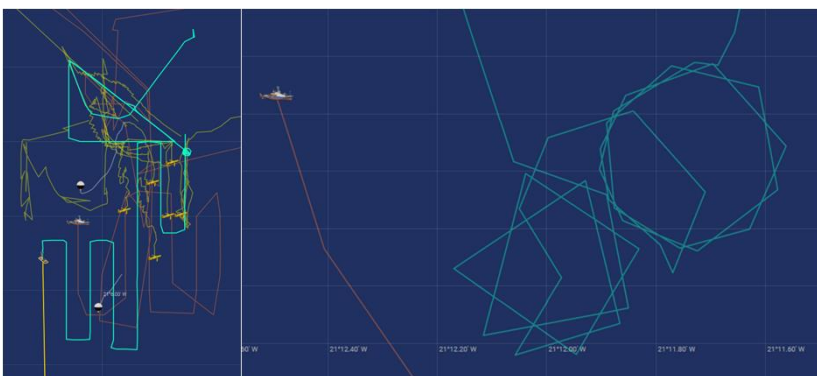
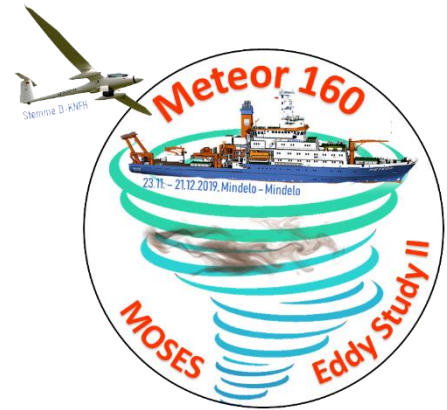


## Wochenbericht 3: 2.-8.12.2019: Von der großen auf die kleine Skala...

Im 3. Fahrtbericht möchte ich neben aktuellen Informationen zum Fahrtverlauf auch wieder einige Einblicke in unser Forschungskonzept geben. Die großräumige Vermessung des Wirbels etwa 250 km nordöstlich der Insel Sal ist absolviert. Auch die von mir erwähnten „Elektroden“ haben wir sämtlich an unsere beiden „Patienten“ angelegt. Durch die Kombination verschiedener autonomer Fahrzeuge können wir uns so gleichzeitig unterschiedliche Eigenschaften der Wirbel ansehen. Dabei „fliegen“ die insgesamt 11 Ozeangleiter, die wir im Einsatz haben, wie Segelflugzeuge im Ozean auf und ab und erlauben es uns, damit – je nach Tauchtiefe – Informationen aus den oberen 200 bis 1000 Metern zu gewinnen. Wir können also mit ihnen an verschiedenen Stellen gleichzeitig ins Ozeaninnere „schauen“. Da ihre Reichweite auf etwa 30 Kilometer pro Tag begrenzt ist, nutzen wir sie, um bestimmte Bereiche der Wirbel genauer zu untersuchen. Bei den autonomen Oberflächenfahrzeugen stehen uns zwei Varianten zur Verfügung: Der Wellengleiter (Wave Glider) ist ein Fahrzeug, das aus einer Art Hightech-Surfbrett voller Sensoren, Computer und Kommunikationskomponenten besteht, welches – einem Mini-Forschungsschiff gleich – von uns ferngesteuert durch den Ozean fährt. Seinen Antrieb erzeugt es mit Hilfe eines an einer 7 Meter langen Nabelschnur unter dem „Surfbrett“ hängenden Flossenelements aus der Energie der Wellen, während es den Strom für die Sensoren aus Solarpanelen bezieht. Dadurch besitzt es eine komplette Autonomie von vielen Monaten. Mit ihm können wir am Tag durchaus Strecken von 100 Kilometern fahren. Noch beweglicher sind wir mit den Segeldrohnen (Saildrone), die mit einem aufgestellten Segel in Form einer Flugzeugtragfläche komplett ferngesteuert segeln und vom Masttopp bis zum Kiel voller Sensoren stecken. Sie bieten damit das kompletteste Beobachtungsprogramm und schaffen auch schon mal 200 Kilometer am Tag – bei Bedarf kreuzen sie dabei automatisch gegen den Wind.



