

I. Kurze Darstellung

1. Aufgabenstellung

In diesem Teilprojekt wurde die Rolle von Auftriebsfilamenten für die Wechselwirkungen des östlichen Randstroms und Benguela Auftriebs mit dem offenen Ozean des Südatlantiks untersucht. Dabei ging es zum einen darum, die Struktur dieser Filamente mit statistischen Methoden zu quantifizieren, ihre und Dynamik zu verstehen und ihre Rolle für den Wärmeaustausch zwischen Küste und Ozean zu bestimmen. Für die Analysen wurden sowohl in-situ Messungen als auch Fernerkundungsdaten von Satelliten genutzt. Weiterhin wurden auch Modelldaten in die Untersuchungen aufgenommen.

2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Für die Experimente auf See wurden gefierte Messsysteme der Universität Hamburg (Grundausrüstung) eingesetzt, womit die hydrographischen Eigenschaften des Ozeans und Strömungsgeschwindigkeiten bestimmt wurden. Während der Unterwegsmessungen wurden die im Schiff installierten Systeme verwendet, so wie ein mitgebrachtes Windensystem, mit dem vom fahrenden Schiff aus Temperatur- und Salzgehaltsprofile erfasst werden können. Die Forschungsschiffe wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestellt. Die Geräte in einer Verankerung stellte ebenfalls die Universität Hamburg. Satellitendaten der Meeresoberflächentemperatur sind im Internet frei verfügbar. Modelldaten für die Auftriebsregion stellte Prof. A. Biastoch vom GEOMAR zur Verfügung.

3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Auswertung der Satellitendaten begann wie geplant direkt bei Projektbeginn. Zur Gewinnung von in-situ Daten wurden für das Projekt zwei Seereisen durchgeführt, bei denen detailliert Auftriebsfilamente vermessen wurden (M99 im August 2013 und M104 im Februar 2014). Auf M99 wurde eine Tiefseeverankerung ausgelegt, die leider auf M104 nicht geborgen werden konnte. Daraufhin erfolgte eine Überarbeitung des Arbeitsplans und der Projektziele (abgeschlossen im Juli 2014). Die neu eingebrachten Arbeitsschritte zur Auswertung der Modelldaten konnten wie geplant durchgeführt werden. Die Reise M99 diente außerdem der Ausbildung. Es nahmen 10 Studenten der Universität Namibia sowie sechs Studierende von den Universitäten Hamburg und Rostock an der Reise teil.

4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde

Die Arbeiten auf See knüpften an die bereits 2011 im Arbeitsgebiet durchgeführte Fahrt MSM19/1a an. Dort wurde das Auftriebsgebiet vor Namibia vermessen. Außerdem gab es einen Austausch mit einer Gruppe des IOW, die bereits langjährig vor Namibia forscht und sich ebenfalls mit Filamenten beschäftigt, aber nördlich unserer Arbeitsregion (z.B. V. Mohrholz und das GENUS Projekt).

5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen

In der Messtechnik wurde mit dem IOW zusammengearbeitet. Während der Reise M99 waren 5 Fahrtteilnehmer vom IOW an Bord, die Tracer- und Mikrostrukturmessungen durchführten. Außerdem gab es eine Kooperation mit dem GEOMAR, das uns einen Glider sowie Modelldaten zur Verfügung stellte.

II. Eingehende Darstellung

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

Forschungsreisen im Arbeitsgebiet

Für das Vorhaben wurden zwei Forschungsreisen durchgeführt, auf denen neue in-situ Daten in Auftriebsfilamenten gewonnen wurden. Während der Reise M99 im August 2013 konnten detailliert mehrere Filamente beprobt werden, da sich die Reise für drei Wochen auf das Arbeitsgebiet vor Namibia konzentrierte. Zudem wurde eine Verankerung etwa 400 km vor der Küste ausgelegt, die Informationen über die zeitliche Variabilität von Filamenten liefern sollte (Abb. 1, links). Die Reise M104 hingegen beinhaltete eine lange Transitstrecke, so dass nur fünf Arbeitstage im hier relevanten Gebiet zur Verfügung standen (Abb. 1, rechts). Im Fokus der Arbeiten stand die Bergung der Verankerung. Jedoch konnte diese trotz unterschiedlicher Verfahren bei den Bergungsversuchen nicht lokalisiert werden. Die geplante dritte Reise konnte nicht stattfinden, da kein Forschungsschiff zur Verfügung stand. Weitere Bergungsversuche für die Verankerung erfolgten daher erst 2016 während M132, blieben aber ebenfalls erfolglos.

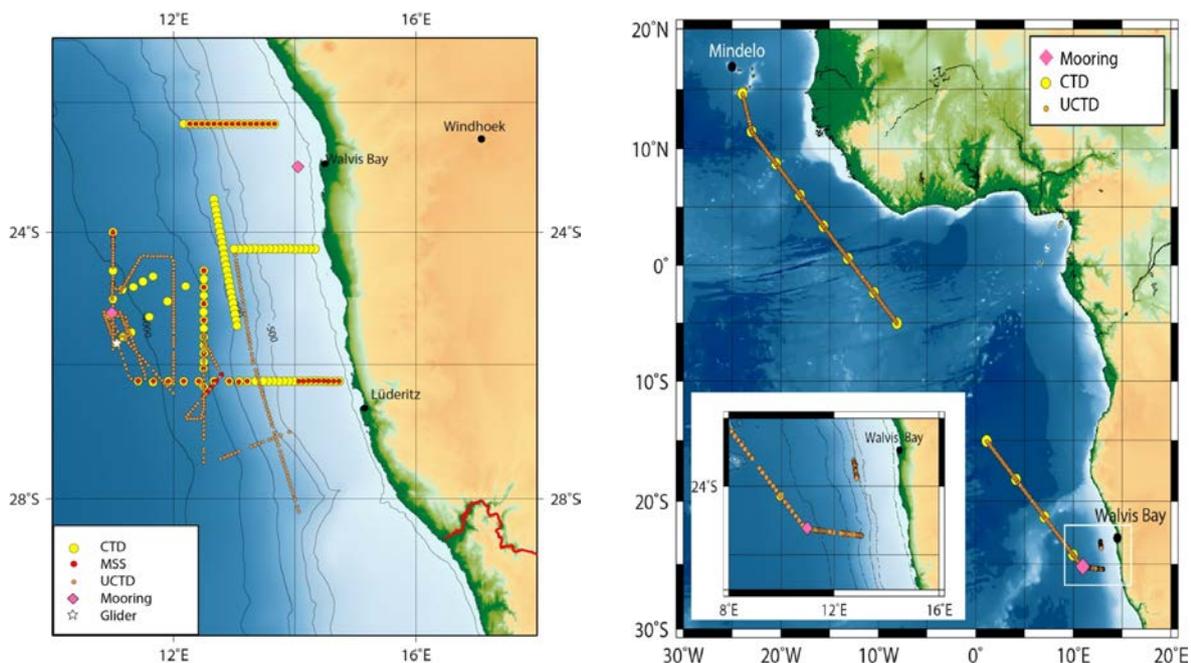


Abb. 1: Messstationen der Reisen M99 (links) im August 2013 und der Reise M104 (rechts) im Februar/März 2014 im Auftriebsgebiet vor der Namibischen Küste.

Ausbildung und Capacity Building

An der Reise M99 nahmen insgesamt zehn Studierende der Universität Namibia (Henties Bay Campus) und sechs Studierende aus Hamburg und Rostock teil. Während der Reise erhielten die Teilnehmer eine Ausbildung an modernen ozeanographischen Messgeräten, z.B. an CTD (Leitfähigkeit-Temperatur-Druck) Sonden, gefierten und schiffsgebundenen akustischen Strömungspfilmessern und einigen Unterwegssonden. Die Studierenden nahmen an dem wissenschaftlichen

Arbeitsprogramm in vollem Umfang teil. Während ihrer Wachen waren sie für die Datenaufzeichnung zuständig und analysierten diese zeitnah an Laptops mit modernen Programmen wie Matlab. An Bord wurden während der Reise zusätzlich Seminare und Vorlesungen durchgeführt, in denen die Analysen wissenschaftlich besprochen wurden. Schließlich präsentierten die Teilnehmer erste Ergebnisse in kleinen Vorträgen und auf Postern.

Änderungen im Projektablauf und Finanzplan, erreichte Meilensteine

Durch den Verlust der Verankerung ergaben sich einige Änderungen im Projektplan, die im Sommer 2014 mit dem Projektträger abgestimmt wurden. So wurden die Arbeiten zur zeitlichen Variabilität der Filamente weitestgehend entfernt, da keine Datengrundlage hierfür geschaffen werden konnte. Außerdem entfiel die dritte Seereise, denn es stand kein Forschungsschiff zur Verfügung. Daher wurde auch der Finanzplan überarbeitet (s. Kürzungsbescheid vom 13.8.2014, Kassenzeichen 810302900047). Neu aufgenommen in den Arbeitsplan wurden Modellarbeiten, die für ein besseres Verständnis der Transporte in Filamenten und der Mechanismen der Filament-Bildung sorgen sollten. Die Modelldaten wurden von A. Biastoch, GEOMAR (SPACES Partner) zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse dieser Studie sind in den folgenden Darstellungen der Resultate enthalten. Allerdings schied die Projektmitarbeiterin Dr. Hösen frühzeitig (2 Monate) aus dem Projekt aus, so dass die Modellanalysen nicht vertieft wurden. Im Schlussnachweis der Universität Hamburg sind daher etwa 20.000 EUR weniger Ausgaben verbucht als im Bewilligungsbescheid vorgesehen waren (bereits unter Berücksichtigung der oben erwähnten Kürzungen).

Trotz der oben beschriebenen Änderungen im Projektablauf konnten fast alle Meilensteine wie geplant erreicht werden. Allein Meilenstein M4 (dritte Seereise) wurde komplett verfehlt. Ebenso konnte der Unterpunkt in Meilenstein M3 „Aufnahme der Verankerung“ nicht realisiert werden. Die zweite Expedition, ebenfalls Teil von M3, fand jedoch statt. Meilensteine M7 und M8 zur Filamentdynamik und Abschätzung der zonalen Wärmeflüsse basieren nun auf weniger Daten als geplant. Meilensteine M1, M2, M5, M6, M9 konnten vollständig erreicht werden.

Wissenschaftliche Arbeiten, Aufgabe 1: Vorkommen und Struktur von kalten Filamenten an der Schelfkante und im offenen Ozean

Eine Kombination aus Satellitendaten und in-situ Messungen der Schiffsreisen wurde verwendet, um das Auftreten von Filamenten vor der Küste Namibias zu ermitteln. Dafür wurde zunächst in jedem Datensatz die mit den Filamenten verbundenen Temperaturanomalien berechnet. Die Berechnung erfolgte entweder als Differenz zu einer Klimatologie (Satellitendaten) oder als Abweichung von der Umgebungstemperatur (in-situ Daten). Ein Beispiel für die berechnete Anomalie ist in Abbildung 2 gezeigt. Während das Bild der Meeresoberflächentemperatur die heterogene Auftriebsfront gut darstellt, kann das Auftriebsfilament bei 25°S/12°-13°E besser in der Darstellung der Temperaturanomalien erkannt werden. Satellitendaten (MODIS) wurden für den Zeitraum Januar 2011 – Juli 2014 auf Anomalien untersucht, während aus den in-situ Messungen der Schiffsreisen alle verfügbaren Oberflächendaten des Zeitraums September 2011 – Februar 2014 analysiert wurden (6 Reisen). Vertikale Profile standen nur aus den oben erwähnten Projektreisen M99 und M104 zur Verfügung. Ein Beispiel für die Berechnung der Anomalien aus den in-situ Daten ist in Abbildung 3 dargestellt. Hier dient die Hintergrundtemperatur als Referenz; Filamente sind negative Abweichungen von dieser.

