

Schlussbericht

Forschungsvorhaben: 03SX348F

Forschungsvorhaben

Verbundprojekt SMIS

SMIS - Subsea Monitoring via Intelligent Swarms

TP Seerprobungen und wissenschaftliche Anwendungen

I. Kurze Darstellung zu

1. Aufgabenstellung

Im Rahmen des vom BMWi geförderten *Subsea Monitoring via Intelligent Swarms* (SMIS) Projektes übernahm die Arbeitsgruppe von Frau Prof. Joanna Waniek am Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock (IOW) in dem Teilprojekt *Seeerprobungen und wissenschaftliche Anwendungen* die Organisation und Durchführung von Erprobungskampagnen der in SMIS entwickelten Fahrzeuge im Flachwasser (Ostsee) und Tiefsee (Nordostatlantik). Die Erprobungskampagnen erfolgten auf den deutschen mittelgroßen Forschungsschiffen und wurden in die sonstigen Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppe eingebunden.

2. Voraussetzungen, unter den das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Arbeitsgruppe um Prof. Waniek war im Vorfeld des Vorhabens im Projekt DNS und DNS Tiefsee (beide ebenfalls BMWi) aktiv beteiligt, wodurch eine weiterführende wissenschaftliche Zusammenarbeit in diesem Bereich der Meeresforschung naheliegend war. Alle beteiligten Wissenschaftler haben sich aktiv an der Vorbereitung des Projektes beteiligt und waren sich der Schwierigkeiten und Herausforderungen eines solchen ambitionierten Projektes bewusst.

Des Weiteren wurde im Rahmen des Projektes auf die Ergebnisse früherer Expeditionen der Projektleiterin aus dem Bereich des Nordostatlantiks und der Ostsee zurückgegriffen. Die Ergebnisse der früheren Expedition (e.g. Schichtungsverhältnisse; Strömungsverteilungen, Schallgeschwindigkeit, Dichte) wurden zur Planung der einzelnen Fahrzeugerprobungen am Bord der deutschen mittelgroßen Forschungsschiffe herangezogen. Die Aufgabenstellungen der Expedition wurden durch interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Wissenschaftler aller SMIS Teilprojekte geplant und in hervorragende Zusammenarbeit mit den Schiffsmannschaften der FS Poseidon, FS Alkor sowie FS Elisabeth Mann Borgese umgesetzt. Am IOW waren außer den Projektmitarbeitern während der Expeditionen im Nordostatlantik und in der Ostsee weitere Mitarbeiter aus der Grundausrüstung sowie Projektangestellte aus den Sektionen Meereschemie, Meeresbiologie und Physikalische Ozeanographie des IOW's beteiligt.

Die Bewilligung der Mittel für das Projekt sowie die jeweils rechtzeitig erteilten diplomatischen Genehmigungen für die Durchführung der Expeditionen durch die zuständigen Ministerien der Länder (Portugal, Spanien, Polen, Dänemark, Schweden sowie Lettland) trug maßgeblich zum Erfolg der Expeditionen und des gesamten Projektes bei.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Der Schwerpunkt der praktischen Tätigkeiten im TP IOW war die Bereitstellung der Schiffe für die Erprobungen im Flachwassers (Ostsee) und der Tiefsee (Nordostatlantik) durch eine erfolgreiche Beantragung der Schiffszeit, die Durchführung der Expeditionen sowie eine erfolgreiche Auswertung gewonnene Proben und Daten. Sämtliche schiffsgebundene Aktivitäten wurden mit den sonstigen Arbeiten der Arbeitsgruppe mit dem regionalen Schwerpunkt NO Atlantik um die Projektleiterin kombiniert, sowie durch Messungen für das Langzeitprogramm des IOW im Bereich der Ostsee zur Überwachung des Salzwassereinstromes ergänzt. Frau Prof. Waniek hat hierfür ein Konzept zur wissenschaftlichen Nutzung und Weiterentwicklung am IOW maßgeblich mitgestaltet.

Im ersten Projekthalbjahr vom Juli bis Dezember 2013 konzentrierten sich die Projektarbeiten auf die Vorbereitung der Schiffsanträge für die Erprobungseinsätze in 2014 und 2015 sowie die logistische und wissenschaftliche Vorbereitung der Alkor (AL429) Fahrt in das östliche Gotland Becken im Januar 2014.

Hierzu wurden die hierfür notwendigen diplomatischen Genehmigungen von Schweden und Lettland eingeholt. Die Alkor Expedition AL429 wurde in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe *Chemische in situ Sensoren* von Dr. Prien (IOW), der eine s.g. intelligente Verankerung im Gotland Becken betreibt, durchgeführt. Dies führte zur Synergien bezüglich der Nutzung des Schiffes und erlaubt die zur Verfügung stehende Zeit auf See effektiv zu nutzen. Zusätzlich wurde ein Antrag auf Schiffszeit auf FS Maria S. Merian in 2015 gestellt. Der Antrag wurde jedoch nicht genehmigt und durch die Senatskommission der DFG abgelehnt. Hier sollte erstmals die gesamte SMIS Flotte unter Hochseebedingungen zu einer räumlichen Kartierung der Azoren Front eingesetzt werden.

Im ersten Halbjahr 2014 fand zunächst die erste Seeerprobung in der Ostsee (FS Alkor AL429, 18.01.2014-26.01.2014) in der Gotland See statt und die Vorbereitung der Atlantik-Expedition mit FS Poseidon POS470 im Nordostatlantik im Madeira Becken. Die Ziele der AL429 Expedition bestanden aus der Aufnahme und Neuauslegung der profilierenden Verankerung Gotland Deep Environmental Sampling Station (GODESS) im Gotland Becken sowie der Erprobung erster Komponenten der SMIS Flotte sowie ausgiebigen Tests der Unterwasserkommunikation via akustische Modems. Im Anschluss an die AL429 erfolgte die Berichterstattung an die jeweiligen beteiligten Institutionen. Im Frühjahr 2014 wurden ebenfalls die diplomatischen Genehmigungen für die im August anstehende Testfahrt mit der EMB für schwedische und lettische Gewässer vorbereitet und über das Auswärtige Amt beantragt.

Im Mai-Juni 2014 fand die POS470 von Malaga nach Funchal vom 25.05.2014 bis zum 11.06.2014 statt mit dem Hauptarbeitsgebiet im Madeira Becken im Nordostatlantik zwischen 30°-37°N, 21°-23°W. Hier konzentrierten sich die Arbeiten auf die Lokalisierung und 3 dimensionale Vermessung der Azoren Front mittels konventioneller hydrographischer Methoden (CTD) sowie die ersten Einsätze der Fahrzeuge unter Hochseebedingungen (z.B. lange hohe Dünnung). Der vorgesehene Einsatz des AUV fand leider aus entwicklungs-technischen Gründen nicht statt, das AUV war nicht mit an Bord. Stattdessen wurde auf POS470 mittels konventionellen CTD-Messungen eine Erfassung der Front auf drei Meridianen erfolgreich realisiert um die Ziele der Arbeitsgruppe von Frau Dr. J. Waniek zumindest teilweise zu erreichen.

Im 2. Halbjahr 2014 wurden u.a. zwei Expeditionen in der Ostsee (EMB081 und EMB091) in der Gotland See durchgeführt, sowie mit den Vorbereitungen der Expeditionen in 2015 in der Ostsee mit FS Elisabeth Mann Borgese und im Nordostatlantik mit FS Poseidon POS485 begonnen. Zusätzlich wurden die wissenschaftlichen Berichte gemäß der gültigen Richtlinien für die Erprobungsfahrt im Nordostatlantik mit dem FS Poseidon (POS470, 25.05-15.06.2014) erstellt und an die zuständigen Organisationen termingerecht weitergeleitet.

Die EMB081 fand vom 11.08.2014 bis zum 18.08.2014 in der Ostsee statt, mit dem Hauptuntersuchungsgebiet im Gotland Becken. Die Ziele der Expedition bestanden erneut aus der Auslegung der profilierenden Verankerung GODESS im Gotland Becken sowie der Erprobung weiterentwickelter Komponenten der SMIS Flotte sowie erster Tests der Partikelverteilungsbestimmung mittels LISST und konventioneller Probennahme der Wassersäule. Ebenfalls wurden die diplomatischen Genehmigungen für die im Februar 2015 anstehende Testfahrt mit der EMB in der Ostsee (EMB096) sowie für eine im Mai anstehende Reise mit der Poseidon im Nordostatlantik (POS485) vorbereitet und über das Auswärtige Amt erfolgreich beantragt.