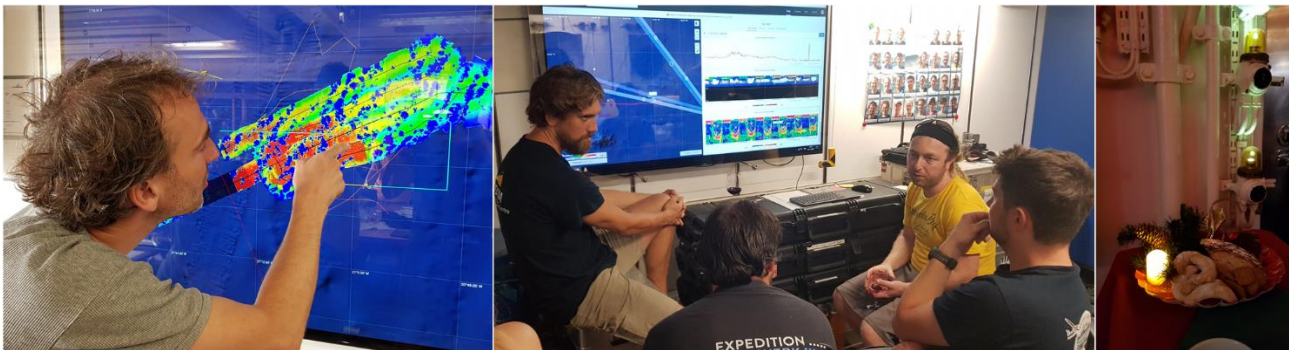
*Wie die Fahrtrouten der Meteor und all unserer autonomen Plattformen zeigen, hat am 6.12. auch uns der Nikolaus samt Esel besucht und etwas Weihnachtsschmuck gebracht hat.*

Die meisten aber in aufwändiger Laborarbeit nach der Expedition analysiert werden müssen, stellen für uns das wesentliche Bindeglied zwischen den physikalischen Gegebenheiten im Ozean und den damit verbundenen biogeochemischen und biologischen Verteilungsmustern dar. So hoffen wir, am Ende ein vollständiges Bild der physikalisch-chemisch-

Durch diese vielfältigen autonomen Beobachtungen sowie die Unterwegsmessungen vom fahrenden Schiff (siehe 2. Wochenbericht) können wir die Daten aus der umfangreichen Wasserbeprobung mit Hilfe des Kranzwasserschöpfers in den räumlichen und zeitlichen Kontext stellen. Die Proben, von denen einige hier bereits an Bord gemessen werden, die

biologischen Kopplung von Prozessen und Phänomenen in Ozeanwirbeln zu erhalten und damit ihre Rolle für die biologische Kohlenstoffpumpe im Meer besser verstehen zu können.

In der letzten Woche haben wir neben diesem Arbeitspaket ein weiteres aufgeschnürt. Dabei geht es um sogenannte submesoskalige Prozesse. Darunter verstehen wir Prozesse, deren Raumskala von wenigen Kilometern bis auf wenige Meter herunterreicht. Wir schauen dabei also die Wirbel mit ihren 100 Kilometern Durchmesser nicht in Gänze an, sondern richten unseren Blick genauer auf ihre Ränder, an denen dynamische Prozesse wie Mäander, Fronten, Divergenzen oder Konvergenzen auftreten können, welche auf die Wirbel selbst erhebliche Einflüsse haben. Das Studium submesoskaliger Prozesse im offenen Ozean ist ein schwieriges Unterfangen und bedarf besonderer Methoden und genau hier kommt die Kooperation mit dem Institut für Küstenforschung am Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG) ins Spiel. Dort hat man sich unter anderem auf die Submesoskala spezialisiert und entsprechende Methoden im Einsatz. Diese ermöglichen es, Strömungen und Fronten an der Oberfläche (X-Band Radar) und im Oberflächenozean (300 kHz ADCP) sehr genau zu vermessen. Genaue Informationen zur Vertikalverteilung von Temperatur, Salzgehalt, Dichte erhalten wir mit Hilfe einer hinter dem Schiff geschleppten Messkette. Dabei handelt es sich um ein Schleppkabel von über 400 Metern Länge, auf das in verschiedenen Tiefen Sensoren aufgeklemt werden können, die ihre Daten alle induktiv in das Kabel und damit auf das Schiff übertragen können. Diese Kette, mit an die 2 Dutzend Sensoren, schleppen wir dann für bis zu 8 Stunden bei 4-6 Knoten hinter dem Schiff. Alternativ dazu kommt der „Moving Vessel Profiler“ zum Einsatz, der aus einer am Kabel geführten Freifallsonde mit eigener Winde besteht. Mit dieser kann man etwa alle 5 Minuten vom fahrenden Schiff aus im Freifall ein hochaufgelöstes Vertikalprofil der oberen 100 Meter messen. Je nach Bedarf im Hinblick auf horizontale bzw. vertikale Auflösung wählen wir zwischen diesen beiden Systemen.