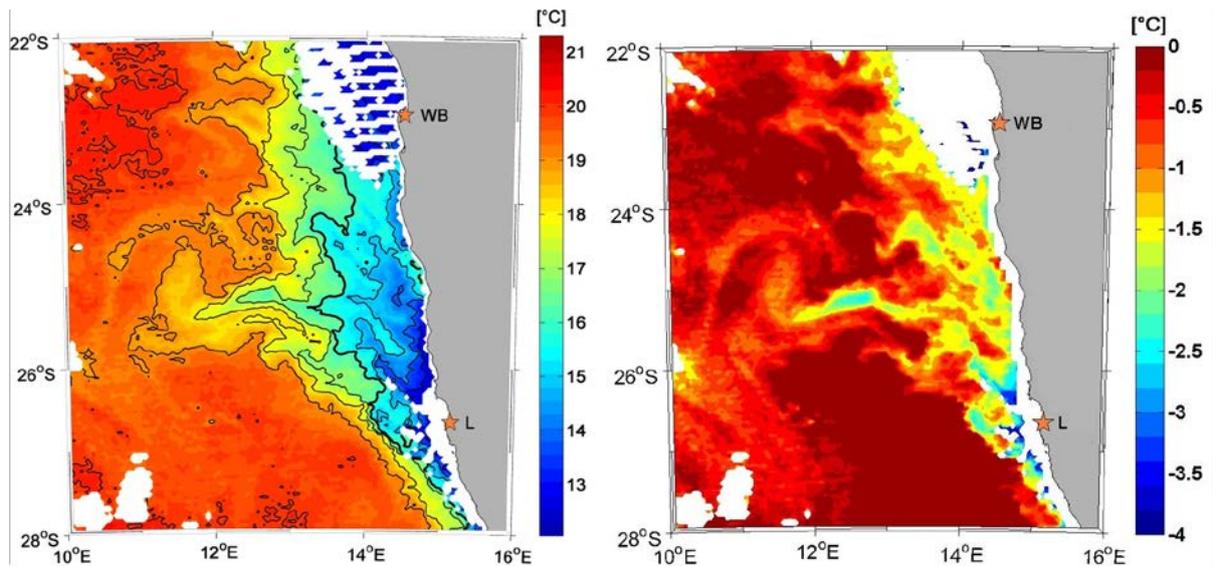


Abb. 2: Meeresoberflächentemperatur (links) und aus dem Jahrgang berechnete Temperaturanomalie (rechts) vor Namibia für die MODIS Aufnahme vom 5. Januar 2012. Die räumliche Auflösung der Satellitenmessung beträgt 4 km. Weiße Bereiche kennzeichnen Wolken, hier gibt es keine Daten. WB: Walvis Bay; L: Lüderitz

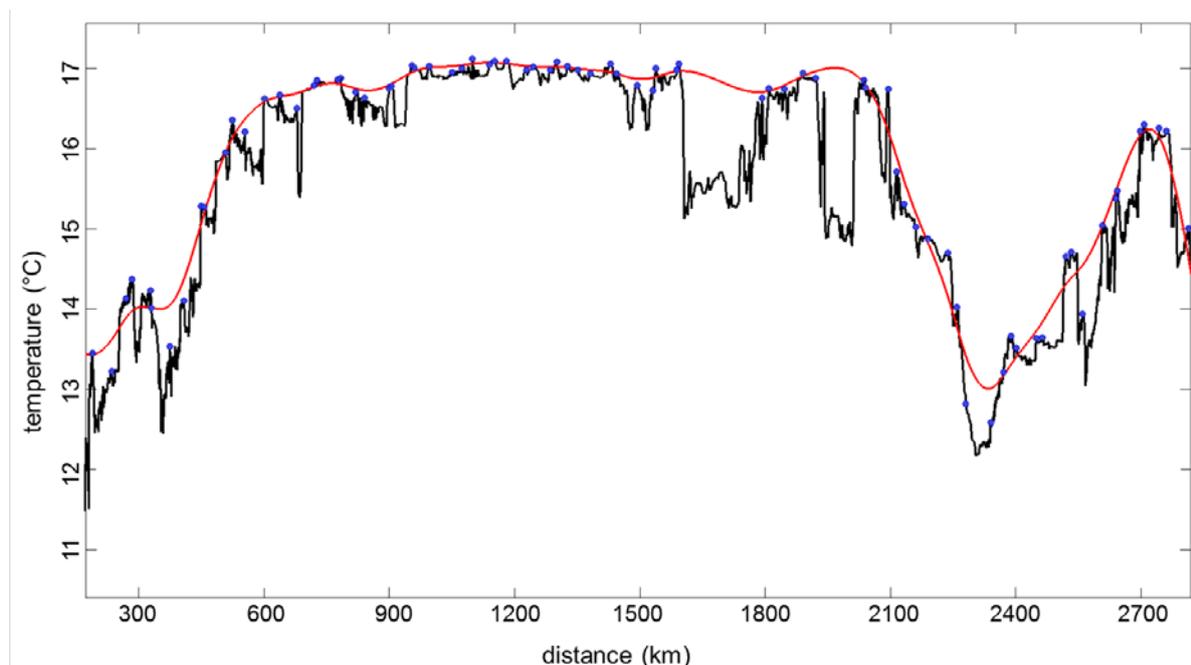


Abb. 3: Messung der Meeresoberflächentemperatur entlang der Route mit dem Schiffs-Thermosalinographen für 8 Tage im August 2013. Blaue Punkte markieren lokale Maxima, die der Hintergrundtemperatur entsprechen. Diese bestimmt die Lage der roten Kurve (smoothing spline fit). Die Abstände der tatsächlichen Messung (schwarz) von der Hintergrundtemperatur (rot) ergeben Temperaturanomalien.

