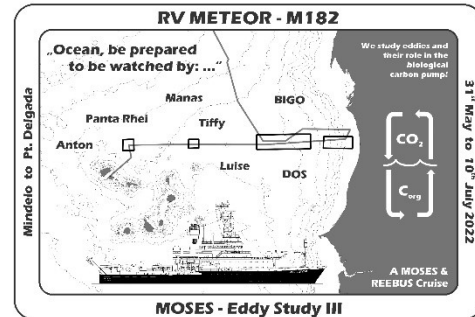


FS METEOR – M182

31.05. - 10.07.2022, Mindelo - Pt. Delgada

3. Wochenbericht

13. - 19.06.2022



Knapp 3 Wochen sind inzwischen um und es ist fast Halbzeit. In unserem Arbeitsgebiet haben wir uns ebenfalls zur Hälfte vorgearbeitet und sind kurz davor die kapverdischen Gewässer zu verlassen und mauretanische Gewässer zu erreichen. Innerhalb der letzten Woche haben wir einen Wirbel beprobt und konnten unsere AUVs das erste Mal tauchen lassen. Ein Highlight für die benthischen Arbeitsgruppen war der Senghor Seamount. Ein Unterwasserberg, der bis zu 100 m Wassertiefe ragt. Sein Plateau und Hänge bieten Lebensraum für eine vielfältige Fauna inmitten der umliegenden, eher kargen Tiefsee. Neben Korallen, Schwämmen und großen Fischschwärmen konnten wir Hammerhaie und sogar einen Mondfisch beobachten. Das flache Wasser bot uns zudem die Möglichkeit eins unserer kleinen AUVs (Anton) einzusetzen, um eine Fotomission durchzuführen.