*Bordszenen: Die neuesten Temperaturkarten vom Segelflugzeug kommen per Funk und werden analysiert (links); die aktuelle Datensituation wird vor den nächsten Geräteeinsätzen am Großbildschirm im Geolabor diskutiert (Mitte); vorweihnachtliches Stilleben beim Weihnachtsmarkt mit Glühwein vor den Proviantkühlräumen (rechts).*

Ein weiterer Kernbeitrag des HZG besteht in der Flugzeug-Fernerkundung mit Hilfe des Forschungs-Motorsegelflugzeugs Stemme der FH Aachen. Das zweisitzige Fluggerät hat Infrarot- und Hyperspektralkameras an Bord, die aus etwa 5000 Metern Höhe die Oberflächentemperatur und Farbe des Ozeans mit hoher Auflösung erfassen. Das Flugzeug operiert zurzeit vom internationalen Flughafen in Sal, von wo der Einsatz von Prof. Burkard Baschek, Institutsleiter in der Küstenforschung des HZG, koordiniert und durchgeführt wird.

Nachdem anfänglich noch ein paar technische Hürden mit der Sensor- und Kommunikationstechnik zwischen Flugzeug, Bodenstation und Schiff genommen werden mussten und die Wolkenbedeckung uns an einigen Tagen einen Strich durch die Rechnung gemacht hat, wurden inzwischen mehrere erfolgreiche Messflüge über dem Arbeitsgebiet durchgeführt.

Der Beitrag des GEOMAR zu den submesoskaligen Untersuchungen besteht in der Auslegung eines speziellen Wassertracers. Bei diesem Tracer handelt es sich um einen umweltverträglichen Farbstoff, der sonst meist nur für aquatische Studien in Flüssen und Seen eingesetzt wird. Beim ersten der zwei geplanten Experimente haben wir etwa 35 kg des Farbstoffs in einer wässrigen Lösung vorbereitet, die wir dann auf 60 Metern Tiefe in Form eines fast 2 Kilometer langen, nur wenige Meter breiten Farbstreifens ausgebracht haben. Die Aufgabe bestand dann darin, in den Tagen danach die Verformung und Verdünnung dieses Farbstreifens zu verfolgen, um daraus Schlüsse auf die kleinskaligen Vermischungs- und Transportprozesse ziehen zu können. Derartige Experimente laufen meist nur über wenige Tage, da der Farbstoff danach bereits so stark verdünnt ist, dass er überhaupt nicht mehr detektiert werden kann. Entsprechend anspruchsvoll gestaltete sich die Aufgabe, die wir mit den oben genannten Beobachtungssystemen in konzertierter Weise angegangen sind. Dabei war es uns möglich, über 3 Tage hinweg den rasch wandernden, sich ausbreitenden und verformenden Farbstreifen mit besonders empfindlichen Farbstoffsensoren zu detektieren. Dabei haben wir gleichzeitig auch ein paar neue Erkenntnisse gewinnen können, wie wir das zweite Experiment noch etwas besser gestalten können.



*Laborszenen: Automatisches System zur Messung von CO<sub>2</sub> im Oberflächenwasser (links); Gleiter werden im Geolabor für ihren Einsatz vorbereitet (Mitte); die CTD-Wache bereit sich auf den nächsten Einsatz des Kranzwasserschöpfers vor (rechts).*

Am Ende dieser Woche sind die Arbeiten am ersten Wirbel nun also fast abgeschlossen. Jetzt gilt es, langsam all unsere wertvollen Fahrzeuge wieder einzusammeln, was gerade durch den strammen Passatwind mit 7 Beaufort und grober See mit 2-3 Dünung plus Windsee erheblich erschwert wird. Wir haben daher das Arbeitsprogramm etwas umgestellt und werden die Beprobung beim „Cape Verde Ocean Observatory“ vorziehen, um dann am Dienstag nach erwarteter Wetterbesserung Gleiter und Wellengleiter wieder aufzunehmen. Danach geht es auf dem schnellsten Wege quer durch das kapverdische Archipel, wo uns südwestlich von Fogo ein weiterer, sehr prägnanter und dynamischer zyklonaler Wirbel erwartet (siehe 1. Wochenbericht), auf den wir uns schon freuen und noch einmal eine Woche lang unser gesamtes Programm anwenden werden.

Mit herzlichen adventlichen Grüßen von uns allen,

*Arne Körtzinger*

*GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel*