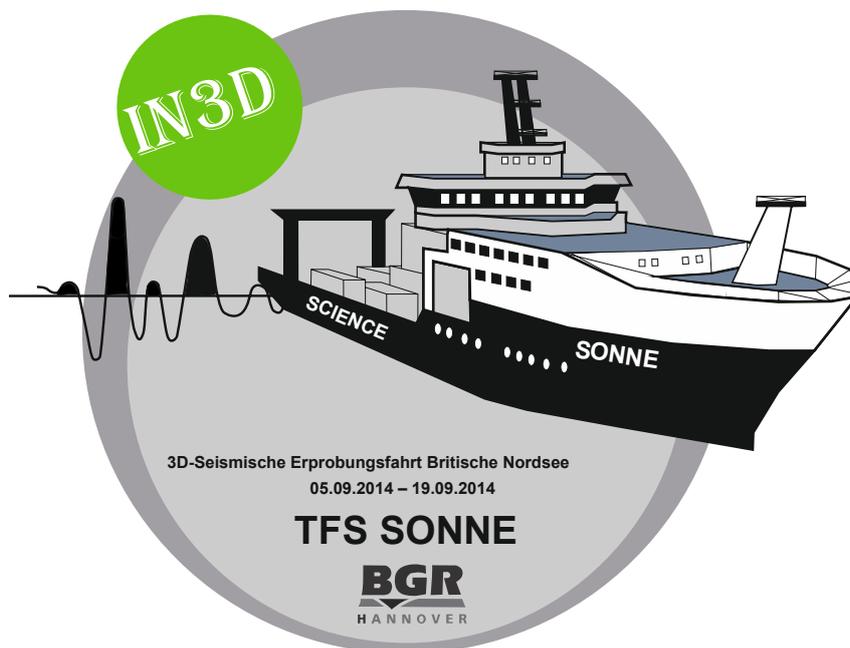


**Wissenschaftliche Erprobung des neuen TFS SONNE
Erprobung der 3D-Seismik der BGR
Hydrographische Tests des ICBM**

Cruise No. P3

05.09. – 19.09.2014, Emden – Bremerhaven



**Volkmar Damm,
Thomas H. Badewien
und Fahrtteilnehmer**

Editorial Assistance

Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe
Institut für Meereskunde der Universität Hamburg

2014

Inhalt

1. Zusammenfassung	3
2. Fahrtteilnehmer	3
3. Erprobungsprogramm	4
4. Fahrtverlauf	6
5. Ergebnisse der Erprobungsarbeiten	8
5.1 Erprobung von Einzelkomponenten der marinen Seismik, Konfiguration und Test der 3D-Seismik der BGR	8
5.1.1 BGR-Luftpulser und Schallemissionsmessungen	9
5.1.2 Außenboardsysteme der 3D-Seismik	13
5.1.3 3D-seismische Datenerfassung	17
5.2 Messwertpositionierung und Navigationstraining mit Spectra	20
5.3 Test der bordeigenen hydroakustischen Messsysteme	25
5.4 Hydrographische Gerätetests des ICBM	31
5.4.1 CTD	31
5.4.2 ADCP	33
5.4.3 Laborseewassersystem	34
5.4.4 D-Ship	35
6. Zusammenfassende Schlussfolgerungen und Empfehlungen	36
7. Datenverfügbarkeit	38
8. Danksagung	38
9. Literatur	38

Anlagen

A.1 Teilnehmende Institute	39
A.2 Schiffsbesatzung	39
A.3 Position der Navigationssensoren, GPS-Antennen und Lote	40
A.4 Dokumentation zur Beobachtung mariner Säuger	41
A.5 Stationsliste SONNE-Trial P3	44
A.6 CTD – User Guide	46
A.7 Einbau eigener Sensoren in den Hydrographie-Schacht	54
A.8 ADCP – User Guide	56
A.9 Laborseewassersystem	63

1 Zusammenfassung

Auf dem ersten Fahrtabschnitt der insgesamt 7-wöchigen wissenschaftlichen Erprobung von TFS SONNE wurden durch zwei unabhängig arbeitende Gruppen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) Hannover und des Instituts für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) Oldenburg wissenschaftliche Bordsysteme getestet und der Einsatz eigener Messgeräte unter den Rahmenbedingungen an Bord des TFS Sonne erprobt. Hierbei kam das neue 3D-seismische Messsystem der BGR in seiner aktuellen Ausbaustufe erstmals zum Einsatz. Die Fahrt fand im Zeitraum vom 6.-19.9.2014 statt. Beteiligt waren insgesamt 26 Wissenschaftler und Techniker der BGR, des ICBM, der Universität Hamburg und von RPS Energy, durch die ein Walbeobachter gestellt wurde.

2 Fahrtteilnehmer

Name	Disziplin	Institution
Damm, Volkmar, Dr.	Geophysiker, Fahrtleiter	BGR
Badewien, Thomas H., Dr.	Ozeanograph	ICBM
Behrens, Thomas	Techniker	BGR
Berglar, Kai, Dr.	Geologe	BGR
Bergmann, Klaus	Inspektor	BRIESE
Braun, Axel	Igenieur	ICBM
Demir, Ümit	Techniker	BGR
Ebert, Timo	Techniker	BGR
Ehrhardt, Axel, Dr.	Geophysiker	BGR
Engels, Martin, Dr.	Geophysiker	BGR
Gricks, Nathan	Walbeobachter	RPS
Hachmeister, Nicolas	Student	UHH
Hahn, Boris	Techniker	BGR
Holinde, Lars	Physiker	ICBM
Kallaus, Günter	Techniker	BGR
Lange, Gerhard	Techniker	BGR
Lutz, Rüdiger, Dr.	Geologe	BGR
Raschke, Michaela	Studentin	ICBM
Schauer, Michael	Geowissenschaftler	BGR
Schmitz, Jana	Studentin	ICBM
Schnabel, Michael, Dr.	Geophysiker	BGR
Schrader, Uwe	Techniker	BGR
Schreckenberger, Bernd, Dr.	Geophysiker	BGR
Schulz, Anne-Christin	Physikerin	ICBM
Skarupa, Karol	Student	UHH
Steuer, Stephan	Geologe	BGR
Wölki, Nils	Kameramann	BGR

BGR Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

ICBM Institut für Chemie und Biologie des Meeres, Universität Oldenburg

BRIESE Briese Schifffahrts GmbH

RPS RPS Energy

UHH Universität Hamburg

3 Erprobungsprogramm

Die BGR hat in den vergangenen Jahren mit erheblichem Investitionsaufwand eine mobile 3D-Mehrkanalseismik aufgebaut, die in einer ersten Ausbaustufe mit zwei jeweils 900 m Streamerkabeln bereits 2012 erfolgreich mit FS Meteor getestet werden konnte. Für den Einsatz der „großen“ 3D-Seismik der BGR mit zwei bis zu 4.000 m langen Streamerkabeln und großen Scherbrettern war bislang kein geeignetes deutsches Forschungsschiff verfügbar.

Beim Bau des neuen TFS Sonne wurden speziell die Belange der BGR-3D-Seismik berücksichtigt. Im Rahmen der insgesamt 7-wöchigen wissenschaftlichen Erprobungsphase dieser neuen deutschen Forschungsplattform sollten in einem ersten Fahrtabschnitt im Verlauf von 2 Wochen alle relevanten Komponenten der „großen“ 3D-Seismik konfiguriert und unter Messbedingungen getestet werden. Darüber hinaus war vorgesehen, alle wissenschaftlichen Bordsysteme des Schiffes auf ihre Eignung für die Bedürfnisse der marinen Geophysik der BGR einerseits und im Hinblick auf die Belange der chemischen und physikalischen Ozeanographie des ICBM andererseits möglichst umfassend zu erproben.

Als Arbeitsgebiet wurde ein Gebiet im britischen Teil der Nordsee ausgewählt, das überwiegend Wassertiefen >50 m und gleichzeitig eine nur geringe Verkehrsdichte aufweist und damit vergleichsweise optimale Bedingungen für die vorgesehenen Erprobungsarbeiten bot.

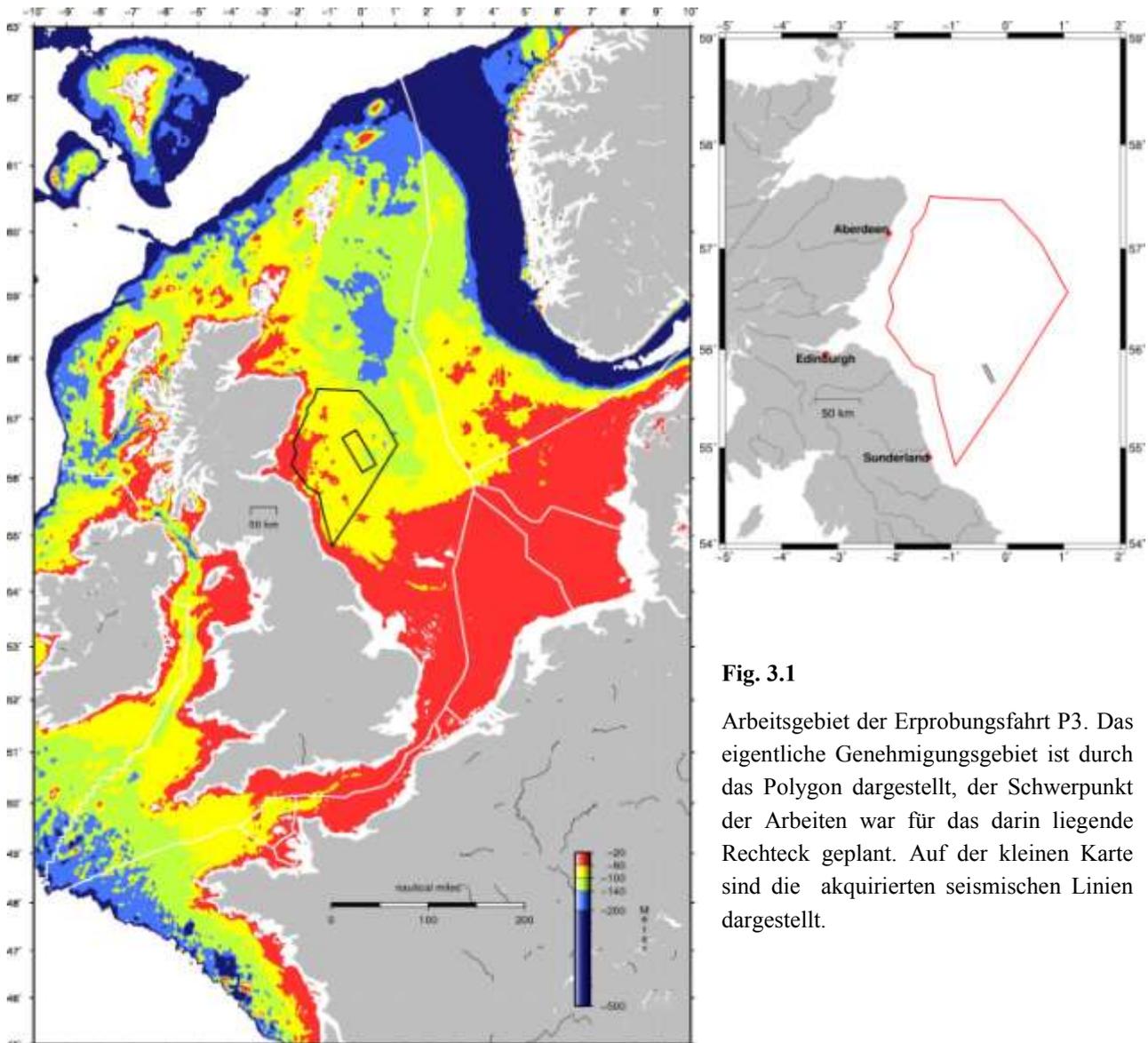


Fig. 3.1

Arbeitsgebiet der Erprobungsfahrt P3. Das eigentliche Genehmigungsgebiet ist durch das Polygon dargestellt, der Schwerpunkt der Arbeiten war für das darin liegende Rechteck geplant. Auf der kleinen Karte sind die akquirierten seismischen Linien dargestellt.

Arbeitsprogramm der BGR-Gruppe:

Die Erprobungsarbeiten der marinen 3D-Seismik der BGR konzentrierte sich auf drei Schwerpunkte :

Eine erste Teilaufgabe bildete dabei die hydroakustische Vermessung der unterschiedlichen Luftpulser, die durch die BGR zum Einsatz gelangen, entsprechend einer Messvorschrift des BSH für die Bestimmung von Schalldruckpegeln. Die Ergebnisse sollen nachfolgend mit vorangegangenen Modellrechnungen abgeglichen werden.

Im Anschluss daran sollten die Einstellungen aller Einzelkomponenten für das Layout der „großen“ 3D-Seismik mit 4 km Streamerkabel konfiguriert werden. Dies umfasste auch die Optimierung des Ausbringens und Einholens aller Außenboardsysteme mit den bordeigenen Ablaufbahnen und Hebezeugen. Abschließend sollten dann in einem umfassenden Test alle verfügbaren Geräte für die „große“ 3D-Seismik im Messbetrieb erprobt werden. Dazu zählen sowohl alle In-Wasser-Komponenten, als auch alle erforderlichen Rechnersysteme, Software zur Navigation, die Systemsteuerung und Datenerfassung nach Industriestandard.

Abschließend war geplant, während eines dreitägigen Messprogramms in einem eng begrenzten Testgebiet 3D-seismische Daten unter Einhaltung aller Genauigkeitsanforderungen an die Navigation, den Überdeckungsgrad und unter Einhaltung aller Standards zu akquirieren. Dies hatte zum Ziel, erste nautische Erfahrungen mit TFS Sonne für eine hochpräzise Navigation entlang vorgegebener 3D-seismischer Messlinien zu gewinnen.

Parallel dazu sollten über den gesamten Fahrtverlauf die hydroakustischen Messsysteme des Schiffes umfassend getestet, die erforderlichen bathymetrischen Daten für das Arbeitsgebiet bereitgestellt werden und insbesondere aber auch mögliche Interferenzen zwischen den einzelnen Hydroakustiksystemen untersucht werden.

Arbeitsprogramm der ICBM-Gruppe:

Ziel der Erprobungen der Arbeitsgruppe Marine Sensorsysteme des ICBM waren die technische Inbetriebnahme, Test der Messgeräte und der operationelle Betrieb der ozeanographischen Messsysteme. Probleme und Mängel sollten erkannt und frühzeitig beseitigt werden, um zukünftigen wissenschaftlichen Arbeitsgruppen den reibungslosen Betrieb an Bord zu ermöglichen. Zur Vorbereitung auf die Erprobungsreise wurde ein Fragenkatalog als Erprobungsprogramm erarbeitet. Die Ergebnisse werden in Kapitel 5.4 erläutert und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen und Empfehlungen in Kapitel 6 zusammengefasst.

- CTD-Rosette (Conductivity, Temperature, Depth)
 1. Wie können weitere Sensoren in das CTD-System integriert werden?
 2. Wie wird die CTD an Bord gehandhabt? Welche Besonderheiten gibt es beim neuen TFS Sonne?
 3. Welche Möglichkeiten der Kabelführung gibt es an Bord?
- ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler)
 1. Wie lassen sich Geräte in den Hydrographieschacht einbauen? Gibt es Besonderheiten an Bord?
 2. Wie stark beeinflussen die Fahrtriebe des TFS Sonne die Ergebnisse der verschiedenen Messgeräte?

- Laborseewasser System
 1. Wie funktioniert das Laborseewasserssystem (Reinseewasser)? Handhabung, Besonderheiten
 2. Wie wird die Wartung des Durchflusssystems durchgeführt?
- D-Ship
 1. Erprobung der neuen Version des zentralen Datenerfassungssystem, D-Ship.
 2. Welche Unterschiede bestehen zwischen der Version 4.0 und der neuen Version?

4 Fahrtverlauf

Da die Beladungsarbeiten und die Installation der mitgebrachten Geräte von BGR und ICBM zunächst nicht wie geplant am Montag, 1.9. aufgenommen werden konnten, waren alle zu diesem Termin angereisten Fahrtteilnehmer am 3.9. zunächst wieder in ihre Heimatorte zurückgekehrt. Demgegenüber wurden bereits ab 1.9. alle Adapterplatten und schiffsseitigen Zusatzkonstruktionen für die Installation der 3D-seismischen Geräte auf Arbeitsdeck und Schanzkleid durch die beauftragte Montagefirma montiert. Nach Freigabe des Schiffes für die wissenschaftliche Erprobung wurde dann zeitlich verzögert ab Samstag 5.9. morgens mit der Installation aller Geräte für den ersten Fahrtabschnitt durch die Fahrtteilnehmer von BGR und ICBM begonnen. Die Arbeiten konnten bis Sonntag 6.9. nachmittags soweit vorangetrieben werden, dass TFS Sonne gegen 16:30 von Emden die Fahrt ins Arbeitsgebiet antreten konnte.

Der weitere Fahrtverlauf gestaltete sich wie folgt:

8.9. Transit in das ca. 300 sm entfernte Genehmigungsgebiet. Fortsetzung der Installationsarbeiten an Bord und Absprachen zum Arbeitsprogramm zwischen den beteiligten Gruppen des ICBM und BGR sowie mit Schiffsführung, Ankunft im Genehmigungsgebiet ca. 16:00 Uhr, Einbau des ADCP in den Hydrographieschacht Messprogramm des ICBM (ADCP, CTD) von 18.00 bis 24:00 Uhr

9.9. Beginn der Arbeiten der BGR: 00:00-08:00 Uhr bathymetrische Vermessung (Multibeam) des Messgebietes (Gebiet 2 mit ca. 80-90m Wassertiefe – vgl. Abb.5.1), gegen 8:00 Uhr Aussetzen der Hydrophon-Boje, gegen 09:00 Aussetzen beider G-Gun-Arrays, ab 10:30 Uhr Softstart, ab 11:00 Uhr Durchführung des Messprogramms zur Schallpegelmessung der G-Gun-Arrays, gegen 19:00 Uhr Ende der Messungen, 19:30 Uhr Geräte an Deck, Messprogramm ICBM (ADCP, CTD), CTD-Windenerprobung, Schöpfer- und Sondentest, Jojo-Profil, Transpondertest WTD von 18.00 bis 24:00 Uhr

10.9. Zwischen 7:30- 11:30 Uhr Abbau der Airgun-Arrays und Durchführung von CTD-Messungen im Rahmen des Arbeitsprogramms des ICBM, Inbetriebnahme des Laborseewassersystems, gegen 13:00 Uhr Aussetzen der Hydrophonboje, Aussetzen einer GI-Gun, Optimierung der Schleppaufhängung und ab 14:30 Uhr Messprogramm bis 18:30, Einholen der Geräte gegen 19:00 Uhr, Messprogramm ICBM (ADCP, CTD) Test der Softwareeinstellung von 18.00 bis 24:00 Uhr

11.9. 7:30-17:00 Uhr Abbau der Ablaufbahnen und Einsetzen der Heckpforten, Vorbereitung der Versorgungsstränge für GI-Guns, Vorbereitung der beiden Scherbretter für 3D-Seismik, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM

12.9. 7:30-17:30 Scherbrettschleppversuche zur Optimierung der Riggs, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM; Inbetriebnahme des Laborseewassersystems.

13.9. 7:30-17:30 Scherbrettschleppversuche zur Optimierung der Riggs, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM

14.9. 7:30- 17:30 Aussetzen von Scherbrett und Streamer an Steuerbord, ab 17:30 kontinuierliche Überwachung der Außenbordgeräte, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM; aufwendige Reinigung des Laborseewassersystems nach Ansaugen einer Qualle; ICBM, WTD und Schiffsmechaniker, Wartungsarbeiten an den Sonden

15.9. 7:30 – 17:30 Aussetzen von Steuerbord-Gun und Backbord-Streamer bei 5 Bft, Scherbrett und Versorgungsstrang vorbereitet, ab 17:30 kontinuierliche Überwachung der Außenbordgeräte, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM; Test der Pumpen des Laborseewassersystems

16.9. 7:30 Aussetzen von Backbord-Scherbrett und Backbord-Gun, Justierung des 3D-Layouts, Beginn der Profilmessungen ab 12:00, kontinuierliche Überwachung der Außenbordgeräte und 3D-seismische Datenaufnahme auf vorgegebenen Profillinien, Navigationstraining, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM; Test des ADCP, Abschluss der Tests Laborseewassersystem und Beschriftung des Ventile

17.9. 7:00 Abbruch der Datenakquisition nach Störungen im Bordnetz, ab 8:00 Einholen aller Außenbordgeräte und Deinstallation der gesamten seismischen Messtechnik, Fortsetzung der Arbeiten des ICBM

18.9. 7:30-17:30 Fortsetzung der Deinstallationsarbeiten und Verpacken der Ausrüstung, Abschluss der Arbeiten des ICBM; Dauermessstation Temperaturvergleich, Einbindung der eigenen CTD in das Gesamtsystem; Transit nach Bremerhaven

19.9. 7:00 Lotsenstation Bremerhaven, 7:30 – 12:00 Abschluss aller Arbeiten, 12:00 Ankunft Liegeplatz MWB Bremerhaven, bis 17:00 Entladungsarbeiten und Ausschiffen der wissenschaftlichen Besatzung

5 Ergebnisse der Erprobungsarbeiten

5.1 Erprobung von Einzelkomponenten der marinen Seismik, Konfiguration und Test der 3D-Seismik der BGR

(Damm, V. und Fahrtteilnehmer)

Im Rahmen der Fahrtvorbereitung wurden mit mehreren Begehungen und Diskussionen zwischen Vertretern der Werft, der Reederei und der Leitstelle alle Einzelheiten der Installation der 3D-seismischen Geräte der BGR abgeklärt. Hierbei wurden Planungen zu zusätzlichen Konstruktionen erarbeitet, die notwendige Voraussetzung für den Einsatz der BGR-Geräte an Bord TFS Sonne sind. Dies betrifft Ausleger für die Umlenkung von Kurrleinen, Streamern und der Druckluftversorgungsschläuche sowie Adapterplatten für die Befestigung einzelner Ausleger auf dem Arbeitsdeck, von mehreren Umlenkrollen und für einen mobilen Windenbock. Sämtliche zusätzlich erforderlichen konstruktiven Elemente waren pünktlich vor Fahrtbeginn in Emden angeliefert und am 1./2.9. durch eine Drittfirma an Bord (s. Abb. 5.1.-1) installiert worden.



Abb. 5.1.-1.: Montageposition der zusätzlichen Adapterplatten (a-d) und Pylone (e, f) für die 3D-Seismik der BGR auf dem Arbeitsdeck und dem Schanzkleid

Für die Arbeitsgruppe der BGR war es Ziel der Erprobungsfahrt, alle zusätzlichen Installationen ebenso wie die Ablaufbahnen für die Luftpulser-Arrays auf ihre Zweckmäßigkeit und Eignung unter allen Anforderungen des seismischen Messbetriebs zu testen. In gleicher Weise waren erste Erfahrungen bei der Nutzung der vielfältigen Bordhebezeuge für das Aussetzen und Einholen aller Geräte zu gewinnen und eventuelle Optimierungsmöglichkeiten abzuleiten.

5.1.1 BGR-Luftpulser und Schallemissionsmessungen

(Engels, M., Hahn, B., Schnabel, M.)

Motivation und Ziele

Die marine BGR Seismik kann mit verschiedenen Typen von Luftpulsern bei unterschiedlichen Drücken betrieben werden. Theoretische Schallemissionen der Luftpulser berechnet die Modellierungssoftware ‚Gundalf‘ von Oakwood Computing Associates, die auf den Schalldrücken einzelner Luftpulsertypen laut Herstellerangaben und einer idealen Abstrahlung ohne Meeresbodenreflektion beruht. Hier geht es jedoch um eine Messung der tatsächlichen Schallausbreitung über verschiedene Entfernungen und Azimute unter den realen Messbedingungen des Flachmeeres Nordsee. Für diese Testfahrt sind dazu hochgenaue breitbandige Hydrophone beschafft worden, mit denen wir die Schallausbreitung von drei Luftpulserkonfigurationen an zwei Messtagen in drei Durchläufen vermessen haben:

- 1) G-gun array (50,8 l Volumen; 6,30 m Schlepptiefe) mit 150 bar
- 2) G-gun array (50,8 l Volumen; 6,30 m Schlepptiefe) mit 207 bar
- 3) Eine GI-gun (3,4 l Volumen; 3,70 m Schlepptiefe) mit 150 bar

Die erste Variante entspricht der Standardkonfiguration bei BGR 2D-Profilfahrten, wobei der Luftdruck in der Regel nur um 130 bar schwankt. Die zweite Variante stellt den maximal zulässigen Luftdruck dar, der jedoch aufgrund hohen Materialverschleißes von der BGR nicht praktiziert wird. Zwei GI-Guns, abwechselnd im Flip-Flop Mode schießend, kamen bei den nachfolgenden 3D-Testvermessung zum Einsatz.

Für die Schallemissionsmessungen nach BSH-Vorschrift wurde die Luftpulsersteuerung (BigShot von Real-Time-Systems) von einem an der BGR entwickelten Steuerprogramm (J.Adam 2013) vorgenommen. Während der späteren 3D-Datenaufnahme wurde die BigShot-Anlage vom BGR-eigenen SPECTRA-System (ION-SystemsTM) angesteuert.

Hydrophone und Logger

Für die Vermessungen wurden jeweils zwei neue Hydrophone und Logger beschafft. Das Hydrophone TC4042 von Teledyne Reson ist bis in 1000 m Wassertiefe einsetzbar. Es wurde für die BGR mit einem 20 m Kabel und einem Subconn Steckverbinder konfektioniert. Es zeichnet sich aus durch

- einen linearen Frequenzgang zwischen 15 Hz und 45 kHz (+1/-5 dB)
- geringen Noise (unterhalb der Noiseschwelle von ‚seastate zero‘ bis 40 kHz)
- eine omnidirektionale Richtcharakteristik (geringe horizontale bzw. vertikale Richtungsabhängigkeiten von ± 2 dB bzw. ± 3 dB)

Die neuen Hydrophone sind vom Hersteller kalibriert worden, der ein Kalibrierprotokoll für jedes Hydrophon zum Frequenzgang und der horizontalen und vertikalen Richtungsabhängigkeit mitliefert. Die Kalibrierwerte bewegen sich im Rahmen der Toleranzen des Datenblattes.

