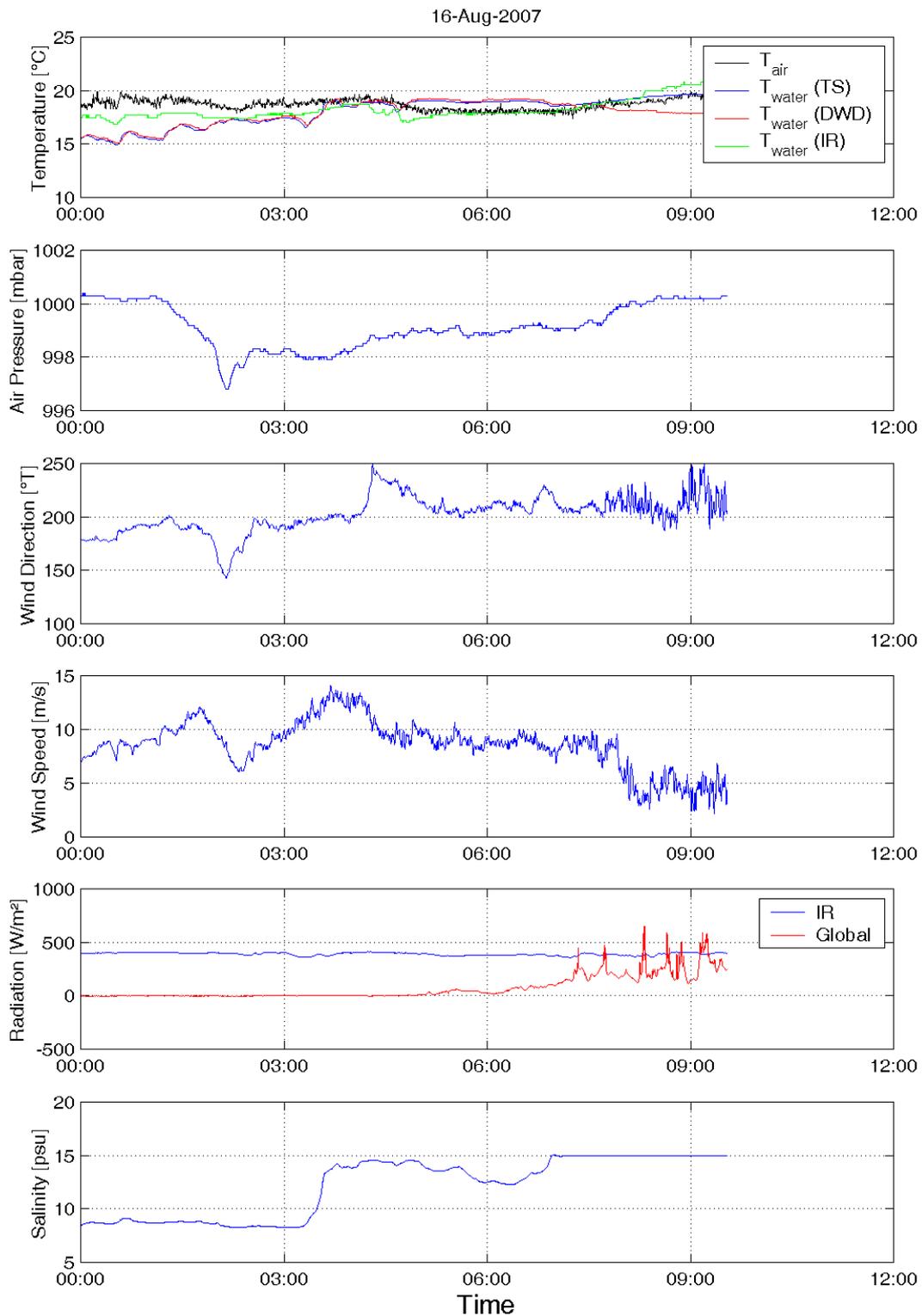


Abb. 27: Luft- und Wassertemperaturen, gemessen mit Hilfe des schiffseigenen Thermosalinographen (TS), einem separaten Thermometer (DWD) und einem Infrarottemperatursensor (IR), Luftdruck, Windrichtung und Geschwindigkeit, Global- und Infrarot-Strahlung sowie Salzgehalt, gemessen mit dem Thermosalinographen auf der Heimfahrt am 16.08.07.

6. Abschließende Bemerkungen

Ziel der Seerprobung war, zwei neuentwickelte ozeanographische Geräteträger für „Unterwegs“-Messungen vor ihren Einsätzen in den kommenden Jahren auf ihre Tauglichkeit hin zu überprüfen und ihre Schleppeigenschaften unter realen Umgebungs- und Einsatzbedingungen zu ermitteln.

Die gesamte Fahrt kann nicht zuletzt aufgrund der sorgfältigen Vorbereitungen durch Team „Ozeanographische Messtechnik“ und der uneingeschränkten Unterstützung durch den Kapitän und die Crew des Kieler Forschungsschiffs FS Poseidon als erfolgreich bezeichnet werden. Die Wetterbedingungen waren ideal für den ersten Seeinsatz der Geräte. Nahezu spiegelglatte See und wenig Wind erleichterten das Handling an Bord während des Aussetzens und Bergens. Unter raueren Bedingungen wird man diese großen und damit unhandlichen Geräteträger schwerer handhaben können.