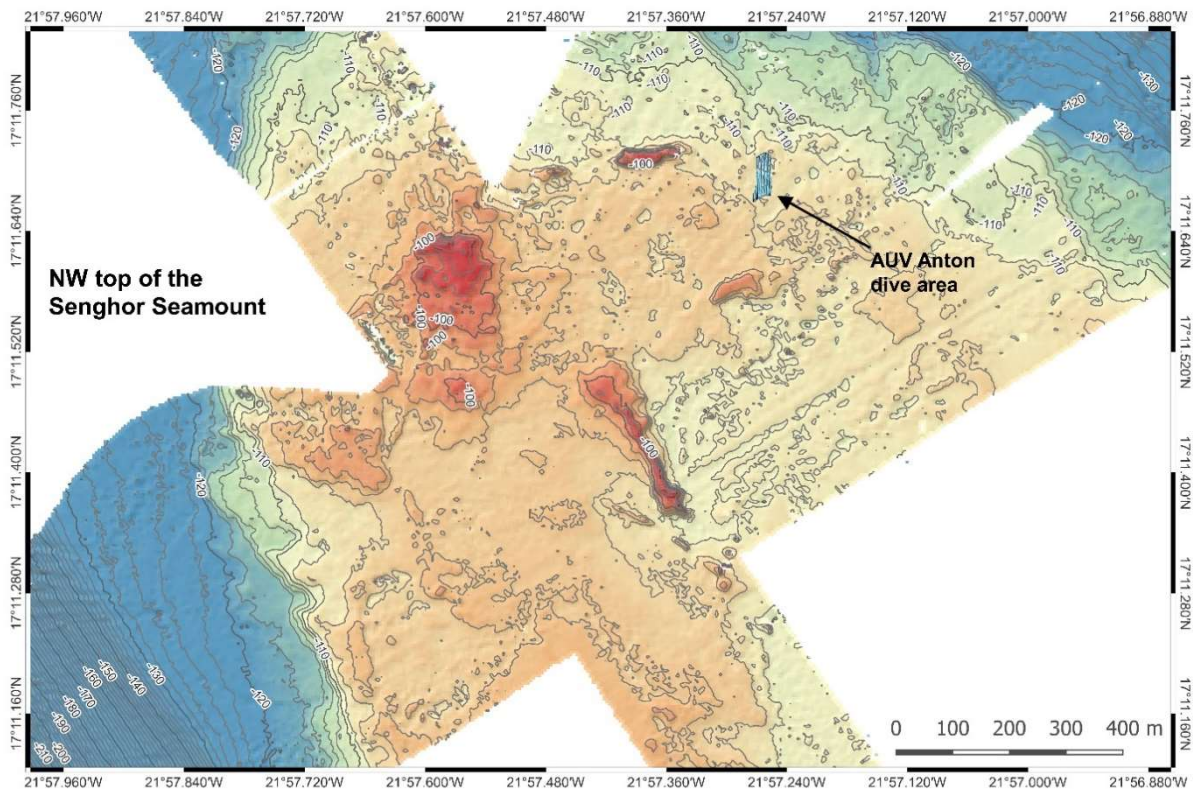
Arbeit der letzten Woche

In der letzten Woche hat das CTD-Team die Wirbelstruktur mit zwei Schnitten vermessen. Dadurch ließ sich das Wirbelzentrum eingrenzen und konnte durch ein finales S-N Strömungsprofil bestätigt werden. Unsere Kollegen aus Kiel aus der Ozeanographie bekommen die Strömungsdaten direkt vom Schiff übermittelt und sind in der Lage, uns bei der Analyse zu unterstützen und unsere Einschätzung zur Position des Wirbelzentrums zu bestätigen. Erkennbar ist das Zentrum am abrupten Wechsel der Strömungsrichtung wie im Wochenbericht #2 beschrieben wurde.

Nachdem klar war, dass es sich um einen Wirbel handelt, ging es darum, einen detaillierten Beprobungsplan auszuarbeiten. Am liebsten würden wir den Wirbel zeitlich möglichst engmaschig untersuchen, doch seine Ausdehnung von ca. 70 x 90 NM bedeutet, dass wir mindestens 7 Stunden vom westlichen bis zum östlichen Rand benötigen; plus die Stationszeit für die Beprobungen. Da Wirbel dynamisch sind, besteht natürlich das Risiko, dass sich die Struktur während der Beprobung noch weiter verändert, aber das müssen wir leider in Kauf nehmen.

Da sich der Wirbelkern auf den ersten Blick nicht als so hochproduktiv herausstellt wie erhofft, konzentrieren wir unsere Arbeiten am 13.06. auf den Rand, der mit unserem geplanten Untersuchungsgebiet E2 übereinstimmt. Im XOFOS Videomaterial sieht man deutlich mehr biologische Aktivität am Meeresboden als in der vorangegangenen Station im Wirbelzentrum. Um den Eindruck zu verifizieren, werden an dieser Position der BIGO Lander und Pantarhei, der Deep Sea Rover, ausgesetzt, um die benthische Gesamtsauerstoffaufnahme (TOU) zu messen. Danach verholen wir wieder zum Wirbelkern und untersuchen die pelagische Vielfalt mittels XOFOS und Multinetz in der Wassersäule. Mittels CTD werden jetzt an verschiedenen Positionen des Wirbels Wasserproben genommen, allerdings ist die Probenbearbeitung aufwändig und nimmt jeweils rund 5 Stunden in Anspruch. Das müssen wir im Stationsplan berücksichtigen und haben dadurch Zeit für weitere MUC Stationen und einen kurzen

Abstecher zum Senghor Seamount, nur knapp südlich einer unserer CTD Stationen. Der Seamount erhebt sich bis 100 m unter die Wasseroberfläche und bietet damit gute Bedingungen für einen ersten Testtauchgang unseres hover-fähigen Flachwasser-AUVs Anton. Um sicherzustellen, dass Anton auf seiner Mission keine Hindernisse zu erwarten hat, kartieren wir das Gebiet zuvor mit 5 m Auflösung mit dem Fächerecholot. Die Karte zeigt topographische Unebenheiten von z.T. 12 m Höhe, welche Anton zum Verhängnis werden könnten. Per XOFOS können wir aber ein relativ ebenes Gebiet festlegen, das für eine AUV Mission gut geeignet ist.



Senghor Unterwasserberg (Seamount) und die Abtauchposition vom AUV Anton.