Als digitale Aufzeichnungseinheit diente der Audio-Recorder PCM-D100 von Sony. Er wurde in ein Druckgehäuse eingebaut und mit folgenden Einstellungen betrieben:

- 24 bit Auflösung (Rauschabstand von 96 dB)
- Abtastfrequenz von 48 kHz
- geringe Leistungsaufnahme < 1W (Operationsdauer im Batteriebetrieb: 18 Stunden)
- fixierte Dämpfungseinstellung auf -3 dB (bei 24 V Versorgungsspannung)

Zur Bestimmung von Skalenfaktor und Offset (Umrechnung der Ausgabewerte in Volt) wurde der Logger (nach der Fixierung der Dämpfungseinstellung) im Labor mit Sinusschwingungen bei einer festen Frequenz von 250 Hz kalibriert, indem die Sinusamplituden schrittweise bis auf 14 V_{ss} (Volt Spitze-Spitze) erhöht wurden. Es ergab sich ein sehr linearer Amplitudengang im gemessenen Bereich bis 5 V_{rms} (Volt effektiv). Ebenso kalibrierten wir den Frequenzgang bei einer konstanten Amplitude von 5 V_{rms}, der sich bis zu unserer Nyquistfrequenz 24 kHz auch als sehr linear erweist.

Durchführung des Experiments

Die vom Schiff gezogenen Luftpulsler sollten auf mehreren Profilen von unter einer Boje (Abb.5.1.1-1) hängenden Hydrophonen vermessen werden. Dazu verwendeten wir eine Streamer-Endboje, die mit zwei autonomen GPS-Empfängern sowie mit einer Kongsberg UHF-Antenne ausgestattet war. Somit verfolgten wir online die Position und Entfernung der Boje vom Schiff (wenn die UHF-Antenne auf dem Schiff auf Deck 5 achtern je nach Profilrichtung durch Schiffsaufbauten nicht abgeschattet war). Das erste Hydrophon hing 20 m unter der Wasserlinie, das zweite Hydrophon an einem Seil (Meteorleine) in ca. 60 m Tiefe, etwa 20 m über dem Meeresboden. Dieser Sicherheitsabstand sollte Bodenkontakt vermeiden, da die Boje mit Wind und den Gezeiten einige Kilometer weit frei driftet. Die exakte Tiefe des zweiten Hydrophons wurde mit einer autonomen CTD-Sonde über den Wasserdruck gemessen. Die Wellenhöhe am ersten Messtag (9.9.14) nahm im Laufe des Tages von 2 m auf 1 m ab, am zweiten Messtag (10.9.14) lag die Wellenhöhe um 0.5 m. Die Hydrophone messen ebenfalls periodische Druckschwankungen aufgrund von Wellenbewegung (mit der entsprechenden Wellenperiode von knapp 2 Sekunden).

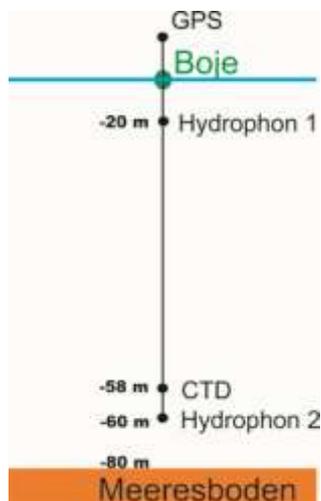


Abb. 5.1.1-1 Die frei treibende Boje trägt das erste Hydrophon 20 m unter der Wasserlinie und das zweite Hydrophon 20 m über dem Meeresboden in ca. 80 m Tiefe. Ferner ist die Boje mit zwei GPS Empfängern, der Kongsberg UHF Antenne und einer CTD zur Tiefenmessung ausgerüstet.

Die Messungen für jeden der drei Durchgänge mit unterschiedlichen Luftpulslerkonfigurationen sollten laut Profilplan in Abb. 5.1.1-2 entlang von 6 Profilen relativ zur Boje durchgeführt werden. Dabei liegt die x-Achse parallel zur Strömungsrichtung, die sich mit den Gezeiten alle 6 Stunden umdreht. Der Start- und Endpunkt vom ersten und letzten Profil liegt 5 km entfernt, während die anderen Profile 2200 m lang sind. Laut einer Messvorschrift für Unterwasserschallmessungen des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) soll

der Schalldruck in 750 m Entfernung (und eine Referenzmessung in 5 km Entfernung) gemessen werden, kann jedoch auch bis zu einer Entfernung von 1100 m mit einer Umrechnungsformel genutzt werden. Die Profile mit tangentialen Bojenabständen von 50 m, 350 m und 750 m erlauben eine große Azimutabdeckung zur Erfassung der Abstrahlcharakteristik und beinhalten auch bei Fahrt zur Boje hin die Linie Boje – Schiff – Luftpulser sowie bei Fahrt von der Boje weg die Linie Schiff – Luftpulser – Boje, die sich durch ‚Abschattungseffekte‘ des Schiffs unterscheiden. Die vertikale Winkelabdeckung zum tieferen Hydrophon ist jedoch aufgrund der geringen Wassertiefe außer bei sehr kleinen Entfernungen gering.

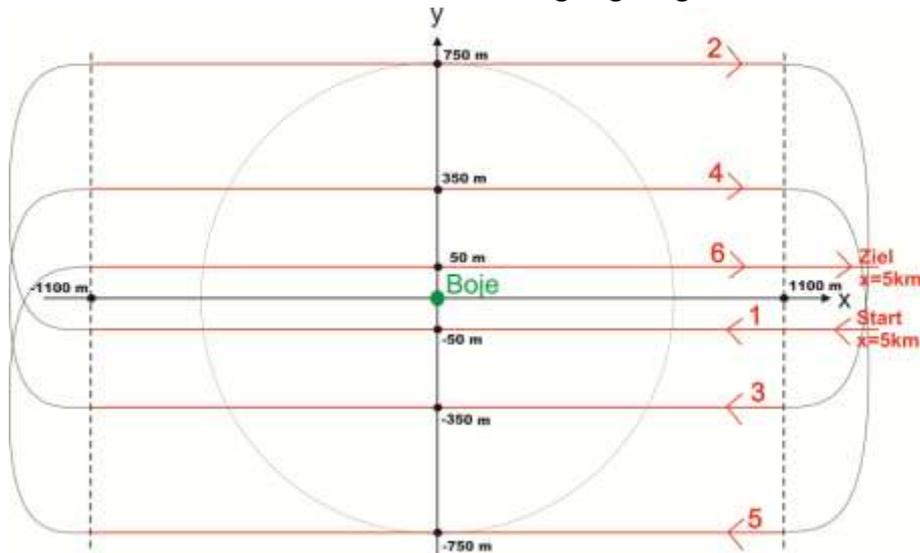


Abb. 5.1.1-2 Profilplan relativ zur Boje im Koordinatenursprung. Sechs Profile mit verschiedenen tangentialen Abständen zur Boje realisieren verschiedene horizontale und vertikale Abstrahlwinkel zur Boje. Start- und Endpunkt liegen 5 km entfernt (rechts außerhalb dieser Maßstabsskizze).

Die Profilmfahrten erfolgten bei einer Geschwindigkeit um die 4,8 kn mit einem Schusspunktintervall von 20 s, was einem Schusspunktabstand von 50 m entspricht. Theoretisch ergibt sich eine Gesamtlänge der Profile vom 27 km, die erwartete Gesamtdauer von 3 Stunden (bei 5 kn) wurde in der Praxis durch nicht ideale und langsamere Kurvenfahrten um eine halbe Stunde überschritten. Mit Decksvorbereitung, Aussetz- und Einholmanöver lassen sich zwei Durchläufe im Tageslicht durchführen. Die tatsächlich vermessenen Profilwege finden sich am Beispiel des zweiten Durchlaufs in Abb. 5.1.1-3.

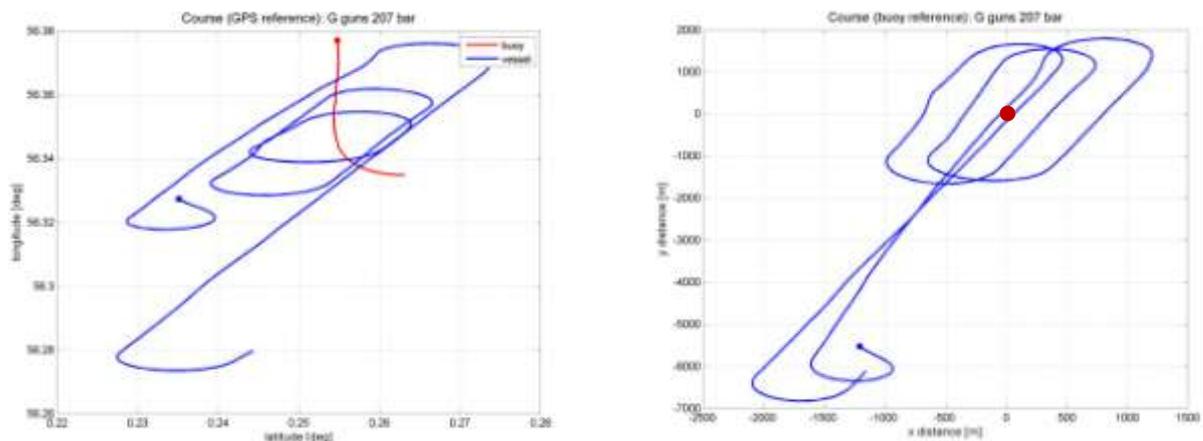


Abb. 5.1.1-3 Profilspur beim 2. Durchlauf im GPS Koordinatensystem (links) und im Bojen-Koordinatensystem (rechts) mit Startpunkt. Die Unterschiede ergeben sich aus der Gezeitendrift der Boje (rot).

Handhabung und Navigation mit TFS SONNE

Das Aussetzen der Boje mit der 60 m Leine erfolgte einmal über den Heckgalgen und einmal über einen Kran auf der Steuerbordseite - von dort wurde jeweils auch eingeholt. Diese Manöver gelangen bei recht ruhiger See problemlos.

Die Navigation nach Profilplan relativ zu der mit dem Wind und den Gezeiten driftenden Boje war eine anspruchsvolle Aufgabe. Hilfreich war die Installation eines Brücken-PCs, auf dem die Positionen von Boje und FS Sonne mit Entfernungsangaben von der Navigationssoftware ‚Spectra‘ dargestellt wurden. Die Positionsverfolgung mittels Radarreflektors an der Boje ist auf wenige Kilometer Reichweite beschränkt. Somit gelangen die Profildfahrten mit den gewünschten tangentialen Abständen, die mit einem Laser zur Entfernungsmessung verifiziert wurden.

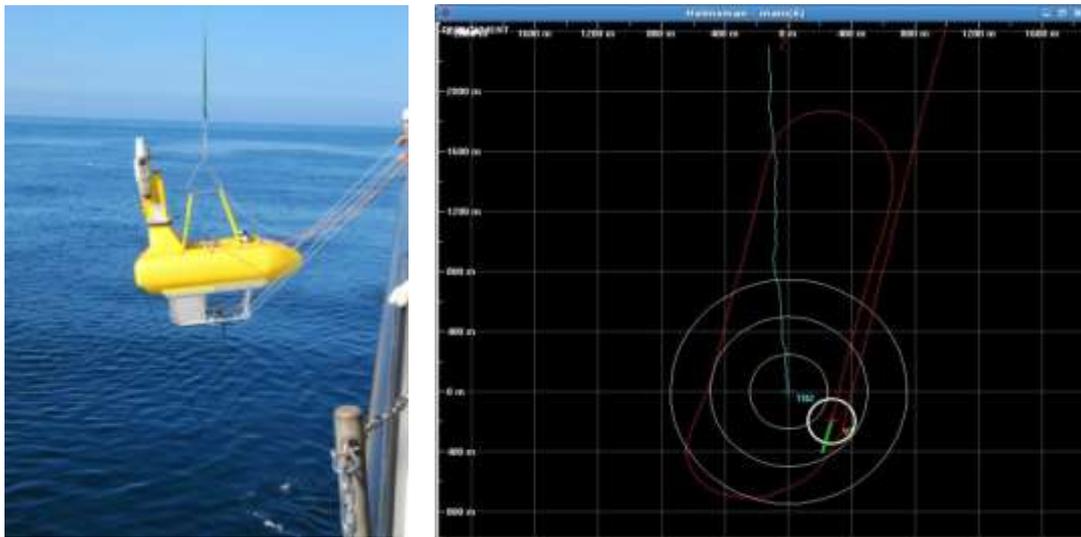


Abb. 5.1.1-4 Das Einholen der Boje mit beiden Hydrophonen (links) auf der Steuerbordseite gelang problemlos. Die Profilnavigation gegenüber der frei treibenden Boje wurde durch einen Brücken-PC mit der ‚Spectra‘ Navigationssoftware (rechts) erleichtert, der hier die Position von Boje (türkise Spur), FS Sonne (rote Spur) und Entfernungsangaben (weiße Kreise mit Radien im 250 m Abstand) zeigt.

Ausblick zur Auswertung

Die Auswertungen der Schalldrücke aller drei Durchläufe orientieren sich an der Messvorschrift für Unterwasserschallmessungen für Offshore-Windparks des BSH, die für Rammarbeiten in der Nordsee zum Schutz von Schweinswalen erlassen wurde. Ausgewertet werden (nach der Erstellung von entsprechenden Matlab-Routinen):

- Pegelschriebe (Dauerschalldruckpegel, Einzelereignispegel, Spitzenpegel)
- Breitbandpegel in Terzbändern (Perzentilpegel) sowie schmalbandige Pegel
- spektrale Auswertung (Dauerschalldruck & Einzelereignisse) in Terzbändern
- Begleitparameter und Hintergrundrauschpegel (Seegang, Wind, Schiffsverkehr, TFS Sonne)

Die Ergebnisse der Auswertung sollen in einem BGR-Report veröffentlicht werden. Angestrebt wird auch eine zukünftige Vermessung der Luftpulser in der Tiefsee, da die Flachmeerbedingungen der Nordsee wie ein Wellenkanal wirken, starke Reflektionen insbesondere an der Wasseroberfläche und starke Refraktionen am Meeresboden beinhalten sowie einen hohen Rauschpegel aufgrund des intensiven Schiffsverkehrs.

5.1.2 Außenbordsysteme der 3D-Seismik

(Behrens, T., Ebert, T., Ehrhardt, A., Lange, G., Schauer, M., Schrader, U., Steuer, S.)

Das Layout der 3D-Seismik der BGR für die Erprobungsfahrt P3 wird durch zwei im Abstand von 150 m zueinander geschleppte Streamer und zwei seismische Quellen, die im Abstand von 75 m zueinander positioniert sind, aufgebaut (Abb.5.1.2-1). Während der Meteor-Reise M88/1 2012 wurde eine erste Ausbaustufe der 3D-Seismik der BGR mit zwei 900 m Streamerkabeln bereits erfolgreich erprobt (vgl. Meteor -Berichte, Damm u.a., 2012). Der Einsatz längerer Streamerkabel (bis 4000 m) und größerer Scherbretter, die sich für das vorgesehene Layout auch unter Verwendung der BGR-Luftpulser-Arrays mit jeweils 8 G-Guns eignen, lassen sich von Bord FS Meteor nicht einsetzen. TFS Sonne ist das derzeit einzige deutsche Forschungsschiff, das die hierfür erforderlichen Kapazitäten bietet.

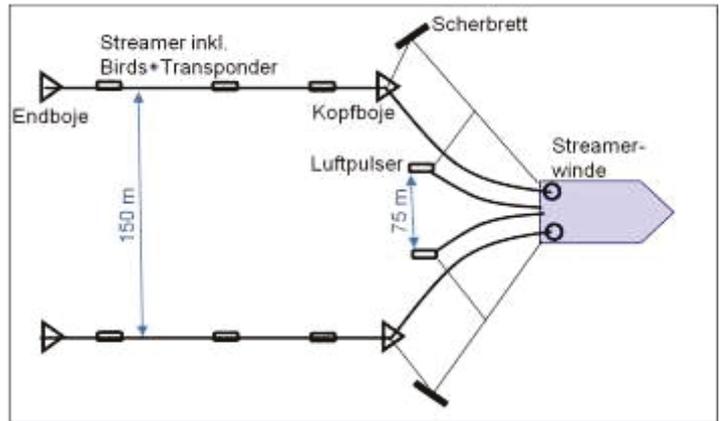


Abb. 5.1.2-1: Layout der Außenbordgeräte der 3D-Seismik der BGR

Während der Erprobungsreise P3 kamen alle derzeit vorhandenen Komponenten der 3D-Seismik der BGR mit Streamerlängen bis 4000 m zum Einsatz. Dies waren im Einzelnen (vgl. auch METEOR-Bericht M88/1 – 2012):

- 2x Streamer (3150 m aktive Länge)
- 2x Seismische Quelle (GI-Luftpulser) inklusive Versorgungsleitung und Auftriebsbojen
- 2x Scherbrett (25 m², 3,5 t)
- 2x Kopfbojen und 2x Endbojen pro Streamer
- Streamer-Tiefensteuerungssystem (ION Concept Systems)
- Streamer- und Luftpulser-Positionierungssystem (ION, Kongsberg)

Alle Außenbordsysteme wurden über das Heck des Schiffes geschleppt. Um die notwendige Scherung abzufangen, wurden zusätzlich je zwei Galgen für Umlenkblöcke am Heck an Steuerbord und Backbord montiert. Diese Halterungen waren im Vorfeld der Testfahrt konstruiert und angefertigt worden (vgl. auch Abb.5.1.2-2). Die jeweils äußeren Galgen (montiert auf dem Schanzkleid) dienten der Aufnahme eines Blockes zur Umlenkung der Kurrleinen. An den weiter mittschiffs positionierten Pylonen wurden die Fairlead-Blöcke zur



Umlenkung der Streamer montiert. Außerdem waren auf diesen Fundamentplatten auch Ablaufrollen für die Führung und Umlenkung der Schleppdrähte für die Luftpulser vorgesehen.

Abb. 5.1.2-2: Halterung für einen 20 t Fischereiblock zur Umlenkung der Kurrleine an Steuerbord (links) und Pylon mit Halterung für den Fairlead-Block zur Umlenkung des Streamers an Steuerbord mit Führungsrollen für Luftpulser-Schleppdraht

Die Kurrleinen zum Scheren der Scherbretter wurden auf die hinteren Mooring-Winden des Schiffes aufgetrommelt. Um diese Winden als Kurrleinen-Winden zu nutzen, wurden in Vorbereitung der Testfahrt die Mooring-Winden mit stabileren Windentrommeln ausgestattet. Nach Verlassen des Abgangshafens wurden dann die Mooring-Leinen durch die 300 m langen 18 mm Dyneema-Kurrleinen mit einer Bruchlast von 38 t ausgetauscht.

Streamer

Es wurden 2 digitale Streamer mit einer Länge von jeweils 3150 m (aktive Länge) (Sercel, Typ ALS) eingesetzt. Dabei kamen 3 Streamerwinden zum Einsatz, die auf dem Arbeitsdeck zwischen dem A-Rahmen installiert worden waren. Auf der Steuerbordseite wurden die 3150 m Streamer von einer großen hydraulischen Winde aufgenommen. Auf der Backbordseite standen 2 kleine elektrische betriebene Winden mit 1500 m und 1650 m Streamerkabel zur Verfügung. (s. Abb. 5.1.2-3). Die Streamer waren mit Tiefensteuerungssystemen als auch Transponder-systemen zur genauen Positionierung und Abstandskontrolle ausgestattet.



Abb. 5.1.2-3

Blick auf das Arbeitsdeck. Auf der Steuerbordseite wurde eine große hydraulisch angetriebene Winde benutzt. Auf der Backbord-Seite wurde die maximale Streamerlänge von 3150 m durch eine Kombination von zwei kleinen, elektrisch angetriebenen Winden realisiert.

Luftpulser

Als seismische Quellen wurden 2 GI-Luftpulser (Sercel) eingesetzt. Die Luftpulser wurden über das Heck geschleppt. Die GI-Luftpulser waren über Ketten mit je einer 800 l-Boje (Partnerplast) verbunden, die zum einen den notwendigen Auftrieb erzeugten und zum anderen mit einem GPS und Transponder-System ausgestattet waren, um die seismische Quelle präzise einmessen zu können (Abb. 5.1.2-4). Die Scherung der Luftpulser wurde über einen Block realisiert, der auf die Kurrleine aufgesetzt wurde. Dieser Block wurde mit der Gun-Boje verbunden.

Schwimmstabilität der Boje: Es stellte sich heraus, dass der Zugpunkt dieser Anordnung an der Boje sein muss, um Schwimmstabilität zu erhalten. Ist der Zugpunkt am Hänger, schwimmt die Boje instabil bis zur Kenterung.

Abb. 5.1.2-4 GI Luftpulser (unten) mit Hänger und Transponder (Mitte) und Auftriebsboje inklusive GPS (oben).



Scherbretter

Zum Scheren wurden 2 Scherbretter der Firma Baro mit einer Größe von je 25 m² eingesetzt (siehe Abb. 5.1.2-5). Diese Scherbretter sind hinsichtlich ihrer Scherfläche doppelt so groß wie



Abb. 5.1.2-5

25 m²-Scherbrett, bestehend aus zwei ca. 12 m² großen separaten Segmenten und einem Auftriebskörper an der Montageposition auf dem Arbeitsdeck.

die während der METEOR-Reise M88/1 eingesetzten Scherbretter. Ihr Gesamtgewicht beträgt ca. 3,5 t. Sie wurden mit hochfesten Ketten geriggt und über eine 18 mm Dyneema Leine geschleppt. Die Scherbretter wurden im vorderen Bereich des Arbeitsdecks gelagert, mit dem Kran um das Schiff herum nach achtern geführt und hinter dem Schiff geslippt. Dadurch, dass die Kurrleine am Heck des Schiffs umgelenkt wurde (siehe Abb. 5.1.2-2), war das Slippen seitlich des Schiffes nicht möglich.

Das Aufnehmen des Scherbrettes über eine auf der Kurrleine befestigte Sorgleine funktionierte gut.

Sämtliche Arbeiten mit den großen Scherbrettern sind nur bei optimalen Wind- und Seebedingungen möglich. Eine aufkommende leichte Dünung macht es unmöglich, das 3,5 t schwere Scherbrett am Kranhaken zu kontrollieren. Für künftige 3D Seismik-Einsätze sollte geprüft werden, ob die kleinere Version der Scherbretter (siehe 3D Test-Fahrt M88/1 mit METEOR 2012) eventuell ausreicht (insbesondere wenn keine Luftpulser-Arrays, sondern nur GI-Guns eingesetzt werden) oder aber es sollte ein „launch“ System zur besseren Kontrolle der Scherbretter zum Aussetzen und Einholen entwickelt werden.

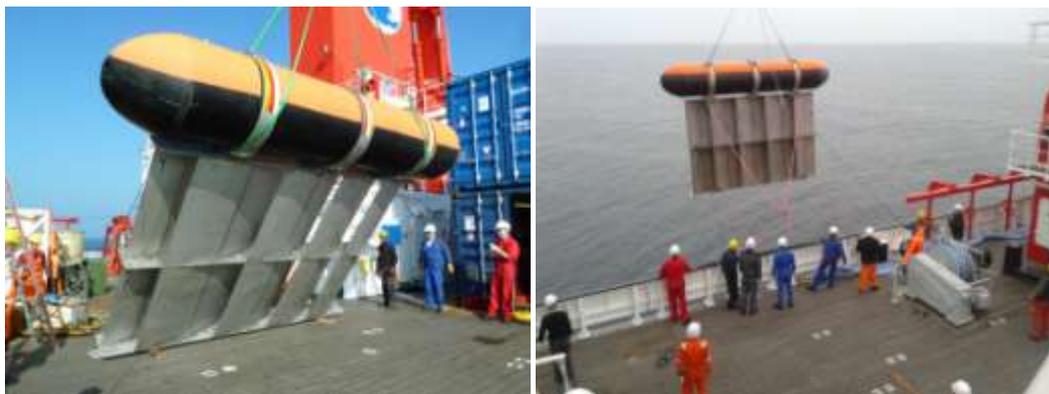


Abb. 5.1.2-6: Ein Scherbrett wird auf Deck abgelegt (links) und beim Aussetzen an Steuerbord

Ablauf beim Aussetzen der Geräte

Beim Aussetzen der Geräte ist es wichtig, eine Reihenfolge einzuhalten, die es verhindert, dass sich die diversen Leinen, Hilfsleinen, Versorgungskabel und Streamer-Lead-In-Kabel kreuzen. Der folgende Ablauf erwies sich als praktikabel:

1. Scherbretter mit dem Kran über die Seitenschanzkleider heben, außenbords nach achtern führen, achtern zu Wasser bringen und slippen. Scherbretter an einer kurzen Leine bei geringer Fahrt seitlich neben dem Schiff schleppen.
2. Steuerbord-Streamer aussetzen.
3. Steuerbord-Streamer an Steuerbord-Scherbrett anschlagen und Streamer und Scherbrett synchron auf Messposition fieren.
4. Steuerbord-Luftpulsler aussetzen, über Block mit der Kurrleine verbinden und über den Schleppdraht auf Messposition fieren.
5. Backbord-Streamer aussetzen.
6. Backbord-Streamer an Backbord Scherbrett anschlagen und Streamer und Scherbrett synchron auf Messposition fieren.
7. Backbord-Luftpulsler aussetzen, über Block mit der Kurrleine verbinden und über den Schleppdraht auf Messposition fieren.

Das Aufnehmen der Aussenbord-Systeme erfolgt dann entsprechend in umgekehrter Reihenfolge.

Zur Festlegung optimaler Riggeinstellungen wurden Versuchsreihen mit unterschiedlichen Anstellwinkeln eines Scherbretts gefahren. Die dabei gemessenen Scherweiten und Schlepplasten bei unterschiedlichen Fahrtgeschwindigkeiten sind im Anhang dokumentiert.

Nach umfangreichen Schleppversuchen mit unterschiedlichen Riggeinstellungen der Scherbretter wurden Kettenlängen festgelegt, mit denen die geforderten Scherweiten über einen größeren Geschwindigkeitsbereich erzielt werden konnten.