Es bleibt aber festzuhalten, dass sowohl der Schleppkatamaran wie auch TIMOS im Großen und Ganzen bestimmungsgemäß funktionierten:

1. Der Katamaran ließ sich leicht aus dem Kielwasser der FS Poseidon herausfahren, und
2. der Unterwasserträger TIMOS immer in der gewünschten Tiefe halten.
3. Die mit dem 75-kHz-Schiffs-ADCPs der POSEIDON gemessenen Strömungen stimmen in überzeugender Weise mit den parallel aufgezeichneten Strömungsmessungen des 300-kHz-ADCPs an Bord des Schleppkatamarans überein.
4. Ein erster graphischer Vergleich eines gemessenen Turbulenzspektrums mit dem universellen Turbulenzspektrum unterstreicht, dass trotz störender Vibrationen (infolge der Wirbelablösungen am Rumpf, Schutzkorb und Kabel) aussagekräftige Turbulenzmessungen mit dem horizontal geschleppte Mikrostrukturmesssystem technisch möglich sind.

Trotz des guten Gesamteindrucks müssen noch folgende Probleme bzw. Aufgaben bis zum nächsten Einsatz gelöst werden:

1. Zeitweise ausfallende WLAN-Verbindung zum Katamaran und damit verbundene Probleme bei der ADCP-Datenaufzeichnung
2. Spannungsabfall auf dem Schleppkabel des TIMOS und der daraus resultierende Totalausfall des akustischen Doppler-Stromprofilers
3. Verbesserte Datenübertragung zwischen der Bordeinheit und TIMOS. Eine neue, auf DSL-Basis entwickelte Netzwerkübertragung soll die bisherige RS485-Datenübertragung ersetzen, um die ursprüngliche Forderung nach einem 1000 m langen Schleppkabel für tiefergehende Messungen erfüllen zu können.
4. Zusätzliche Dämpfung zwischen Schiff und Unterwassergeräteträger, um das Hintergrundniveau der Dissipationsrate als Nachweisgrenze für die Turbulenzmessungen um eine weitere Größenordnung auf 10^{-9} W/kg reduzieren zu können.

7. Anhang

7.1 Fahrtteilnehmer



FWG Kiel

| | |
|----------------|---|
| Volker Fiekas | Fahrtleiter |
| Jens Benecke | Technische Koordination, ozeanographische Messsysteme |
| Johannes Krane | Datenverteilsystem der Poseidon, Datendokumentation |
| Stefan Schlauß | Ozeanographische Messsysteme |

ISW Petersdorf

| | |
|-----------------|---|
| Hartmut Prandke | Mikrostruktur- und Turbulenzmesssysteme |
| Holger Prandke | Mikrostruktur- und Turbulenzmesssysteme |
| Sven Rupprich | Praktikant |

7.2 Zusammenarbeit

Im Rahmen des F&T-Vorhabens 4F139 wurde der Firma ISW Wassermesstechnik Dr. Hartmut Prandke (email: prandke@t-online.de) bereits an Bord eine Kopie der Mikrostrukturdaten zur weiteren Analyse ausgehändigt.

7.3 Fahrtleitertagebuch

Fahrtleiter-Tagebuch TIMOS'07

Alle Zeiten in Ortszeit (LT = UTC + 2 h) !

10.08.2007

- 0730 Beladen des BW-Lkw bei FWG in Kiel
0830 Abfahrt Richtung Rostock mit Lkw und Pkw
Der Pkw zieht den Trailer mit dem Schleppkatamaran. Winden, Sonden, Rechner und TIMOS befinden sich im Lkw. Die Fahrtteilnehmer wurden auf die Fahrzeuge verteilt: einer im Lkw, drei im Pkw.
- 1200 Eintreffen am Liegeplatz der Poseidon in Rostock Marienehe.
1205 an Bord FS Poseidon, anschließend Entladen des Lkw und des Trailers.
Pkw und Lkw treten Rückweg an.
Die Firma ISW war bereits vor uns an Bord.
Aufbau der Messgeräte und Einrichten der Labore.
Absprache mit dem Kapitän über Auslaufen und Beginn der Testaktivitäten. Aufgrund der Entfernung bis zum Bornholmbecken würde Poseidon erst gegen Abend im Seegebiet sein. Da aber gerade beim ersten Einsatz des Geräts Tageslicht erforderlich ist, wird Poseidon erst am Nachmittag auslaufen, so dass alle Geräte in Ruhe aufgebaut und installiert werden können. Die Anfahrt ins Messgebiet östlich von Bornholm erfolgt über Nacht. Es ist geplant, TIMOS gleich nach dem Frühstück am Morgen des 12.08. bei 55°N, 15°30' E erstmals auszusetzen..
- 1520 Sicherheitsbelehrung durch den 2. Offizier
Anschließend Fortsetzung der Aufbauaktivitäten
- 1630 Diskussion mit dem Bootsmann über Einsetz- und Bergungsprozeduren. Zu klären bleibt, bis zu welchen Seebedingungen der Kran noch gefahrlos eingesetzt werden.
Der schiffeigene ADCP ist bereits im Seeschacht. Die permanent laufenden Messung der Umgebungsdaten wie Temperatur und Salgehalt werden neben den Navigationsdaten ebenfalls im Hauptlabor angezeigt.
- 1730 Abendessen
1800 Fortsetzung der Aktivitäten
2030 Allgemeiner Dienstschluss