Im nächsten Schritt wurden meridionale Schnitte ausgewählt, auf denen die Anomalien mit Hilfe einer Wavelet-Analyse klassifiziert wurden. Ein Kriterienkatalog wurde entwickelt, anhand dessen die Filamente von anderen Anomalien getrennt werden können. So muss z.B. die Anomalie eine Mindeststärke aufweisen, um als

Filament zählen zu können. Zudem wurden räumliche Kriterien entwickelt, die sicherstellen, dass nur zonal ausgerichtete Anomalien als Filament gezählt werden. Schließlich konnte die Anzahl an Filamenten bezogen auf einen Ort ermittelt werden (Abb. 4), ebenso die Filamentbreiten und -längen (meridionale und zonale Ausdehnung). Des Weiteren wurde der Jahresgang bestimmt. Die im nächsten Absatz zusammengefassten Ergebnisse basieren auf der Analyse der Satellitendaten, da die Beobachtungen nicht genügend räumliche und zeitliche Informationen enthalten, um die statistischen Anforderungen zu erfüllen. Die Ergebnisse der in-situ Daten Analyse stützen aber die aus den Satellitendaten gewonnen Erkenntnisse.

Während der starken Auftriebssaison treten vermehrt kleinere Filamente auf (geringe Breite), die sich in dem Gebiet 25°-27° konzentrieren. In der Wintersaison hingegen dominieren größere Skalen und die Verteilung ist für das Auftriebsgebiet gleichmäßiger. Die Analyse der zonalen Ausdehnung ergab eine Häufung für kleine Skalen (< 120 km Länge) und sehr große Skalen (> 400 km Länge), wohingegen mittlere Skalen mit 120 – 400 km Länge kaum auftraten. Besonders in der intensivsten Auftriebsregion zwischen 26° und 27°S treten diese großen zonalen Ausdehnungen der Filamente auf, die vermutlich durch Interaktionen mit mesoskaligen Wirbeln aus dem Agulhas Gebiet hervorgerufen werden können.

Aus den Unterwegsmessungen der Seereisen wurde zusätzliche zu den Temperaturanomalien in den Filamenten die Salzgehaltsanomalie bestimmt. Hier zeigte sich, dass die Filamente einen geringeren Salzgehalt als die Umgebung aufweisen (im Mittel -0.2). Da die Filamente aus Auftriebswasser gespeist werden, ist dieses Resultat nicht erstaunlich, denn der Salzgehalt im Arbeitsgebiet weist an der Oberfläche ein Maximum auf und nimmt im Zentralwasser mit der Tiefe ab. Hierbei spielt auch die Herkunft der Zentralwassermasse eine Rolle: aus dem östlichen Südatlantik stammendes Wasser weist geringere Salzgehalte und Sauerstoffwerte von unter 50 µmol/kg auf, während das im Subtropenwirbel gebildete Südatlantische Zentralwasser salzreicher und sauerstoffreicher (über 200 µmol/kg) ist.

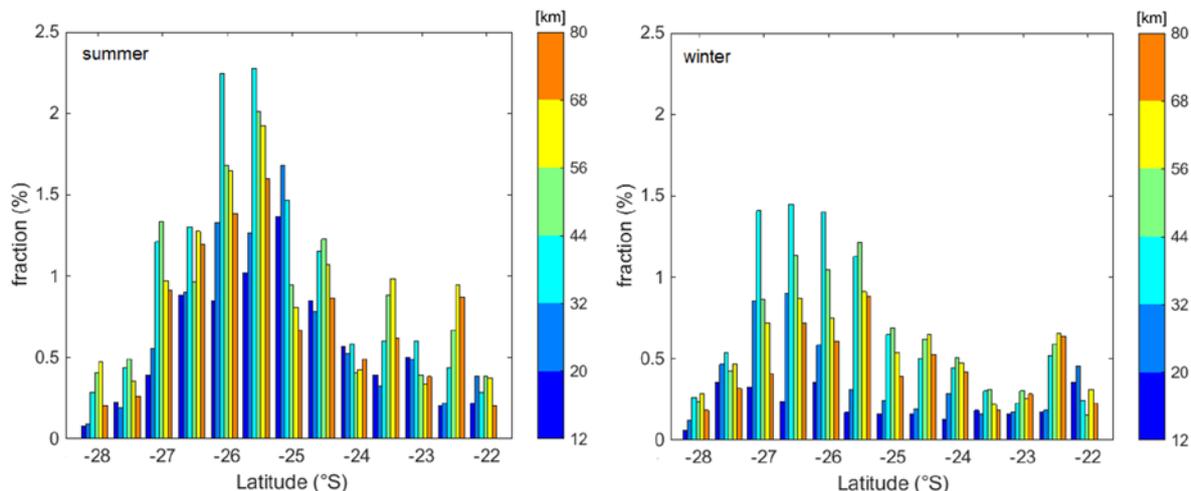


Abb. 4: Geographische Verteilung der Filamente, aufgeteilt nach Saison. Sommer beinhaltet hier die Monate der starken Auftriebssaison (Oktober - März), Winter die restlichen Monate. Farblich gekennzeichnet ist die meridionale Ausdehnung (Breite) der Filamente.

Wissenschaftliche Arbeiten, Aufgabe 2: Bildung und Dissipation von Auftriebsfilamenten

Die oben dargestellte Wavelet-Analyse lieferte auch Informationen zur Beständigkeit der Filamente. So ergab sich für die Strukturen eine Lebensdauer von 2-28 Tagen, wobei gut 80% der Filamente Lebensdauern zwischen 2 und 12 Tagen hatten. Allerdings kann diese Abschätzung etwas zu kurz greifen, da die Auswertung der Satellitendaten durch Wolken gestört wird. Gibt es an mehreren aufeinanderfolgenden Tagen kein Satellitenbild, so ist die Lebensdauer eines Filaments ggf. nicht genau bestimmt worden. Die Methode liefert also potenziell zu kurze Lebensdauern. Zur Untersuchung der Bildung von Filamenten wurde ein hochaufgelöstes Ozeanmodell herangezogen (INALT01, GEOMAR). Das Modell wurde an der Ozeanoberfläche mit Winddaten (QUICKSCAT) angetrieben. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu schaffen, wurden die oben beschriebenen für die Beobachtungsdaten eingesetzten Analysetechniken in gleicher Weise auch für das Modell verwendet. Die Verteilung der Filamente im Modell zeigt allerdings deutliche Unterschiede zur beobachteten Verteilung: Das Modell zeigt kein Maximum der Filament-Aktivität im südlichen Teil des Arbeitsgebiets (s. Abb. 4), sondern produziert Filamente fast gleichmäßig über das Gebiet verteilt (Abb. 5). Zudem dominieren im Modell zu allen Jahreszeiten größere räumliche Skalen, was allerdings auch durch die Modellauflösung bedingt sein könnte. Die jahreszeitliche Entwicklung der Filament-Aktivität, die ein Minimum im Südwinter und ein Maximum im Südsommer zeigt, wird hingegen vom Modell reproduziert.

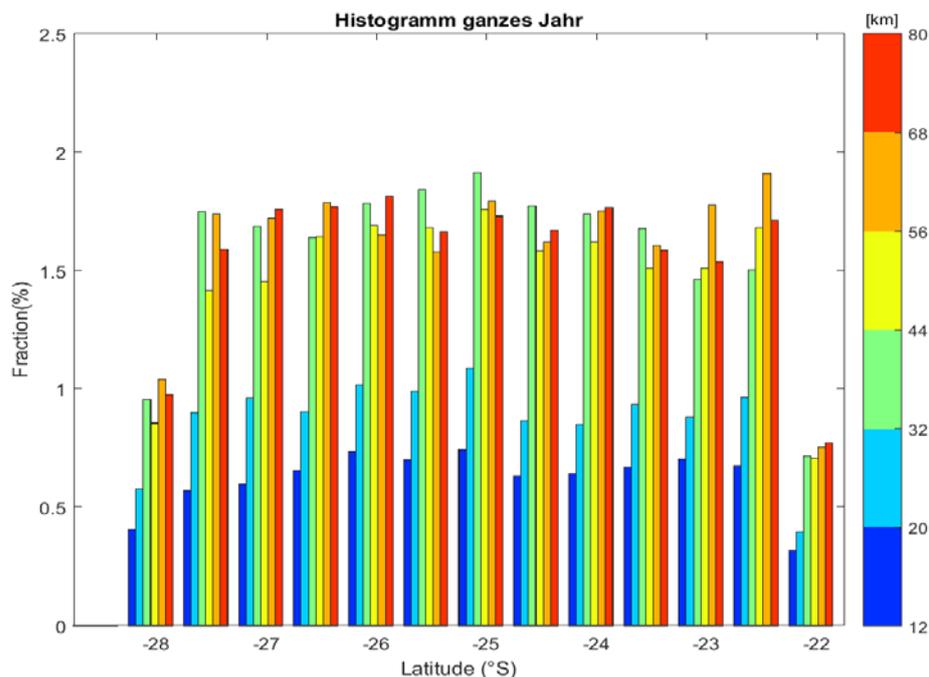


Abb. 5: Räumliche Verteilung der Filamente im Modell, mit Filamentbreite (Farbe).

So scheint also für die Konzentration der Filamente in der Auftriebszelle vor Lüderitz ein Prozess verantwortlich zu sein, der im Modell nicht ausreichend repräsentiert ist. Dies kann zum Beispiel die Form der Küstenlinie sein. Weitere Studien sind nötig um die Ursache mit Sicherheit zu bestimmen.

Wissenschaftliche Arbeiten, Aufgabe 3: Beitrag der Filamente zum zonalen Wärmefluss

Die vertikale Struktur der Filamente wurde aus den Profilmessungen der beiden Reisen M99 und M104 ermittelt. Insgesamt konnten 21 Filamente in dem Datensatz identifiziert werden, deren Eigenschaften unterhalb der Meeresoberfläche untersucht wurden. Die maximale Filamenttiefe wurde hierbei als die Tiefe gewählt, in der die an der Oberfläche vorhandene Temperaturanomalie auf 30% ihrer ursprünglichen Stärke abgenommen hatte. Es zeigte sich, dass die Tiefe der Filamente mit der Entfernung von der Küste zunimmt (Abb. 6). Dieser Umstand könnte darauf hinweisen, dass sich die Filamente entlang von Isopyknen ausbreiten, welche ebenfalls eine Neigung zu größeren Tiefen bei größerer Küstenentfernung aufweisen. Aus den vorhandenen Daten kann dies aber nicht mit Bestimmtheit geklärt werden.

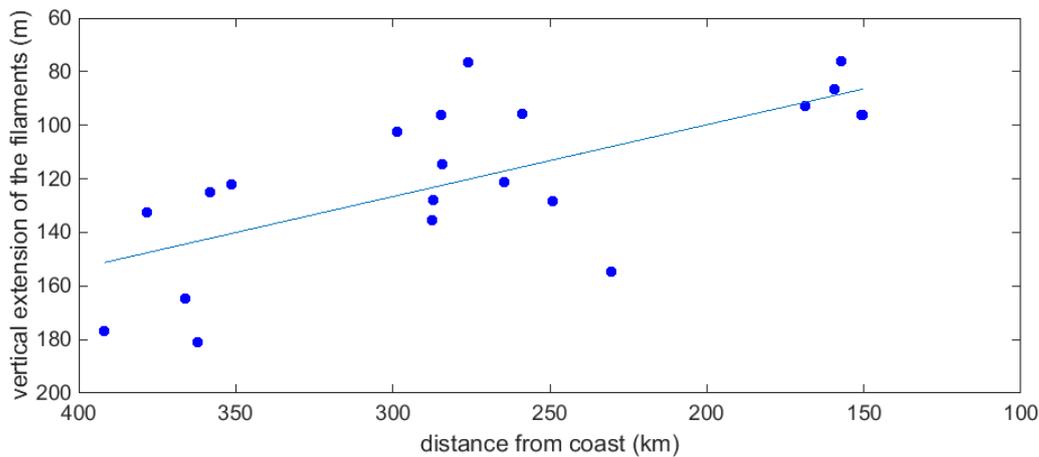


Abb. 6: Vertikale Ausdehnung der 21 Filamente aus den in-situ Beobachtungen gegen die Entfernung zur Küste. Die blaue Linie zeigt einen linearen Fit.