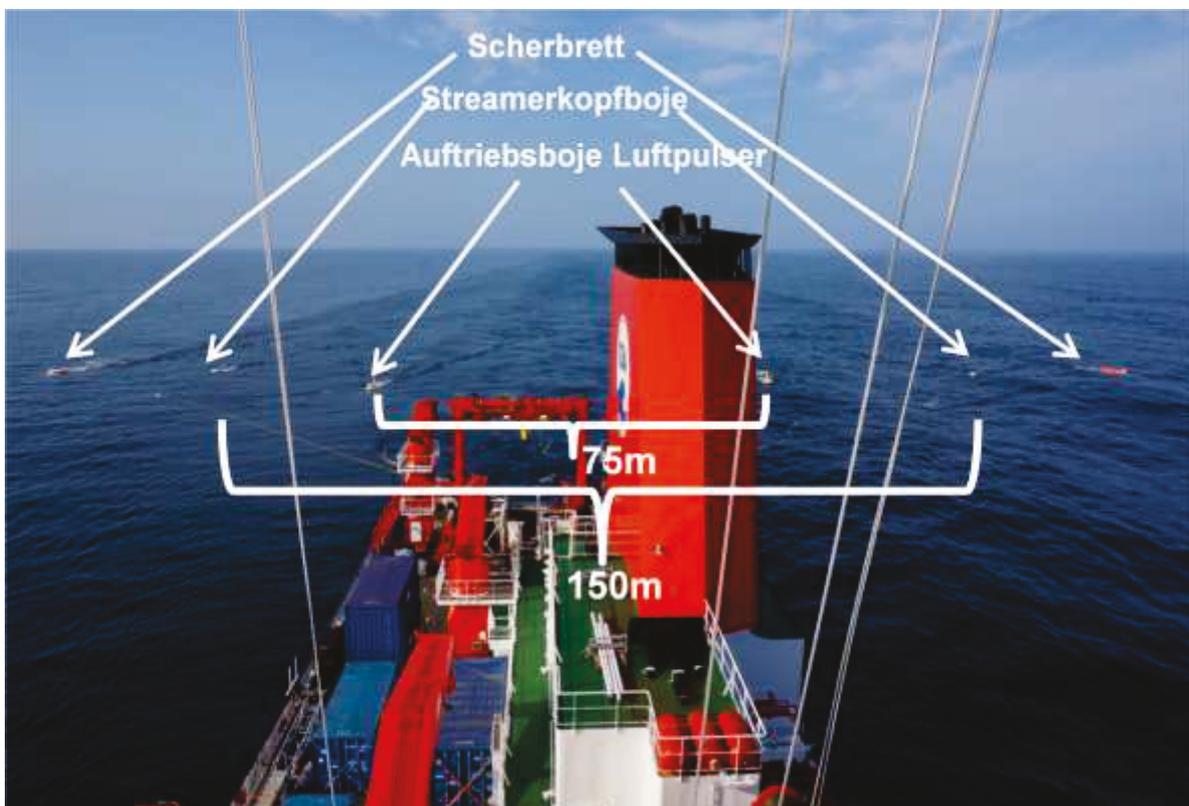


Abb. 5.1.2-6: Lavout der 3D-Seismik der BGR an Bord TFS SONNE

5.1.3 3D-seismische Datenerfassung

(Demir, Ü., Hahn, B., Kallaus, G., Damm, V.)

Die beiden Digitalstreamer zur seismischen Signalaufnahme waren identisch konfiguriert. Zur Tiefensteuerung der Streamer wurden 11 DigiBirds Typ 5011 und zur genauen Positionsbestimmung 7 DigiRange Akustikeinheiten an jedem Streamer eingesetzt. Die Positionen der Endbojen der Streamer wurden über zwei unterschiedliche Wege ermittelt: einerseits über eine unter der Boje befestigte CMX Akustikeinheit und andererseits über die per Funk übertragene Position der Endboje, die über das Kongsberg System VCU230 ermittelt wurde. Der Sollabstand der beiden Streamer zueinander betrug 150 m, die Solltiefe 6 m.

Die beiden Schallquellen wurden parallel im Abstand von 75 m geschleppt und im sogenannten Flip-Flop-Modus betrieben. Die Position der GI-Guns wurde durch eine über Kabel direkt mit dem Schiff verbundene CTX-Einheit bestimmt. Die Schlepftiefe betrug 3,7 m.

Steuerbord-Streamer																																																																																																																																																		
Profil: SONNE-Probefahrt P3																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">BendPro.</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB2</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">WB</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Lead In (200m)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">SHS</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HAU</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HESE</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HESE</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HESA</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Slip Ring</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">97793</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">M 338039</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">6m</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">236</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4808</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4384</td> <td style="text-align: center;">10m</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">4805</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">236</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4808</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4384</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4394</td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>																	BendPro.				CB1		CB2				WB					Lead In (200m)		SHS		HAU		HESE		HESE		HESA			Slip Ring		97793		M 338039		6m		236		4808		4384		10m	4805		236		4808		4384		4394																																																																														
		BendPro.				CB1		CB2				WB																																																																																																																																						
		Lead In (200m)		SHS		HAU		HESE		HESE		HESA																																																																																																																																						
Slip Ring		97793		M 338039		6m		236		4808		4384		10m																																																																																																																																				
4805		236		4808		4384		4394																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R1</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R2</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB4</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB5</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB6</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB7</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 5</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 6</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 7</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 8</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 9</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 10</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 11</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 12</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 13</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">1 - 12</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">13 - 24</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">25 - 36</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">37 - 48</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">49 - 60</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">61 - 72</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">73 - 84</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">85 - 96</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">97 - 108</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">109 - 120</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">121 - 132</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">133 - 144</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">145 - 156</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">7024</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7010B</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8633</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7020</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8628</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">480</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9233B</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8627</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8640</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8639</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8630</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">557</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7026</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7023</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8617</td> </tr> </table>															Flot		Flot		R1				R2				Flot		Flot		R3		Flot		DR1		CB3		DR2		CB4				CB5		CB6		DR3		DR4		CB7		DR5		ALS 1		ALS 2		ALS 3		ALS 4		ALS 5		LAUM		ALS 6		ALS 7		ALS 8		ALS 9		ALS 10		LAUM		ALS 11		ALS 12		ALS 13		1 - 12		13 - 24		25 - 36		37 - 48		49 - 60		1		61 - 72		73 - 84		85 - 96		97 - 108		109 - 120		2		121 - 132		133 - 144		145 - 156		7024		7010B		8633		7020		8628		480		9233B		8627		8640		8639		8630		557		7026		7023		8617	
Flot		Flot		R1				R2				Flot		Flot		R3		Flot																																																																																																																																
DR1		CB3		DR2		CB4				CB5		CB6		DR3		DR4		CB7		DR5																																																																																																																														
ALS 1		ALS 2		ALS 3		ALS 4		ALS 5		LAUM		ALS 6		ALS 7		ALS 8		ALS 9		ALS 10		LAUM		ALS 11		ALS 12		ALS 13																																																																																																																						
1 - 12		13 - 24		25 - 36		37 - 48		49 - 60		1		61 - 72		73 - 84		85 - 96		97 - 108		109 - 120		2		121 - 132		133 - 144		145 - 156																																																																																																																						
7024		7010B		8633		7020		8628		480		9233B		8627		8640		8639		8630		557		7026		7023		8617																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R4</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R5</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR8</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB8</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB9</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR6</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB10</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR7</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB11</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR8</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 14</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 15</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 16</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 17</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 18</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 19</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 20</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 21</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TAPU</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TES</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">STIC</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">157 - 168</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">169 - 180</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">181 - 192</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">193 - 204</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">205 - 216</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">217 - 228</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">229 - 240</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">241 - 252</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">231</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">50m</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">25m</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">8634</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8636</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5030</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7016</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8631</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7015</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">8638</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5421B</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5035</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">7022</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">231</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4670</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">168</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>																	R4				Flot				Flot		R5				DR8				CB8		CB9		DR6		CB10		DR7		CB11				DR8		ALS 14		ALS 15		LAUM		ALS 16		ALS 17		ALS 18		ALS 19		ALS 20		LAUM		ALS 21		TAPU		TES		STIC				157 - 168		169 - 180		3		181 - 192		193 - 204		205 - 216		217 - 228		229 - 240		4		241 - 252		231		50m		25m				8634		8636		5030		7016		8631		7015		8638		5421B		5035		7022		231		4670		168															
		R4				Flot				Flot		R5				DR8																																																																																																																																		
		CB8		CB9		DR6		CB10		DR7		CB11				DR8																																																																																																																																		
ALS 14		ALS 15		LAUM		ALS 16		ALS 17		ALS 18		ALS 19		ALS 20		LAUM		ALS 21		TAPU		TES		STIC																																																																																																																										
157 - 168		169 - 180		3		181 - 192		193 - 204		205 - 216		217 - 228		229 - 240		4		241 - 252		231		50m		25m																																																																																																																										
8634		8636		5030		7016		8631		7015		8638		5421B		5035		7022		231		4670		168																																																																																																																										
Backbord-Streamer																																																																																																																																																		
Profil: SONNE-Probefahrt P3																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">BendPro.</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB2</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">WB</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Lead In (200m)</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">SHS</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HAU</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HESE</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HESE</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">HESA</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Slip Ring</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">001</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">6m</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">863</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4806</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4807</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4395</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">1687</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">863</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4806</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4807</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4395</td> <td colspan="5"></td> </tr> </table>																	BendPro.				CB1		CB2				WB					Lead In (200m)		SHS		HAU		HESE		HESE		HESA			Slip Ring		001		6m		863		4806		4807		4395			1687		863		4806		4807		4395																																																																														
		BendPro.				CB1		CB2				WB																																																																																																																																						
		Lead In (200m)		SHS		HAU		HESE		HESE		HESA																																																																																																																																						
Slip Ring		001		6m		863		4806		4807		4395																																																																																																																																						
1687		863		4806		4807		4395																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R1</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R2</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB4</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB5</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB6</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB7</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR5</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 5</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 6</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 7</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 8</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 9</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 10</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 11</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 12</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 13</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">1 - 12</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">13 - 24</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">25 - 36</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">37 - 48</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">49 - 60</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">61 - 72</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">73 - 84</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">85 - 96</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">97 - 108</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">109 - 120</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">2</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">121 - 132</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">133 - 144</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">145 - 156</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">7018</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9258</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9256</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9261</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9260</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">5043</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9242</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9247</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9246</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9252</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9259</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4017</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9257</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">2175</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9237</td> </tr> </table>															Flot		Flot		R1				R2				Flot		Flot		R3		Flot		DR1		CB3		DR2		CB4				CB5		CB6		DR3		DR4		CB7		DR5		ALS 1		ALS 2		ALS 3		ALS 4		ALS 5		LAUM		ALS 6		ALS 7		ALS 8		ALS 9		ALS 10		LAUM		ALS 11		ALS 12		ALS 13		1 - 12		13 - 24		25 - 36		37 - 48		49 - 60		1		61 - 72		73 - 84		85 - 96		97 - 108		109 - 120		2		121 - 132		133 - 144		145 - 156		7018		9258		9256		9261		9260		5043		9242		9247		9246		9252		9259		4017		9257		2175		9237	
Flot		Flot		R1				R2				Flot		Flot		R3		Flot																																																																																																																																
DR1		CB3		DR2		CB4				CB5		CB6		DR3		DR4		CB7		DR5																																																																																																																														
ALS 1		ALS 2		ALS 3		ALS 4		ALS 5		LAUM		ALS 6		ALS 7		ALS 8		ALS 9		ALS 10		LAUM		ALS 11		ALS 12		ALS 13																																																																																																																						
1 - 12		13 - 24		25 - 36		37 - 48		49 - 60		1		61 - 72		73 - 84		85 - 96		97 - 108		109 - 120		2		121 - 132		133 - 144		145 - 156																																																																																																																						
7018		9258		9256		9261		9260		5043		9242		9247		9246		9252		9259		4017		9257		2175		9237																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R4</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">Flot</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">R5</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR8</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB8</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB9</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR6</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB10</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR7</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">CB11</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2" style="text-align: center;">DR8</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 14</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 15</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 16</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 17</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 18</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 19</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 20</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">LAUM</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">ALS 21</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TAPU</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">TES</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">STIC</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">157 - 168</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">169 - 180</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">3</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">181 - 192</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">193 - 204</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">205 - 216</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">217 - 228</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">229 - 240</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">241 - 252</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">522</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">3198</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">429</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">9240</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9241</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">4373</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9253</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9249</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9248</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9254</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9245</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">1710</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">9244</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">522</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">3198</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">429</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>																	R4				Flot				Flot		R5				DR8				CB8		CB9		DR6		CB10		DR7		CB11				DR8		ALS 14		ALS 15		LAUM		ALS 16		ALS 17		ALS 18		ALS 19		ALS 20		LAUM		ALS 21		TAPU		TES		STIC				157 - 168		169 - 180		3		181 - 192		193 - 204		205 - 216		217 - 228		229 - 240		4		241 - 252		522		3198		429				9240		9241		4373		9253		9249		9248		9254		9245		1710		9244		522		3198		429															
		R4				Flot				Flot		R5				DR8																																																																																																																																		
		CB8		CB9		DR6		CB10		DR7		CB11				DR8																																																																																																																																		
ALS 14		ALS 15		LAUM		ALS 16		ALS 17		ALS 18		ALS 19		ALS 20		LAUM		ALS 21		TAPU		TES		STIC																																																																																																																										
157 - 168		169 - 180		3		181 - 192		193 - 204		205 - 216		217 - 228		229 - 240		4		241 - 252		522		3198		429																																																																																																																										
9240		9241		4373		9253		9249		9248		9254		9245		1710		9244		522		3198		429																																																																																																																										
<p>CB: Compassbird DR: DigiRANGE R: Streamer Recovery Device 500S Flot: Floatation Tube BendPro: Bendprotector, 10m vor Tail-Kupplung LeadIn montiert</p>																																																																																																																																																		
																																																																																																																																																		

Abb. 5.1.3-1: Streamerpläne für die beiden eingesetzten Digitalstreamer

Alle Geräte der seismischen Datenerfassung waren im Nasslabor II installiert worden. Die Kommunikation aller Module der seismischen Datenerfassung untereinander und Signalwege aller Steuerungs- und Messdaten sind in Abbildung 5.1.3.-2 schematisch dargestellt.

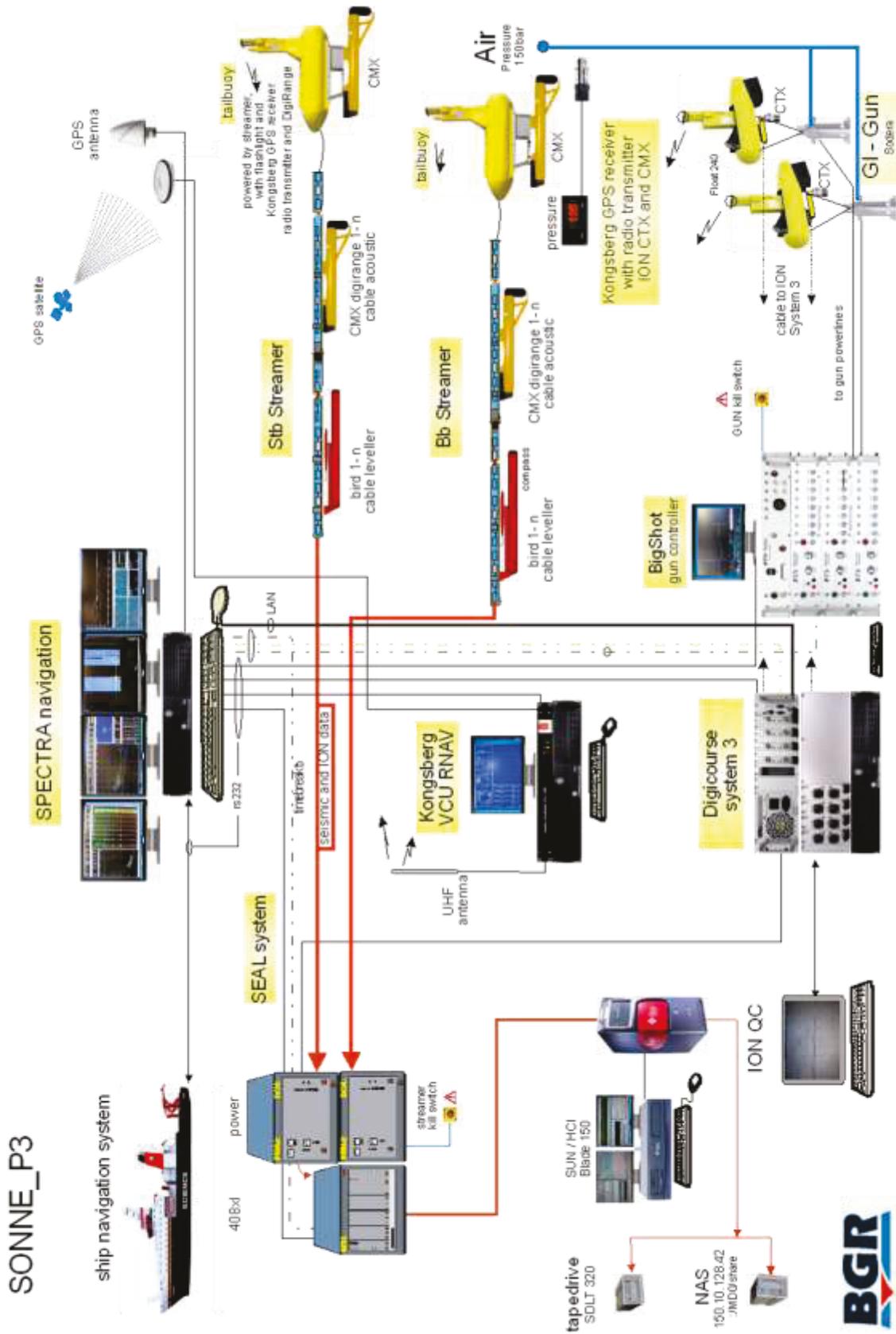


Abb. 5.1.3-2: Signalwege der 3D-seismischen Datenerfassung der BGR

Im Rahmen der Erprobung und des Navigationstrainings mit TFS Sonne wurden im Fahrtverlauf einige, jeweils benachbarte 20 km lange Profile eines vorgeplanten 3D-Messgebiet in den Abmessungen von 20 km x 10 km mit Linienabständen von 150 m 3D-seismisch vermessen. Das vorgeplante Messgebiet befand sich im südöstlichen Teil des Genehmigungsgebietes (vgl. Box 2 in Abb. 3.1 und Tab.5.1.3-1).

Die Bingröße war mit 6,25 m x 37,5 m vorgegeben, dementsprechend betrug der Schusspunkt Abstand entlang der Profillinien 25 m. Die Aufzeichnungslänge betrug 6 s bei einer Abtastrate von 1 ms. Die mit der seismischen Aufzeichnungsanlage (408xl, SERCEL) registrierten Daten der jeweils 252 Kanäle wurden auf einem externen SDLT320 Bandgerät und auf einem externen Raid NAS im Aufzeichnungsformat SEG-D Rev2 Code 8058 abgespeichert. Vor der Speicherung wurden die Daten, verstärkt, gefiltert und digitalisiert und demultipliziert.

Für weitere Details zum Datenerfassungssystem und der 3D-seismischen Messwertaufnahme wird auf den Fahrtbericht M88/1 – 3D-Test North Sea (METEOR-Berichte 2012) verwiesen.

Tab.5.1.3-1: Profilliste der akquirierten 3D-Seismischen Messlinien

Line no.	Station no.	Date	Time	Shot point start/end	Latitude	Longitude	course	length	Wind (m/s) / Comments
	SO-P3	2014	[UTC]		[°N/°S]	[°E/°W]	[deg]	[km]	
122	SO1/0009-1	16.09.	10:02:17	1156	55° 42' 12.92 N	0° 18' 54.06 W	334	17.6	5.3, 4.9
			12:09:00	1861	55° 50' 43.25 N	0° 26' 24.11 W			
210	SO1/0009-1	16.09.	13:02:25	1821	55°50' 46.91 N	0° 22' 56.03 W	154	22.0	3.2
			15:37:42	941	55°40' 05.97 N	0° 13' 48.82 W			
126	SO1/0009-1	16.09.	16:18:17	941	55° 39' 35.38 N	0° 16' 44.07 W	334	23.0	3.4, 5.6
			18:57:33	1861	55° 50' 47.90 N	0° 26' 12.22 W			
214	SO1/0009-1	16.09.	19:50:35	1836	55° 50' 16.04 N	0° 22' 21.00 W	154	21.3	6.5
			22:00:26	983	55° 39' 55.85 N	0° 13' 26.69 W			
130	SO1/0009-1	16.09.	22:44:18	941	55° 39' 38.19 N	0° 16' 33.77 W	334	23.0	5.7, 4.9
			01:14:42	1861	55° 50' 47.27 N	0° 26' 09.48 W			
218	SO1/0009-1	17.09.	01:54:25	1861	55° 51' 19.80 N	0° 23' 07.16 W	154	23.0	3.0, 4.0
			04:34:00	941	55° 40' 09.97 N	0° 13' 34.08 W			

Entsprechend einer Selbstverpflichtung der BGR zur verantwortungsvollen Meeresforschung werden marine seismische Arbeiten der BGR durch professionelle Walbeobachter begleitet. Deren Aufgabe besteht darin sicherzustellen, dass eine potentielle Beeinträchtigung von Meeressäugern durch seismische Messungen weitestgehend minimiert wird. Grundlage dafür bilden die international allgemein anerkannten Regularien des britischen JNCC (Joint Nature Conservation Committee). Dieses „best practice“-Vorgehen steht auch im Einklang mit der Erklärung zu einer verantwortungsvollen Meeresforschung der Senatskommission für Ozeanographie und des Konsortiums Deutsche Meeresforschung.

Da sich das Arbeitsgebiet der Erprobungsreise P3 im britischen Sektor der Nordsee befand, war eine Berichtspflicht an das JNCC unabhängig von der o.g. „best practice“-Vorgehensweise mit Erteilung der Forschungsgenehmigung bindend.

Die entsprechenden Vorsorgemaßnahmen sind im Anhang beschrieben. In der Anlage sind ebenso die MMO-Berichte über den gesamten Fahrtverlauf gemäß JNCC-Standards dokumentiert.

5.2 Messwertpositionierung und Navigationstraining mit Spectra

(Engels, M., Schnabel, M., Schreckenberger, B.)

Zur optimalen Steuerung der seismischen Datenerfassung wurde das Software-Paket Spectra (ION concept systems) verwendet. Diese Software hat hauptsächlich folgende Aufgaben, die alle in Echtzeit vorgenommen werden:

- Erfassung und Qualitätskontrolle aller positionsrelevanten Daten
- Berechnung der Positionen aller seismischen Empfänger und Quellen
- Zeitliche Steuerung der seismischen Erreger sowie der Aufzeichnungsanlage (SEAL)
- Erstellung von standardisierten Navigationsdateien (UKOOA-Formate P1/90 und P2/94)

Zur Erfüllung dieser Aufgaben müssen in Echtzeit Informationen über die Position des Schiffes (DGPS, Gyro) bereitgestellt werden. Diese Informationen sind in allen Laboren über NAV-Schnittstellen (DB-9, RS-422) vorhanden. Der WTD kann diese Daten auf Anfrage jedoch auch nach RS-232 konvertieren. Weiterhin können beliebige Schiffsdaten (z.B. Echolot-Tiefe) über Netzwerk (nicht in Echtzeit) in die Labore geschickt bzw. ebenfalls zu RS-232 umgesetzt werden. Das Textformat dieser Daten konnte auch problemlos an die Wünsche der Wissenschaft angepasst werden.

Weiterhin werden eigene Antennen an die Navigationsanlage angeschlossen. Diese dienen einerseits zur Zeitsynchronisation mittels GPS, andererseits zum Empfang der RGPS-Informationen der End- und Kanonen-Bojen mittels UHF. Diese Antennen wurden auf Deck 5 (über den Schwenktoren zum Nasslabor I) installiert. Diese Position zeichnet sich durch eine besonders freie Sicht sowohl nach oben als auch nach achtern aus, so dass die Empfangsqualität der Daten durchgehend gut war. Etwas negativ ist der recht lange Weg der benötigten Kabel. Für eine Verwendung im Nasslabor II (wie in unserem Fall, siehe Abb. 5.2.-1) sollte mit Längen von leicht über 50 m gerechnet werden. Dies ist hauptsächlich bedingt durch die ein wenig unglückliche Verteilung von Kabeldurchlässen. Positiv betont werden kann jedoch die Geräumigkeit der einzelnen Labore – besonders die flexibel in der Raummitte installierbaren Tische (siehe Abb. 5.2.-1, rechts) ermöglichen ein bequemes Arbeiten.



Abb. 5.2-1 Die Navigation und seismische Datenaufnahme (links) im Nasslabor II erfordert eine umfangreiche Verkabelung (rechts), die über enge Kabeldurchlässe bis zum Arbeitsdeck reicht.

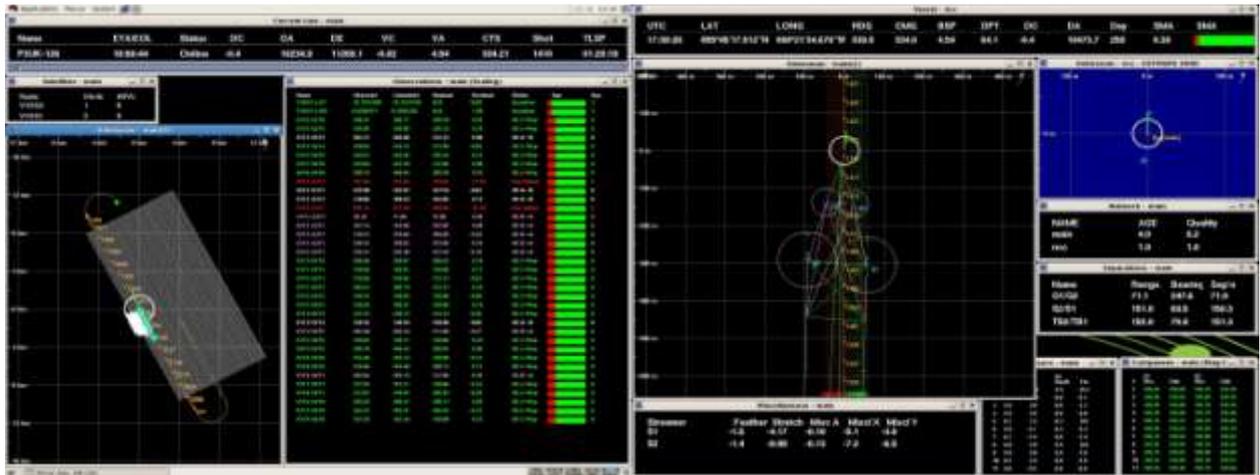


Abb. 5.2-2 Beispielhafte Überwachung während eines seismischen Profils mittels der Navigationsanlage.

In Abb. 5.2-2 ist die Überwachung der relevanten Positionsinformationen beispielhaft dargestellt. Es können die momentanen Messwerte aller Sensoren farbkodiert dargestellt werden, so dass Datenausfälle sofort erkannt werden. Weiterhin sieht man am linken Rand von Abb. 5.2-2 das hier beispielhaft geplante Design des 3D-Surveys (10 km x 20 km), das aktuelle Profil mit bereits berechneten Schusspunkten (bernsteinfarben) sowie dem bereits zurückgelegten Kurs und den geplanten Profilwechsel auf das nächste Profil. Die rechte Bildhälfte zeigt detailliert die Position der seismischen Erreger (markiert durch die kleineren Kreise) sowie des seismischen Messkabels (markiert durch die etwas größeren Kreise). Bei dem auf dieser Fahrt erzielten Messfortschritt würde unter idealen Bedingungen die komplette Vermessung des 200 km² großen Gebietes ca. 9 Tage dauern. Realistisch betrachtet sollte noch mit einer zusätzlichen Zeit von 3 Tagen (infill-Linien, um eine gleichmäßige Untergrundabdeckung zu erhalten) kalkuliert werden.

Die durchschnittliche Geschwindigkeit über Grund auf Profil 218 betrug 4,7 Knoten. Bei einem Schussabstand von 25 m ergibt sich damit ein theoretisches (tatsächlich wurde ja entfernungsabhängig getriggert) Schussintervall von 10,4 sec. In Abb. 5.2-4 ist der zeitliche Abstand zwischen jeweils zwei Schüssen für Profil 218 dargestellt.

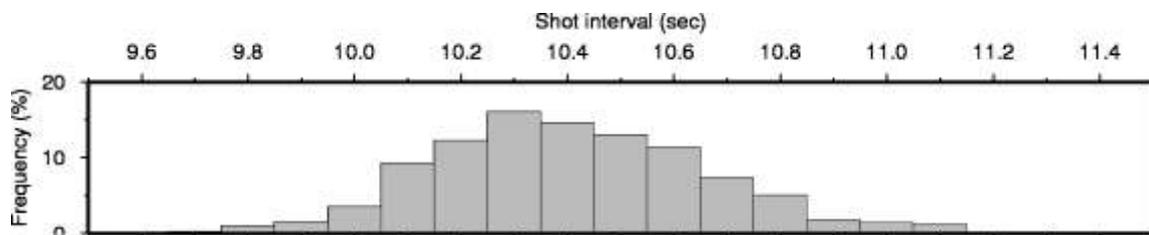


Abb. 5.2-3 Zeitintervall zwischen einzelnen Schüssen für Profil 218.

Die Reihenfolge der Akquisition der Profile wurde so geplant, dass zwischen zwei aufeinanderfolgenden Profilen ein Abstand von 3300 m gelegen hat (vergl. Abb. 5.2-2). Hier galt die Faustformel: Durchmesser des Drehkreises gleich Streamerlänge. Anfänglich wurde zwischen zwei Profilen mit 3 Grad pro Minute gedreht. Nach den Richtlinien des JNCC zur Minimierung von Schallemissionen bei seismischen Vermessungsarbeiten ist nach einem

Profilwechsel kein erneuter Softstart der Luftpulser vor Beginn der nächstfolgenden Profillinie erforderlich, wenn der Profilwechsel nach maximal 40 Minuten abgeschlossen ist (JNCC, 2010 – S.12 ff). Im Verlauf der Arbeiten wurde deshalb die Fahrtgeschwindigkeit während des Profilwechsels erhöht bis eine Drehgeschwindigkeit von 4,5 Grad pro Minute erreicht wurde – was keinerlei Probleme darstellte. Eine 180 Grad Drehung kann also in 40 Minuten bewältigt werden. Die entsprechende Geschwindigkeit auf einem Kreisbogen mit 3300 m Durchmesser entspricht dabei 4,2 Knoten.

Die Überwachung der Untergrundabdeckung ist in Abb. 5.2-4 dargestellt. Am unteren Bildrand befindet sich die Position des Schiffes (V1). Die jeweilige Position des ausgelösten seismischen Erregers ist mit einem grünen Kreis gekennzeichnet. Die dünnen Linien am oberen Rand der Abbildung markieren die ersten Sektionen des seismischen Messkabels. Durch die Kombination von zwei Messkabeln mit zwei abwechselnd ausgelösten seismischen Erregern werden mit jedem gefahrenen Profil 4 Profile im Untergrund beleuchtet. Dies wird in Abb. 5.2-4 durch vier Spalten dargestellt, die langsam mit Messdaten gefüllt werden. Die Farbskala (von orange nach blau) beziffert dabei den Grad der Überdeckung. Hierbei ist entscheidend, den aktuellen Schiffskurs an die Überdeckung der bereits vermessenen Nachbarprofile anzupassen. Diese sind am linken Bildrand durch die bereits blau gefärbten Spalten dargestellt.



Abb. 5.2-4 Darstellung der Untergrundabdeckung für Profil 218.

Darstellungen wie in Abb. 5.2-2 oder 5.2-4 können auf einen dafür installierten Rechner auf der Brücke bereitgestellt werden. Mit diesen Informationen kann die Schiffsführung den notwendigen Profilverlauf für eine optimale Untergrundabdeckung besser planen. Die dafür

notwendige direkte Netzwerkverbindung vom Nasslabor II zur Brücke wurde vom WTD problemlos bereit gestellt.

Die Navigation der Brücke auf den geplanten Profilen klappte einwandfrei sowohl auf Profilkurs wie auch bei Kurvenfahrten. Kleine notwendige Korrekturen wie seitliche Profilversätze von 10 m konnten nach Kommunikation mit der Brücke sofort umgesetzt werden.

In Abb. 5.2-5 ist die laterale Entfernung zwischen den seismischen Erregern sowie zwischen den Messkabeln dargestellt. Die Überwachung dieser Werte ist wichtig, um eine optimale Untergrundabdeckung quer zum Profilkurs zu erreichen. Die Messkabel zeigen auf Profil 218 eine laterale Entfernung von durchschnittlich 150,7 m, wobei sie ca. 1-2 m um diesen Wert streuen. Die seismischen Erreger haben eine mittlere Entfernung von 71,7 m und weichen damit etwas vom Idealwert (75 m) ab. Gründe hierfür könnten zu wenig Spannung der Kurrleine sein oder ein zu kurz bemessener Versorgungsstrang der Erreger.

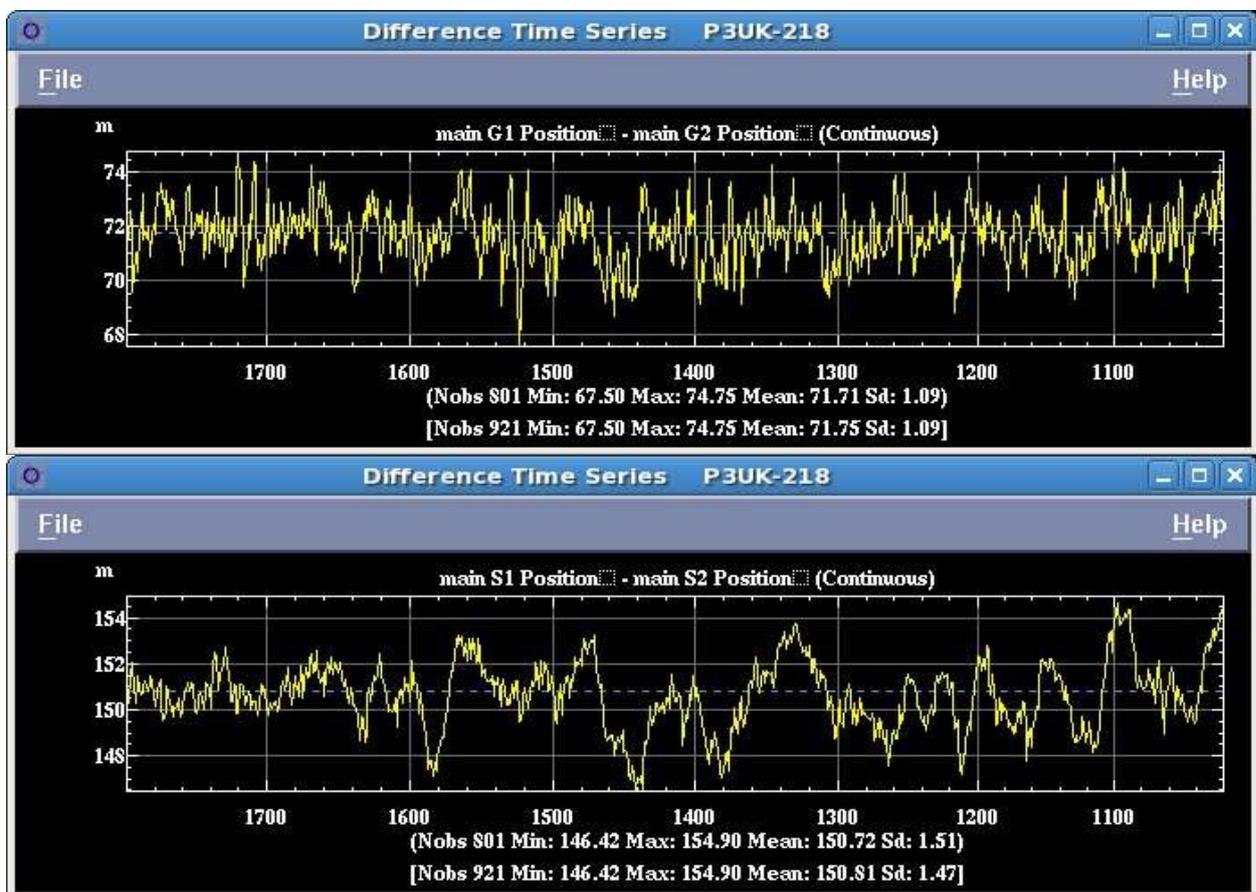


Abb. 5.2-5: Entfernungen zwischen den seismischen Erregern (oben) und den seismischen Messkabeln (unten) für Profil 218.

Tabellarische Zusammenfassung der Tests

Was wurde getestet?	Wo?	Maßnahme	Beurteilung
NAV-Schnittstelle (RS-422) mit Positionsdaten des Schiffs in Echtzeit	Nass II	Konvertierung nach RS232, zwei Ausgänge	Vom WTD problemlos umgesetzt
Netzwerkschnittstelle diverse Schiffsdaten (nicht in Echtzeit)	Nass II	Konvertierung nach RS232 in angepasste Formate	Vom WTD problemlos umgesetzt
GPS und UHF Antennen	Deck 5	von BGR montiert	freie Sicht, guter Empfang
Verkabelung (s. Abb. 5.2.3.1) Kabellängen und -durchlass	Nass II → Arbeitsdeck	von BGR verlegt	lange Wege in erstes trockenes Labor, enge Kabeldurchlässe
Navigation der Brücke nach Profilplan von Spectra	Brücke	Brücken-PC aufgebaut	präzise Navigation, hinreichende Genauigkeit

5.3. Hydroakustische Systeme auf TFS SONNE

(Berglar, K., Lutz, R.)

Nachfolgend sind die hydroakustischen Systeme von TFS SONNE aufgeführt. Während der Erprobungsfahrt P3 wurde vor allem das Flachwasserfächerecholot EM710 eingesetzt, da das Fahrtgebiet (deutsche und schottische Nordsee) geringe Wassertiefen von meist unter 100 m aufweist. Darüber hinaus wurden Untersuchungen zu Interferenz der einzelnen Hydroakustiksysteme untereinander durchgeführt.

EM122 Fächerecholot

- Einsatzbereich: Tiefwasser (full ocean depth)
- Frequenzbereich: 12 kHz (10,5-13,5 kHz)

EM710 Fächerecholot

- Einsatzbereich: Flachwasser (bis 2.000 m)
- Frequenzbereich: 70-100 kHz

EA640 Kongsberg Noise Monitoring System

- Frequenzbereich der Hydrophone: 1.5 kHz -100 kHz

EK60 Fischecholot

- Frequenzbereich: 18 kHz, 38 kHz, 120 kHz, 200 kHz

ADCP Strömungsmessung

- Frequenzbereich: 38 kHz, 75 kHz

Parasound Sedimentecholot

- Frequenzbereich: 20 und 16 kHz (primär), 4 und 36 kHz (sekundär)

Dopplerlog Geschwindigkeitsmessung

- Frequenzbereich: 270 kHz

Navigationsecholot

- Frequenzbereich: 50 kHz

USBL Posidonia Positionierungssystem

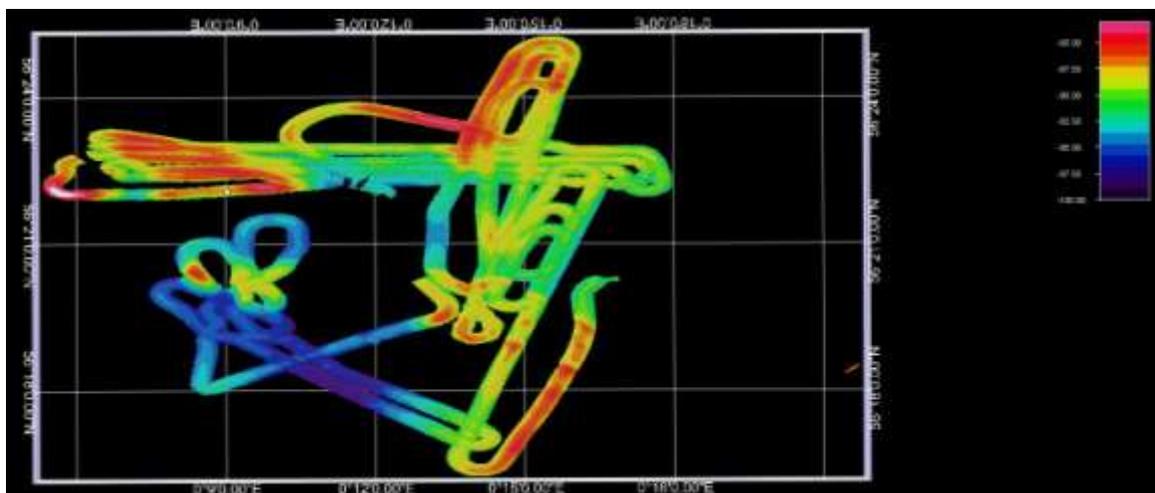


Abb. 5.3-1: Bathymetrische Daten Arbeitsgebiet 1

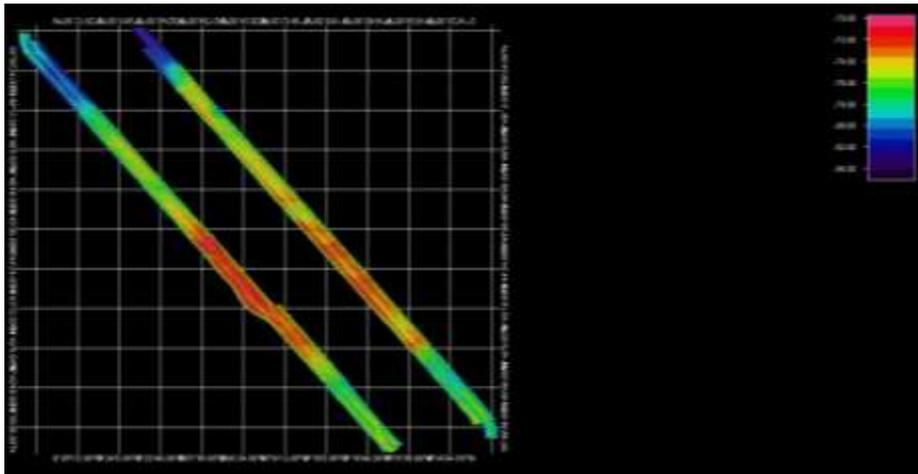


Abb. 5.3-2: Bathymetrische Daten, aufgezeichnet während der Akquisition der 3D-seismischen Daten

Interferenztests

Durch die große Zahl an hydroakustischen Systemen ergeben sich mehrere Einsatzkombinationen der Systeme. Für einige dieser Kombinationen wurde getestet, ob ein gemeinsamer Einsatz möglich ist und sinnvolle Ergebnisse liefert. Zu beachten ist, dass das Tiefwasserecholot EM 122 nur in geringer Tiefe zum Einsatz kam und die Ergebnisse des Fischecholots EK 60 durch die Bearbeiter nicht abschließend beurteilt werden können.

Tabelle 1: Mögliche und getestete Einsatzkombinationen der hydroakustischen Systeme

	EM710 70-100 (kHz)	EM122 12 (kHz)	EK60				ADCP 38 (kHz)	ADCP 75 (kHz)	Navlot 50 (kHz)	Parasound 16+20 (kHz)
			18	38	120	200				
EM710	----	OK	X bzw. +/-	X bzw. +/-	X	OK	OK bzw. +/-	X	OK	X
EM122	OK	----	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
EK60 (18 kHz)	OK		----							
EK60 (38 kHz)	OK			----						
EK60 (120 kHz)	OK				----					
EK60 (200 kHz)	OK					----				
ADCP (38 kHz)	OK						----			
ADCP (75 kHz)	X bzw. +/-								----	
Navlot	OK	OK							----	
Parasound										----

OK: keine Interferenzen, **+/-:** Interferenz vorhanden, Datennutzung eingeschränkt
X: starke Interferenzen, Datennutzung unmöglich, leeres Feld; keine Testergebnisse

Nachfolgend werden mit den Abbildungen 5.3-3 bis 5.3-9 einige der durch Interferenzen zwischen einzelnen hydroakustischen Systemen verursachte Aufzeichnungsfehler dokumentiert.

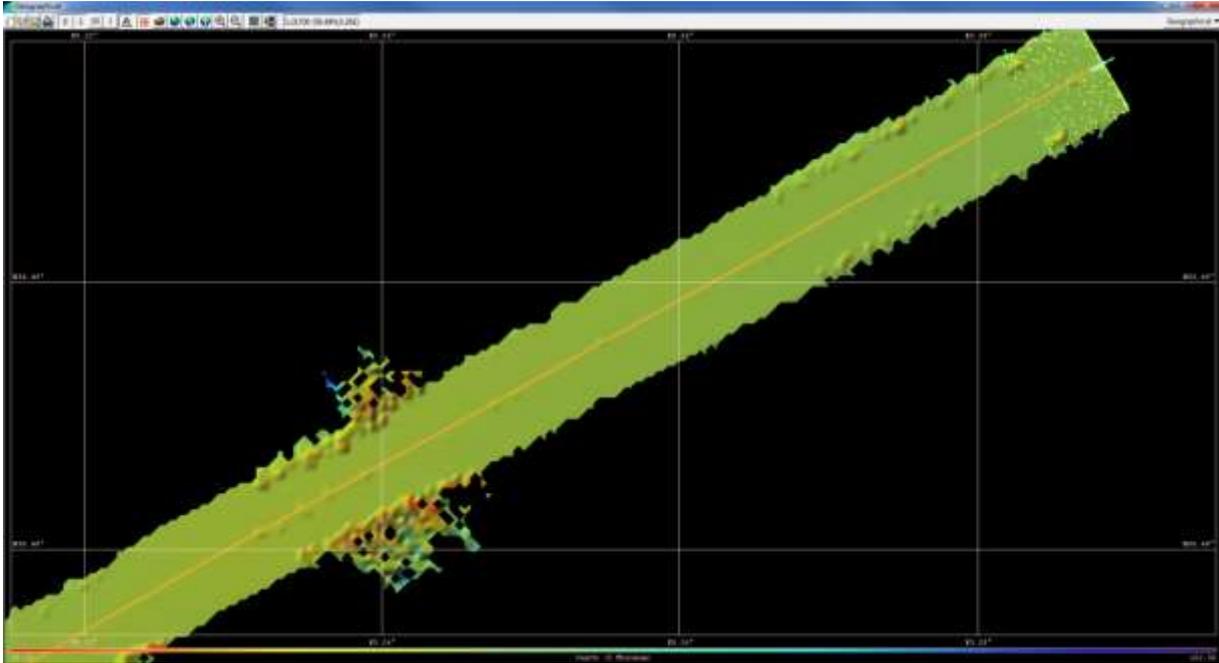


Abb. 5.3-3: Fehler durch EK60-System im EM710. Südlicher Bereich mit allen Frequenzen, nördlicher Bereich mit 18 kHz und 38 kHz.

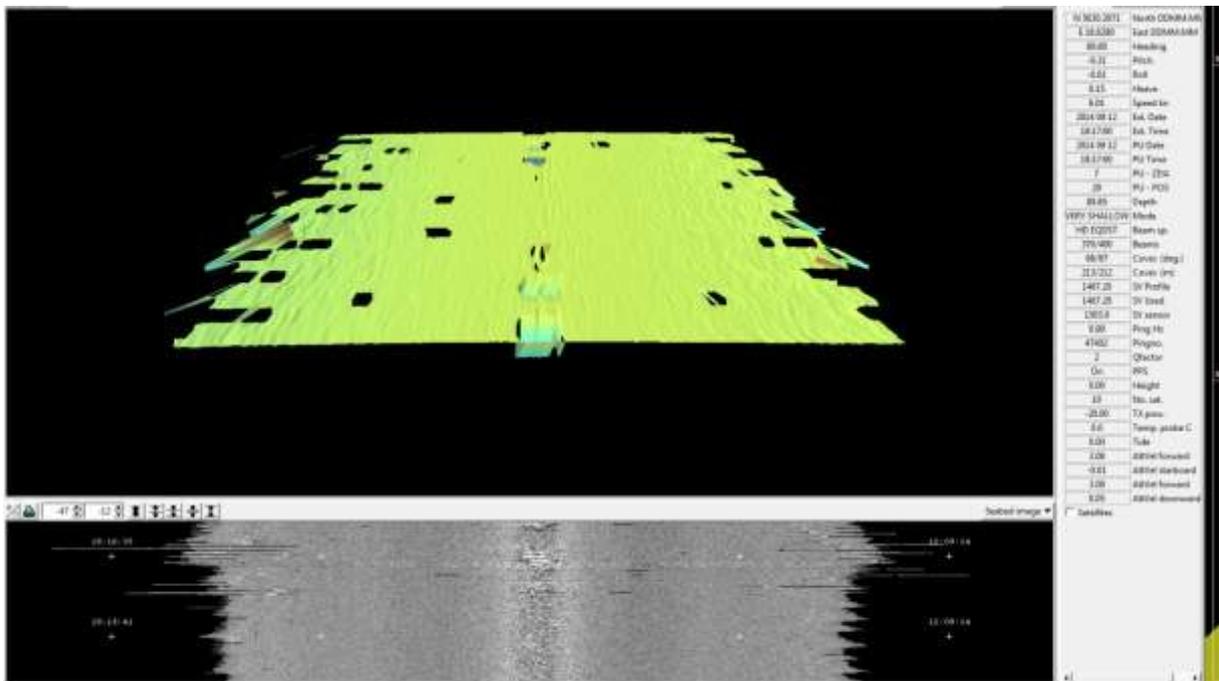


Abb. 5.3-1: Fehler bei der Datenaufnahme (EM710) durch EK60 (120kHz). Fehler hauptsächlich äußere und zentrale Beams.

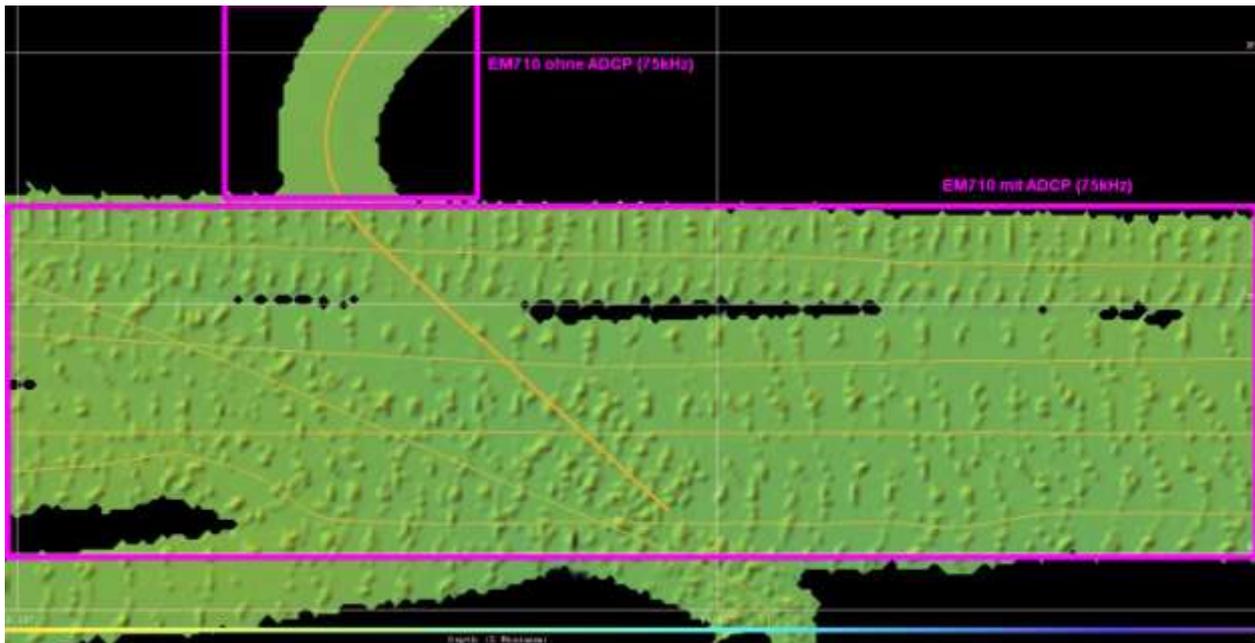


Abb. 5.3-2: Störung von EM710-Aufnahmen durch ADCP (75kHz).

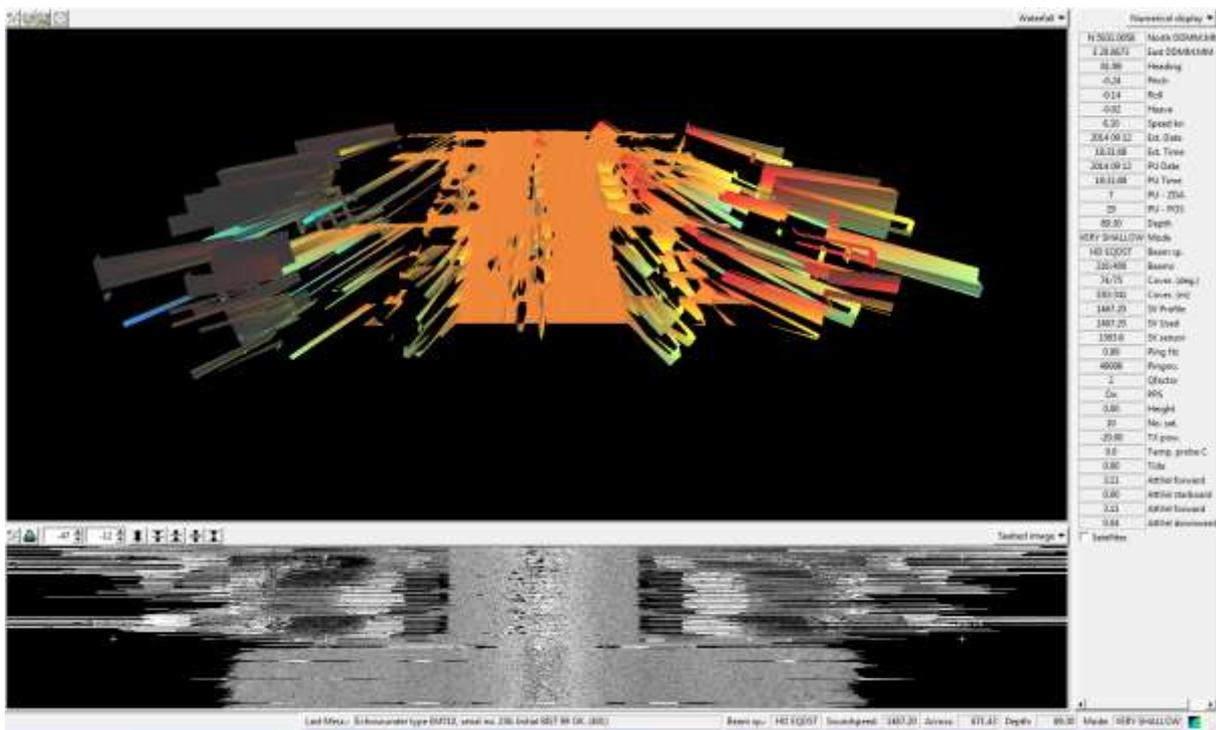


Abb. 5.3-3: Störung von EM710-Aufnahmen durch Parasound-System.

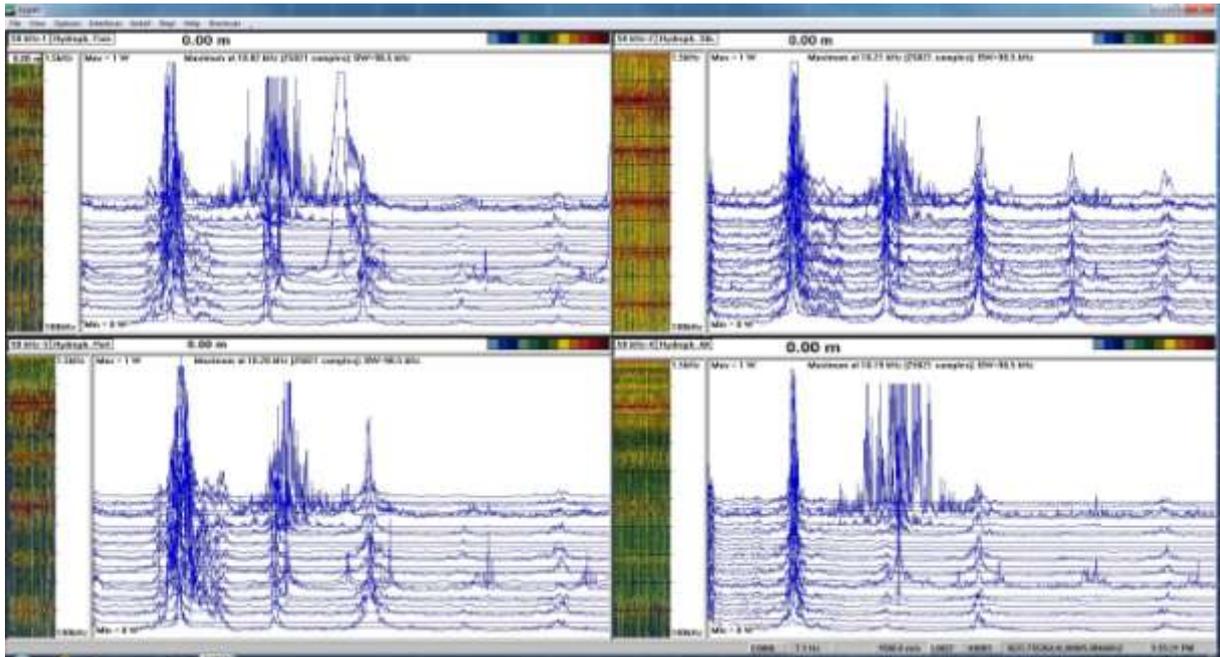


Abb.5.3-4: EA640 Kongsberg Noise Monitoring System mit vier Hydrophonen.

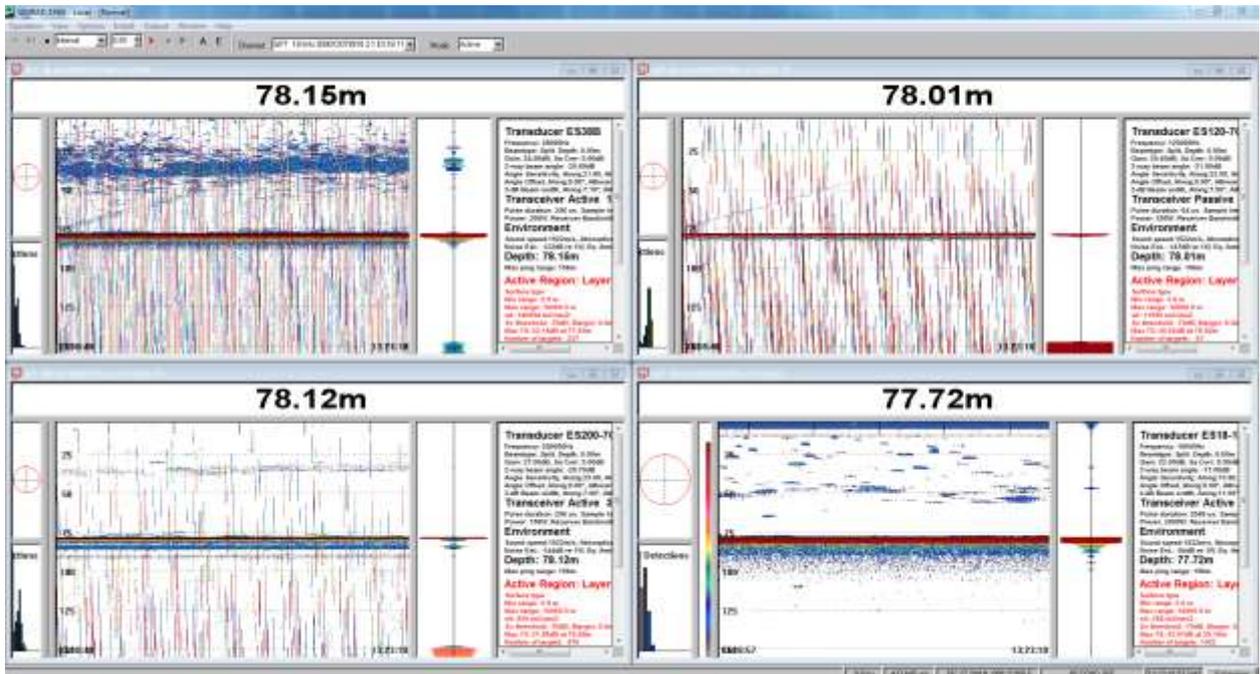


Abb.5.3-5: EK60 Fischecholot mit vier unterschiedlichen Frequenzen (18 kHz, 38 kHz, 120 kHz, 200 kHz).

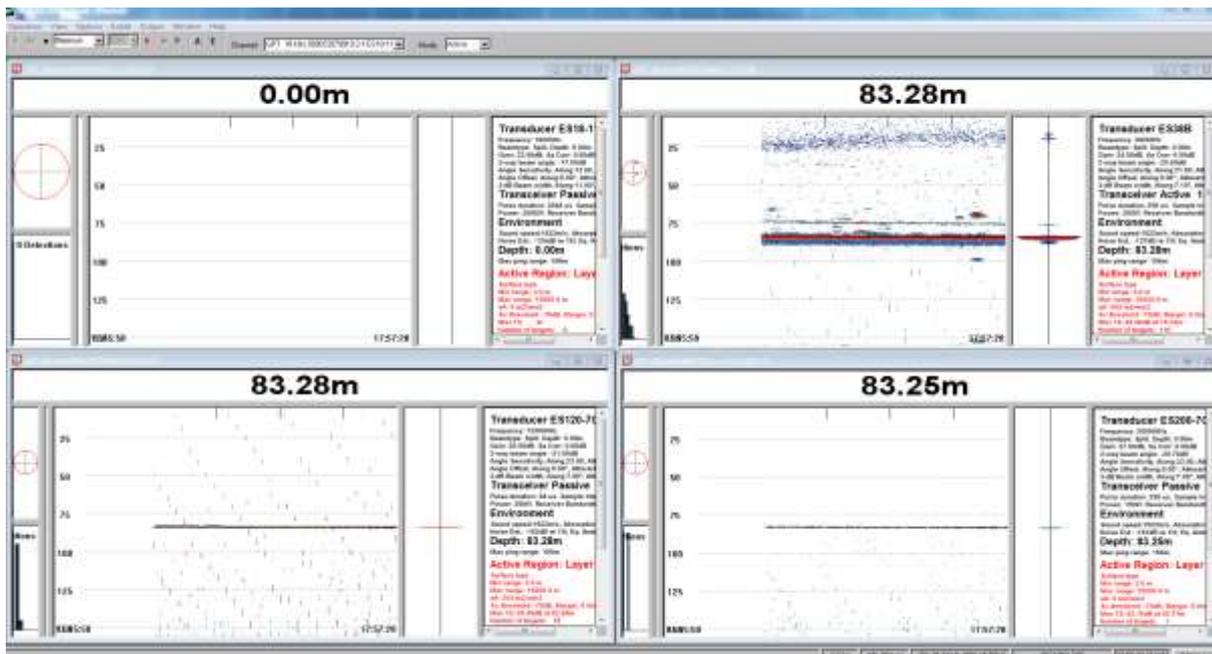


Abb.5.3-6: Falsche Zuordnung der Einträge im Auswahlmenü zu den Transducern des EK60 (18 kHz und 38 kHz vertauscht).

Fazit

EM710

Die Aufnahmen des Flachwasserecholotes werden durch das Parasound-System so stark gestört, dass sie nicht zu verwenden sind (

Abb. 5.3-3). Der gleichzeitige Einsatz der Systeme ist aber sinnvoll und nötig.

Erhebliche Störungen treten ebenfalls durch das Fischecholot (Abb und Abb. 5.3-1) und das 75 kHz-ADCP (Abb. 5.3-2) auf.

Noise Monitoring System

Das Noise Monitoring System ist sehr gut geeignet, sich schnell einen Überblick über die aktuell verwendeten Lote des Schiffs zu verschaffen. Um das System als Teilkomponente eines passiven akustischen Monitoring (PAM) Systems von marinen Säugern zu verwenden, wäre es notwendig eine Schnittstelle zu schaffen, um die Daten online zu analysieren. Eine hierzu geeignete, allgemein übliche (open-source) Software wäre PAMGUARD. (www.pamguard.org; PAMGUARD: SEMIAUTOMATED, OPEN SOURCE SOFTWARE FOR REAL-TIME ACOUSTIC DETECTION AND LOCALISATION OF CETACEANS). Das System deckt in der derzeitigen Konfiguration einen Frequenzbereich von 1,5-100 kHz ab. Zur Detektion aller marinen Säuger wäre eine Erweiterung des Frequenzspektrums wünschenswert. Tiefste Frequenzen werden mit 12 Hz von Blauwalen erreicht, die höchsten mit bis zu 300 kHz vom Großer Tümmler (Parsons et al., 2000).

5.4 Hydrographische Gerätetests des ICBM

(Badewien, T. H., Schulz, A.-C., Holinde, L. Schmitz, J., Raschke, M., Braun, A.)

Die Ergebnisse der Erprobung werden für die einzelnen ozeanographischen Messgeräte separat erläutert. Dabei wird auf die Fragestellung aus dem Erprobungsprogramm eingegangen.

5.4.1 CTD

Das CTD-System an Bord der FS Sonne besteht aus einer Unterwassereinheit CTD-Modell 9plus, einer Wasserschöpfereinheit mit Schöpferkarussell Modell SBE32, 24 Wasserschöpfern mit einem Volumen von 12 l und einer Deckeinheit Modell 11 plus V2 vom Hersteller Sea-Bird Electronics. Die CTD ist mit Doppelsensorik ausgestattet. Das bedeutet, dass je zwei Sensoren für Leitfähigkeit, Temperatur und Sauerstoffkonzentration vorhanden sind. Die Sensoren messen gleichzeitig, aber unabhängig von einander. Als zusätzliche Sensoren sind ein Altimeter, ein *in-situ* PAR-Lichtsensoren und ein Oberflächensensoren PAR vorhanden. Weitere Details zu den Sensoren sind im Anhang in dem CTD-Leitfaden zu finden. Alle Sensoren konnten während der Erprobung ohne Probleme integriert werden. Eine detaillierte Beschreibung zum Aufbau der CTD-Rosette, zur Handhabung der Software, zum Ablauf der Messung und zur Datenkonvertierung sind im Anhang A.6 (CTD User Guide) zu finden.

Insgesamt sind 24 CTD Profile incl. 10 Jojo-Profile gefahren worden. Die Genauigkeit der Doppelsensorik der Temperatur ist $dT < 0.001^\circ \text{C}$ und des Salzgehalts $dS < 0.002 \text{ psu}$. Dieses entspricht den Anforderungen und der Spezifikation des Herstellers.

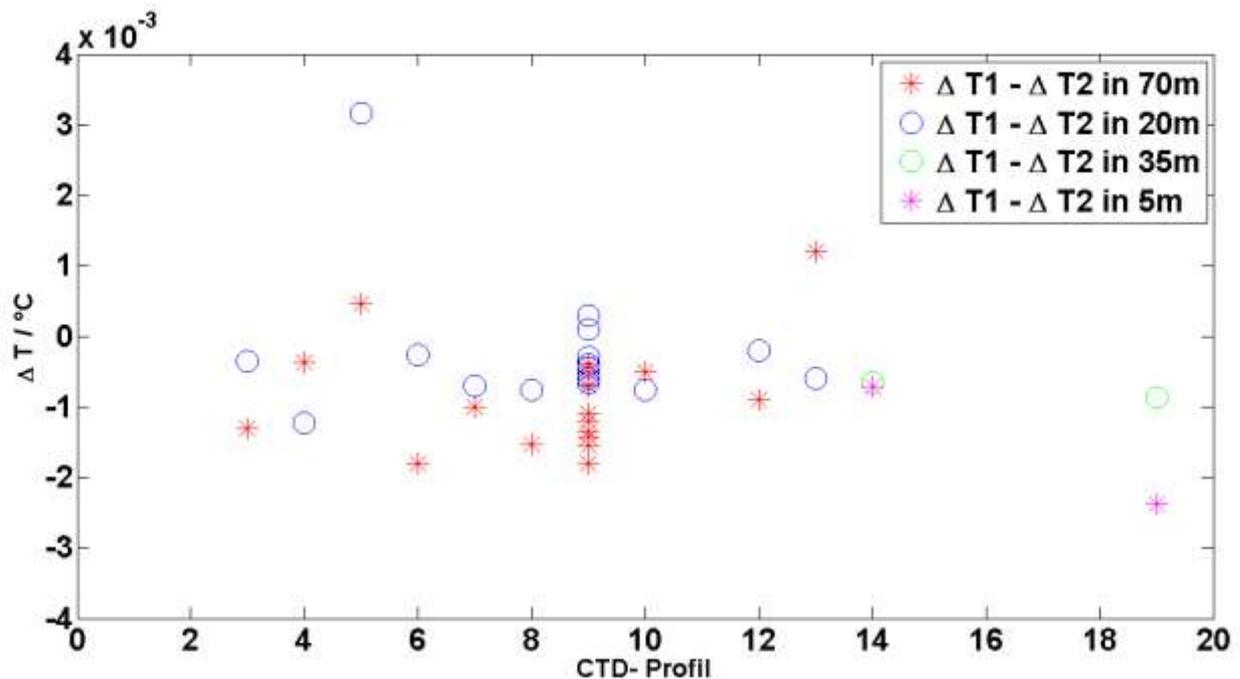


Abb.: 5.4-1: Temperaturvergleich der Doppelsensorik CTD Modell 9 plus.

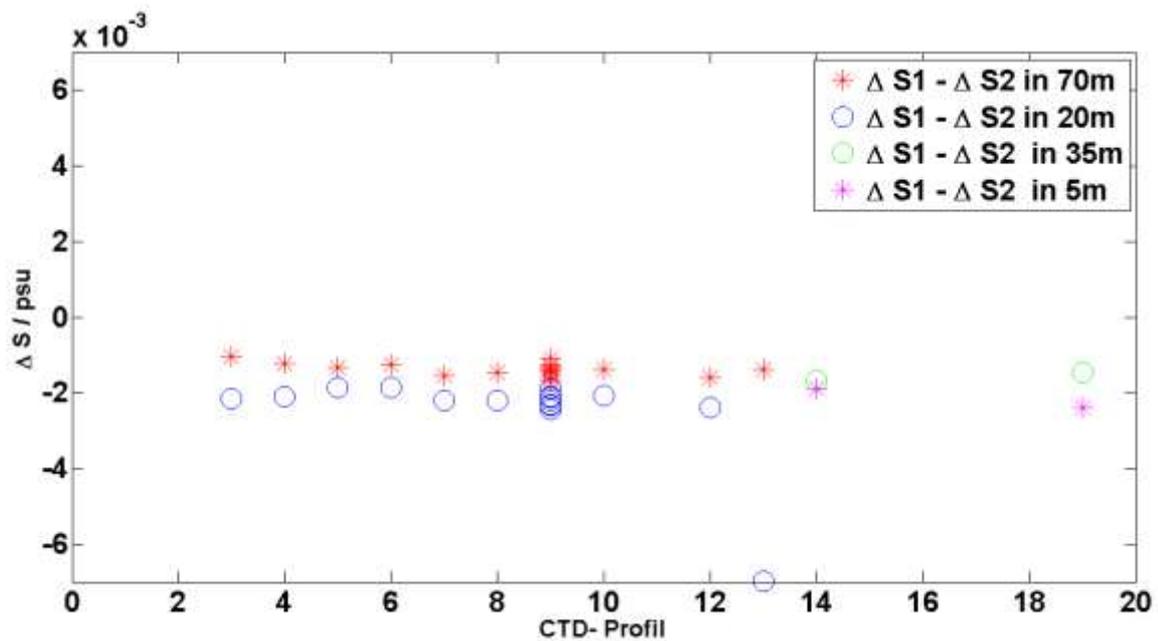


Abb.: 5.4-2: Salzgehaltsvergleich der Doppelsensorik CTD Modell 9plus.



Abb. 5.4-3: Aussetzen der CTD-Rosette (links) und Test einer eigenen CTD-Rosette (rechts)

Der Anschluss und der Betrieb einer eigenen CTD funktionierte problemlos. Eine Kabelführung zwischen dem Hangar und dem CTD-Labor sowie zwischen dem CTD-Labor und dem Arbeitsdeck ist möglich. Allerdings sind die Weglängen groß, d.h. die Strecke Arbeitsdeck – CTD Labor beträgt etwa 40 m.

Die Vollständigkeit der Sensoren und die Kalibrierdatenblätter sind überprüft worden. Ein fehlendes Datenblatt wurde angefordert.

Die Schiffs-CTD ist mit Steckverbindern der Impulse XSG/RMG Serie ausgestattet. Für den neuen Sea-Bird Electronics Standardsteckverbinder (MCBH Serie, z.B. Subcon) sind Adapterkabel und Pigtails notwendig.

Insgesamt verliefen alle Arbeiten reibungslos. Auch bei Seegang funktionierte das Aussetzen und Einholen der Messgeräte mit Hilfe des Schiebebalkens problemlos.

5.4.2 ADCP

Drei verschiedene akustische Strömungsmessgeräte sind verwendet worden:

- OS38NB, Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor
38 kHz (> 1000 m)
Low resolution, Narrowband: long range profiler
- OS75BB, Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor
75 kHz (> 500 m)
High resolution, Broadband: short range profiler
- WH1200, Teledyne RD Instruments – Workhorse Sentinel
1200 kHz (< 30 m)
High resolution, Broadband: short range profiler

Der Einbauort ist im Anhang (Abbildung A3-4) dargestellt.

Zum Einbau von Messgeräten in den Hydrographieschacht ist in der Werkstatt des ICBM ein Gestell nach den technischen Zeichnungen der Werft angefertigt worden. Dieses Gestell konnte mit Hilfe der Mannschaft ohne Probleme montiert werden. Besonders hilfreich bei der Handhabung waren die im Hangar befindlichen Krane. Eine detaillierte Beschreibung ist im Anhang unter Abbildung A 7.1 (Einbau eigener Sensoren in den Hydrographie-Schacht) zu finden.

Der Einfluss der Bug- und Heck-Azimut-Antriebe auf die ADCP-Daten ist mit Hilfe des im Hydrographieschacht eingebauten ADCP 1200 kHz getestet worden. Wegen eines technischen Defekts des Pumpjets konnte dessen Einfluss auf die Messungen nicht untersucht werden.

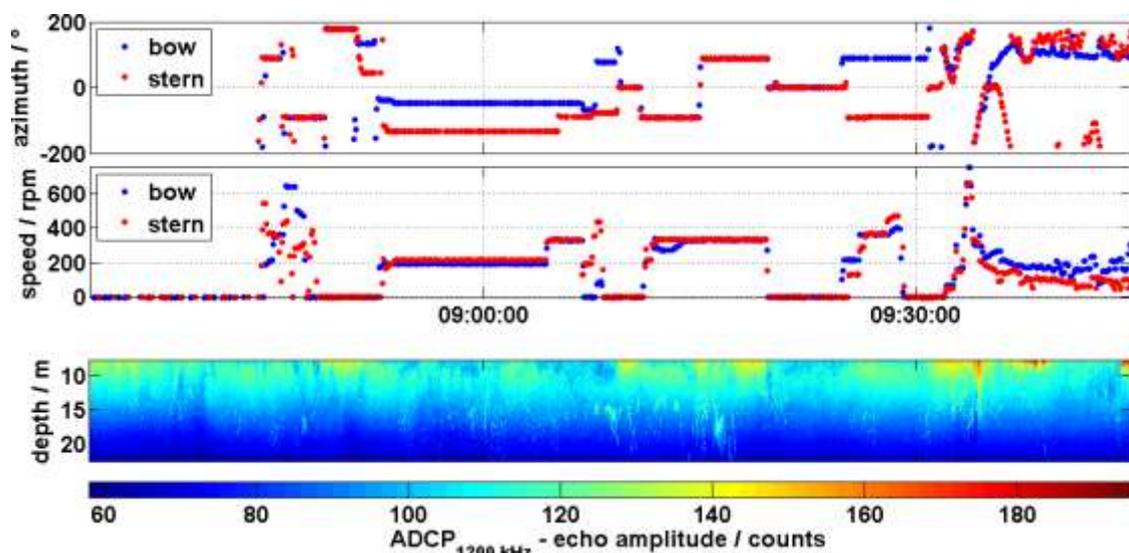


Abb. 5.4.-4: Azimutantriebe, Richtung und Drehzahl, ADCP 1200kHz Echo Amplitude & Magnitude Velocity

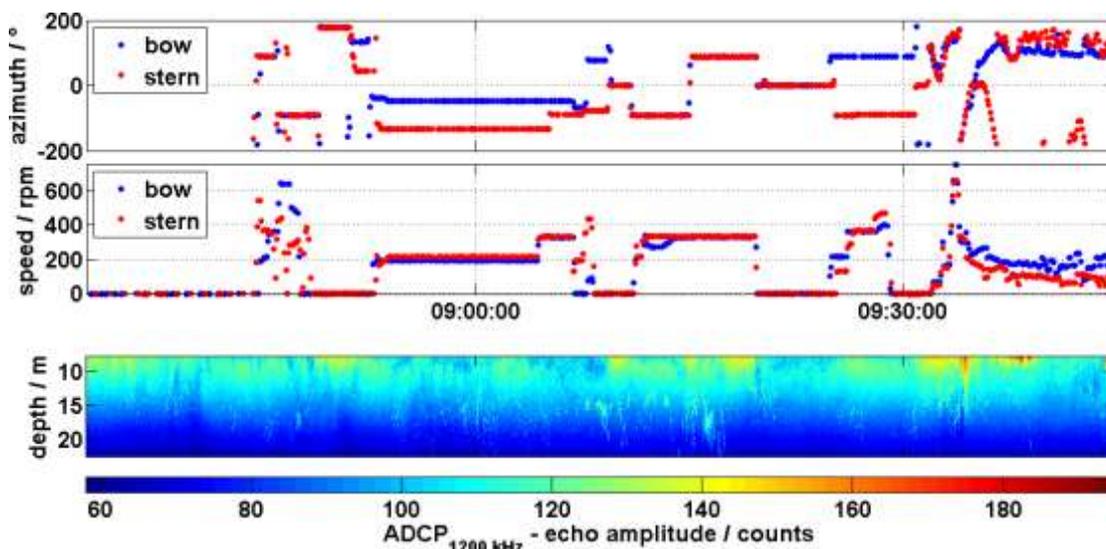


Abb. 5.4-5: Azimutantriebe, Richtung und Drehzahl, ADCP 1200kHz Magnitude Velocity

In den Abbildungen 5.4-4 und 5.4-5 sind die Einflüsse der Azimut-Antriebe auf die Messergebnisse dargestellt. Die ersten beiden Abbildungen zeigen die eingestellte Ausrichtung (Azimut / °) und die Anzahl der Umdrehungen (speed/rpm – rounds per minute) der beiden Azimut-Antriebe (bow: Bug und stern: achtern). Die Ergebnisse der ADCP-Messungen (echo amplitude / counts und magnitude velocity / m/s) zeigen einen starken Einfluss beider Azimut-Antriebe auf die Messdaten bei einer Propeller-Geschwindigkeit von bis zu 600 Umdrehungen pro Minute in den ersten 15 m unter dem Schiff (gemessen vom 1200 kHz-ADCP). Ein Einfluss auf tieferliegende Wasserschichten ist anhand der Ergebnisse aus beiden ADCP-Messungen nicht zu erkennen.

Die ADCP-Systeme wurden während der Messfahrten im Erprobungsbetrieb nicht durch Luftblasen unter dem Schiff gestört.

Eine Anleitung zum Betrieb der ADCP-Geräte ist im Anhang unter: A.7.2 (Quick Start Guide schiffseigene ADCP) und A.7.3 (Bedienungsanleitung für die ADCP Software VmDas auf dem TFS Sonne) zu finden.

5.4.3 Laborseewassersystem

Das komplexe Laborseewassersystem wurde für den routinemäßigen Betrieb zum ersten Mal in Betrieb genommen. Eine Prinzipskizze ergänzt die werftseitigen technischen Unterlagen und bietet somit den zukünftigen Arbeitsgruppen eine schnelle Einarbeitung in das System.

Das Laborseewassersystem ist in vier Gruppen unterteilt worden:

1. Einlassauswahl

Durch die manuelle Einstellung über 12 Ventile wird das Seewasser von den Ansaugstellen (Bug, Backbord, Steuerbord und Ausfahrgerät) auf die drei Pumpenstränge verteilt, Anhang A8.1.

2. Pumpen

Mit Hilfe einer Membranpumpe oder zwei Kreiselpumpen mit unterschiedlicher Fördermenge wird das Seewasser angesaugt, Anhang A8.2.

3. Durchflussauswahl

In diesem Bereich können durch die verschiedenen Ventilstellungen die einzelnen Abnahmestellen in den Laboren durch die entsprechenden Pumpen mit Seewasser

versorgt werden, in Anhang A8.3. Die möglichen Ventilstellungen sind in einer Übersicht im Anhang A8.5 zusammengefasst.

4. Laborverteilung

Der Verlauf der Leitungen in dem Schiff zu den einzelnen Laboren und zum seeseitigen Auslass ist im Anhang A8.4 dargestellt.



Abb. 5.4-7:

Laborseewasserversorgungsraum mit Einlassauswahl und Seewasserpumpen, Thermosalinograph und Durchflussauswahl.

Das Laborseewassersystem wurde über mehrere Tage getestet. Während dieses Tests wurden die einzelnen Zapfstellen in den Laborräumen und die Anschlussstellen in den Laborcontainern (LCA) überprüft. Alle Anschlussstellen lieferten Seewasser. Allerdings war die Beschriftung der Seewasserhähne nicht immer korrekt. Beim Test der verschiedenen Ansaugstellen fiel auf, dass weder an der Steuerbordseite noch am Bug ein Temperatursensor mit einer ausreichend hohen Genauigkeit vorhanden ist. Die Ansaugstelle im Ausfahrgerät konnte nicht getestet werden, da die notwendigen Verbindungsteile nicht vorhanden waren.

Auch der Thermosalinograph und das Fluorometer wurden ausführlich getestet. Eine erste Wartung wurde zusammen mit den Verantwortlichen an Bord durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass die Durchflussmenge bei beiden Geräten nicht bekannt ist. Der Thermosalinograph ist mit einem Anti-Foulant Device (Sea-Bird AF 24173) ausgestattet. Die Inhaltstoffe sind stark gesundheitsgefährdend. Ein Hinweis hierauf ist weder am System noch in den Laboren vorhanden.

5.4.4 D-Ship

Als zentrales Datenerfassungssystem ist das D-Ship-System der Firma WERUM Version 4.0 verfügbar. Es stellt Daten für wissenschaftliche und nautische Anwender online zur Verfügung und speichert sie in einer zentralen Datenbank. Dieses System wurde in allen Funktionen erfolgreich getestet. Die neue Version stand nicht wie ursprünglich vorgesehen zur Verfügung und konnte somit nicht getestet werden

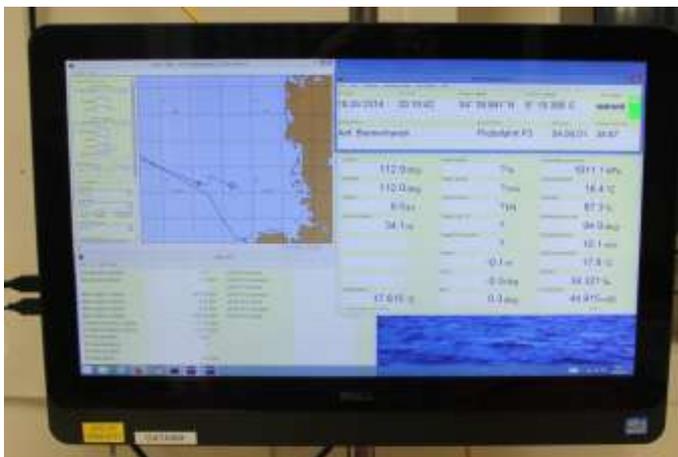


Abb. 5. 4-8:

Bildschirmfoto des D-Ship Systems Version 4.0

6. Zusammenfassung der Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Arbeitsdeck und Pulserstation

1. Hebezeuge: Das Kran-Konzept des TFS SONNE ist sehr gut. Aufgrund der guten Abdeckung des Arbeitsdecks mit Kränen und auch aufgrund der Größe des Arbeitsdecks sind alle Aufrüstarbeiten zügiger als erhofft vonstatten gegangen. Alle Kranhaken sind nicht mit einem Wirbel ausgestattet und sehr schwer. Hier ist eine Nachrüstung mit Wirbeln eigentlich zwingend. Außerdem sollten Haken mit geringerem Gewicht verbaut werden, sollte aber wegen einem für die Drähte erforderlichem Eigengewicht noch geklärt werden.
2. Luftpulser-Ablaufbahn: Die Höhe der oberen Winden auf den mobilen Windenböcken ist zu hoch. Hier sollten die oberen Winden deutlich tiefer mit einer Ablaufhöhe der Drähte von ca. 500 mm unter dem Doppel-T-Träger montiert werden. Während der Erprobungsfahrt behelfen wir uns mit einem abgespannten Block, um den oberen Draht umzulenken. Eine ähnliche Konstruktion ist eventuell auch für den regulären Betrieb der Ablaufbahnen vorstellbar. (s. Abb. 5.1.2-7). Die oberen Windentrommeln sollten auf ca. 80m Draht von 12mm bis 18mmØ ausgelegt werden.

Abb. 5.1.2-7: Abgespannter Block zur Nutzung der Ablaufbahnen
3. Kompressoren und Pulserstation: Die Sauer & Sohn Kompressoren arbeiteten im Laufe der Tests einwandfrei. Druck und Liefermenge konnten sehr gut eingestellt werden.
Kritik-Punkt Pulserstation: Während der Nutzung der Kompressoren bauten sich in der Pulserstation deutlich spürbare und hörbare Vibrationen auf, die im Dauerbetrieb stören und das Material ermüden.
4. Adapterplatte für Windenbock: Die für BGR beschaffte Adapterplatte zur Befestigung eines Windenbocks auf dem M24-Decksraster in Längs- und Querrichtung sollte auch allen anderen Nutzern zur Verfügung stehen. Ein Windenbock ist damit universell auf dem gesamten M24-Raster verwendbar. Die Adapterplatte sollte an Bord gelagert werden
5. Versenkbare Heckpforte: Beim vertikalen Hieven von Außenboardsystemen direkt am Spiegel unterhalb der Heckpforte besteht bei geschlossener oder teilversenkter Heckpforte ein akutes Risiko vom Verhaken der Systeme in der Heckpfortennische (wie bei der Erprobungsfahrt geschehen). Verstärkt wird die Situation durch die fehlenden Wirbel an den Kranhaken!
6. Beleuchtung: Die Beleuchtung in den heckwärtigen Bereich ist unzureichend. Für Arbeiten bei Dunkelheit an geschleppten Systemen (beispielsweise Luftpulsern oder Streamern) steht keine ausreichende Beleuchtung zur Kontrolle geschleppter Systeme zur Verfügung.
7. Befestigungspunkte: Auf- und hinter dem Schanzkleid sind zu wenig Klampen und Augen auf und hinter der Schanz beidseitig ab Aufbauten und achtern, die zum Belegen von Beiholern etc. und Laschen benutzt werden können.

Hydroakustik

8. Bathymetrie/Lote: Es treten unerwünschte Interferenzen zwischen einzelnen Systemen auf, die die Qualität der EM710-Daten beeinträchtigen (s. Kapitel 5.3). Der gleichzeitige Einsatz von Multibeam EM710 und Parasound ist wegen starker wechselseitiger Störungen unmöglich. Es ist dringend erforderlich, die Ursache der Störung zu ermitteln (Kongsberg-Atlas) und abzustellen.
9. Noise Monitoring System: Das System sollte um eine Schnittstelle erweitert werden, um es auch zur hydroakustischen Walbeobachtung einsetzen zu können. Über diese Schnittstelle ließen sich herkömmliche passive akustische Monitoring (PAM)-Systeme nutzen, die in Verbindung mit entsprechender Standard-Software zur Überwachung mariner Säuger bei seismischen Arbeiten üblicherweise Anwendung finden. Eine Erweiterung des Frequenzspektrums des Noise Monitoring System wäre wünschenswert. (vgl. Kapitel 5.3)

ADCP

10. Der Einfluss der Azimut-Antriebe reicht bis 15 m unter das Schiff und beeinflusst somit die Ergebnisse von profilierenden Messungen. Bei der Verwendung des dynamischen Positionierungssystems (DP) ist darauf zu achten, dass die Richtung im Bereich der Steuerbordseite nicht verwendet wird.
11. Eine direkte Kabeldurchführung zwischen CTD-Labor und Hangar wäre hilfreich um Geräte in den Hydrographieschächten zu betreiben.

Laborseewassersystem

12. Die Beschriftung der Laborseewasserhähne in allen Laborräumen und den Laborcontaineranschlussstellen (LCA) muss auf korrekte Zuordnung überprüft werden .
13. Ein Wartungsplan muss erstellt werden, um einen reibungslosen Betrieb zu gewährleisten. Dieser muss mit den Verantwortlichen an Bord, dem Hersteller und den wissenschaftlichen Arbeitsgruppen in den einzelnen Instituten abgestimmt werden.
14. Es bedarf einer dringenden Überprüfung des gesamten Laborwassersystems auf eine Gefährdung durch das Anti-Foulant Device im Thermosalinographen. Ggf. muss das Laborseewassers vom Thermosalinographen entkoppelt oder das Anti-Foulant Device entfernt werden.
15. Um langfristig die Datenqualität sicherstellen zu können, sollte ein automatisiertes Reinigungssystem installiert werden, welches auf anderen Forschungsschiffen seit Jahren erfolgreich in Betrieb ist.
16. Ein Sprinkler der Feuerlöschanlage befindet sich nahe der Oberseite des Thermosalinographen und behindert die Wartung dieses Gerätes erheblich. Er muss an eine andere Position verlegt werden.
17. Alle Ansaugstellen müssen mit einem Temperatursensor mit hoher Genauigkeit versehen werden, wie dieses bereits an den bckbord-seitigen Anschlussstellen vorhanden ist (SBE 38). Gleichzeitig sollten diese Messwerte in das D-Ship-System integriert werden. Langfristig ist zu empfehlen, dass im Schacht des Ausfahrgerätes eine zusätzliche Ansaugstelle mit Temperatursensor direkt im Schiffsboden installiert wird. Dann steht diese Ansaugstelle auch zur Verfügung, wenn eine Sonde im Ausfahrgerät eingebaut ist.

18. Zusätzliche Durchflussmessgeräte müssen jeweils direkt am Ausgang des Thermosalinographen und des Fluorometers installiert werden, damit der Durchfluss eingestellt und überwacht werden kann. Die Messwerte sollten in das D-Ship-System integriert werden.

D-Ship

19. Ein Vergleich der neuen Version des D-Ship mit der Version 4.0 konnte nicht vorgenommen, da es noch nicht zu Verfügung stand.

7 Datenverfügbarkeit

Da im Rahmen der wissenschaftlichen Erprobung die Tests der einzelnen Gerätesysteme im Vordergrund standen, war kein Messprogramm zur Erhebung wissenschaftlicher Daten geplant. Maßgebend für die Festlegung des Erprobungsgebietes waren die eingangs unter Kap.3 genannten Auswahlkriterien. Gleichwohl können die im Fahrtzeitraum akquirierten Daten interessierten Nutzern über die BGR Hannover und das ICBM Oldenburg bzw. durch die Arbeitsgruppen beider Institutionen zugänglich gemacht werden.

8 Danksagung

Die Fahrt fand statt im Rahmen der vom BMBF finanzierten wissenschaftlichen Erprobung des neuen TFS SONNE. Wir bedanken uns bei Kapitän Lutz Mallon und der gesamten Besatzung für die freundliche Unterstützung und stetige Kooperationsbereitschaft, die unerlässlich war bei der Durchführung der Arbeiten und für die erfolgreiche Erfüllung unseres Erprobungsprogramms. Der Leitstelle Deutsche Forschungsstelle und dem BMBF gilt unser Dank für die Unterstützung bei der Bewältigung aller organisatorischen und logistischen Probleme.

9 Literatur

- Damm, V. and scientific crew (2012): 3D-Test North Sea, Cruise No. 88, Leg 1, August 10th-Septemebr 6th, 2012, METEOR-Berichte, 51 pp., Universität Hamburg
- JNCC (2010): JNCC guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys , UK's Joint Nature Conservation Committee JNCC, at http://jncc.defra.gov.uk/pdf/JNCC_Guidelines_Seismic%20Guidelines_Aug%202010.pdf
- Parsons, E.C.M., I. Birks, P.G.H. Evans, J.C.D. Gordon, J.H. Shrimpton and S. Pooley (2000): The Possible Impacts of Military Activity on Cetaceans in West Scotland. European Research on Cetaceans, 14, p. 185-191.

A.1 Teilnehmende Institute

Institution	Adresse
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe Stilleweg 2 30655 Hannover
ICBM	Institut für Biologie und Chemie des Meeres (ICBM) Carl von Ossietzky Straße 911 26133 Oldenburg
RPS	RPS Energy Nelson House, Coombe Lane Axminster, Devon, Ex 13 5 AX United Kingdom
BRIESE	Briese Schifffahrts GmbH & Co. KG Abt. Forschungsschifffahrt Hafenstraße 12 26789 Leer
UHH	Universität Hamburg Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN) Leitstelle Deutsche Forschungsschiffe Bundesstrasse 53 20146 Hamburg

A.2 Schiffsbesatzung

	Name	Disziplin
1.	Mallon, Lutz	Kapitän
2.	Aden, Nils	1. Offizier
3.	Goebel, Jens	2. Offizier
4.	Henning, Tim	2. Offizier
5.	Walther, Anke	Schiffsärztin
6.	Hermesmeyer, Dieter	Leitender Ingenieur
7.	Genschow, Steffen	2. Ingenieur
8.	Stegmann, Tim	2. Ingenieur
9.	Schmidt, Hendrik	Elektriker
10.	Grossmann, Mathias	Leitender Elektroniker
11.	Borchert, Wolfgang	System Manager
12.	Pregler, Hermann	Elektroniker
13.	Friesenborg, Helmut	Deckschlosser
14.	Bolik, Torsten	SM / MW
15.	Kuderski, Jens	SM / MW
16.	Altendorf, Denis	SM / MW
17.	Mucke, Hans-Peter	Bootsmann
18.	Bierstedt, Torsten	SM / Matrose
19.	Fischer, Sascha	SM / Matrose
20.	Eidam, Oliver	SM / Matrose
21.	Hoffmann, Georg	SM / Matrose
22.	Altmann, Detlef	SM / Matrose
23.	Tiemann, Frank	Koch
24.	Klafak, Roland	2. Koch
25.	Pohl, Andreas	1. Steward
26.	Lemm, Rene	2. Steward
27.	Steep, Mike	2. Steward
28.	Kröger, Sven	2. Steward
29.	Kuhn, Benedict	Azubi

A.3 Position der Navigationssensoren, GPS-Antennen und Lote

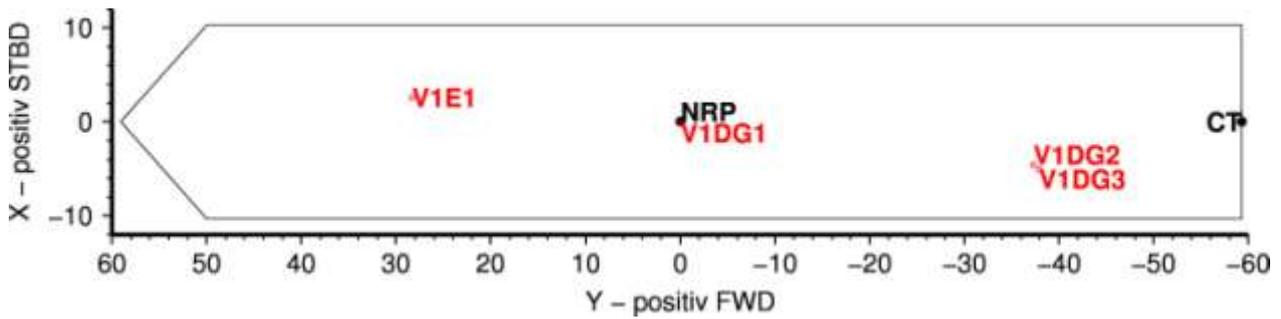
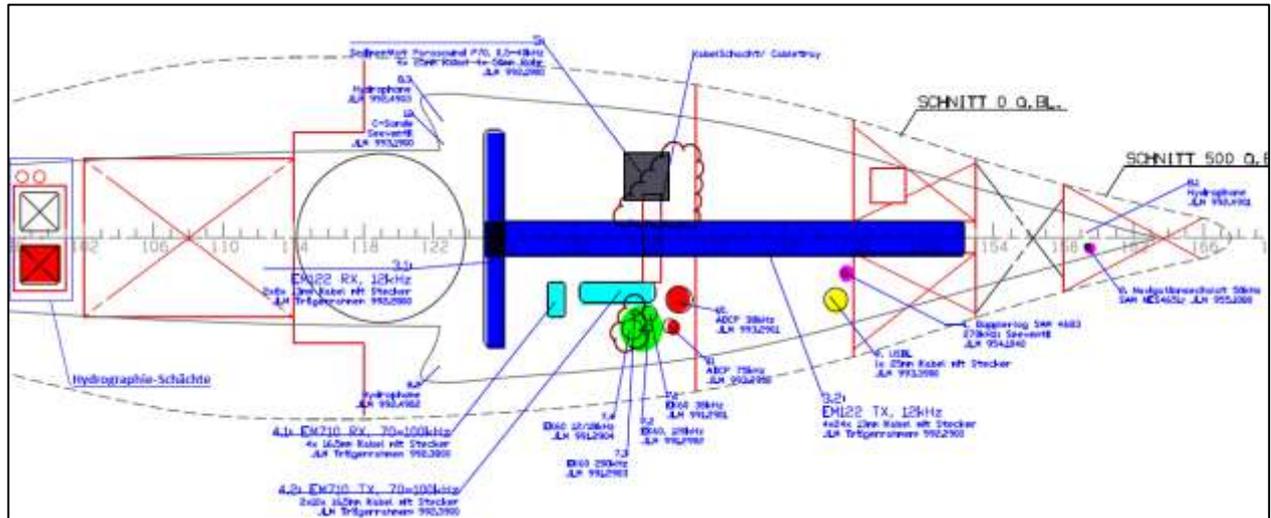


Abb. A3-1: Skalierter Lageplan der Navigationssensoren.

Tab. A.3 Positionen der Navigationssensoren, bezogen auf den „navigation reference point, NRP“. Die Punktbezeichnung entspricht der in Spectra verwendeten Nomenklatur. Positive Z-Werte zählen nach oben.

Punkt	X (m)	Y (m)	Z (m)	Beschreibung
NRP	0,00	0,00	0,00	Auf Schiffsachse, 6,40 m über Kiellinie
V1DG1	-0,18	0,00	1,16	DGPS, bezogen auf Lagesensor (MRU5+)
V1DG2	-4,55	-37,32	10,64	GPS der PowerRTNU
V1DG3	-5,08	-37,89	10,52	RPGS-Referenz (Kongsberg Seatrack)
V1E1	2,58	28,37	-6,40	Echolot
CT	0,00	-59,29	3,47	Mitte Heckspiegel, auf Höhe Arbeitsdeck



Bezeichnung	Gerät	Frequenz / kHz
Fächerecholot – Tiefsee	EM122	12
Fächerecholot	E710	70-100 (Range)
Fischereiecholot	EK60	18
Fischereiecholot	EK60	38
Fischereiecholot	EK60	120
Fischereiecholot	EK60	200
Sedimentlot Parasound	P70	0.5-40 (Range): 4, 18, 22 (genutzte Frequenzen)
Unterwasserortung	USBL	8 – 16 (Range)
Navigationsslot	SAM NES4651	50
Dopplerlog	SAM 4683	270
ADCP	OS38NB	38
ADCP	OS75BB	75
ADCP	WH1200	1200

Abb. A3-2: Einbauorte der akustischen Messgeräte TFS Sonne und Beschreibung der einzelnen Gräte.

A.4 Dokumentation zur Beobachtung mariner Säuger

Marine mammal observation to comply with environmental best practice standards

The United Kingdom Government requires that marine mammal observers (MMOs) are carried aboard commercial seismic survey vessels. In the adoption of best practice to international standards, BGR ('the operator') implemented an MMO regime aboard the R.V. 'Sonne' for the survey, known as BGR-Cruise Erprobungsfahrt_3D, which involved the use of two different noise-source arrays.

The Guidelines set down in August 2010 by the UK's Joint Nature Conservation Committee (JNCC, at www.jncc.gov.uk/marine) were in use on this survey. The purpose of the JNCC Guidelines is to minimise the risk of possible injury from seismic survey noise-source operation to marine mammals including seals, whales, porpoises and dolphins.

There was one certified MMO, contracted through RPS Energy in UK, to fulfil the obligations in mitigating for seismic survey operations in the sea area to the east of Scotland during the cruise. The role of the trained MMO was to: advise on the use of the JNCC Guidelines in all seismic survey activities and conduct visual searches for marine mammals prior to the use of either noise-source array.

The mitigation measures adopted by the operator were appropriate to minimise the risk of causing harm to marine mammals and followed the best practice set out below (and see the Appendix). The role of the MMO was as follows:

- Conduct 30 minute pre-shooting watches of a 500m exclusion zone around the noise-source array to ensure the absence of marine mammals before the commencement of any soft-start or gun test.

- To monitor soft-starts of the seismic array to ensure a minimum of 20 minutes in (and no greater than 40 minutes) in duration.

- To ensure that marine mammals have the opportunity to leave the survey area and request a delay to the soft-start if a marine mammal is sighted within the exclusion zone.

- To advise the crew on the procedures set out in the JNCC Guidelines and to provide advice to ensure that the survey programme is undertaken in accordance with those Guidelines.

- To conduct watches in daylight hours, and so document any marine mammal sightings.

- To document and report all source array use hours, observation effort hours, mammal sightings and mitigation and compliance issues.

The MMO kept a watch during part of daylight hours – at this latitude it was daylight approx. 13.5 hours each day. The MMO worked, or was on call, from (local) 7.30 a.m. to 9 p.m.

The detailed final MMO report, by week, is attached in the Weekly Reports and Protocol.

Fortsetzung A.4**MMO NOTES REGARDING MITIGATION FOR WATCHES DURING BGR SURVEY
CRUISE-ERPROBUNGSFAHRT 3D****Week One (ending 13th Sept. incl.)***Sightings*

During transit to the work site, just one sight record of marine mammals was made by the MMO. This and the week's other records are set out in the table below:

<i>Record</i>	<i>No. of animals</i>	<i>In dedicated watch</i>	<i>Incidental sighting</i>
White-beaked dolphin	3	X	
White-beaked dolphin	5	X	
Minke whale	1		X

A second record of minke whale (not seen by the MMO) occurred in the same evening; it is not known if this was perhaps the same animal.

Weather

Generally good to very good conditions, after Monday 8th September when sea state was Beaufort 6 (during the transit leg). Sea state between 1 and 4 Beaufort, winds from all directions. Swell below 2m. Larger swell and white-caps had affected visibility on 8th. Haze-fog at range hindered a little the observation work on 12th.

Watch hours

37 hrs, 45 mins of watch effort was recorded. Of that, time with guns active was 6 hrs, 53 mins.

Compliance with mitigation guidelines

Survey trial-work began on 9th September. Soft starts (3) complied with the JNCC Guidelines (2010).

Issues arising

None.

NATHAN GRICKS - MMO

Fortsetzung A.4**MMO NOTES REGARDING MITIGATION FOR WATCHES DURING BGR SURVEY CRUISE-ERPROBUNGSFAHRT 3D****Week Two (ending 18th Sept. incl.)***Sightings*

During transit to the port, no sight record of marine mammals was made by the Marine Mammal Observer. The week's other records are set out in the table below:

<i>Species recorded</i>	<i>No. of sightings</i>	<i>No. of animals</i>	<i>In dedicated watch</i>
Grey seal	1	1	X
White-beaked dolphin	1	4	X
Minke whale	1	1	X
Harbour seal	2	2	X

Weather

Generally poor to average conditions, with observation work adversely affected on all days save 16th (when sea state 2- 3 Beaufort only). Winds from the eastern quarter (north-east to south-east), up to force 6 Beaufort on the 15th and 18th September. Thick fog prevented any observation work on 17th. Transit leg after the survey on 18th was windy (force 5-6) and sea state was choppy.

Watch hours

22 hrs, 42 mins of watch effort was recorded. Of that, time with guns active was 4 hrs, 12 mins.

Compliance with mitigation guidelines

Soft start (1) complied with the JNCC Guidelines (2010).

The line change duration in each case was targeted to be less than 40 minutes. As a result, the small air-guns (150 cu. inches volume) were left active. The Shot Point Interval was altered to one shot per minute in the line-change turn phase.

Issues arising

The survey lines were eight in a tight grid, allowing the ship to turn between them in no more than 40 minutes (per JNCC Guidelines at 3.4.2), with the noise-source still active.

However, the seismic team and marine crew experienced difficulty in ensuring the correct duration of the line-change turn. In 2 cases of 6, the time for the turn - less run-in to line - exceeded that advised in the JNCC Guidelines (at 43 and 42 minutes respectively).

NATHAN GRICKS - MMO

A.5 Stationsliste SONNE-Trial P3

Station	Date	Gear	Time	PositionLat	PositionLon	Depth [m]	Action
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	07:23:00	56° 22,65' N	0° 11,11' E	84,6	airguns in water
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	08:09:00	56° 23,32' N	0° 13,99' E	77,8	airguns inwater
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	08:51:00	56° 20,91' N	0° 14,29' E	81,3	start of shooting
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	12:44:00	56° 19,87' N	0° 14,02' E	81	end of shooting
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	13:02:00	56° 19,45' N	0° 13,83' E	80,4	start of shooting
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	16:20:00	56° 17,51' N	0° 14,05' E	83	end of shooting
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	17:18:00	56° 18,65' N	0° 15,93' E	81	array on deck
SO1/0004-2	9.9.14	Airgun arrays	17:44:59	56° 20,28' N	0° 16,54' E	84,1	buoy on deck
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	18:00:00	56° 20,28' N	0° 16,62' E	84	surface
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	18:09:00	56° 20,27' N	0° 16,62' E	84	at depth
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	19:00:00	56° 20,27' N	0° 16,62' E	83,7	on deck
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	19:14:00	56° 20,27' N	0° 16,62' E	83,4	surface
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	19:22:00	56° 20,28' N	0° 16,62' E	82,9	at depth
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	19:30:00	56° 20,28' N	0° 16,62' E	83,3	on deck
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	19:45:00	56° 20,27' N	0° 16,62' E	82,9	surface
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	19:52:00	56° 20,27' N	0° 16,62' E	83,1	at depth
SO1/0005-1	9.9.14	CTD	21:00:59	56° 20,27' N	0° 16,62' E	83,2	on deck
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	06:48:00	56° 20,55' N	0° 13,38' E	85,6	surface
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	06:54:00	56° 20,55' N	0° 13,38' E	85,3	at depth
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	07:04:00	56° 20,55' N	0° 13,38' E	85,6	on deck
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	08:36:00	56° 20,56' N	0° 13,35' E	86	surface
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	08:42:00	56° 20,57' N	0° 13,29' E	85,7	at depth
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	08:49:00	56° 20,62' N	0° 13,19' E	86,5	on deck
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	08:57:00	56° 20,65' N	0° 13,09' E	86,5	surface
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	09:05:00	56° 20,71' N	0° 12,98' E	86,2	at depth
SO1/0006-1	10.9.14	CTD	09:08:59	56° 20,73' N	0° 12,97' E	86,7	on deck
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	11:25:00	56° 22,07' N	0° 11,00' E	86,5	buoy in water
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	11:47:00	56° 20,93' N	0° 12,21' E	87	GI guns in water
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	12:37:00	56° 18,46' N	0° 9,90' E	87,7	GI gun on deck
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	13:02:00	56° 18,65' N	0° 8,63' E	87,4	GI guns in water
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	13:12:00	56° 19,26' N	0° 8,75' E	88,4	start of shooting
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	16:28:00	56° 17,42' N	0° 12,77' E	86,4	end of shooting
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	16:44:00	56° 16,92' N	0° 14,15' E	81,6	GI gun on deck
SO1/0007-1	10.9.14	GI-gun	17:20:59	56° 19,23' N	0° 9,34' E	88,3	buoy on deck
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	06:42:00	56° 30,15' N	0° 8,35' E	73,2	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	07:39:00	56° 30,19' N	0° 6,04' E	75,2	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	08:55:00	56° 30,63' N	0° 3,98' E	71	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	09:39:00	56° 30,80' N	0° 2,62' E	71,2	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	11:15:00	56° 31,89' N	0° 1,06' E	66,7	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	12:36:00	56° 28,45' N	0° 4,21' E	77	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	12:53:00	56° 28,30' N	0° 4,46' E	77,7	rigging test
SO1/0008-1	12.9.14	Paravan Sb	14:01:59	56° 27,44' N	0° 6,51' E	78,2	rigging test

Fortsetzung A.5

SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	07:20:00	56° 32,50' N	0° 8,75' E	69,7	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	08:03:00	56° 32,23' N	0° 5,99' E	83,2	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	10:45:00	56° 34,50' N	0° 2,47' E	70,2	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	12:02:00	56° 32,62' N	0° 3,31' E	80	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	12:10:00	56° 32,54' N	0° 3,41' E	79,5	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	12:50:00	56° 31,23' N	0° 4,10' E	74,5	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	13:00:00	56° 31,06' N	0° 4,13' E	74,2	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	14:03:00	56° 29,48' N	0° 5,32' E	76,7	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	14:12:00	56° 29,37' N	0° 5,57' E	76,7	rigging test
SO1/0009-1	13.9.14	Paravan Sb	14:51:59	56° 28,86' N	0° 6,84' E	77,5	rigging test
SO1/0009-1	14.9.14	Paravan Sb	06:20:00	56° 29,12' N	0° 1,71' E	79,2	paravan in water
SO1/0009-1	14.9.14	Streamer Sb	07:33:00	56° 30,22' N	0° 2,03' W	66	streamer in water
SO1/0009-1	14.9.14	Streamer Sb	07:48:00	56° 30,38' N	0° 2,95' W	68,2	streamer in water
SO1/0009-1	14.9.14	Streamer Sb	08:02:00	56° 30,62' N	0° 3,67' W	67,2	streamer in water
SO1/0009-1	14.9.14	Streamer Sb	09:07:00	56° 32,39' N	0° 6,51' W	70,7	streamer in water
SO1/0009-1	14.9.14	Streamer Sb	09:49:00	56° 34,26' N	0° 8,76' W	92,7	streamer in water
SO1/0009-1	15.9.14	GI-gun Sb	07:46:00	56° 13,73' N	0° 1,99' W	88	GI-gun in water
SO1/0009-1	15.9.14	Streamer Bb	10:39:00	56° 20,07' N	0° 12,03' E	82,7	streamer in water
SO1/0009-1	16.9.14	Paravan Bb	06:44:00	55° 32,51' N	0° 30,95' W	58,7	paravan in water
SO1/0009-1	16.9.14	GI-gun Bb	08:10:00	55° 35,81' N	0° 26,36' W	60	GI-gun in water
SO1/0009-1	16.9.14	3D-seismics	10:02:00	55° 42,22' N	0° 18,91' W	64,9	profile start
SO1/0009-1	16.9.14	3D-seismics	15:25:00	55° 40,97' N	0° 14,53' W	69,1	profile end
SO1/0009-1	16.9.14	3D-seismics	16:19:00	55° 39,66' N	0° 16,80' W	68,5	profile start
SO1/0009-1	17.9.14	3D-seismics	06:12:00	55° 43,56' N	0° 19,79' W	64,2	profile end
SO1/0009-1	17.9.14	3D-seismics	06:47:00	55° 45,05' N	0° 20,85' W	64,5	guns on deck
SO1/0009-1	17.9.14	3D-seismics	11:12:00	55° 55,12' N	0° 17,58' W	83,2	Bb streamer on deck
SO1/0009-1	17.9.14	3D-seismics	13:20:00	55° 57,16' N	0° 21,58' W	70,2	Stb streamer on deck
SO1/0009-1	17.9.14	3D-seismics	14:59:59	55° 58,74' N	0° 23,19' W	69,7	end of survey

A.6 CTD – User Guide

(Schmitz, J., Badewien, T.H.)

CTD – Conductivity, Temperature, Depth - Kurzversion – (Version 1.2, Oktober 2014)



CTD-Rosette im Hangar.



Deckeinheit 11plus V2 im CTD-Labor.



CTD-Rechner im CTD-Labor.

Ein kurzer Leitfaden zur Handhabung der Hard- und Software des CTD-Systems an Bord TFS Sonne. Erstellt von Jana Schmitz und Dr. Thomas H. Badewien vom Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) Oldenburg im Rahmen der Probefahrt der FS Sonne, Fahrabschnitt P3.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufbau/Bestandteile der CTD-Rosette.....	2 - 4
2. Handhabung der Software.....	4 - 5
3. Bedienung der Deckeinheit.....	.5
4. Datenübertragung.....	6
5. Ablauf Aussetzen und Einholen der Sonde.....	6 - 7
6. Entnahme von Wasserproben.....	.7
7. Datenkonvertierung.....	.7 - 11
8. Datenauswertung.....	.11
9. Quellen und weiterführende Links.....	.11 - 12

1. Aufbau/Bestandteile der CTD-Rosette

Gerät zur Messung von vertikalen Tiefenprofilen oder von Zeitreihen.

Standardmäßig ist die CTD mit drei Sensoren für die Messung von Leitfähigkeit, Temperatur und Druck (Tiefe) ausgestattet.

Daraus lassen sich weitere Parameter wie z.B. Salzgehalt und Dichte berechnen.

Es können weitere Sensoren integriert werden, z.B. für Sauerstoff, pH, Chlorophyll oder Licht.

Die Sensoren werden mit einer Pumpe gleichmäßig mit Wasser angeströmt, welche sich automatisch bei Kontakt mit Seewasser einschaltet.

Das Altimeter misst den Abstand der Rosette zum Meeresboden.

Der Kranzwasserschöpfer kann automatisch oder manuell geschlossen werden und dient der Probenentnahme in verschiedenen Wassertiefen.



Abb. 1: CTD-Rosette im Hangar des TFS Sonne.



Abb 2.:

CTD 9 plus, ausgestattet mit einem doppeltem Sensorsystem, bestehend aus den Sensoren für Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoff und Pumpen sowie mit einem Fluorometer und einem Drucksensor.



Abb. 3:

Fußansicht der CTD: oben auf dem Gehäuse befindet sich das Fluorometer mit weißer Schutzkappe, unten sind die Spritzen angeschlossen.



Abb. 4:
Das Altimeter ist im unteren Bereich des Gestells der CTD-Rosette angebracht.



Abb. 5:
Der PAR-Irradiance-Sensor zur Erfassung des Lichtfelds im Wasser ist im oberen Bereich des Gestells der CTD-Rosette befestigt.

Tab. 1: Überblick über die Bestandteile und Sensoren der CTD-Einheit

	Sensor	Modell	Tiefe	Part No.	Serial No.
	CTD	9plus	6800 m	90536.023	90-1184
	Karussell	SBE32	6800 m	--	SN32-1003
	Deck Einheit	11 plus V2			11-0986
A	Leitfähigkeit	4C	6800 m	0410.210	04-4262
A	Temperatur	3P	6800 m	03P.210	03-5938
A	Sauerstoff	43	7000 m	90599	43-2813
A	Pumpe	5T	10500 m	90740	05-7275 3K
A	Altimeter				62237
B	Leitfähigkeit	4C	6800 m	0410.210	04-4261
B	Temperatur	3P	6800 m	03P.210	03-5708
B	Sauerstoff	43	7000 m	90599	43-2811
B	Pumpe	5T	10500 m	90740	05-7233 3K
C	Leitfähigkeit	4C		4C.210	4108
C	Pumpe	5T		90740	05-7398
C	Temperatur	3P		03P.210	4677
	Temperatur	SBE35RT		90297.003	35RT77822- 0082
	Oberflächenlicht	QCP 2300- HP			70549
	Oberflächenlicht	QSR 2200			20444
	Sauerstoff	43	7000 m	90599	43-2829
	Altimeter	TELEDYNE BENTHOS	6000 m	PSA- 916(007601)	62240

2. Handhabung der Software

- Die einzelnen Programme der Software sind unter dem Startmenü → Alle Programme → im Ordner „Sea-Bird“ zu finden.
- Starten des Programms **Seasave**.
Zum Starten und Beenden eines Messprofils:
 - Im Menü auf **Real-Time Data** klicken → Start ... →
Data Archiving Options: *Begin archiving data immediately*
Output data [.HEX] file → Select Output Data File Name: *Eingabe des Output Data File Namens*
Configuration Options → Instrument configuration [.xmlcon or .con] →
Configure Inputs: *D:\CTDDData\config\90-1184_SO_p3_tom.xmlcon*
(Voreinstellung, Konfigurationsdatei mit Koeffizienten der Kalibrierung)
Timeout in seconds at startup: *60 (Voreinstellung)*
Timeout in seconds between scans: *10 (Voreinstellung)*
Start anklicken
 - **Header Information**
Ship: *Sonne*
Leg: *Bezeichnung des Fahrtabschnitts eingeben (z.B. P3)*
Station: *Stationsnummer eingeben*
Operator: *Name des Operators*
Notes: *optional für Notizen*
Ok anklicken
 - Anschließend wird der Kontakt mit dem Gerät hergestellt, was 1 - 2 Minuten dauern kann, und die Messung beginnt.
 - Zum Beenden des Messprofils im Menü auf **Real-Time Data** klicken → Stop
- Speicherort der Messdaten: Computer → **RawData (D:)** → Ordner CTDDData Dort kann ein eigener Ordner für die Messdaten angelegt werden, z.B. So1409_1.

3. Bedienung der Deckeinheit



Abb. 6: SBE 11 plus V2 Deckeinheit.

- Rechts unten befindet sich ein roter POWER-Knopf zum Ein- und Ausschalten der Deckeinheit.
- Kontrollleuchten für die Unterwassereinheit und die Wasserschöpfer befinden sich auf der linken Seite.

4. Datenübertragung



CTD-Rosette → Einleiterkabel → Windenanschlussfeld → Deckseinheit → PC mit Software

Abb. 7: Schaubild des Datenübertragungsweges von der CTD-Rosette bis zum Computer.

Damit die binären Daten der CTD-Rosette in physikalische Daten umgerechnet werden, sind für jeden Sensor die Koeffizienten der Kalibrierung notwendig. Diese sind bereits überprüft und eingegeben worden.

5. Ablauf Aussetzen und Einholen der Sonde

- Vor dem Aussetzen der CTD-Rosette wird die Zustimmung der Schiffsführung (Brücke) benötigt.
- Damit die Sonde einsatzbereit ist, müssen die **Schutzkappen** des Fluorometers und des PAR-Irradiance-Sensors (Lichtsensor) entfernt werden.
- Starten der Deckeinheit und des Messprogramms.
- Aussetzen der CTD-Rosette ins Wasser über den Schiebebalken im Hangar bis auf **10 m** Tiefe. Dazu werden von der Schiffsbesatzung ein Kranführer und ein Decksmann benötigt.
- Dann **3 Minuten** warten, bis sich die Sensoren an das Wasser angeglichen und die von ihnen angezeigten Werte stabilisiert haben. Das ist sichtbar, wenn Potential Temperature, Diff, 2 – 1 [IST-90, deg C] kleiner als 0.002 und Salinity, Practical, Difference, 2 – 1 [PSU] kleiner als 0.008 sind.
- Richtwerte für die Fier- und Hievgeschwindigkeit: 0.4 m s-1 bei Wassertiefe von 100 m und bei größeren Wassertiefen Fieren mit 0.7 m s-1 und Hieven mit 1 m s-1.
- Hieven bis an die Oberfläche, dann fieren bis kurz über den Meeresboden.
- Danach hieven bis zur Oberfläche und bei Bedarf Auslösen der Schöpfer in verschiedenen Tiefen.
- CTD-Rosette an Deck holen, Beenden des Messprogramms und Ausschalten der Deckeinheit. Probenentnahme aus den Schöpfern.
- Entleeren und erneutes Spannen der Schöpfer. Beim Spannen der Schöpfer darauf achten, dass die an dem Schöpferdeckel befestigte Feder nicht aus der Kerbe des Schöpferdeckels rutscht.
- Überprüfen der O-Ringe an den Schöpferdeckeln. **Achtung:** Quetschgefahr der Finger beim unerwarteten Schließen der Schöpferdeckel!
- Überprüfen der Auslassventile und Luftschrauben an den Schöpfern.

6. Entnahme von Wasserproben

- Vor der Entnahme von Wasserproben überprüfen, ob der **Schöpfer** richtig geschlossen ist und das **Ablassventil** reindrücken (es darf kein Wasser herausfließen).
- Am oberen Ende des Schöpfers befindet sich die **Luftschraube** des Schöpfers, welche zum Abfüllen der Proben geöffnet werden muss.

7. Datenkonvertierung

- Zur Auswertung der Messdaten müssen diese in ein für das Auswertungsprogramm passendes Dateiformat konvertiert werden.
- Seasave speichert die Messdaten als Hexfiles (Dateiformat *.hex).
- Die einzelnen Programme der Software sind unter dem Startmenü → Alle Programme → im Ordner „Sea-Bird“ zu finden.
- Starten des Programms **SBEDataProcessing** → im Menü **Run** anklicken und **Data Conversion** auswählen
 - **File Setup**
 Program setup file: *Einstellung des letzten Benutzers*
 Instrument configuration file: *Einstellung des letzten Benutzers*
 Input directory: *Pfad des Ordners, in dem sich die Input-Dateien befinden*
 Input files: *über Select können die zu konvertierenden Dateien ausgewählt werden*
 Output directory: *Ordner für die konvertierten Dateien auswählen*
 - **Data Setup**
 "Häkchen" Process scans to end file
 Output format: *z.B. ASCII output*
 Convert data from: *downcast oder upcast and downcast*
 Create file types: *z.B. Create converted data (.CNV) file only*
 Select Output Variables...: *alle gewünschten Variablen auswählen, die konvertiert werden sollen*
 Source for start time in output .cnv header: *Instrument's time stamp*
 - **Miscellaneous**
 Depth and Average Sound Velocity
 Latitude when NMEA is not available: *z.B. 56.3*
 - **Header View**
 Vorschau von jedem Header der zu konvertierenden Dateien
 - Auf **Start Process** klicken
- Oder: wenn TEOS-10-Daten gewünscht sind, dann Starten des Programms **SBEDataProcessing** → im Menü **Run** anklicken und **Derive TEOS-10** auswählen
 - **File Setup**
 Program setup file: *Einstellung des letzten Benutzers*
 Input directory: *Pfad des Ordners, in dem sich die Input-Dateien befinden*
 Input files: *über Select können die zu konvertierenden Dateien ausgewählt werden*

Output directory: *Ordner für die konvertierten Daten auswählen*

- **Data Setup**

Source for Latitude/Longitude data when NMEA data is not present:
Positionseingabe, falls kein GPS vorhanden, das mit der Deckeinheit verbunden ist

Select TEOS-10 Variables...: *alle gewünschten Variablen auswählen*

- **Header View**

Vorschau von jedem Header der zu konvertierenden Dateien

- Auf **Start Process** klicken

- Weitere Optionen unter Run mit folgenden Funktionen sind:

1. Data Conversion	Konvertiert Rohdaten von .hex- oder .dat-Dateien in technische Einheiten und speichert konvertierte Daten als .cnv-Dateien (alle Daten) und/oder .ros-Dateien (Daten Wasserschöpfer).
2. Filter	Herausfiltern von zu hohen Fluktuationen aus den Messdaten.
3. Align CTD	Anpassen der Messdaten relativ zum Druck.
4. Cell Thermal Mass	Korrektur der thermisch wirksamen Masse der Leitfähigkeit.
5. Loop Edit	Kompensation der Schiffsbewegung.
6. Derive	Berechnen von Salzgehalt, Dichte, Schallgeschwindigkeit, Sauerstoff, potentieller Temperatur, dynamischer Höhe, usw. basierend auf der EOS-80 (praktischer Salzgehalt) Gleichung.
7. Derive TEOS-10	Berechnen der thermodynamischen Eigenschaften basierend auf TEOS-10 (absoluter Salzgehalt).
8. Bin Average	Durchschnittswerte der Bins auf Druck, Tiefe, Scannummer oder Zeitbereich stützend.
9. Bottle Summary	Zusammenfassung ausgewählter Parameter zum Zeitpunkt des Schließens der Schöpfer.
10. Mark Scan	Markieren einzelner Messwerte.
11. Buoyancy	Berechnet die Brunt-Väisälä-Frequenz/Auftriebsfrequenz und die Frequenzkonstanz.
12. Wild Edit	Ermöglicht das Markieren von Ausreißern bei den Messwerten als <i>badflags</i> , um diese zu entfernen.
13. Window Filter	Filtert Daten mit einem Dreieck-, Kosinus-, Rechteck-, Gausschen- oder Median-Fenster.
14. ASCII In	Hinzufügen von Headerinformationen in eine ASCII-Datei.
15. ASCII Out	Konvertiert output Daten- und/oder Headerteil der CNV-Datei

	in eine ASCII-Datei. Nützlich für das Exportieren konvertierter Daten für das Bearbeiten mit anderer Software.
16. Section	Extrahiert Reihen von Daten der CNV-Datei.
17. Split	Teilt die Daten der CNV-Datei in eine upcast und downcast Datei auf.
18. Strip	Extrahiert Spalten von Daten der CNV-Datei.
19. Translate	Konvertiert Datenformat in eine CNV-Datei von ASCII zu binär oder andersherum.
20. Sea Plot	Zum Darstellen von Messdaten der Leitfähigkeit, Temperatur und des Drucks sowie von zusätzlichen Sensoren aus jeder CNV-Datei.
21. SeaCalc III	Meerwasser-Rechner, der eine Anzahl abgeleiteter Variablen von einem Benutzer input-scan von Temperatur, Druck, etc. berechnet.

8. Datenauswertung

- Zur Auswertung der Messdaten können diese graphisch dargestellt werden. Dazu kann entweder die von Sea Bird vorgesehene oder eine andere Software wie beispielsweise Matlab verwendet werden.
- Die einzelnen Programme der Software sind unter dem Startmenü → Alle Programme → im Ordner „Sea-Bird“ zu finden.
- Starten des Programms **SBEDataProcessing** → im Menü **Run** anklicken und **Sea Plot** auswählen
 - **File Setup**
 Input directory: *Auswählen des Ordners mit den Input-Dateien*
 Input files: *Input-Datei(en) auswählen (darzustellende Messprofile)*
 Output to: *Ausgabeformat auswählen, z.B. JPEG*
 Output directory: *Auswählen des Ordners für die Output-Dateien*
 - Über die Reiter **Plot Setup**, **Y Axis** und **X Axis** können weitere Einstellungen vorgenommen werden (z.B. Plottyp, Schriftart, ...)
 - **Start Process** anklicken

9. Quellen und weiterführende Links

Website Sea-Bird Electronics Manuals:

<http://www.seabird.com/products/ModelList.htm>, 16.09.2014

Manual CTD-Sonde 9plus:

http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/9plus_017.pdf, 16.09.2014

Manual Deckeinheit 11plus V2:

http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/11pV2_016.pdf, 16.09.2014

Manual SBEDataProcessing-Software:

http://www.seabird.com/pdf_documents/manuals/SBEDataProcessing_7.23.2.pdf, 16.09.2014

A.7 Einbau eigener Sensoren in den Hydrographie-Schacht

(Schulz, A.-C., Braun, A.)



Abb.1:

Messkorb (rechts) für den Hydrographie-Schacht,
links Adapterplatte zum Anbringen an den
Messkorb

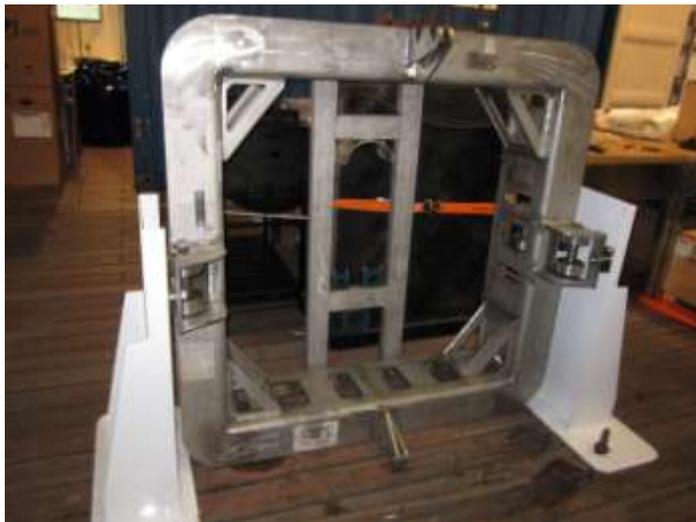


Abb.2:

Messkorb mit montierter Adapterplatte zur
Integration von Messgeräten





Abb.3:

Anpicken des Messkorbes zur Anbringung an die Ketten zum Hydrographie-Schacht und zum Einbau der Messgeräte



Abb.4: Einbau des Messgerätes

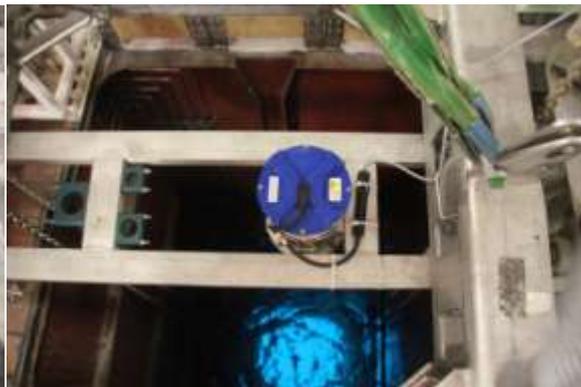


Abb.5: Herablassen des Messkorbes mit integrierten Messgeräte



Abb.6: Der Messkorb wird unten mit Bolzen befestigt, eine Bewegung / Vibration durch Schiffsbewegungen- oder Welleneinfluss ist somit minimiert.

A.8 ADCP – User Guide

(Schulz, A.-C.)

1 Quick Start Guide schiffseigene ADCP

Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor

38 kHz			75 kHz		
Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor			Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor		
Low resolution, Narrowband: long range profiler			High resolution, Broadband: short range profiler		
Bin-Size	max. range	precision	Bin-Size	max. range	precision
16 m	> 1000 m	30 cm/s	8 m	< 425 m	15 cm/s
24 m	> 1000 m	20 cm/s	16 m	> 450 m	7 cm/s

Monitore und Rechner:

OS38NB: Monitor_33 (0994.0223), APC-30 (0994.0130)

OS75BB: Monitor_4 (0994.0201), Rechner unter der Arbeitsplatte (hat kein Label)

Anschlüsse an den Rechnern (bereits installiert):

ADCP-Input

COM1, Baut Rate: 9600, Parity: No Parity, Data Bits: 8, Stop Bits: 1

NMEA-Input (Schiffseigenes NAV-Signal über das Netzwerk):

GGA, VTG: Network, Port: 7150, UDP

PRDID (ADCP data): Network, Port: 13001, UDP

Die schiffseigenen ADCP besitzen keinen eigenen Kompass, heading, pitch und roll Sensor.

Measurement-range bei 1 bis 5 Knoten Schiffsspeed.

Einschalten der ADCP-Bordgeräte zusammen mit dem WTD im Lotgeräteraum, Deck 3.

Messung starten:

VmDas (RD Instruments)

File-> Collect data

Options -> Edit Data Options

Communications -> Einstellung der Inputs (und ggfs. der Outputs)

-> siehe Anschlüsse an den Rechnern

ADCP Setup: Measurement Options ausfüllen oder per File einbinden

Recording: Dateiname, Max. Dateigröße (wenn diese Dateigröße erreicht ist, wird eine neue Datei geschrieben, beugt Datenverlust vor)

Primary Path: Angabe des Speicherpfades

NAV: Angabe der NMEA-Quelle für GGA und / oder VTG Source (für beide: NMEA 2)

Transform: Angabe der Heading und Tilt Sources: PRDID (für beide: NMEA 3)

ok und Options -> Save as -> als eigenes ini-file speichern

Start der Messung: Play-Taste drücken (Control -> Go)

Ende der Messung: Stop-Taste drücken (Control -> Stop)

Export der Daten:

WinADCP (RD Instruments)

File -> Open

Datei wählen mit ENX-Endung (Single Ping Earth data) – diese Daten sind bereits in Erd-Koordinaten transformiert worden.

Vor dem Export der Daten muss kontrolliert werden, welche Referenz die Daten haben. Die Standardeinstellung ist velocity Reference: none (die Daten sind somit noch im raw Zustand).

→ Änderung der Einstellung – WinADCP:

Options-> Chart Options -> Processing -> Velocity Reference ->

Navigation (VMDAS) – Apply / ok

Export -> Series / Ancillary

File Type: TXT oder MAT (-> MAT)

Bins: All

Series Data Types: je nach Wunsch (-> Velocity: Magnitude, Direction; Echo Amplitude: Avg)

Anc Data Types: je nach Wunsch (-> ggfs. Temperature, Depth)

Ensembles: First, Last Werte abgleichen mit First und last Ensemble aus der WinADCP

Information

-> WICHTIG!

Write Export (Speicherort und Dateiname eingeben)

nachdem der Export abgeschlossen ist: Quit Export

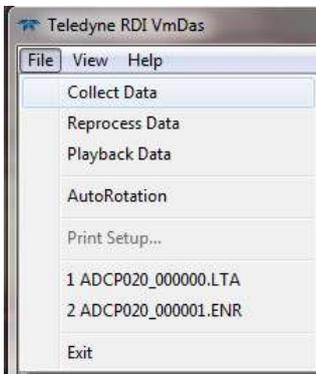
2. Bedienungsanleitung für die ADCP Software VmDas auf TFS Sonne

ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler
Messsoftware: *VmDas*

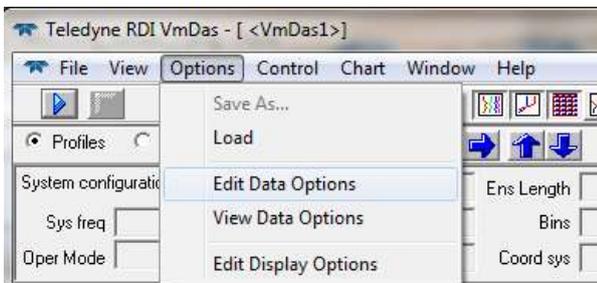


38 kHz			75 kHz		
Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor			Teledyne RD Instruments – Ocean Surveyor		
Low resolution, Narrowband: long range profiler			High resolution, Broadband: short range profiler		
Bin-Size	max. range	precision	Bin-Size	max. range	precision
16 m	> 1000 m	30 cm/s	8 m	< 425 m	15 cm/s
24 m	> 1000 m	20 cm/s	16 m	> 450 m	7 cm/s

Um Messungen mit den schiffseigenen ADCP durchzuführen, wird die Software *VmDas* verwendet.



Nachdem das Programm *VmDas* gestartet wurde, kann mit *File* → *Collect data* Daten aufgezeichnet werden.



Zunächst muss das ADCP konfiguriert werden: *Options* → *Edit Data Options*



Communication Tap:

→ **ADCP Input:**

Com Port: COM 1, Baud Rate: 9600,
Parity : No Parity, Data Bits: 8, Stop Bits: 1

→ **NMEA 1 Input:**

Com Port: COM 5, Baud Rate: 9600,
Parity: No Parity, Data Bits: 8, Stop Bits: 1

→ **NMEA 2 Input:**

Enable Network aktivieren
Port: 7150, Übertragung: UDP

→ **NMEA 3 Input:**

Enable Network aktivieren
Port: 13001, Übertragung: UDP



Messdaten können direkt über eine serielle Schnittstelle oder über das Netzwerk ausgegeben werden.

→ *Ensemble Output (Binary LTA)*,

→ *Ensemble Output (ASCII)*,

→ *Speed Log Output* (Daten werden ins Netzwerk eingespeist und z.B. in DSHIP verwendet).



ADCP-Setup Tap:

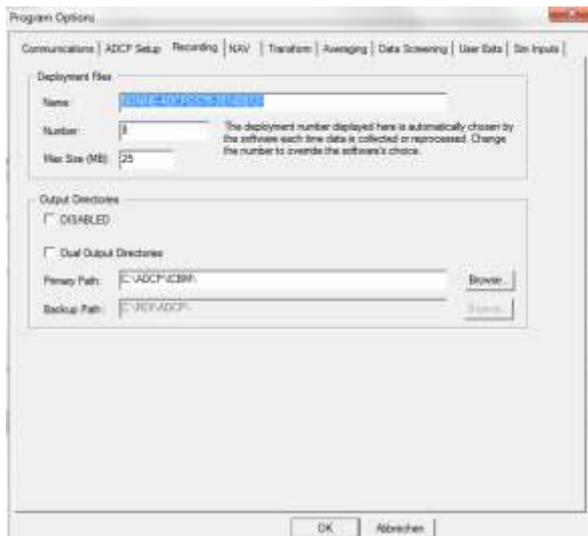
Die Einstellungen, wie das ADCP messen soll, können manuell *Use Option* oder per Datei

Use File erfolgen.

Die Einstellungen müssen dem verwendeten ADCP entsprechend erfolgen, siehe dazu Datasheet Ocean Surveyor.

Die ADCP der FS Sonne sind 6,4 m unterhalb der Wasseroberfläche installiert. Da die schiffseigenen ADCP keine eigenen Heading- und Tilt-Sensoren besitzen, müssen entsprechende externe Sensoren eingebunden werden (siehe *Communications* -> *NMEA Inputs*).

Soll *Bottom Track* genutzt werden, muss die maximale Wassertiefe eingetragen werden. Den aktuellen Salzgehalt (*Salinity*) eintragen, damit das ADCP daraus die Schallgeschwindigkeit berechnen kann. Das ADCP soll so schnell pingen wie möglich, daher *Ping as fast as possible* aktivieren.



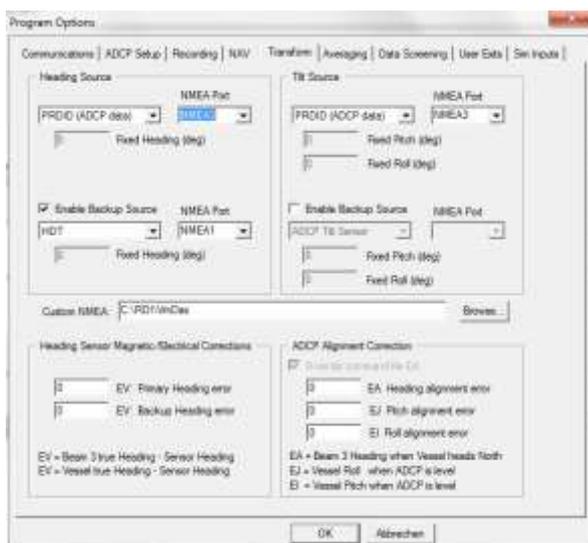
Recording Tap:

Hier kann der Dateiname, Speicherpfad und maximale Dateigröße angegeben werden. Ist die maximale Dateigröße erreicht, wird eine neue Datei angelegt, dabei wird eine laufende Nummer hochgezählt.



NAV Tap:

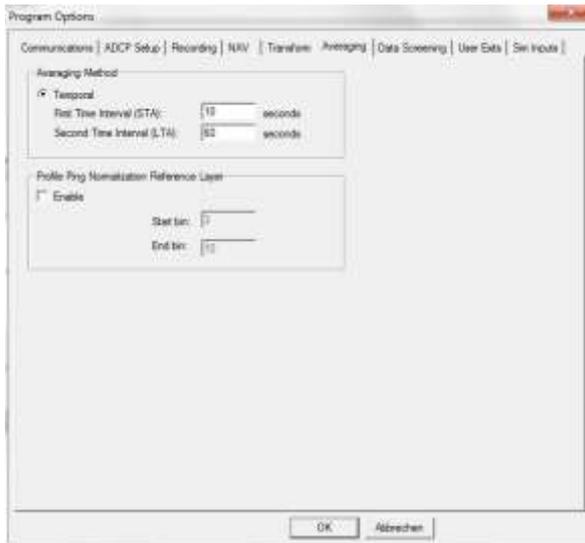
Die Übertragung der GGA (Global Positioning System Fix Information) und VTG (track made good and ground speed (in knots)) Daten erfolgt über NMEA2.



Transform Tap:

Für die Transformation der gemessenen Daten in Erdkoordinaten werden heading, pitch und roll Daten benötigt, diese werden hier eingebunden.

Die PRDID Daten (heading, pitch and roll) werden aus NMEA3 benutzt. Falls diese Hauptquelle ausfällt, wird auf die Headingdaten (HDT) aus NMEA1 zurückgegriffen.



Averaging Tap:

Hier können die Mittelungsperioden für die STA und LTA Dateien gesetzt werden.

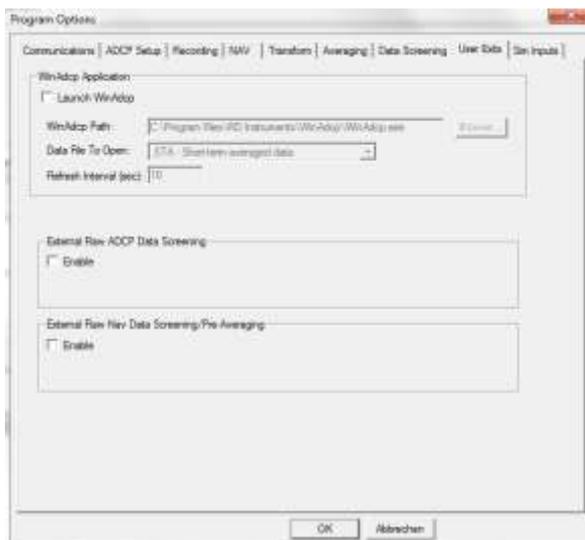
STA: Short-term average Earth

LTA: Long-term average Earth



Data screening Tap:

Hier können verschiedene Grenzwerte eingetragen werden. Werden diese Grenzwerte nicht eingehalten, werden die entsprechenden Messdaten nicht zur weiteren Verarbeitung herangezogen. In diesem Tap kann bei Bedarf etwas geändert werden, es ist aber nicht notwendig.



User Exits Tap:

Die aktuellen Messdaten können mit der Software *WinADCP* parallel als contour-Grafik angezeigt werden. Dadurch ist es z.B. möglich, die bereits in Erdkoordinaten transformierten Geschwindigkeiten sich in real-time anzusehen.

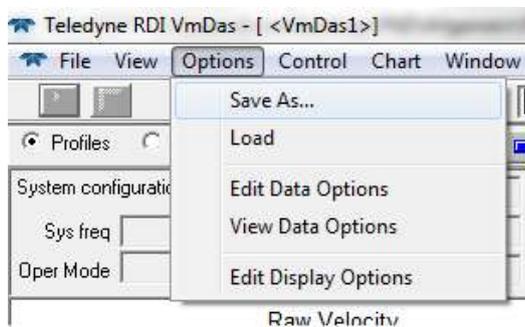
Dafür *Launch WinAdcp* aktivieren und Dateiformat (z.B.: *.ENX – Single ping Earth data) auswählen.

Leider funktioniert diese Funktion nicht immer.



Sim Inputs Tap:

Hier können Messungen simuliert werden. Für den realen Messbetrieb muss der Button *Collect real ADCP data* und *Collect real NMEA data* aktiviert sein.



Die Einstellungen können unter Options -> Save as als eigenes .ini-file gespeichert werden und dann ggfs. neu geladen werden.

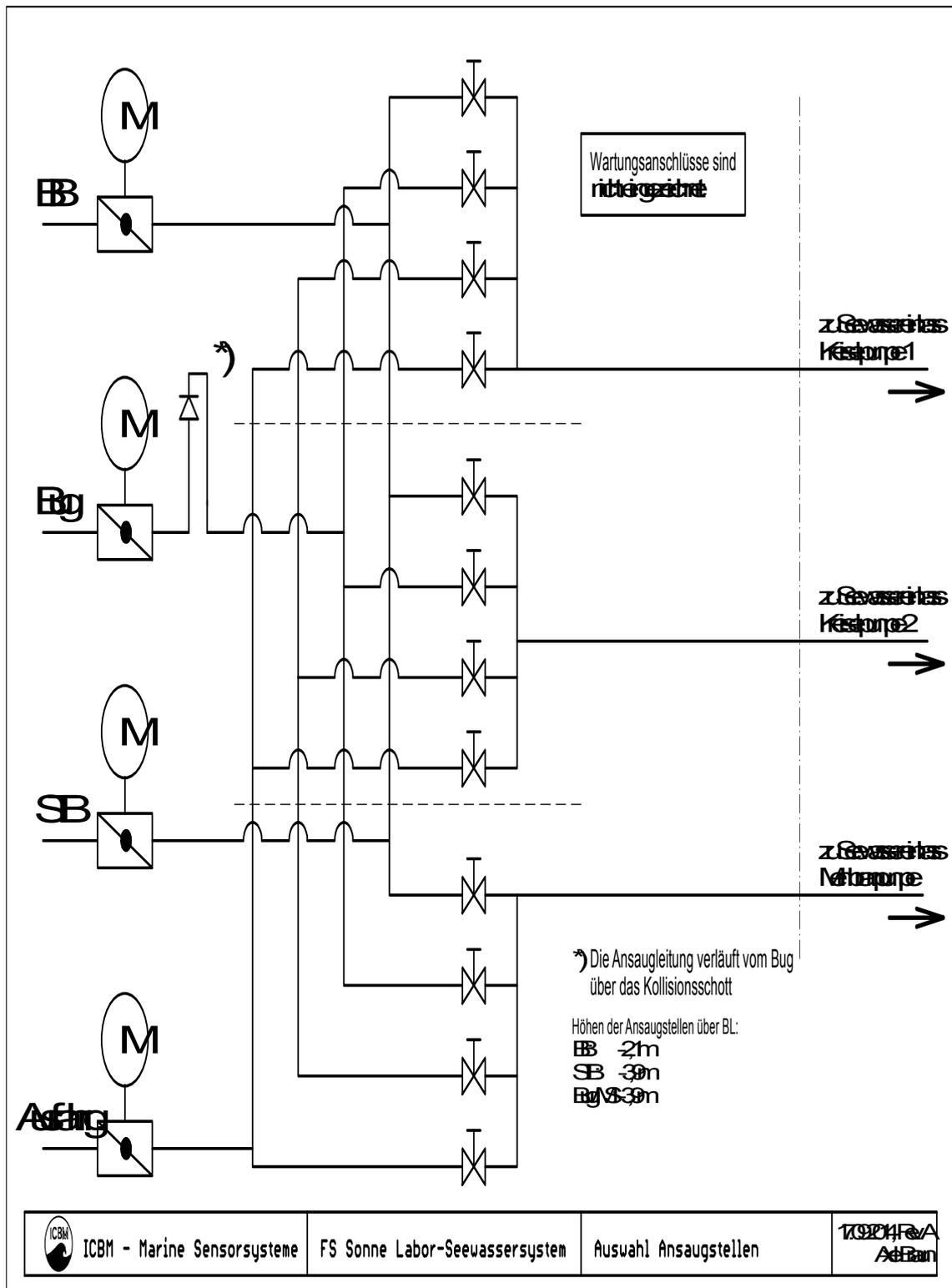


Messung starten: Control → Go
Messung stoppen: Control → Stop

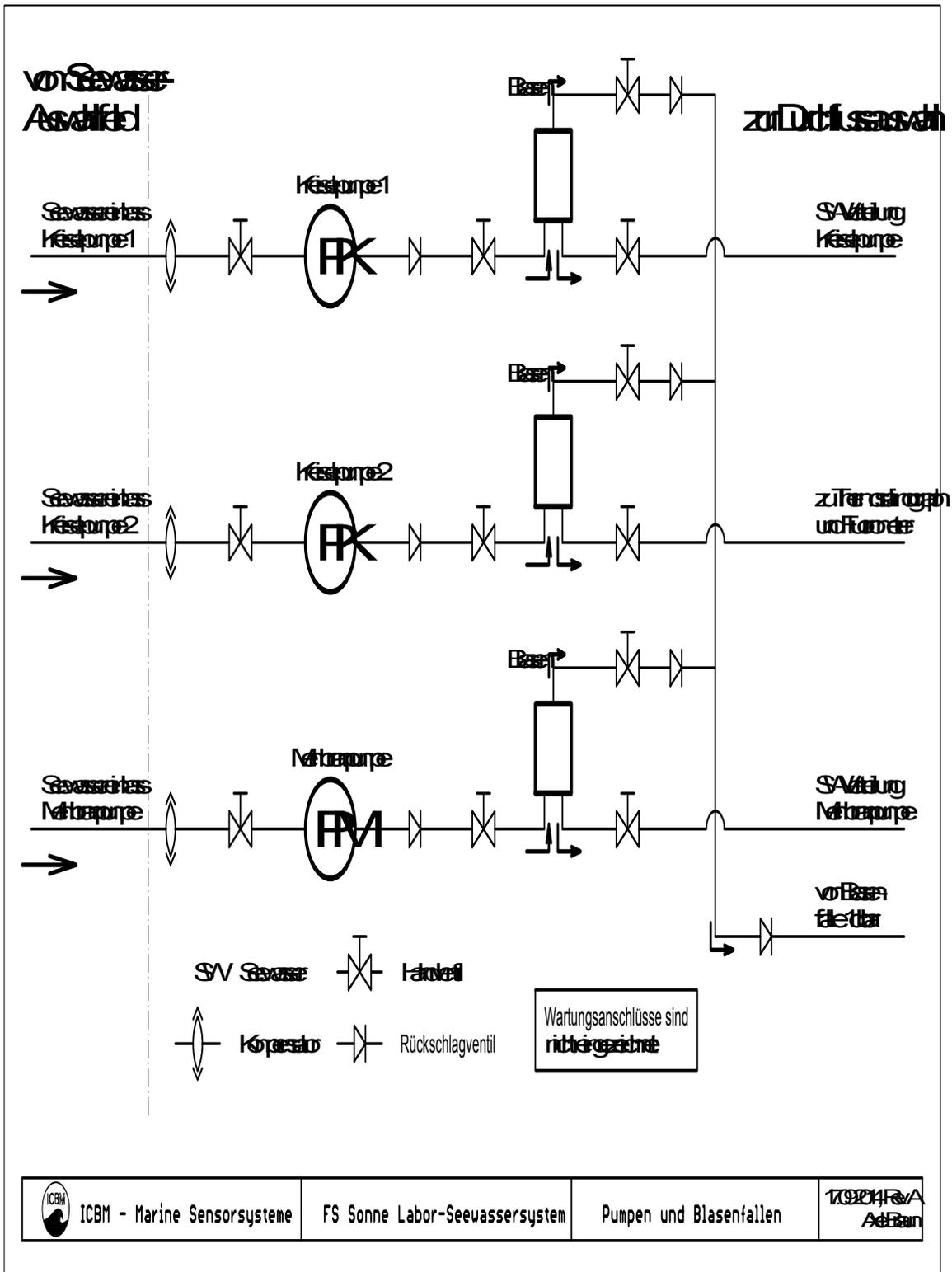
A.9 Laborseewassersystem

(Braun, A., Badewien, T. H.)

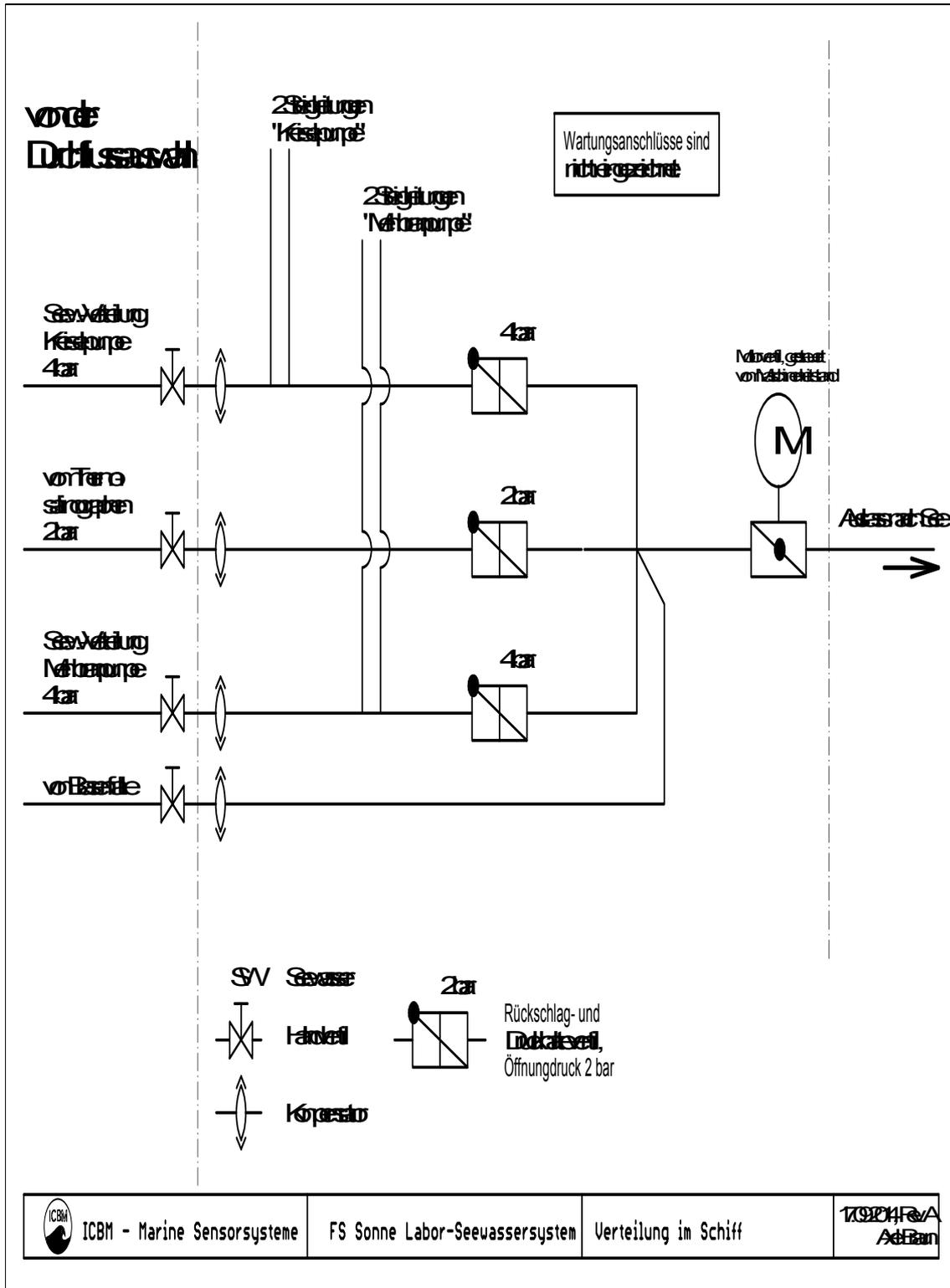
1. Auswahl der Ansaugstellen



2. Laborseewassersystem - Pumpen und Blasenfallen



4 Laborseewassersystem - Laborverteilung



5 Laborseewassersystem Einstellung der Ventile (Kugelhähne)

Die gewünschten Seewassereinlässe müssen vom Maschinenleitstand geöffnet werden.

Am Auswahlfeld rechts neben dem Labor-Seewassersystem müssen die gewünschten Verzweigungen zwischen den Seewassereinlässen und den erforderlichen Pumpen eingestellt werden.

Einstellung der Ventile in der Durchflussauswahl, siehe
LSS_Durchflussauswahl_ICBM_German_a.pdf:

	Ventil A	Ventil B	Ventil C	Ventil D	Ventil E
Kreiselpumpe 1 auf Labor-Seewasserverteilung Kreiselpumpe	zu	zu	zu	*)	zu
Kreiselpumpe 1 auf Labor-Seewasserverteilung Kreiselpumpe und Thermosalinograph/Fluorometer	auf	zu	zu	ca. halb öffnen	zu
Kreiselpumpe 2 auf Thermosalinograph/Fluorometer	zu	zu	zu	ca. halb öffnen	zu
Kreiselpumpe 2 auf Labor-Seewasserverteilung Kreiselpumpe und Thermosalinograph/Fluorometer	auf	zu	zu	ca. halb öffnen	zu
Membranpumpe auf Labor-Seewasserverteilung Membranpumpe	zu	zu	zu	*)	zu
Membranpumpe auf Labor-Seewasserverteilung Membranpumpe und Thermosalinograph/Fluorometer	zu	auf	zu	ca. halb öffnen	zu

Mit Ventil D wird die Durchflussmenge des Fluorometers eingestellt.

*) Die Einstellung von Ventil D ist hier nicht von Bedeutung