11.08.2007

- 0800 Fortsetzung der Aktivitäten
Aufbau der Messgeräte (ISW:TIMOS, FWG: Katamaran), Installation von Rechnern und Druckern.
Einstellen des Schiffs-ADCPs und Entschlüsselung des Datenstroms aus dem schiffseigenem Datenverteilsystems.
Die USB-Schnittstelle in der Deckeinheit der freifallenden MSS-Sonde scheint nicht mehr zu arbeiten. Keine Datenübertragung zum Erfassungsrechner! Vorschlag von Prandke: Ersatz aus Petersdorf kommen zu lassen.
Geplante Auslaufzeit verschiebt sich aufgrund der „Hanse Sail“ nach vorn. ETD:1600 LT
- 1515 SchiffsADCP eingestellt.
Warten auf Ersatzdeckeinheit.
- 1530 Ersatzdeckeinheit für MSS-Sonde eingetroffen.
1604 Poseidon läuft aus in Richtung Einsatzgebiet östlich Bornholm.
1610 SchiffsADCP gestartet. Die Strömungen werden in Vertikalstufen von 4 m mit dem RDI-Programm VMDAS erfasst und abgespeichert.
- 1800 Vorbereitungen und Diskussionen über den Programmablauf in den nächsten Tagen.
Erneute Diskussion im Hinblick auf die Einstellung des SchiffsADCPs. Es ist dringend angeraten, die Einbindung des Kompasses unter dem Kommando EZ zu überprüfen.
- 2000 Allgemeiner Dienstschluss

12.08.2007

- 0800 Vorbereitung des Schleppkörpers „TIMOS“
1. Einbau ADCP
2. Labortests Datenübertragung zum TIMOS
Ausgezeichnete Einsatzbedingungen: spiegelglatte See
- 0830 Aussetzen TIMOS bei 55°N, 15°30'E
Anschließend bei verschiedenen Kabellängen und Fahrtstufen von 1 bis 5 Knoten Untersuchung des Unterwasserverhaltens des Schleppkörpers in Absprache mit Schiffsleitung
- 1200 Fortsetzung der Aktivitäten des Vormittags, sowie Vorbereitung der Parallelmessungen mit Hilfe der freifallenden Mikrostruktursonde
Gewünschte Schleppgeschwindigkeit ca. 1 kn, Messtiefe für freifallende Sonde 50 bis 60 m um Bodenberührungen bei knapp 90 m zu vermeiden. Während der Messungen zeigt einer der beiden Scherungssensoren auffällig hohe Zählerstände.
- 1350 TIMOS an Deck. Für eine erneute Trimmung werden ca. 6 kg Gewicht aus dem ADCP-Schacht entfernt. Gleichzeitig wird der auffällig gewordene Scherungssensor in der freifallenden MSS-Sonde erneuert.
- 1420 TIMOS erneut ausgesetzt. Leider kopflastig. Der Fisch muss wieder raus. Jetzt fehlt die elektrische von Bord steuerbare Trimmung.
- 1450 TIMOS mit neuer Trimmung wieder ausgesetzt. Immer noch kopflastig, wieder raus.
- 1500 Noch ein Versuch. TIMOS ist wieder im Wasser. Die Neigung des Fisches ist nun im gewünschten Bereich.
- 1530 Die MSS-Sonde wird parallel eingesetzt: freifallend bis 60 m Tiefe. Schleppgeschwindigkeit ca. 1 kn.
- 1620 Messungen mit der MSS-Sonde sind beendet. Die Sonde kommt an Deck.
- 1630 Erprobung von TIMOS wird fortgesetzt. Schleppgeschwindigkeit wieder auf 3 kn und später auf 4 Knoten erhöht.
- 1850 Bergen des TIMOS
- 1900 TIMOS an Deck. Anschließend Sicherung des TIMOS-Daten.
Beginn der exemplarischen Auswertung der Messdaten.
- 2030 Allgemeiner Dienstschluss

13.08.2007

- 0800 Vorbereitungen zum Aussetzen des Schleppkatamarans auf Backbordseite.
- 0824 Schleppkatamaran bei 55°29'N, 15°25'E ausgesetzt. Anschließend wird er auf die Steuerbordseite geführt und von dort aus in Richtung Süden entlang von 15°25'E geschleppt.

Probleme:

Ein wesentliches Problem ist die Dauer des Ausbringens. Bei idealen Wetterbedingungen, so wie sie derzeit herrschen, gibt es keine Schwierigkeiten. Bei schlechteren See- und Wetterbedingungen jedoch sind 15 Minuten vom Anheben des Katamarans bis zum Aufsetzen auf dem Wasser für die Vorbereitung unter dem schwebenden Katamaran zu lang und stellen eine Gefahr für Mensch und Material dar. M. a. W. die Vorbereitungen müssen bereits abgeschlossen sein, bevor der Katamaran angehoben wird. Lösung: höhere Holzböcke, die es erlauben, die Messgeräte bereits vor dem Anheben des Katamarans fest zu installieren.

Über Nacht wurden die ADCP-Daten ausgelesen. Die Sichtung dieser Daten ergab, dass, obgleich plausible Werte für die Rückstreuung gemessen und aufgezeichnet worden sind, keine Strömungsdaten aufgezeichnet worden sind. Möglicherweise ist der Spannungsabfall über dem 400 m Kabel so groß, dass nicht mehr genügend Spannung (48 V) am ADCP selbst ankommt. Der Spannungsabfall über die gesamten 400 m des stromführenden Schleppkabels beträgt $48.3 \text{ Ohm} \times 0.1 \text{ A}$ (abgeschätzter Mittelwert) $\sim 5 \text{ V}$. Reichen 43 V noch aus?

Im Laufe des Vormittags wird das Steuerverhalten des Katamarans bei unterschiedlichen Fahrtstufen und Seillängen getestet. Anfangsschleppgeschwindigkeit beträgt 2 kn, Seillänge 50 m.