Die von Filament zu Filament stark schwankenden horizontalen und vertikalen Ausdehnungen erschweren einen direkten Vergleich der Ergebnisse. Daher wurden alle Filamente auf eine standardisierte Breite und Tiefe gestaucht oder gestreckt, so dass sie auf einem gleichmäßigen Gitter dargestellt werden konnten. So war es möglich, die Eigenschaften eines typischen Filaments zu bestimmen. Dies wurde für die hydrographischen Parameter Temperatur und Salzgehalt, sowie für die zonale Strömungsgeschwindigkeit (Abb. 7) durchgeführt. Dabei konnte für den Bereich innerhalb der Filamente ein gutes Signal-zu-Rauschen Verhältnis erreicht werden, wohingegen die Bereiche außerhalb der Filamente eine größere Variabilität zeigen. Die Umgebung der Filamente ist also sehr unterschiedlich und kann nicht verallgemeinert werden: es gibt keine typische Filamentumgebung.

Die Anomalie in der Mitte dieses typischen Filaments beträgt -1°C in der Temperatur und -0.12 im Salzgehalt. Am Nordrand (Richtung Äquator) tritt ein stärkerer Gradient als am Südrand (Richtung Pol) auf, so dass die vertikale Struktur asymmetrisch erscheint. Obwohl im Arbeitsgebiet nördliche Strömungen vorherrschen, können die Filamente klar mit westwärts-gerichteten Geschwindigkeiten assoziiert werden. Analog zu den Temperatur- und Salzgehaltsanomalien wurden auch die Anomalien der zonalen Geschwindigkeit für das typische Filament bestimmt. Es dominiert ein oberflächennaher Strömungskern von etwa 15 cm/s , der in der Mitte des Filaments

zu finden ist (Abb. 7). Die Stärke der Strömung nimmt mit der Tiefe auf etwa 10 cm/s am unteren Rand des Filaments ab. Die Verteilung der Strömungsgeschwindigkeit zeigt eine fast symmetrische Verteilung und passt daher nicht zur Verteilung der hydrographischen Parameter. Dies weist auf ageostrophische Komponenten im Geschwindigkeitsfeld hin.

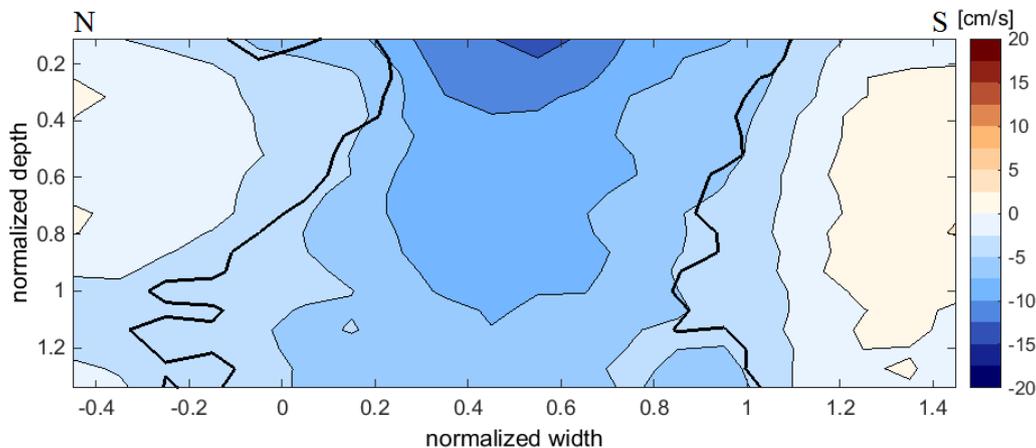


Abb. 7: Verteilung der zonalen Geschwindigkeitsanomalie (blau: westwärts) in einem typischen Filament. Alle 21 individuellen Filamente wurden auf ein gemeinsames Gitter gestaucht oder gestreckt und dann gemittelt. Daher nimmt das gezeigte typische Filament in dem Bild den Bereich von 0 bis 1 auf der normierten Skala ein. Der nördliche Rand des Filaments ist bei $x=0$ und der südliche Rand bei $x=1$. Die Anomalien wurden relativ zur Umgebungsgeschwindigkeit berechnet. Die schwarze Linie zeigt ein Signal-zu-Rauschen Verhältnis von 1.25: Im Filament gibt es ein gutes Signal, außerhalb hingegen dominiert das Rauschen.

Die oben diskutierten typischen Skalen und Eigenschaften der Filamente aus der kombinierten Analyse der in-situ Beobachtungen und Satellitendaten sind in Abb. 8 zusammengefasst. Der ermittelte Bereich der Skalen stimmt weitestgehend mit vorherigen Studien überein; Abweichungen lassen sich zumeist auf methodische Unterschiede zurückführen.

Um den Einfluss der Filamente auf die Wassermassenverteilung im Südatlantik zu bestimmen, kann der Volumen- und Wärmetransport anhand der ermittelten Eigenschaften und Skalen abgeschätzt werden. Ein Filament mit einer Breite von 40 km, einer Tiefe von 100 m und einer mittleren Geschwindigkeit von 15 cm/s liefert einen Volumentransport von 0.6 Sv (Abb. 8). Da durchschnittlich 5 Filamente gleichzeitig existieren, beträgt der seewärtige Transport durch Filamente etwa 3 Sv und verursacht damit eine Anomalie im Wärmetransport von $-3.1 \cdot 10^{13}$ W (bei -1°C als Temperaturanomalie). Der zonale Transport über die Auftriebsfront durch Filamente sollte daher nicht vernachlässigt werden.