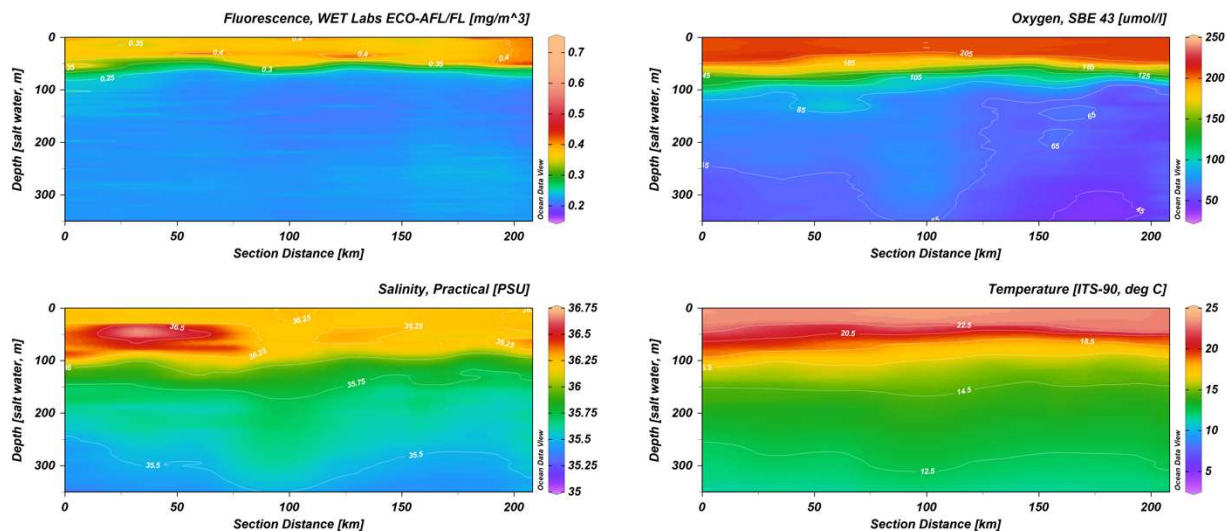
Während des XOFOS Tauchgangs bewundern wir die Vielfalt von Korallen, Schwämmen und Fischen am Meeresboden, die typischerweise mit Hartboden auftritt. Mit zunehmender Tiefe und Sediment verändert sich die Fauna schnell wieder und ab 150 m Wassertiefe ähnelt der Meeresboden wieder stark dem der Tiefsee, den wir bisher während der Ausfahrt beobachtet haben. AUV Anton meistert seinen ersten Atlantiktauchgang mit Bravour und nimmt hochaufgelöste Fotos auf, die im Nachhinein zu einer zusammenhängenden Fotokarte (Fotomosaik) zusammengefügt werden können.

Weiter geht es nach dem Seamount mit Wirbel-Beprobungs-CTDs und zurück zu E2, wo nun auch das große AUV Tiffy eine Sidescan und Foto-Mission durchführen soll.

Ergebnisse von den Wissenschaftlern

CTDs

Die finale S-N CTD-Sektion von 17°N bis 18.5°N beinhaltet 8 CTD Profile (ohne Wasser Beprobung) mit einer Distanz von ca. 8 nm zwischen den Stationen und kontinuierlichen ADCP -trömungsmessungen. Die vorläufige Analyse dieser Daten bestätigt eine gegen den Uhrzeigersinn drehende Wirbelstruktur (Zyklonischer Eddy). Entgegen unserer Erwartungen scheint die Phytoplankton-Biomasse im Wirbelkern eher gering zu sein. Allerdings konnten wir leichte Veränderungen der Chlorophyll-a-Fluoreszenz zwischen den Randbereichen und dem Kern feststellen. Da sich der Kern auf ~22°W befindet und diese Struktur von den Kap Verden mit ca. 4km pro Tag Richtung Westen wandern, kann es sein, dass es sich um eine in Auflösung befindliche Wirbelstruktur handelt. Nach weiteren Analysen der anorganischen und organischen Nährstoffverteilung werden wir diese Frage letztlich beantworten können. Die größten Unterschiede zwischen dem Rand- und Kernbereich haben wir in der Sauerstoffverteilung feststellen können. Tendenziell stieg die Sauerstoffminimum-Zone von 400 m Tiefe auf bis zu 80 m in den Randbereichen an (40-60 $\mu\text{mol kg}^{-1}$). Der Salinitätsgradient nahm von SW in Richtung NO leicht ab, allerdings zeigte sich im Kernbereich der Wirbelstruktur eine Salinitätsanomalie die bis zu 300 m in die Wassersäule reichte. Im Laufe der nächsten Woche werden wir mit der Beprobung des Wirbels forschreiten und anschließend unsere geplante Probennahme des W-O Transekts in Richtung Mauretanien fortsetzen.