Einer der Scherungssensoren im TIMOS zeigt Ermüdungserscheinungen. Er wurde gegen einen der neuen für hohe Geschwindigkeiten konzipierten Scherungssensoren ausgetauscht.

1445 Auf dem Weg ins neue Vermessungsgebiet. Es ist geplant, ein Vermessungsmuster in Form eines Vierecks im Gegenuhrzeigersinn mit einer Schleppgeschwindigkeit von 1 –2 Knoten abzufahren. Die Eckpunkte sind:

1. 55°10'N, 15°40'E
2. 55°15'N, 15°40'E
3. 55°15'N, 15°45'E
4. 55°10'N, 15°45'E

Der Kurs wird im Gegenuhrzeiger abgefahren, damit der Katamaran an den Eckpunkten nicht das Kielwasser der Poseidon kreuzt. Während des Schleppens wird parallel die freifallende MSS-Sonde vom fahrenden Schiff aus eingesetzt.

Die „online“-Sichtung der akustisch gemessenen Strömungsdaten lassen den Schluss, dass die Einstellung des EZ-Kommandos, das die Kompassquelle berücksichtigt, nicht korrekt ist. Bislang wurde durch die 1 an der dritten Stelle immer der interne „Flux gate“ - Kompass gewählt. Um den Kurswinkel vom Navigationssystem als externe Quelle beziehen zu können, wird man vermutlich eine 2 an die dritte Stelle setzen müssen. Ein Vergleich der Einstellungen wird in den folgenden Tagen durchgeführt werden müssen.

1947 Schleppkatamaran geborgen, anschließend Datensicherung, insbesondere Auslesen der gespeicherten Strömungsdaten des autark mitgeführten 1200kHz ADCP.

2000 Allgemeiner Dienstschluss

14.08.2007

0800 Vorbereitung zum Aussetzen von Katamaran und TIMOS bei 55°03'N, 15°40'E.

0822 Katamaran an der Meeresoberfläche. Vorbereitung für TIMOS laufen.

0845 TIMOS im Wasser. Schiffs - ADCP neu gestartet.

Geplant ist das zweimalige Abfahren eines Vermessungsvierecks mit den Eckpunkten:

1. 55°03'N, 15°40'E
2. 55°00'N, 15°40'E
3. 55°00'N, 15°42'E
4. 55°03'N, 15°42'E

Beginn bei Eckpunkt Nr. 1, dann fortlaufend im Gegenuhrzeigersinn zu 2, 3, 4 und zurück zu 1.

Schleppgeschwindigkeit auf dem Nord-Süd-Schnitt 1.5 Knoten auf dem Süd-Nord-Schnitt 3 kn.

Parallel zu den Schleppmessungen wird alle 10 Minuten ein vertikales Mikrostruktur-/Turbulenzprofil mit der freifallenden MSS-Sonde vom langsam fahrenden Schiff genommen.

An die dritte Stelle des EZ-Kommando für den 300 kHz ADCP auf dem Katamaran wird für den 1. Umlauf eine 2 gesetzt. Während des 2. Umlaufs wird die 2 durch eine „0“ ersetzt.

1657 Ende des 2. Umlaufs. Die Poseidon geht wieder auf Südkurs. Bei langsamer Fahrt voraus wird TIMOS eingeholt und einer der beiden „goldenen“ Scherungssensoren für einen Sensortest gegen einen neuen PNS06 ausgetauscht.

1720 TIMOS mit neuem Sensor wieder ausgesetzt, Schleppgeschwindigkeit wird wieder auf 2 Knoten erhöht. Poseidon setzt ihren Weg auf altem Vermessungskurs fort.

1905 TIMOS wird als erstes, direkt anschließend der Katamaran geborgen.

1920 Alle Geräte an Deck. Ende der Messungen

Anschließend Sicherungsarbeiten an Deck, sowie Datensichtung und Sicherung im Labor.

2030 Allgemeiner Dienstschluss

15.08.2007

0800 Vorbereitung zum Aussetzen des Katamarans.

Aufgrund des über Nacht zugenommenen Seegangs werden die geplanten Aktivitäten mehr unter Landschutz verlegt. Da der Wind aus Süd-Süd-Ost kommt, bot es sich an nördlich von Rügen zu arbeiten. Das geplante Vermessungsmuster wurde 1:1 übertragen.

Nach dem Aussetzen des Schleppkatamarans bei 54°46'N, 13°10'E ist geplant, folgendes Vermessungsmuster im Gegenuhrzeiger fortlaufend vom Eckpunkt Nr.1 bis zum Endpunkt Nr. 8 mit einer Schleppgeschwindigkeit von 4 – 5 Knoten abzufahren: (Kursänderungen immer über Backbord!)

- | | | |
|----|-----------|---------|
| 1. | 54° 46'N, | 13°10'E |
| 2. | 54° 46'N, | 13°20'E |
| 3. | 54° 48'N, | 13°20'E |
| 4. | 54° 48'N, | 13°10'E |
| 5. | 54° 47'N, | 13°10'E |

| | | |
|----|-----------|---------|
| 6. | 54° 47'N, | 13°20'E |
| 7. | 54° 49'N, | 13°20'E |
| 8. | 54° 49'N, | 13°10'E |

Während der Anfahrt wird bereits mit den ersten Aufräumarbeiten begonnen. Diskussion mit Prandke über die ersten Ergebnisse. Die Spektren zeigen eine gute Übereinstimmung mit dem universellen Nasyth-Spektrum im Wellenzahlbereich 2 bis 10 cpm.