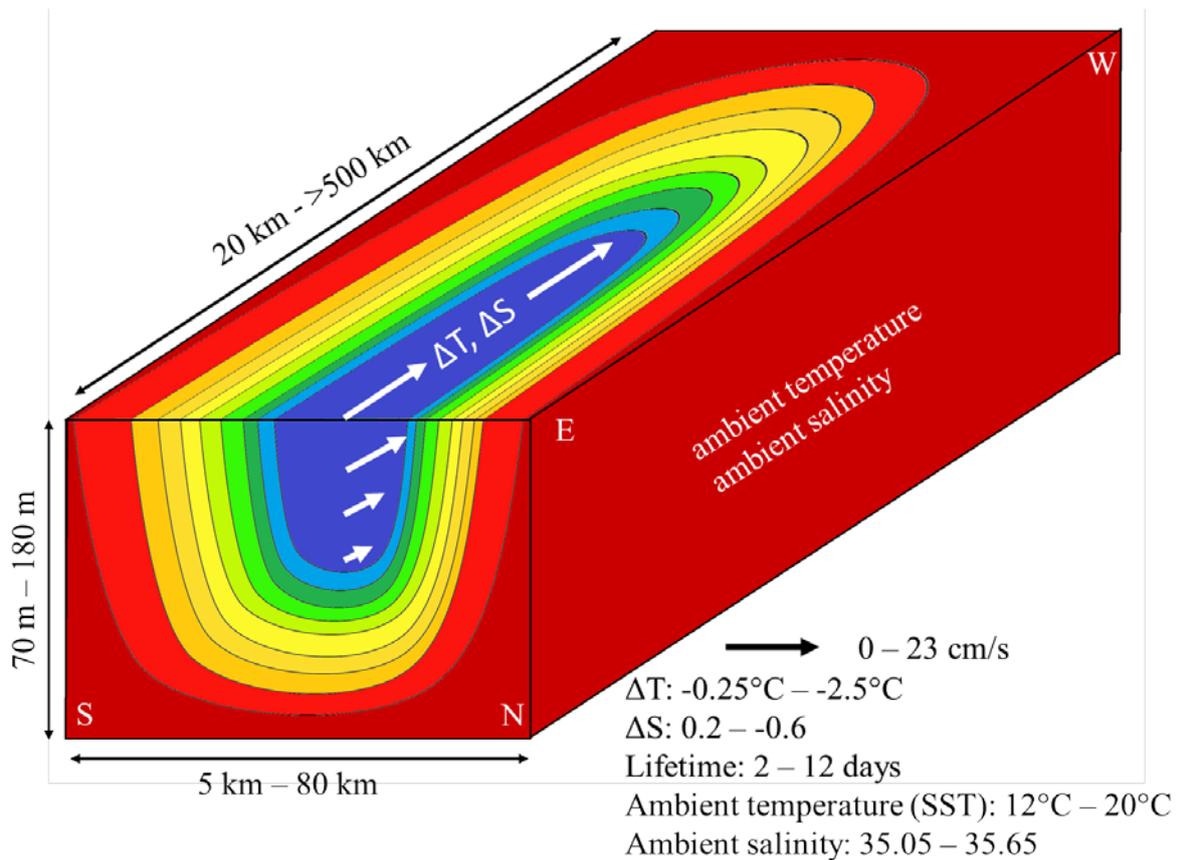


Abb. 8: Schema eines Filaments mit typischen Skalen und Eigenschaften. Die Strömungsrichtung ist durch die weißen Pfeile angegeben und die Länge der Pfeile zeigt die Geschwindigkeit. Die Farben repräsentieren die Stärke der Temperaturanomalie im Filament. ΔT und ΔS geben die Anomalie entsprechend zum Umgebungswasser an (für 90% der Daten).

2. der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Position	Ausgaben
0812	113.805,05
0822	21.617,92
0843	80.186,40
0846	28.669,10
0850	10.174,50
Gesamt	254.452,97

3. der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die geleisteten Arbeiten waren im Rahmen des Antrags notwendig und den Zielen des Forschungsvorhabens angemessen.

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

Als ein Beitrag zur Grundlagenforschung hat das Projekt keine unmittelbaren wirtschaftlichen Verwertungsmöglichkeiten und es haben sich auch keine unerwartet eröffnen. Jedoch ergaben sich weitere Fragen, insbesondere in Bezug auf die physikalischen Prozesse.

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

Innerhalb des Verbundes besteht ein reger Austausch über die Fortschritte der einzelnen TP, sowohl bei den entsprechend anberaumten Treffen und auch zwischenzeitlich bei Bedarf. Außerhalb des Verbundes werden die üblichen Informationsquellen der aktuellen Literatur sowie wissenschaftlicher Tagungen genutzt. Es sind keine Fortschritte bekannt geworden, die eine Änderung des Arbeitsplans notwendig gemacht hätten.

6. der Veröffentlichungen der Ergebnisse

Hösen, E., J. Möller, K. Jochumsen, and D. Quadfasel (2016), Scales and properties of cold filaments in the Benguela upwelling system off Lüderitz, J. Geophys. Res. Oceans, 121, 1896–1913, doi:10.1002/2015JC011411.

Möller, Judith (2014). Räumliche und zeitliche Skalen von Filamenten im Auftriebsgebiet vor Namibia. Bachelorarbeit, Universität Hamburg, 38 Seiten.

Quadfasel, Detlef (2014). Summary Cruise Report, Cruise No. 104, 23. February – 14. March 2014. METEOR Berichte, Universität Hamburg.

Online unter

<http://www.lfd.uni-hamburg.de/en/meteor/wochenberichte/wochenberichte-meteor/>

Rehder, G., Werner, J., Lenz, S., Gülzow, W., Quadfasel, D., (2014). Trace gas distribution and fluxes in the Benguela Upwelling System, Ocean Science Meeting 2014

Quadfasel, Detlef (2013). Summary Cruise Report, Cruise No. 99, 31 July - 23 August 2013. METEOR Berichte, Universität Hamburg.