Im Dezember 2014 fand die EMB091 Reise in die Gotland See vom 4.12.2014 bis zum 12.12.2014 statt. Die Vorhaben konzentrierten sich hier v.a. auf die Erprobung des mit Erkenntnissen aus EMB081

verbesserten AUV und neuer Verankerungsvorrichtungen der Bodenstation. Die für das zweite halbe Jahr 2014 geplanten Tauchfahrten des neuen SMIS AUV'S wurden nicht alle realisiert, da das AUV teilweise nicht einsatzfähig war bzw. die Wetter und Seebedingungen dies nicht zuließen.

Die EMB096 fand vom 17.02.2015 bis zum 25.02.2015 in der Ostsee statt, mit dem Hauptuntersuchungsgebiet im Gotland Becken. Die Ziele der Expedition bestanden erneut aus der Aufnahme der profilierenden Verankerung GODESS im Gotland Becken, der Erprobung weiterentwickelter Komponenten der SMIS Flotte sowie die Aufnahme hydrographische Parameter (Temperatur, Salzgehalt, gelöster Sauerstoff) an ausgewählten Stationen um den Einstrom des sauerstoffreichen Wassers aus der Nordsee in die tiefen bis dahin über längeren Zeitraum anoxischen Becken der Ostsee zu verfolgen. Die gesamte Expedition fand unter widrigen See- und Wetterverhältnissen statt, sodass eine Erprobung der SMIS Fahrzeuge (AUV) nur küstennah stattfinden konnte. Durch die Aufnahme der hydrographischen Verhältnisse in den einzelnen Becken der Ostsee (EMB096) konnten zusätzliche Informationen gewonnen werden, die helfen werden die Ausbreitungswege des Einstromes zu verfolgen und die Mächtigkeit des Ereignisses abzuschätzen.

Ebenfalls im Frühjahr 2015 wurden die diplomatischen Genehmigungen für die im September 2015 anstehende vorerst letzte Testfahrt mit der EMB in der Ostsee (EMB113) vorbereitet und über das Auswärtige Amt beantragt. Im Mai 2015 (13.05-30.05.2015) fand die nächste Hochseerprobung auf der FS Poseidon (POS485) im Nordost Atlantik statt. Auf diese Reise wurde die Azoren Front vermessen und das AUV getestet. Es gelang erstmalig mit dem AUV bis auf 1200 m Tiefe zu tauchen. Auch hier, bedingt durch relativ hohe See (Dünung von bis zur 4 m Höhe), war die Erprobungszeit des AUV's sehr stark begrenzt. Die Expedition POS485 war aus der Sicht der Arbeitsgruppe um Frau Prof. Dr. Waniek sehr erfolgreich, da es erstmalig gelang die Azoren Front gleich auf drei Meridianen (021°W-022°W-023°W) zu detektieren und so ein dreidimensionales Bild der Azoren Front zu erhalten. Leider gelang es nicht das AUV im Frontenbereich, bedingt durch widrige Seeverhältnisse, einzusetzen.

EMB113 wurde im zweiten Halbjahr in der Ostsee (EMB113) in der Gotland See durchgeführt und die Expeditionen in 2016 in der Ostsee und dem Nordostatlantik und zusätzlich weitere, ggf. landgestützte, Erprobungen der SMIS Komponenten wurden vorbereitet. Anschließend wurden die wissenschaftlichen Berichte gemäß der gültigen Richtlinien für die Erprobungsfahrt im Nordostatlantik mit dem FS Poseidon (POS485, 13.05-30.05.2015) erstellt und an die zuständigen Organisationen termingerecht weitergeleitet (siehe Abschnitt 6.2).

Die EMB113 fand vom 24.09.2015 bis zum 30.09.2015 in der Ostsee statt, mit dem Hauptuntersuchungsgebiet im Gotland Becken. Die Ziele der Expedition bestanden aus der Auslegung der profilierenden Verankerung GODESS im Gotland Becken sowie der Erprobung weiterentwickelter Komponenten der SMIS Flotte sowie konventioneller Probenahme in der Wassersäule. Die Fahrt wurde von einem Presseteam des NDR Begleitet (siehe Abschnitt 6.2). Die Erfolgreichen Arbeiten wurden in drei Fernsehberichten im Nordmagazin des Senders ausgestrahlt. Alle geplanten Tauchfahrten des neuen SMIS AUV'S konnten stattfinden. Durch die begleitenden Beprobungen von Wassersäulenparameter während der Projektreise (EMB113), konnten Ziele des IOW vorangetrieben werden und hiermit ein wichtiger Beitrag zu aktuellen Schwerpunktarbeiten des IOW (Salzwassereinstrom aus der Nordsee) geleistet werden.

Die erfolgreichen Erprobungen der SMIS Komponenten unterstreichen hierbei das hohe Potenzial des Projekts konventionelle Beprobungsstrategien erheblich zu erweitern und Grundlagenforschung

ebenso wie staatliche Zustandsüberwachungen voranzutreiben (Abb. 1). Ein Beitrag zu Modernisierung akkreditierter Probenahme- und Messmethoden im Monitoringprogramm wurde im Rahmen der MSc Arbeit von Frau Anne Neun geleistet (vergl. Abschnitt 6).

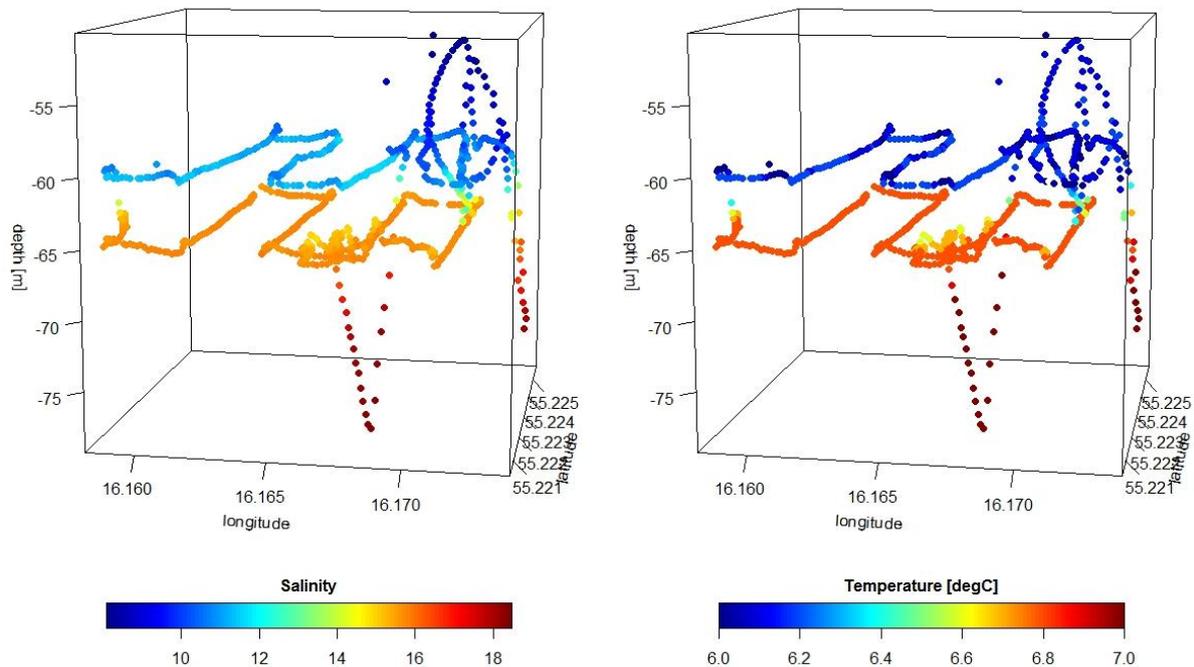


Abbildung 1: Kleinskalige räumliche Verteilung von Salzgehalt (links) und Temperatur (rechts) im südlichen Gotland Becken, aufgezeichnet während einer Tauchfahrt des AUV DORIS (EMB113).