- 1422 Katamaran am Anfangspunkt der Vermessung ausgesetzt. Schiffs-ADCP neu gestartet. Poseidon steuert auf den neuen Kurs zu Eckpunkt Nr. 2 ein.
- 1900 Aufnahmen des Katamarans, Ende der Messungen
- 2000 Allgemeiner Dienstschluss

16.08.2007

- 0800 Dienstbeginn, Deinstallation- und Aufräumarbeiten
- 0918 Laboer Ehrenmahl querab
- 1015 Einlaufen Arsenalhafen Kiel, fest MH
Abschlussbesprechung mit Kapitän der Poseidon
Entladen bei MH
- 1300 Poseidon verholt zur IFM-Geomar-Pier

7.4 Protokolle und Stationslisten

ADCP-Poseidon (75 kHz)

| GPS Startzeit Datum Uhrzeit | GPS Stopzeit Datum Uhrzeit | Dateiname Rohdaten (.ENR) ADCP... | Anzahl Roh- daten- profile | | | | Größe Tiefen- zelle | Anzahl Tiefen- zellen | Bemerkung |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|------|------|------|---------------------------|-----------------------------|-----------|
| [UTC] | [UTC] | | | .ENR | .STA | .LTA | | | |
| | | | | [s] | [s] | [s] | [m] | | |
| 07/08/11 14:08:29.00 | 07/08/11 15:13:41.08 | 000_000000 | 1957 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 15:24:57.02 | 07/08/11 16:09:25.02 | 001_000000 | 1335 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 16:17:33.02 | 07/08/11 16:20:05.02 | 002_000000 | 77 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 16:33:13.02 | 07/08/11 16:35:45.02 | 003_000000 | 77 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 17:34:44.02 | 07/08/11 17:48:52.14 | 004_000000 | 425 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 17:49:18.02 | 07/08/11 18:12:58.27 | 005_000000 | 711 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 18:13:55.02 | 07/08/11 18:14:05.14 | 006_000000 | 6 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 18:19:02.02 | 07/08/11 18:19:12.14 | 007_000000 | 6 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 18:21:19.02 | 07/08/11 18:21:25.30 | 009_000000 | 4 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/11 18:23:15.02 | 07/08/12 13:59:55.55 | 010_000000 | 35298 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/12 14:00:10.02 | 07/08/12 17:15:46.38 | 011_000000 | 5868 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/12 17:15:59.02 | 07/08/13 18:36:00.39 | 012_000000 | 45597 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/13 18:37:30.02 | 07/08/14 06:48:26.05 | 013_000000 | 21928 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/14 06:48:38.02 | 07/08/14 17:18:33.98 | 014_000000 | 18898 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/14 17:18:43.02 | 07/08/15 12:26:10.14 | 015_000000 | 34423 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/15 12:26:23.02 | 07/08/15 18:49:02.77 | 016_000000 | 11480 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |
| 07/08/15 18:52:30.00 | 07/08/15 18:52:34.02 | 017_000000 | 3 | 2 | 60 | 300 | 4 | 30 | |

ADCP-Katamaran (300 kHz)

| GPS Startzeit Datum Uhrzeit | GPS Stopzeit Datum Uhrzeit | Dateiname Rohdaten (.ENR) ADCP... | Anzahl Roh- daten- profile | Mittleres Ensemble-Intervall für verschiedenen Datei-Typen | | | Größe Tiefen- zelle | Anzahl Tiefen- zellen | Bemerkung |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|------|------|---------------------------|-----------------------------|-----------|
| | | | | .ENR | .STA | .LTA | | | |
| [UTC] | [UTC] | | | [s] | [s] | [s] | [m] | | |
| 07/08/13 06:06:29.90 | 07/08/13 07:31:37.78 | 002_000000 | 591 | 8.65 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/13 07:39:30.42 | 07/08/13 14:35:46.34 | 003_000000 | 709 | 35.60 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/13 14:36:10.25 | 07/08/13 16:17:05.32 | 004_000000 | 352 | 17.25 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/13 16:17:45.89 | 07/08/13 17:58:27.13 | 005_000000 | 278 | 21.86 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/14 06:09:06.38 | 07/08/14 06:43:40.30 | 006_000000 | 136 | 15.36 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/14 06:44:21.81 | 07/08/14 06:54:21.73 | 007_000000 | 71 | 08.57 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/14 06:56:17.27 | 07/08/14 09:03:58.61 | 008_000000 | 1 | 69.50 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/14 09:05:16.48 | 07/08/14 10:26:50.98 | 009_000000 | 8 | 975 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/14 10:27:26.56 | 07/08/14 15:03:44.31 | 010_000000 | 12 | 4129 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/14 15:04:36.01 | 07/08/14 17:20:59.15 | 011_000000 | 52 | 160 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/15 12:27:23.34 | 07/08/15 12:49:00.74 | 012_000000 | 152 | 8.59 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/15 12:57:50.55 | 07/08/15 12:57:50.55 | 013_000000 | 1 | | | | 0.5 | 128 | |
| 07/08/15 13:00:34.80 | 07/08/15 15:44:27.90 | 014_000000 | 544 | 18.16 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |
| 07/08/15 15:45:29.24 | 07/08/15 18:33:02.39 | 015_000000 | 44 | 244 | 60 | 1800 | 0.5 | 128 | |

Die rot markierten Zahlen werden vom RDI-Programm WINADCP bereitgestellt. Das mittlere Ensemble-Intervall liegt in jedem Fall bei ~ 8.6 s. Werte, die darüber hinausgehen, werden offensichtlich infolge von Neustarts falsch vom RDI-Programm berechnet. Nach Sichtung der Strömungsdaten scheint es jedoch keine Auswirkung auf die Berechnung der Strömungen zu haben.

ADCP-Katamaran (1200 kHz)

| GPS Startzeit Datum Uhrzeit | GPS Stopzeit Datum Uhrzeit | Dateiname Rohdaten ADCP... | Anzahl Roh- daten- profile | Zeit pro Ping | Größe Tiefen- zelle | Anzahl Tiefen- zellen | Bemerkung |
|--------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|
| [UTC] | [UTC] | | | [s] | [m] | | |
| 07/08/13 06:06:36 | 07/08/13 18:00:13 | KAT1.000 - KAT1.065 | 38337 | 1 | 0.25 | 80 | |
| 07/08/14 06:56:52 | 07/08/14 17:21:47 | KAT2.000 - KAT2.057 | 33232 | 1 | 0.25 | 80 | |
| 07/08/15 12:13:30 | 07/08/15 18:32:47 | KAT3.000 - KAT3.034 | 20306 | 1 | 0.25 | 80 | |

| TIMOS Messungen | | | | | | |
|-----------------|---------|----------|--------|----------|-------|--|
| Datum | Messung | Schlepp- | Kabel- | Schlepp- | Mess- | Bemerkungen |
| Zeit (UTC) | Nr. | tiefe | länge | geschw. | dauer | |
| | | (m) | (m) | (m/s) | (min) | |
| 12.08.2007 | | | | | | |
| 06.38 | 8 | 6 | 10 | 1,05 | 1 | Zusatzgewicht im Instrumenten- und ADCP Schacht, insgesamt 31,8 kg (an Luft) Schleppen bei ca. 2 kn |
| 43 | 9 | 14 | 20 | 1,12 | 1 | |
| 47 | 10 | 19 | 30 | 1,19 | 1 | |
| 52 | 11 | 25 | 40 | 1,08 | 1 | |
| 55 | 12 | 31 | 50 | 1,08 | 1 | |
| 59 | 13 | 36 | 60 | 1,10 | 1 | |
| 07.04 | 14 | 41 | 70 | 1,10 | 1 | |
| 08 | 15 | 45 | 80 | 1,17 | 1 | |
| 12 | 17 | 49 | 90 | 1,15 | 1 | |
| 19 | 18 | 54 | 100 | 1,09 | 1 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 07.32 | 20 | 29 | 80 | 1,71 | 1 | Schleppen bei ca. 3 kn |
| 43 | 21 | 30 | 80 | 1,63 | 9 | |
| 49 | 23 | 38 | 100 | 1,59 | 2 | |
| 58 | 24 | 43 | 120 | 1,66 | 4 | |
| 08.12 | 25 | 50 | 140 | 1,62 | 10 | |
| 25 | 26 | 31 | 80 | 1,65 | 3 | |
| 39 | 27 | 23 | 60 | 1,70 | 8 | |
| 47 | 28 | 14 | 40 | 1,71 | 3 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 09.04 | 29 | 9 - 10 | 40 | 2,21 | 2 | Schleppen bei ca. 4 kn |
| 12 | 30 | 14 | 60 | 2,28 | 4 | |
| 20 | 31 | 20 | 80 | 2,23 | 2 | |
| 28 | 32 | 30 | 110 | 2,39 | 2 | |
| 36 | 33 | 35 | 140 | 2,41 | 3 | |
| 45 | 35 | 46 | 180 | 2,15 | 4 | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| 10.59 | 36 | 41 | 50 | 0,73 | 8 | Schleppen mit 1 kn, parallele Messungen mit sinkender MSS |
| 11.14 | 37 | 30 | 40 | 0,91 | 4 | |
| 21 | 38 | 26 | 35 | 0,75 | 4 | |
| 26 | 39 | 19 | 27 | 0,88 | 3 | |
| 31 | 40 | 13 | 20 | 0,94 | 3 | |
| 39 | 41 | 5 - 6 | 10 | 0,86 | 5 | |

| TIMOS Messungen | | | | | | |
|-----------------|---------|----------|--------|----------|-------|---|
| Datum | Messung | Schlepp- | Kabel- | Schlepp- | Mess- | Bemerkungen |
| Zeit (UTC) | Nr. | tiefe | länge | geschw. | dauer | |
| | | (m) | (m) | (m/s) | (min) | |
| 12.08.2007 | | | | | | |
| 13.16 | 42 | 13 | 20 | 1,20 | 8 | 6,4 kg Gewichte aus ADCP Schacht entfernt. Gesamtgewicht nun 25,4 kg Messung parallel mit sinkender MSS Schleppgeschwindigkeit ca. 2 kn |
| 21 | 43 | 16 | 25 | 1,21 | 1 | |
| 24 | 44 | 19 | 30 | 1,19 | 2 | |
| 28 | 45 | 22 | 35 | 1,12 | 2 | |
| 34 | 46 | 25 | 40 | 1,11 | 3 | |
| 39 | 47 | 28 | 45 | 1,14 | 2 | |
| 43 | 48 | 30 | 50 | 1,12 | 2 | |
| 49 | 49 | 32 | 55 | 1,15 | 3 | |
| 52 | 50 | 34 | 60 | 1,20 | 2 | |
| 57 | 51 | 38 | 70 | 1,22 | 2 | |
| 14.01 | 52 | 43 | 80 | 1,17 | 2 | |
| 07 | 53 | 52 | 100 | 1,14 | 2 | |
| 13 | 54 | 62 | 120 | 1,17 | 2 | |
| | | | | | | |
| 14.36 | 55 | 28 | 80 | 1,80 | 4 | Schleppgeschwindigkeit ca. 3 kn |
| 44 | 56 | 34 | 100 | 1,82 | 3 | |
| 52 | 57 | 42 | 120 | 1,68 | 4 | |
| 15.00 | 58 | 48 | 140 | 1,74 | 3 | |
| 10 | 59 | 55 | 170 | 1,77 | 3 | |
| 22 | 61 | 64 | 200 | 1,78 | 4 | |
| 16.02 | 62 | 21 | 60 | 1,74 | 5 | |
| 11 | 63 | 15 | 40 | 1,68 | 4 | |
| | | | | | | |
| 16.23 | 65 | 17 | 80 | 2,27 | 2 | Schleppgeschwindigkeit ca. 4 kn |
| 30 | 66 | 30 | 120 | 2,27 | 3 | |

| TIMOS Messungen | | | | | | |
|---------------------|----------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|-------------------------|--|
| Datum Zeit (UTC) | Messung Nr. | Schlepp- tiefe (m) | Kabel- länge (m) | Schlepp- geschw. (m/s) | Mess- dauer (min) | Bemerkungen |
| 14.08.2007 | | | | | | Messung auf Rechteck - Kurs 3 x 1 nm mit Katamaran |
| 07.03 | 67 | 16 | | 0,70 | 19 | Leg 1 von Nord nach Süd, ca. 1,5 kn |
| | 22 | 15 | | 0,75 | 20 | Schlepptiefe ca. 15m, Parallelmessung mit sinkender MSS |
| | 42 | 15,5 | | 0,70 | 20 | |
| 08.02 | 70 | 15 | | 0,70 | 15 | |
| 08.28 | 71 | 20 | | 0,90 | 24 | Leg 2 West - Ost, Schlepptiefe 20m Schleppgeschwindigkeit ca. 1,5 kn |
| 09.03 | 72 | 26 | | 1,50 | 32 | Leg 3 Süd - Nord, Schlepptiefe 25m |
| | 36 | 25 | | 1,65 | 18 | Schleppgeschwindigkeit ca. 3 kn |
| 10.00 | 74 | 26 | | 1,50 | 21 | Leg 4 Ost - West, Schlepptiefe 25m Schleppgeschwindigkeit ca. 3 kn |
| 10.31 | 75 | 36 | | 0,95 | 21 | Leg 5 Nord - Süd, Schlepptiefe 35m |
| | 52 | 37 | | 0,85 | 20 | Schleppgeschwindigkeit ca. 1,5 kn |
| 11.12 | 77 | 37 | | 0,75 | 20 | Parallelmessung mit sinkender MSS |
| | 32 | 36,5 | | 0,80 | 20 | |
| | 52 | 36,5 | | 0,80 | 14 | |
| 12.21 | 80 | 44 | | 0,70 | 21 | Leg 6 West - Ost, Schlepptiefe 45m Schleppgeschwindigkeit ca. 1,5 kn |
| 12.53 | 81 | 61 | | 0,50 | 11 | Leg 7 Süd - Nord, Schlepptiefe 60m, ab |
| 13.14 | 82 | 52 | | 0,95 | 21 | 0082 dann 50m, Schleppgeschw. 1 kn, |
| | 35 | 52 | | 0,95 | 22 | ab 0082 dann 2 kn |
| | 58 | 47,5 | | 1,05 | 19 | |
| 14.17 | 85 | 48 | | 1,05 | 9 | |
| 14.33 | 86 | 46 | | 1,25 | 23 | Leg 8 Ost - West, Schlepptiefe 50 - 42m Schleppgeschwindigkeit 2 - 2,5 kn |
| 14.08.2007 | | | | | | Testmessungen zum Vergleich von Scherungssensoren |
| 15.25 | 87 | 18 | | 1,25 | 2 | |
| | 30 | 27 | | 1,04 | 3 | |
| | 45 | 47 | 85 | 0,98 | 8 | |
| | 48 | 45 | | 1,04 | 1 | |
| 16.07 | 91 | 32 | | 1,45 | 3 | |
| | 14 | 42 | 110 | 1,48 | 4 | |
| | 23 | 17,5 | 40 | 1,52 | 3 | |
| | 35 | 31 | 40 | 0,80 | 3 | |
| | 43 | 43 | 60 | 0,77 | 5 | |
| | 58 | 18,5 | 20 | 0,75 | 10 | 2 MSS Profile parallel |

| MSS Profiler | | | | | | |
|--------------|--------------|------------|------------|-------------|-------------|--|
| Measure No. | Filename | Date | Time (UTC) | Latitude | Longitude | Comment |
| 1 | TIMO0001.MRD | 12.08.2007 | 11:01:28 | 55°13.6351N | 15°30.2540E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 2 | TIMO0002.MRD | 12.08.2007 | 11:06:02 | 55°13.7107N | 15°30.2490E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 3 | TIMO0003.MRD | 12.08.2007 | 11:09:56 | 55°13.7951N | 15°30.2407E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 4 | TIMO0004.MRD | 12.08.2007 | 11:14:57 | 55°13.9198N | 15°30.2252E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 5 | TIMO0005.MRD | 12.08.2007 | 11:20:06 | 55°14.0226N | 15°30.2056E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 6 | TIMO0006.MRD | 12.08.2007 | 11:24:40 | 55°14.1294N | 15°30.2004E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 7 | TIMO0007.MRD | 12.08.2007 | 11:29:04 | 55°14.2396N | 15°30.1843E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 8 | TIMO0008.MRD | 12.08.2007 | 11:34:09 | 55°14.3683N | 15°30.1619E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 9 | TIMO0009.MRD | 12.08.2007 | 11:38:20 | 55°14.4711N | 15°30.1420E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 10 | TIMO0010.MRD | 12.08.2007 | 13:30:43 | 55°17.8194N | 15°30.4286E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 11 | TIMO0011.MRD | 12.08.2007 | 13:35:29 | 55°17.9718N | 15°30.4330E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 12 | TIMO0012.MRD | 12.08.2007 | 13:40:09 | 55°18.1191N | 15°30.4327E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 13 | TIMO0013.MRD | 12.08.2007 | 13:44:45 | 55°18.2680N | 15°30.4331E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 14 | TIMO0014.MRD | 12.08.2007 | 13:49:26 | 55°18.4227N | 15°30.4331E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 15 | TIMO0015.MRD | 12.08.2007 | 13:53:50 | 55°18.5706N | 15°30.4312E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 16 | TIMO0016.MRD | 12.08.2007 | 13:58:33 | 55°18.7290N | 15°30.4278E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 17 | TIMO0017.MRD | 12.08.2007 | 14:02:34 | 55°18.8644N | 15°30.4243E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 18 | TIMO0018.MRD | 12.08.2007 | 14:06:14 | 55°18.9856N | 15°30.4179E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 19 | TIMO0019.MRD | 12.08.2007 | 14:09:53 | 55°19.1061N | 15°30.4093E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 20 | TIMO0020.MRD | 12.08.2007 | 14:13:40 | 55°19.2318N | 15°30.4004E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 21 | TIMO0021.MRD | 14.08.2007 | 07:04:47 | 55°01.9118N | 15°40.0579E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 22 | TIMO0022.MRD | 14.08.2007 | 07:17:17 | 55°01.6012N | 15°40.0233E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 23 | TIMO0023.MRD | 14.08.2007 | 07:27:55 | 55°01.3187N | 15°40.0226E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 24 | TIMO0024.MRD | 14.08.2007 | 07:37:16 | 55°01.0705N | 15°40.0135E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 25 | TIMO0025.MRD | 14.08.2007 | 07:47:03 | 55°00.8141N | 15°40.0204E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 26 | TIMO0026.MRD | 14.08.2007 | 07:57:03 | 55°00.5586N | 15°40.0182E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 27 | TIMO0027.MRD | 14.08.2007 | 08:07:10 | 55°00.3263N | 15°40.0389E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |

| MSS Profiler | | | | | | |
|--------------|--------------|------------|------------|-------------|-------------|--|
| Measure No. | Filename | Date | Time (UTC) | Latitude | Longitude | Comment |
| 28 | TIMO0028.MRD | 14.08.2007 | 10:40:52 | 55°02.4721N | 15°39.7652E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 29 | TIMO0029.MRD | 14.08.2007 | 10:49:41 | 55°02.2100N | 15°39.9121E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 30 | TIMO0030.MRD | 14.08.2007 | 11:00:04 | 55°01.9044N | 15°40.0312E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 31 | TIMO0031.MRD | 14.08.2007 | 11:10:06 | 55°01.6342N | 15°40.0252E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 5017,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 32 | TIMO0032.MRD | 14.08.2007 | 11:19:57 | 55°01.3708N | 15°40.0187E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 33 | TIMO0033.MRD | 14.08.2007 | 11:30:05 | 55°01.0975N | 15°40.0176E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 34 | TIMO0034.MRD | 14.08.2007 | 11:39:56 | 55°00.8312N | 15°40.0161E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 35 | TIMO0035.MRD | 14.08.2007 | 11:50:13 | 55°00.5495N | 15°40.0145E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 36 | TIMO0036.MRD | 14.08.2007 | 12:00:16 | 55°00.2765N | 15°40.0167E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 37 | TIMO0037.MRD | 14.08.2007 | 16:52:26 | 54°58.8952N | 15°40.0422E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |
| 38 | TIMO0038.MRD | 14.08.2007 | 16:56:10 | 54°58.8024N | 15°40.0393E | Area: Bornholm Basin, Baltic Sea,SH1: 0008,SH2: 0006, NTC: FP07 No.033,Weight elements: 2, Flotation elements: 8 |

8. Literatur

- Bye, J.A.T., R.A.D. Byron-Scott, T. Maxworthy and R.A. Nunes, 1986: *Natural flow visualisation in Lake Eyre*, South Australia, EOS 67, 58-59.
- Mohrholz, V, and D. Rieß, 2003: *Shallow water current measurements – Application of a towed ADP system*, Hydro International, 7.
- Prandke, H., 2004: *Konzeptstudie – Horizontal geschleppter Mikrostrukturprofiler zur schnellen Erfassung horizontaler Turbulenzskalen*, ISW Wassermesstechnik, 34 pp.
- Prandke, H., 2005: *Entwurf- und Konstruktionsstudie – Schleppkörper für Mikrostrukturprofiler zur schnellen Erfassung horizontaler Turbulenzskalen – TIMOS – (Towed Instrument for Microstructure Ocean Soundings)*, ISW Wassermesstechnik, 29 pp.
- Prandke, H., 2007: , *TIMOS-Zugwind - Zugwinde für den experimentellen Schleppkörper TIMOS*, Handbuch, ISW Wassermesstechnik.
- Stull, R.B., 2003: *An introduction to boundary layer meteorology*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, The Netherlands, 670 pp.
- Umlauf, L., L. Arneborg, H. Burchard, V.Fiekas, H.U. Lass, V. Mohrholz, and H. Prandke, 2007: *The transverse structure of turbulence in a rotating gravity current*, Geophys. Res. Lett.,34, L08601, doi:10.1029/2007GL029521.