Online unter

<http://www.lfd.uni-hamburg.de/en/meteor/wochenberichte/wochenberichte-meteor/>

Außerdem wurden die Ergebnisse des Projekts auf mehreren internationalen Konferenzen einem breiten Publikum vorgestellt (z.B. Hösen et al., „Scales and properties of cold filaments in the southern Benguela upwelling system“, EGU General Assembly 2015, Wien)

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Abschlussbericht
3. Titel Abschlussbericht der Universität Hamburg SP3: D. Quadfasel, K. Jochumsen: Upwelling filaments near Lüderitz and their interaction with the South Atlantic eastern boundary circulation	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Prof. Dr. Detlef Quadfasel Dr. Kerstin Jochumsen	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.06.2016
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Universität Hamburg Edmund-Siemers-Allee 1 20148 Hamburg	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 03G0837C
	11. Seitenzahl 16
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben
	14. Tabellen 0
	15. Abbildungen 8
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Projektträger PTJ, 30.01. 2017	

18. Kurzfassung

In diesem Teilprojekt wurde die Rolle von Auftriebsfilamenten für die Wechselwirkungen des östlichen Randstroms und Benguela Auftriebs mit dem offenen Ozean des Südatlantiks untersucht. Inhalt dieser Prozessstudie waren die Variabilität und Struktur der Auftriebsfilamente bei Lüderitz.

Für das Projekt wurden zwei Schiffsreisen durchgeführt. Im Süd-Frühjahr 2013 wurden Filamente vor Lüderitz mit Hilfe schiffsgebundener und autonomer Messgeräte detailliert beprobt, außerdem wurde eine Verankerung ausgelegt. Auf der zweiten Reise im Februar 2014 wurden weitere in-situ Daten im Auftriebsgebiet vor Lüderitz gesammelt. Die im August 2013 ausgebrachte Langzeitverankerung konnte leider nicht geborgen werden. Daraufhin erfolgte in Absprache mit dem Projektträger eine Überarbeitung der Projektziele und des Arbeitsplans.

Zusammen mit in-situ Daten weiterer Schiffsreisen und Satellitendaten der Meeresoberflächentemperatur konnte eine statistische Analyse der Struktur und Dynamik von Auftriebsfilamenten erstellt werden. Typische Filamenteigenschaften beinhalten eine Temperaturanomalie von -1°C und eine Anomalie im Salzgehalt von -0.12 im Zentrum eines Filaments. Strömungen im Filament sind westwärts, wobei sich an der Oberfläche ein Maximum mit 15 cm/s befindet. Der ermittelte mögliche Transport aus der Auftriebsregion in den offenen Südatlantik durch die Filamente beträgt 3 Sv und verursacht eine Anomalie im Wärmetransport von $-3 \cdot 10^{13}\text{ W}$. Regionen mit großer Filamentaktivität wurden identifiziert und Verteilungen des Jahresganges erstellt. Ein Vergleich der Ergebnisse aus den Beobachtungen mit einem hochaufgelösten Ozeanmodell zeigte einige Unterschiede, so erzeugt das Modell beispielsweise keine ausgeprägte Aktivitätszelle. Ob die Abweichungen zwischen Modell und Beobachtungen durch das den Auftrieb steuernde Windfeld oder die modellierte Ozeandynamik erzeugt wird, muss in Folgestudien geklärt werden.

19. Schlagwörter

Küstenauftrieb, Filamente, Wärmetransport

20. Verlag

21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Final report of the University of Hamburg SP3: D. Quadfasel, K. Jochumsen: Upwelling filaments near Lüderitz and their interaction with the South Atlantic eastern boundary circulation	
4. author(s) (family name, first name(s)) Prof. Dr. Detlef Quadfasel Dr. Kerstin Jochumsen	5. end of project 30.06.2016
	6. publication date
	7. form of publication
8. performing organization(s) (name, address) Universität Hamburg Edmund-Siemers-Allee 1 20148 Hamburg Germany	9. originator's report no.
	10. reference no. 03G0837C
	11. no. of pages 16
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references
	14. no. of tables 0
	15. no. of figures 8
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) Projekträger PTJ, 30.01. 2017	

18. abstract

Focus of the subproject was the role of upwelling filaments for the exchange of properties between the subtropical gyre of the South Atlantic Ocean and the Benguela upwelling region. The aim was to analyze the variability and structure of upwelling filaments near Lüderitz.

Two sea-going expeditions were carried out within the project. In southern hemispheric spring 2013 ship-borne and autonomous measurements were performed in order to obtain high resolution data from upwelling filaments. In addition, one deep sea mooring was deployed. During the second cruise in February 2014 another data set of in-situ measurements was collected in the upwelling area. Unfortunately, the deep sea mooring deployed in August 2013 could not be recovered. In reaction to the mooring loss the working plan of the project, as well as the goals and milestones, were adjusted in agreement with PTJ/BMBF.

Using all available in-situ data together with satellite derived sea surface temperature a statistical analysis of the structure and dynamic of upwelling filaments was performed. An average filament was created, exhibiting a temperature anomaly of -1°C and a salinity anomaly of -0.12 in its center. Currents were found to be westwards within the average filament, showing a maximum of 15 cm/s at the surface. The calculated westward transport due to upwelling filaments from the coastal region into the eastern South Atlantic amounts up to 3 Sv , resulting in a heat transport anomaly of $-3 \cdot 10^{13}\text{ W}$. Regions of high filament activity were identified and the seasonal distribution of the filament occurrence was assessed.

A comparison between the results from observations and a high resolution model revealed differences especially in the distribution of filaments. While observed filaments show a well-defined cell of increased activity, filament occurrence in the model is distributed evenly in the analyzed region. The cause of this discrepancy may be due to the wind forcing or modeled ocean dynamics, which has to be verified in follow-up studies.

19. keywords

upwelling, filaments, heat transport

20. publisher

21. price