Eine Fahrt mit dem FS Poseidon im Juni 2016 (POS501, 13.06-01.07.2016) wurde erfolgreich beantragt und auch durchgeführt, wenngleich die geplante Vermessung der Azoren Front mit dem AUV nicht stattfinden konnte bedingt durch einen gravierenden Engpass bei der Fa. ENITECH.

Es bleibt festzuhalten dass das IOW alle Aufgaben innerhalb des Verbundes erfüllt hatte. Das TP selbst hat das Ziel der dreidimensionalen Vermessung der Azoren Front mit Hilfe des AUVs nicht erreichen können, bedingt durch Zwänge die nicht im TP bzw. Verbund hätten gelöst werden können. Die Azoren Front wurde trotzdem auf POS501 erfolgreich mittels konventionelle Geräte vermessen (siehe auch Abschnitt 4).

4. Wissenschaftlichem und technischen Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere (Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden)

Die Funktion des Ozeans als ein bestimmender Faktor in Bezug auf die Klimavariabilität und den Klimawandel wird heute nicht mehr verneint (Visbeck, 2002). Die Speicherung des größten Teils der Wärmemenge erfolgt in der obersten Schicht der Ozeane, womit sie eine substanzielle Rolle in den Veränderungen des Klimas auf saisonalen bis dekadischen Zeitskalen spielt. Der Wärme- und Frischwassertransport durch die ozeanischen Strömungen beeinflusst im starken Maße regionale Klimabedingungen, wohingegen die großskalige Meridionale Umwälzirkulation (Meridional Overturning Circulation) nachgewiesene Auswirkungen auf das globale Klimageschehen hat (Vellinga & Wood, 2002).

Für viele Regionen des Weltozeans wurden bereits Veränderungen aufgezeigt, die auf Zeitskalen relevant für den Klimawandel stattgefunden haben bzw. stattfinden. Für den Pazifik wurden z.B. Veränderungen einzelne Fischbestände (Anchovis und Sardinen) unter Einfluss klimatischer Einflüsse nachgewiesen. Aus dem Atlantik wurden Änderungen der Planktonbestände in unterschiedlichen Ökosystemen dokumentiert, wohingegen aus dem Indik über die Veränderlichkeit der Ventilation und Mischungsvorgänge auf klimarelevanten Zeitskalen berichtet wurde (Fine et al., 2007). Für den nördlichen Nordatlantik wurde z.B. für die Tiefen (>2000 m) gezeigt, dass in weiten Gebieten zwischen 50°N und 70°N eine „Aussüßung“ in den letzten vier Dekaden des 20ten Jahrhunderts stattfand und eine Verringerung der Transporte über die Schwellen registriert werden konnte (Dickson et al., 2002). Bryden et al., 2006 warfen die Frage auf ob sich die Meridionale Zirkulation bereits abschwächt. Diese Frage löste eine leidenschaftliche Diskussion aus, mit dem Ergebnis, dass in direkten Beobachtungen keine Evidenz dafür gefunden werden konnte. Auch für den Bereich der Randmeere (Ostsee, Nordsee, Englischer Kanal) wurden Veränderungen bezüglich physikalischer und biologischer Parameter auf längeren Zeitskalen (z.B. Einfluss der Nordatlantischen Oszillation auf die Zusammensetzung der Planktonblüte, phenologische Veränderungen sowie trophisches Mismatch) aufgezeigt.

Veränderungen in den physikalischen Parametern der Ozeane wirken sich nicht nur auf das regionale und globale Klima aus, sondern können im Zusammenspiel mit dem Anstieg des atmosphärischen Kohlendioxids die marinen biogeochemischen Kreisläufe (im besonderen Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor) beeinflussen. Ein erhöhter CO₂-Gehalt der Atmosphäre führt zu zusätzlichem CO₂, das in den Ozeanen gelöst wird, wobei Veränderungen in der Temperatur und im Salzgehalt die Löslichkeit und das chemische Gleichgewicht der Gase beeinflussen. Da das gelöste Kohlendioxid im Wasser eine schwache Säure bildet, kann eine Erhöhung des CO₂-Gehaltes in den Ozeanen zu einer Senkung des pH-Wertes führen. Für den Zeitraum von 1750 bis 1994 konnte eine Abnahme des pH-Wertes an der Oberfläche um 0.1 über den globalen Ozean abgeschätzt werden (Raven et al., 2005). Bis 2100 wird eine Abnahme im Oberflächenwasser von 0.4 +/- 0.1 gegenüber dem vorindustriellen Zeitalter erwartet (IPCC Report). Die daraus resultierende abnehmende Kalzifizierungsrate bietet Gefahren für Warm- und Kaltwasserkorallen (z.B. Orr et al., 2009). Dort ansässigen Fischstämmen wird damit die Lebensgrundlage entzogen. Auswirkungen auf die Fischerei und den Tourismus in Gebieten großer Korallenriffe werden damit auch sozial-ökonomisch spürbar werden (Orr et al., 2009).

Aus dem Subtropen Wirbel des nördlichen Atlantiks postulierte Siedler et al., 2005, dass die Stärke und die Position des Azoren Stromes von der Nordatlantischen Oszillation (NAO) abhängig ist. Die 20 Jahre währende Zeitreihe ermöglichte allerdings nur bedingt Aussagen diesbezüglich sowie zu inter- und dekadischen Veränderungen für diesen Teil des nördlichen Atlantiks. Die Betrachtung der turbulenten kinetischen Energie ließ die Vermutung aufkommen, dass eine Verschiebung des subtropischen Wirbels in den 90er Jahren stattgefunden hatte (Siedler et al., 2005). Fründt et al. (2013, 2015ab) zeigte erstmalig den Einfluss der NAO auf den subtropischen Nordostatlantik, wies aber darauf hin, dass eine ganze Reihe weitere Perioden sichtbar ist, die statistisch durch die Kürze der Zeitreihen der Kiel276 leider noch nicht abgesichert sind (siehe auch Abschnitt Eigene Vorarbeiten). Fründt et al. (2015a, b) zeigten auch, dass die biologische Produktion in den subtropischen Wirbeln weltweit auf multidekadischen Zeitskala Schwankungen aufweist, die z.B. im Zusammenhang mit *global dimming* stehen. Daraus errechneten die Autoren, dass zwischen 1880 und der Gegenwart eine Reduktion der globalen Kohlenstoffaufnahme um jährlich 1.5% auftrat, die sich auf eine Reduktion um 48Gt über den Zeitraum summiert.

4.1 Eigene Vorarbeiten –Nordostatlantik

Seit 1980 werden im Madeira Becken im Subtropen Wirbel auf der Station Kiel 276 (33°N, 22°W) physikalische Parameter aufgezeichnet und zusätzlich seit 1993 biogeochemische Untersuchungen durch die Antragstellerin durchgeführt. Waniek et al., (2005a) zeigte zunächst, dass das Strömungsfeld in diesem Bereich des subtropischen Nordostatlantiks stark durch den Ausstrom des Mittelmeerwassers (1000 m) und des Nordatlantischen Tiefenwassers (1600 m) beeinflusst ist. Es wurde ebenso gezeigt, dass die zeitliche und vertikale Variabilität der Azoren Front (AF) sowie Änderungen ihrer Position relativ zur Verankerungsposition die horizontalen Strömungen beeinflussen (Schiebel et al., 2002; Siedler et al., 2005). Die AF ist an der Oberfläche nicht sichtbar und damit mit Hilfe von Satelliten nicht zu erfassen; sie kann lediglich direkt durch die Erfassung der Lage der 15°C Isotherme bzw. deren Verlagerung von 300 m Tiefe auf ca. 200 m Tiefe detektiert werden. Die Strömungsamplituden sind gleich stark von der Oberfläche bis in 1000 m Tiefe (20-25 cm s^{-1}) ausgeprägt und nehmen erst unterhalb von 1600 m Tiefe auf 5 cm s^{-1} ab (Waniek et al., 2005a). Die mittleren Strömungen sind (33°N, 22°W) schwach und durch Ereignisse auf der Mesoskala mit Perioden von 30 bis 60 Tagen dominiert. Siedler et al. (2005) assoziierten diese Ereignisse mit der Verlagerung der Azoren Front und ihrer Mäander, wohingegen Schiebel et al. (2002) die zwischenjährigen Schwankungen in der Lage der Front anhand direkter Beobachtungen der 15°C Isotherme nachweisen konnten. Für den Bereich der Azoren Front wurde gezeigt, dass die Position und Stärke der Front einen entscheidenden Einfluss auf die Zusammensetzung und regionale Verteilung der planktischen Gemeinschaft hat und die Lage der Azoren Front deutlichen zwischenjährigen Variationen unterliegt (Schiebel et al., 2002; Fründt und Waniek, 2012).

Fründt et al. (2013) demonstrierte, anhand der Strömungsmesseregistrierungen aus zwei Tiefen in der Thermokline (240 m & 500 m), dass es signifikante Unterschiede zwischen den untersuchten Dekaden (1980-2009) z.B. bezüglich der Temperaturentwicklung gab. In den 1980ern zeigen beide untersuchten Tiefen im Durchschnitt eine Temperaturabnahme, die in 500 m noch stärker ausgefallen ist als in dem oberen Bereich. Fründt et al. (2013) deutete die simultane Abnahme der Temperatur in beiden Tiefen dahingehend, dass in der gesamten Thermokline ein rückläufiger Trend vorherrschte. Für das Ende der 1980er und Anfang der 1990er wurde eine Erwärmung in der unteren Schicht der Thermokline gezeigt, welche jedoch in der oberen Thermokline ausgeblieben ist. So führen die Temperaturen der oberen Schicht die Abnahme aus den 1980ern fort, die Stärke der Temperaturabnahme beläuft sich jedoch mit $-0,03^{\circ}\text{C a}^{-1}$ auf nur noch 25% der Abnahme in den 1980ern.

In der unteren Thermokline dagegen gab es eine leichte Erwärmung über das ganze Jahrzehnt hin gesehen. Über die gesamte Thermokline betrachtet sind die Temperaturen in den Neunzigern einigermaßen stabil, da die mittleren Gradienten pro Jahr nur einen Bruchteil der Werte aus dem vorigen und auch aus dem folgenden Jahrzehnt betragen (Fründt et al., 2013). So kann man die 1990er als eine Art Wendepunkt ansehen, der die Verbindung zwischen den abnehmenden Temperaturen der 1980er und den zunehmenden der 2000er herstellt. In den 2000ern erfolgte eine starke Temperaturzunahme, die mit einer Steigung in der oberen Thermokline fast doppelt so stark ausfiel wie in der unteren Schicht, was auf die vier Jahre später einsetzende Erwärmung in der unteren Schicht zurückgeführt wurde. In 500 m Tiefe konnte während der ersten Jahre dieses letzten Jahrzehnts eine durchschnittlich gleichbleibende Temperatur festgestellt werden, woraus ein niedrigerer Gradient in der unteren Schicht, als in 240 m Tiefe, resultiert. Diesbezügliche Aussagen über die Entwicklung unterhalb der Thermokline gab es aus diesem Bereich des Nordostatlantiks bisher nicht. Die Autoren argumentierten, dass dies einerseits durch das Zusammenbrechen der Korrelation mit NAO

zusammenhängen kann und die starke Erwärmung durch den erhöhten Anteil an warmem subtropischem Wasser erklärt werden kann, was auf die Verlagerung bzw. Ausdehnung des Subtropenwirbels erklärt werden könnte.

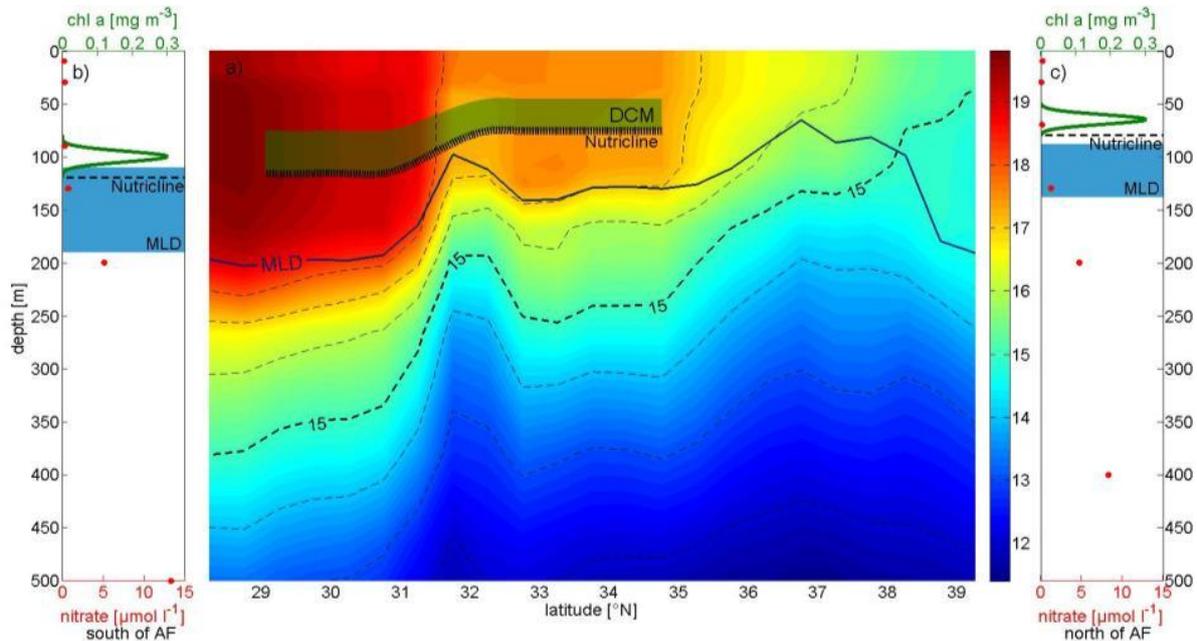


Abbildung 2: Struktur der oberen Wassersäule (0-500m tiefe) südlich, nördlich und an der Azoren Front (Fründt & Waniek, 2012). Im Zentrum ist die Temperaturverteilung dargestellt, die 15°C Isotherme ist gestrichelt dargestellt zusammen mit der Durchmischungstiefe (MLD) und der Lage des tiefen Chlorophyll a Maximums (DCM) oberhalb der Nutricline. Links und rechts sind die Tiefenprofile für Nitrat (rote Punkte) sowie das DCM (grüne Linie) und der Bereich MLD/Nutricline südlich und nördlich der Azoren Front dargestellt.

Für das Madeira Becken zeigen Fründt und Waniek (2012), dass die Azoren Front eine wichtige Rolle für die Primär- und Exportproduktion spielt. Über den Zeitraum 1966 bis 2008 wurde eine nördliche Verlagerung der Front festgestellt, die möglicherweise den produktionsarmen Bereich im Nordatlantik vergrößert bzw. bereits postuliert sich verlagert (Siedler et al., 2005; Fründt et al., 2013). Die starke zwischenjährige Variabilität in der Exportproduktion wird bestimmt durch die Bewegung der Front. An der südlichen Flanke der Front findet sich eine tiefere durchmischte Schicht, die die Nährstoffzufuhr und damit die Primärproduktion im Vergleich zur nördlichen Flanke erhöht. Je nach Lage der Front im Verhältnis zur Verankerungsstation führt dies zu einer verstärkten oder verminderten Exportproduktion im Anschluss an die Blüte im Oberflächenwasser. Die Dynamik der Front selbst wird dabei durch das Zusammenwirken der Nordatlantischen Oszillation, die Veränderungen im Windfeld und im assoziierten Ekmantransport gesteuert (vergl. Abb. 2 aus Fründt & Waniek, 2012; Fründt et al., 2015a,b). Die Autoren belegten, dass Zusammenspiel zwischen der Primärproduktion in den Einzugsbereichen der Sinkstofffallen, der Durchmischungstiefe im Einzugsbereich in Verhältnis zu der Position der Azoren Front über die Stärke der Exportproduktion und damit den Partikelfluss in 2000 m Tiefe entscheidet.

Fründt & Waniek (2012) belegten erstmalig, dass die nördliche Flanke des subtropischen Wirbels, verstanden als die Azoren Front, einer stete nordwärts Bewegung macht (Abb. 3). Dies ist ebenso bestätigt durch die Analyse der Strömungsmesserdaten die zeigt, dass die Häufigkeit der Mäander der Azoren Front sichtbar in den oberen Registrierungen der Strömungsmesser (Temperaturanomalie und Strömungsverlauf) in den letzten Jahren abgenommen hat im Vergleich zu den Ergebnisse von Siedler et al. (2005). Die Ursachen hierfür und die daraus resultierenden Konsequenzen für das

Produktionsregime im Bereich des Subtropenwirbels sind jedoch noch weitgehend ungeklärt. Eine Verlängerung der Zeitreihen der Kiel276 kann auch für diesen Komplex sehr hilfreich sein.

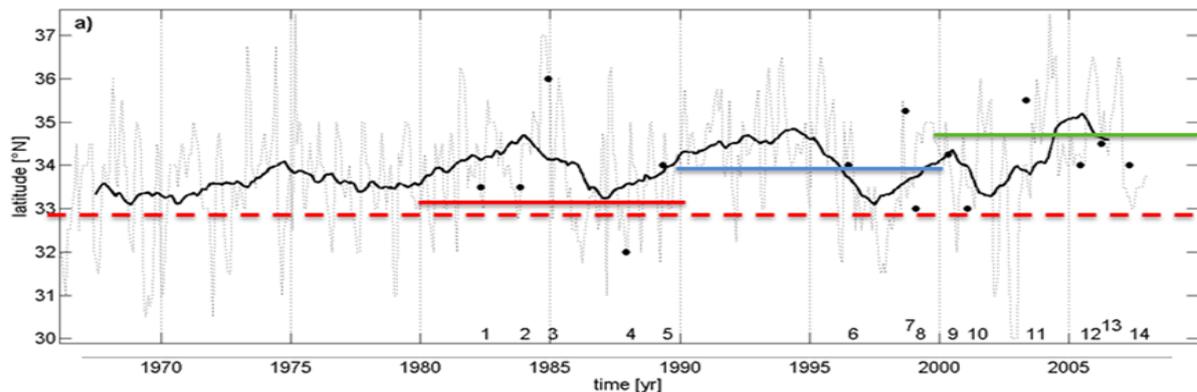


Abbildung 3: Die Azoren Front (AF) wies zwischen 1966 und 2009 eine mittlere Bewegung von $0.06^{\circ}\text{a}^{-1}$ nordwärts. In den einzelnen Dekaden wandert die AF in 1980s (rot) $-0.01^{\circ}\text{a}^{-1}$; in 1990s (blau) $0.15^{\circ}\text{a}^{-1}$ und in 2000s: $0.035^{\circ}\text{a}^{-1}$ (grün). Die mittlere Position wandert ebenfalls relativ zu der Verankerung Kiel276 (gestrichelte rote Linie) und lag in 1980s auf 33.2°N ; in 1990s auf 33.7°N und 2000s auf 34.1°N . Dünne graue Linie Position der Front ermittelt aus SODA POP und schwarze Punkte Azoren Front lokalisiert während Expeditionen (für mehr Details siehe Fründt & Waniek, 2012).

Im Rahmen der POS501 in 2016 konnte erstmalig die Azoren Front auf 4 Meridianen lokalisiert werden und damit ihre Position im Raum festgehalten werden (Abb. 4). Leider stand das AUV nicht zu Verfügung, wie eigentlich vorgesehen war, so dass eine detaillierte Vermessung nicht stattgefunden hat. Sämtliche Messungen wurden mit heute bereits als Standard angesehen Methoden (CTD und Schlepp-CTD) durchgeführt. Die Beobachtungen der POS501 Reise machen deutlich, dass im Vergleich zur POS485 im Mai 2015 die Azoren Front sich nahezu 1 bis 1.5 Grad nach Norden verlagert hatte, wenn ihre Position auf den Schnitten 21°W und 22°W zwischen 2015 und 2016 verglichen werden. Unter der Annahme, dass die Front in der Zwischenzeit nicht nach Süden propagierte, entspricht das eine Fortbewegung von ungefähr 0.4 cms^{-1} .

Es bleibt offen ob diese nordwärts Bewegung ein Indiz für die Verlagerung des gesamten Subtropenwirbels oder der Beleg für die Ausdehnung des subtropischen Bereichs ist. Hierzu sind weitere Untersuchungen und Registrierungen auf den relevanten Raum- und Zeitskalen notwendig.

4.2 Angabe der Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste,

- Bryden, H.L., Longworth, H.R., Cunningham, S.A.: Slowing of the meridional overturning circulation at 25°N , *Nature*, 438, doi: 10/1038/nature04385, 2006
- Dickson, B, Yashayaev, I., Meincke, J., Turrell, B., Dye, S., Holfort, J.: Rapid freshening of the deep North Atlantic Ocean over the past four decades, *Nature*, 416, 25, 832-836, 2002
- Fine, R. A., W. M. Smethie Jr., J. L. Bullister, D. H. Min, M. J. Warner, M. Rhein, A. Poisson, and R. F. Weiss, Decadal ventilation and mixing of Indian Ocean water, *Deep-Sea Res. I*, . 55(1), 20-37, 2007
- Fründt, B., Waniek, J.J. (2012): Impact of the Azores Front propagation on deep Ocean particle flux, *Central European Journal of Geosciences*, DOI: 10.2478/s13533-012-0102-2.
- Fründt, B., Müller, T., Schulz-Bull, E.D., Waniek, J.J. (2013): Long-term changes in the thermocline of the subtropical Northeast Atlantic (33°N , 22°W), *Progress in Oceanography*, 116, 246-260
- Fründt, B., Dippner, J.W., Waniek, J.J. (2015): Chlorophyll a reconstruction from in-situ measurements, Part I: Method description, *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences*, 120, 237-245, 10.1002/2014JG002691
- Fründt, B., Dippner, J.W., Schulz-Bull, D.E., Waniek, J.J. (2015): Chlorophyll a reconstruction from in-situ measurements, Part II: Marked carbon uptake decrease in the last century, *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences*, 120, 246-253, 10.1002/2014JG002692

TP IOW: Prof. Dr. habil Joanna Waniek, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), Seestraße 15, 18119 Rostock, Tel: +49 381 5197 300, Fax: +49 381 5197 302, email: joanna.waniek@io-warnemuende.de

Orr, J. C.; Caldeira, K.; Fabry, V.; Gattuso, J.-P.; Haugan, P.; Lehodey, P.; Pantoja, S.; Pörtner, H.-O.; Riebesell, U.; Trull, T.; Hood, M.; Urban, E.; Broadgate, W.: Reserach Priorities for Ocean Acidification, report from the Second Symposium on the Ocean in a High-CO₂ World. Monaco, October 6-9, 2008, 2009

Raven, J.; Caldeira, K.; Elderfield, H.; Hoegh-Guldberg, O.; Liss, P.; Riebesell, U.; Shepher, J.; Turley, C.; Watson, A.: Ocean Acidification due to Increasing Atmospheric Carbon Dioxide. London: The Royal Society, 2005

Schiebel R., J. J. Waniek, A. Zeltner and M. Alves (2002): Impact of the Azores Front on the distribution of planktic foraminifers, shelled gastropods, and coccolithophorids, Deep-Sea Res. II, 49, 4035-4050

Siedler, G.; Armi, L.; Müller, T.J.: Meddies and decadal changes at the Azores Front from 1980 to 2000. Deep-Sea Research II 52 (2005), S. 583–604

Waniek, J.J., Schulz-Bull, D.E., Kuss, J and Blanz, T. (2005) Long--time series of deep water particle flux in three biogeochemical provinces of the northeast Atlantic. Journal of Marine Systems, 56, 391-415.

Waniek, J.J., Schulz-Bull, D.E., Blanz, T, Prien, R., Oschlies, A. and Müller, T. (2005) Interannual variability of deep water particle flux in relation to production and lateral sources in the northeast Atlantic. Deep Sea Research Part I, 52, 33-50.

Vellinga, M.; Wood, R.A.: Global climatic impacts of a collapse of the Atlantic thermohaline circulation. Climatic Change 54 (2002), S. 251–267

Visbeck, M., The Ocean's Role in Atlantic Climate Variability, Science, 297, 2223-2224, 2002

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Im Rahmen des Vorhabens haben wir neben den Projektpartnern mit Kollegen von der Universität Lissabon zusammengearbeitet. Im Rahmen der Poseidon Expeditionen wurden für die Arbeitsgruppe um Frau Dr. Völker an der Universität Lissabon (Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IPMA, Divisão de Geologia e Georecursos Marinhos) Proben zur Bestimmung von Sauerstoffisotopen und Deuterium gesammelt, die eine weitreichende Analyse der Wassermassen erlauben. Darüber hinaus hat eine Masterstudentin (H. Frazao) der Faculty of Sciences of the University of Lisbon (FCUL) des Marine and Environmental Sciences Centre an der Expedition in 2016 teilgenommen.

Im Rahmen der Expeditionen in der Ostsee wurde mit der AG *Chemische In situ Sensoren* Dr. Prien (IOW) intensiv zusammengearbeitet. Hier sind insbesondere die Verankerungsarbeiten mit der GODESS (Gotland Deep Environmental Sampling Station) zu erwähnen, die auf den SMIS Expeditionen für das IOW durchgeführt wurden.

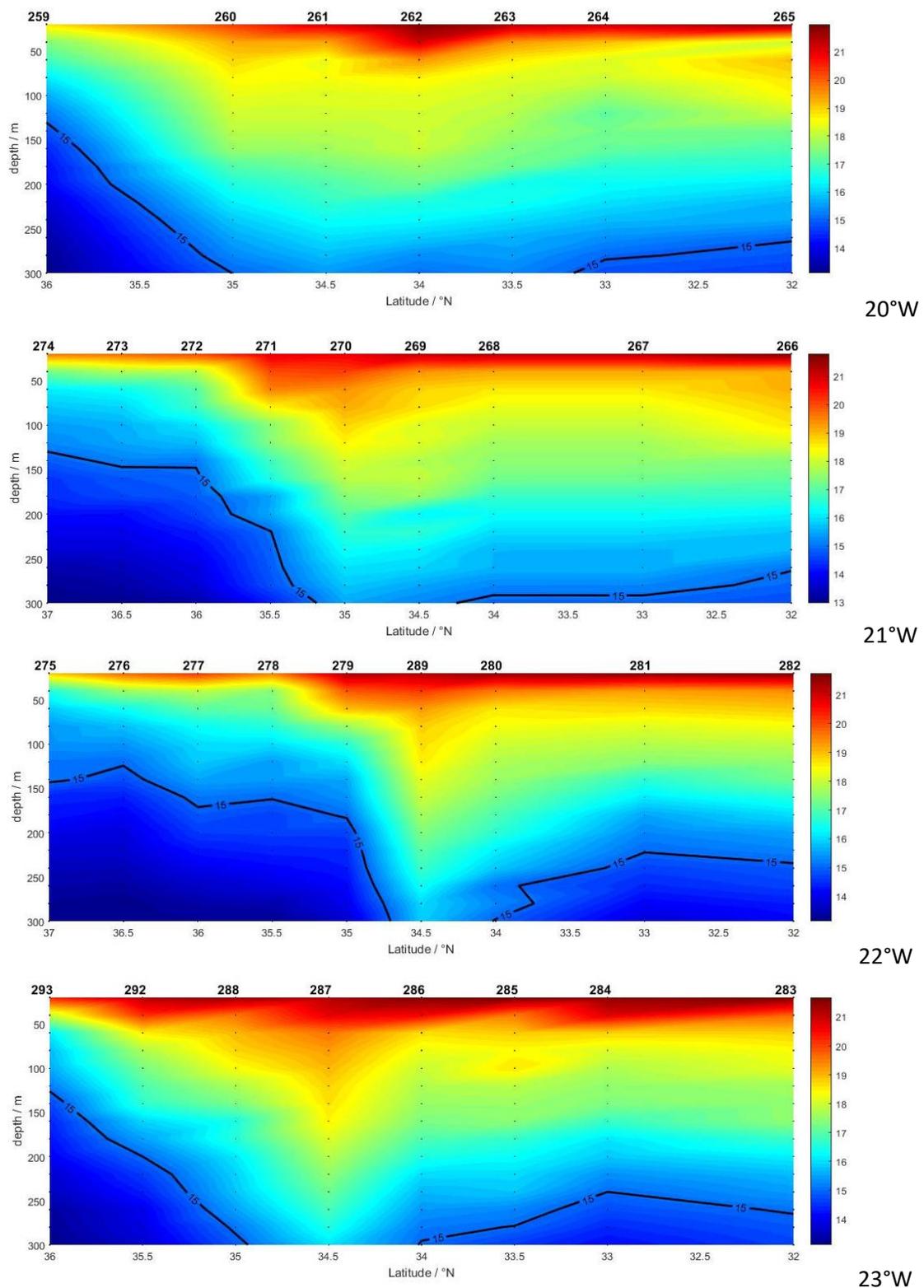


Abbildung 4: Vertikale Temperaturverteilung in den oberen 300 m während der POS501 Reise in Juni 2016 entlang der Meridiane 20°W-23°W. Die 15°C Isotherme ist farblich markiert, und macht den Anstieg von 300 m auf 200 m deutlich. CTD Stationen sind an der oberen Achse angegeben.

II. Eingehende Darstellung

1. der Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele,

Die Auflistung der Ausgaben über die Laufzeit des Vorhabens wurde über die Verwaltung des Institutes zum Projektabschluss an die zuständigen Stellen übermittelt. Ein großer Teil der Ausgaben fiel auf die Gehälter des wissenschaftlichen und technischen Personals, sowie die Expeditionskosten, hier insbesondere den Charter für die Forschungsschiffe sowie Transporte und auch die im Projekt angeschafften wissenschaftlichen Geräte. Eine detaillierte Aufstellung der Kosten wurde bereits übermittelt. Alle Ausgaben waren zur Durchführung der Expeditionen, der Analyse der Proben gemäß der TP Zielsetzung verwendet.

2. der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises,

Die Auflistung der Ausgaben über die Laufzeit des Vorhabens wurde über die Verwaltung des Institutes zum Projektabschluss an die zuständigen Stellen übermittelt.

3. der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit,

Die finanziellen Mittel die von Seiten des BMWi zur Durchführung der vorgesehen wissenschaftlichen Arbeiten im TP bewilligt wurden, waren notwendig und von uns bis auf einen Restbetrag vollständig ausgenutzt. Diese Restmittel entstanden durch die Insolvenz der Fa. Enitech, die zum Wegfall der Erprobung der gesamten SMIS Flotte führte, so dass z.B. keine Container verschickt wurden und auch weniger Schiffcharter über das Projekt für die POS501 abgerechnet wurde.

Insgesamt wurden 3 Expeditionen im Nordostatlantik und 4 Expeditionen in der Ostsee durchgeführt. Das Arbeitsprogramm der jeweiligen Expedition wurde stets an Erprobungswünsche, die teilweise widrigen Wetter- bzw. Seeverhältnisse im Rahmen der vorliegenden Bewilligung angepasst und auf die Zeitforderungen anderer beteiligten Arbeitsgruppen zugeschnitten, um Synergien und effiziente Nutzung der Schiffszeit zu gewährleisten.

4. des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans,

Die Ergebnisse des Teilvorhabens TP *Seeerprobungen und wissenschaftliche Anwendungen* im *Subsea Monitoring via Intelligent Swarms* bedienen die wissenschaftliche Fragen der Programme „Forschung für die Nachhaltigkeit“ sowie „System Erde“ und können daher als Grundlagen für die nationale und internationale Politikberatung (IPCC) genutzt werden. Die erzielten Ergebnisse werden von den Kooperationspartnern genutzt und als Basis für mögliche künftige Projekten herangezogen werden. Des Weiteren leistet das Vorhaben einen Beitrag zu dem BMBF-Forschungsprogramm Meeresforschung (PTJ) und insbesondere der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit (WTZ) auf dem Gebiet der Meeresforschung und –Technologie.

5. des während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen,

Unmittelbar im Anschluss an dieses Vorhabens wurden von der Projektleiterin zunächst keine weiteren Projekte geplant, die weitere technologische Entwicklungen beinhalten. Die Fortsetzung der Arbeiten der Arbeitsgruppe bezüglich der Dynamik der Azoren Front und die Fortführung der Kiel276 Zeitserienstation im Bereich des NO Atlantiks werden zur Zeit vorbereitet und für 2018 vorgesehen. Die

neuesten Ergebnisse (POS501, Sommer 2016) werden schon bald in eine weitere begutachtete Veröffentlichung einfließen und einen Erkenntniszugewinn bringen.

6. der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses nach Nr. 6.

6.1 Qualifizierungsarbeiten

In der Arbeitsgruppe Prof. Waniek wurden im Rahmen der Arbeiten des Teilprojektes einige Qualifizierungsarbeiten im Berichtszeitraum abgeschlossen, die auf Teilergebnissen und Proben der einzelnen Expeditionen basierten. Die folgenden Arbeiten wurden von der Projektleiterin betreut:

Deich Carina (2016): Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und chlorierte Kohlenwasserstoffe im Oberflächenwasser des oligotrophen Nordostatlantiks, FB Chemie, Masterarbeit, Universität Rostock, 58p.

Fett Theresa (2016): Temporal DOC pattern in the Baltic Sea with the focus on Major Baltic Inflows: Case studies Bornholm Basin and Gotland Basin. FB Meeresbiologie, Bachelorarbeit, Universität Rostock, 46p.

Rönn Elisa (2015): Estimation of the nutrient pool in the oligotrophic Northeastatlantic, Master thesis, FB Chemie, Universität Rostock, 83p.

Neun Anne (2015): Optimierung der Methode zur Bestimmung von gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) anhand von Proben aus der Ostsee, Masterarbeit, FB Chemie, Universität Rostock, 55p.

Fründt Birte (2015): Long-term variability of the primary production and export production in the Madeira Basin, Promotionschrift, Universität Rostock, 99p

Bär Katharina (2014): Chemische Charakterisierung lithogener Partikel aus dem subtropischen Nordostatlantik, Masterarbeit, FB Chemie, Universität Rostock, 49p.

Stern Judith (2014): Chemische Zusammensetzung des Sahara Staubes auf Kiel276 (33°N, 22°W) im Nordostatlantik, Masterarbeit, FB Chemie, Universität Rostock, 89p.

6.2 Begutachtete Publikationen

Des Weiteren wurden folgende Untersuchungen in begutachteten wissenschaftlichen Fachzeitschriften veröffentlicht:

Fründt, B., Dippner, J.W., **Waniek, J.J.** (2015): Chlorophyll a reconstruction from in-situ measurements, Part I: Method description, *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences*, 120, 237-245, 10.1002/2014JG002691

Fründt, B., Dippner, J.W., Schulz-Bull, D.E., **Waniek, J.J.** (2015): Chlorophyll a reconstruction from in-situ measurements, Part II: Marked carbon uptake decrease in the last century, *Journal of Geophysical Research, Biogeosciences*, 120, 246-253, 10.1002/2014JG002692

Meyer, D., Prien, R.D., Dellwig, O., **Waniek, J.J.**, Schulz-Bull, D.E. (2014): Electrode measurements of the oxidation reduction potential in the Gotland Deep using a moored profiling instrumentation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 141, 26-36.

Meyer, D., R.D. Prien, O. Dellwig, **J.J. Waniek**, I. Schuffenhauer, J. Donath, S. Krüger, M. Pallentin, D.E. Schulz-Bull (2016): A Multi Pumping Flow System (MPFS) for in Situ Measurements of Dissolved Manganese in aquatic Systems, *Sensors*, 16,2027, doi:10.3390/s16122027

6.3 Nicht begutachtete Beiträge und Publikationen

TV Beiträge:

Ein Leben für die Wissenschaft, NDR Nordmagazin, ausgestrahlt am 3.11.2015

Meerestechnik made in Rostock, NDR Nordmagazin, ausgestrahlt am 5.11.2015

TP IOW: Prof. Dr. habil Joanna Waniek, Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW), Seestraße 15, 18119 Rostock, Tel: +49 381 5197 300, Fax: +49 381 5197 302, email: joanna.waniek@io-warnemuende.de

Made in MV: Enitech in Bentwisch, NDR Nordmagazin, ausgestrahlt am 19.11.2015

Fahrtberichte:

Waniek, J.J. (2014): doi:10.3289/CR_POS470

Waniek, J.J. (2015): doi:10.3289/CR_POS_485

Waniek, J.J. (2016): 3-D Mapping of the Azores Front, doi:10.3289/CR_POS_501

III. Abschnitt

1. den Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen, z. B des Förderprogramms - (ggf. unter Angabe des Schwerpunkts) - soweit dies möglich ist - ,

Das Vorhaben soll einen Beitrag leisten zu dem BMBF-Forschungsprogrammen Meeresforschung (PTJ) und insbesondere der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit. Im Rahmen der WTZ werden wissenschaftliche Fragestellungen der Programme "Forschung für die Nachhaltigkeit" und "System Erde" in Form interdisziplinäre Projekte umgesetzt. Die Beteiligung an Forschungsprogrammen zur Lösung globaler Probleme, der Ausbau und die Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Naturwissenschaftlern und Ingenieure sind zwei wesentliche Ziele der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit. Darüber hinaus zielen die Kooperationen auf Technologieexport und Markterschließung insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen. Die nachhaltige Nutzung der Meere und ihrer Ressourcen kann nur gewährleistet werden, wenn entsprechende Strategien entwickelt werden. Die Basis dafür kann die marine Forschung liefern. Schwerpunkte sind das Meer als Klimafaktor und Ökosystem, marine Ressourcen, Meeres- und Überwachungstechnik sowie Küstenzonen-Management und Küsteningenieurwesen.

2. das wissenschaftlich-technische Ergebnis des Vorhabens, die erreichten Nebenergebnisse und die gesammelten wesentlichen Erfahrungen,

Die [wissenschaftlichen] Ziele des TP IOW SMIS wurden bis auf die Vermessung der Azoren Front erreicht. Hydrographische und biogeochemische Daten sowie Probenmaterial hoher Qualität wurden von der AG Waniek auf den Expeditionen im NO Atlantik und der Ostsee erhoben. Diese werden noch lange nach Projektabschluss in IOW Laboren analysiert und ausgewertet und für weitere Qualifizierungsarbeiten genutzt. Die einzelnen Expeditionen und die durchgeführten instrumentellen Tests haben die marinen Wissenschaftler und die Ingenieure nochmals die Komplexität der Anforderungen und die daraus resultierenden technologischen Grenzen deutlich gemacht.

3. die Fortschreibung des Verwertungsplans. Diese soll, soweit im Einzelfall zutreffend, Angaben zu folgenden Punkten enthalten (Geschäftsgeheimnisse des Zuwendungsempfängers brauchen nicht offenbart zu werden):

- 3.1 Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen und erteilte Schutzrechte, die vom Zuwendungsempfänger oder von am Vorhaben Beteiligten gemacht oder in Anspruch genommen wurden, sowie deren standortbezogene Verwertung (Lizenzen u.a.) und erkennbare weitere Verwertungsmöglichkeiten,**

Nicht zutreffend

- 3.2 Wirtschaftliche Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - z.B. auch funktionale/wirtschaftliche Vorteile gegenüber Konkurrenzlösungen, Nutzen für verschiedene Anwendergruppen/-industrien am Standort Deutschland, Umsetzungs- und Transferstrategien (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt),**

Nicht zutreffend

- 3.3 Wissenschaftliche und/oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende (mit Zeithorizont) - u.a. wie die geplanten Ergebnisse in anderer Weise (z.B. für öffentliche Aufgaben, Datenbanken, Netzwerke, Transferstellen etc.) genutzt werden können. Dabei ist auch eine etwaige Zusammenarbeit mit anderen Einrichtungen, Firmen, Netzwerken, Forschungsstellen u.a. einzubeziehen,**

Das Vorhaben SMIS war ein innovativer, interdisziplinärer Forschungsansatz, der die Zusammenarbeit zwischen marinen Wissenschaftlern und Ingenieuren auf besondere Art und Weise förderte. Methodisch wurden komplexe Unterwasserfahrzeuge basierend auf den Vorarbeiten des DNS und DNS Tiefsee Projektes entwickelt, erprobt und teilweise erfolgreich eingesetzt und mit routinemäßigen Messungen verknüpft. Die einschlägigen und anerkannten Vorarbeiten der am Vorhaben SMIS beteiligten Partner waren eine essentielle Voraussetzung dafür, dass das angestrebte Gesamtziel von SMIS nahezu vollständig erreicht wurde. Das TP IOW hat seine Versprechen gegenüber dem Zuwendungsgeber vollständig erfüllt, konnte jedoch durch die oben genannten Umstände (Insolvenz Fa. Enitech) sein wissenschaftliches Ziel nicht erreichen.

3.4 Wissenschaftliche und wirtschaftliche Anschlussfähigkeit für eine mögliche notwendige nächste Phase bzw. die nächsten innovatorischen Schritte zur erfolgreichen Umsetzung der Ergebnisse,

Generelles Ziel des SMIS Verbundes war zu demonstrieren, dass eine Flotte von autonomen Unterwasserfahrzeugen zur Vermessung hydrographische ozeanische Strukturen eingesetzt werden kann. Hierbei sollten die Fahrzeuge wie ein Schwarm Fische untereinander kommunizieren und die gewonnen Informationen an eine Basisstation (z.B. auf dem Schiff) weitergeben. Die Anwendung sollte über die volle Tiefe also 6000 m möglich sein. Im Verlauf des Projektes wurden detaillierte Tests der einzelnen SMIS Fahrzeuge und Komponenten erfolgreich durchgeführt bis in 1200 m Wassertiefe, aber es gelang nicht den vollen Einsatz des gesamten Systems zu demonstrieren. Die AUV's, wie sie in SMIS entwickelt wurden, werden künftig eine zunehmend große Bedeutung in der Erfassung, Kartierung und Vermessung ozeanischer Strukturen haben, da sie eine kostengünstige Variante bieten und zudem eine größere räumliche und zeitliche Abdeckung ermöglichen. Daher ist es besonders schade, dass die geplante Vermessung der Azoren Front nicht durchgeführt werden konnte. Die im Projekt auf dem klassischen Weg gewonnen Daten bezüglich der Dynamik der Azoren Front werden unser Verständnis der Frontendynamik vertiefen und zeitnah in begutachtete Veröffentlichungen eingehen.

4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben,

Nicht zutreffend

5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer - z.B. Anwenderkonferenzen (Angaben, soweit die Art des Vorhabens dies zulässt),

Gemäß der Vorgaben wurde 1) nach jeweils 6 Monaten ein Zwischenbericht dem Zuwendungsgeber zugeschickt, 2) unmittelbar nach Abschluss jeder Forschungsreise eine Stationsliste sowie ein Cruise Summary Report sowie ein wissenschaftlicher Fahrtbericht samt Anlagen an die zuständigen Organisationen abgegeben und 3) spätestens ein Jahr nach den Expeditionen in den NO Atlantik werden jeweils folgende Daten in die Pangäa-Datenbank eingehen: CTD, Nährstoffdaten, SPM und Strömungsmesseraufzeichnungen. Alle gewonnenen Datensätze werden ebenfalls in der IOW Datenbank gesichert und auf Nachfrage anderen Arbeitsgruppen zur Verfügung gestellt. Dies gilt insbesondere für alle Daten die zur Verfolgung des Einstromereignisses auf den EMB Expeditionen erhoben wurden. Unsere Ergebnisse werden in Qualifizierungsarbeiten einfließen, auf internationalen und nationalen Kongressen präsentiert und in Fachzeitschriften veröffentlicht werden.

6. die Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung.

Das Vorhaben SMIS insbesondere TP IOW hat sowohl die Ausgaben als auch die Zeitplanung eingehalten. Mit den zugewiesenen Mitteln wurde sparsam und wirtschaftlich umgegangen.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht	
3. Titel <p style="text-align: center;">SMIS - <i>Subsea Monitoring via Intelligent Swarms</i> TP Seerprobungen und wissenschaftliche Anwendungen</p>		
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Waniek, Joanna J.	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2016	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation Fachzeitschriften	
	8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde, Seestraße 15, 18119 Rostock, Germany	
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie , (BMWi) Scharnhorststr. 34-37, 10115 Berlin		9. Ber. Nr. Durchführende Institution
		10. Förderkennzeichen 03SX348F
		11. Seitenzahl 16
13. Literaturangaben 15		14. Tabellen 0
		15. Abbildungen 4
		16. Zusätzliche Angaben
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)		
18. Kurzfassung Im Rahmen des <i>Subsea Monitoring via Intelligent Swarms</i> (SMIS) Projektes übernahm das Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde an der Universität Rostock (IOW) in dem Teilprojekt <i>Seerprobungen und wissenschaftliche Anwendungen</i> die Organisation und Durchführung von Erprobungskampagnen der in SMIS entwickelten Fahrzeuge im Flachwasser (Ostsee) und Tiefsee (Nordostatlantik). Die Erprobungskampagnen erfolgten auf den deutschen mittelgroßen Forschungsschiffen und wurden in die sonstigen Forschungsarbeiten der Arbeitsgruppen <i>Bio-physikalische Wechselwirkungen</i> und <i>Chemische in situ Sensoren</i> des IOW's eingebunden. Die Aufgabenstellungen der Expedition wurden durch interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Wissenschaftler aller SMIS Teilprojekte geplant und in hervorragende Zusammenarbeit mit den Schiffsmannschaften der FS Poseidon, FS Alkor sowie FS Elisabeth Mann Borgese umgesetzt. Am IOW waren außer den Projektmitarbeitern während der 3 Expeditionen im Nordostatlantik und 4 Expeditionen in der Ostsee weitere Mitarbeiter aus der Grundausstattung sowie Projektangestellte aus den Sektionen Meereschemie, Meeresbiologie und Physikalische Ozeanographie des IOW's beteiligt.		
19. Schlagwörter Unbemannte Unterwasserfahrzeuge, AUV, Forschungsschiffe, Nordostatlantik, Ostsee, Azoren Front		
20. Verlag	21. Preis	

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title SMIS - <i>Subsea Monitoring via Intelligent Swarms</i> TP Seeerprobungen und wissenschaftliche Anwendungen (Sea trials and scientific applications)	
4. author(s) (family name, first name(s)) Waniek Joanna	5. end of project 30.06.2016
	6. publication date planned
	7. form of publication Scientific journal
Leibniz Institute for Baltic Sea Research, Warnemünde, Seestraße 15, 18119 Rostock, Germany	9. originator's report no.
	10. reference no. 03SX348F
	11. no. of pages 16
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie , (BMWi) Scharnhorststr. 34-37, 10115 Berlin	13. no. of references 15
	14. no. of tables 0
	15. no. of figures 4
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. abstract In the framework of the BMWi project <i>Subsea Monitoring via Intelligent Swarms</i> (SMIS) the Leibniz Institut für Ostseeforschung Warnemünde at the University Rostock (IOW) within the subproject Sea trials and scientific applications was responsible for the organization of trial cruises in the Baltic See (shallow water column) and the Northeast Atlantic (deep sea). All cruises were carried out on German research vessels in combination of the project work with the work of the <i>Bio-physical interactions</i> (Prof. J. Waniek) and <i>Chemical in situ sensors</i> (WG Dr. R. Prien) working groups at IOW, to ensure efficient use of ship time. All work was jointly conducted and carried out in close collaboration of all involved groups, project partners and research vessel crews (RV Poseidon, RV Alkor and RV Elisabeth Mann Borgese). 3 Northeast Atlantic cruises and 4 trial cruises in the Baltic Sea were conducted in SMIS. Permanent scientific and technical staff from other departments was also involved in the cruises, especially from the departments Marine Chemistry, Biological Oceanography and Physical Oceanography.	
19. keywords Unmanned underwater vehicles, AUV, research vessels, Northeast Atlantic, Baltic Sea, Azores Front	
20. publisher	21. price