S-N CTD-Sektion durch die Wirbelstruktur. Von oben links nach unten rechts, Fluoreszenz, Salinität, Sauerstoffkonzentration und Temperatur. Abgebildet sind Daten bis zu einer Tiefe von 350 m (aber Daten bis zu 1500 m verfügbar)

Mehr Biologie in der Wassersäule

In dieser Woche setzten wir das 9. Multinetz ein und führten weiterhin Tag- und Nacht-Videotransekte mit dem XOFOS-System im pelagischen Modus durch. Zu den Zielstationen gehörten der Wirbelkern und die Wirbelperipherie. Überraschenderweise zeigte sich im Wirbelkern keine auffallend andere Fauna als im Hintergrund des Ozeans. Die Wirbelperipherie hingegen wies scheinbar höhere Abundanzen und

vielfältigere Gemeinschaften auf als der Wirbelkern. Insbesondere die gelatinöse Fauna war in der Peripherie stärker vertreten, wo wir Ctenophoren, Siphonophoren und Hydromedusen beobachteten. Einige dieser Taxa gehören zu den Giganten des Ozeans. *Praya dubia* und *Apolesia* sind Siphonophoren, die eine ähnliche Länge wie Wale erreichen können und diese kolonialen Organismen, die mit Quallen und Korallen (Nesseltieren) verwandt sind, können mehr als 30 m lang werden. Sie vergrößern ihre Oberfläche noch mehr, indem sie ihre langen Tentakel, die mit Stachelzellen ausgestattet sind, ausfahren und in der Tiefsee nach Beute fischen. Andere Organismen erhöhen die Chance Beute zu fangen, indem sie große Mundöffnungen oder lange Zähne haben, um sicherzustellen, dass die Beute, wenn sie einmal gefangen ist, nicht entkommen kann. Ein Beispiel dafür sind die Drachenköpfe (Stomiidae), deren Zähne weit aus dem Unterkiefer herausragen. Infolge des Wettrüstens zwischen Raubtier und Beute in der Tiefsee haben die Beuteorganismen auch Taktiken entwickelt, um Raubtiere aufzuschrecken oder ihnen zu entkommen. Ähnlich wie eine Eidechse ihren Schwanz abwirft, können *Colobonema*-Quallen ihre Tentakel als Köder abwerfen, wenn sie von einem Raubtier verfolgt werden. Wir haben diese Hydromedusa während der pelagischen Videotransekte wiederholt beobachtet. Aber nicht jede Nahrung muss gejagt werden. In der Tiefsee gibt es einen ständigen Regen aus organischem Material, der auch als Meeresschnee bezeichnet wird. Während der Videotransekte sehen wir den Meeresschnee immer wieder auf uns zukommen. Dieser Meeresschnee besteht aus totem und verwesendem Material wie Algenzellen, Zooplanktonleichen, Häutungen und Schleim. Schleimstrukturen, die von Tieren gebildet werden, sind einer der Faktoren, die zum vertikalen Fluss des Meeresschnees beitragen. Diese Schleimstrukturen können von Organismen wie filtrierenden Larven oder flussfressenden Pteropoden (pelagische Schnecken) gebildet werden und können manchmal recht groß sein. Die abgeworfenen Schleimstrukturen sinken in die tieferen Schichten und werden durch den hydrostatischen Druck zu dichteren und kompakteren Paketen aus organischem Material, das von detritusfressenden Organismen gefressen wird. Wenn sie noch intakt sind, können die großen Schleimstrukturen einen Lebensraum für Mikroorganismen und Krebstiere bilden. Die Rolle und das Ausmaß des Flusses großer Partikel sind in der Biogeochemie der Ozeane nicht gut untersucht, was zum Teil daran liegt, dass sie schwer zu quantifizieren sind. Die pelagischen Videotransekte tragen zur Klärung ihrer Verteilung und Häufigkeit bei. Die Stereokamera auf XOFOS wird es uns auch ermöglichen, die Größe der Partikel zu messen.

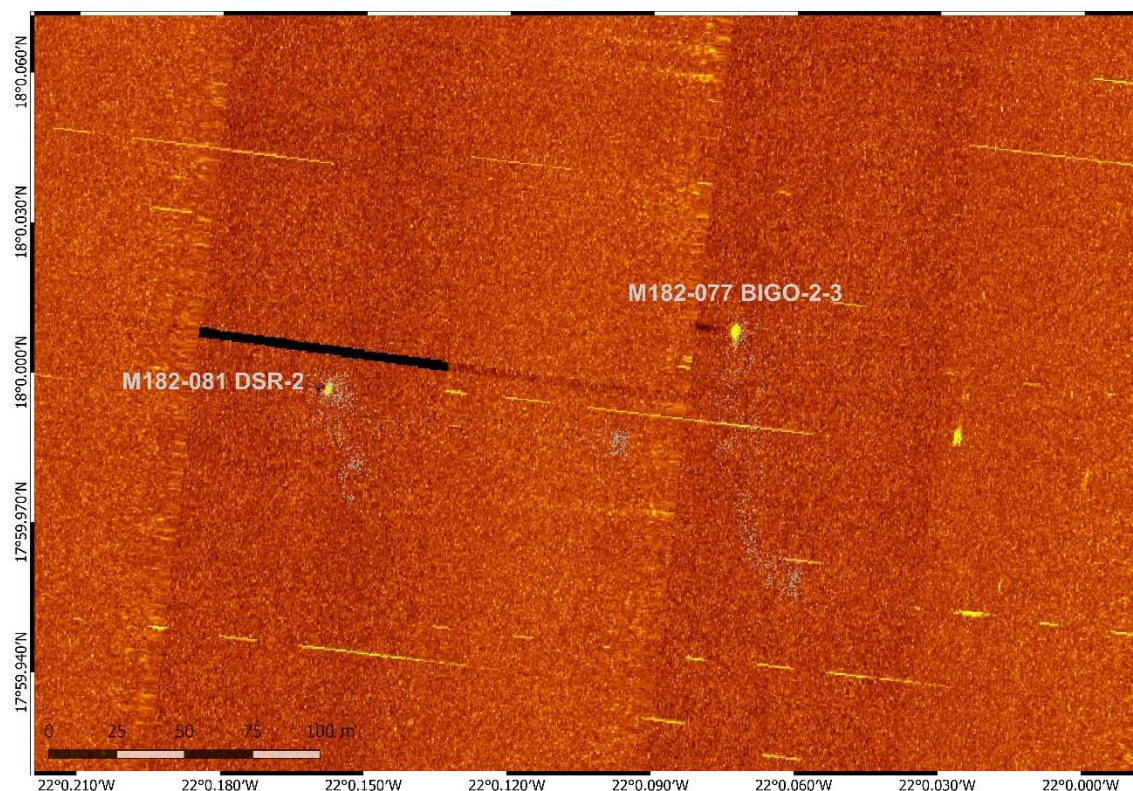


Tiefseekreaturen, ...ok, nicht ganz aus der Tiefsee, aber dennoch nur selten von Menschen beobachtet.

AUV-Einsätze

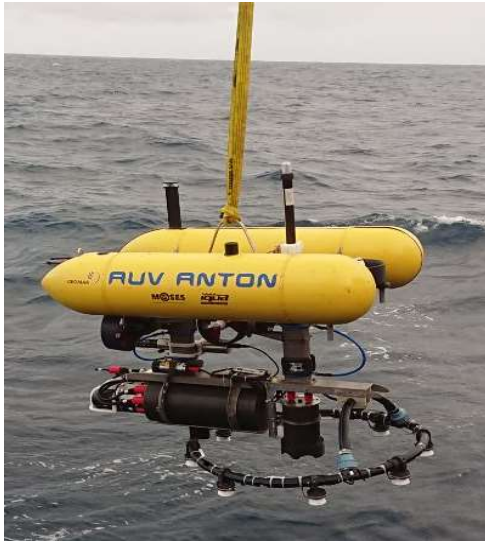
Tiffany ist wieder im Einsatz, obwohl es noch einige Probleme gibt, die wir während der verbleibenden Fahrt lösen werden. Am 13. Juni hatte Tiffany ihren ersten Tauchgang seit einiger Zeit. Der Tauchgang war eher als Test gedacht, nachdem der O-Ring endlich eingetroffen und im INS des AUVs eingebaut war. Der erste Tauchgang war ein Auf- und Abtauchen in der Wassersäule in einem "Zickzack"-Kurs, um die oberen 250 m in einem Quadrat von etwa 3 x 3 km zu untersuchen. Da das AUV allerdings keinen Bottom-Lock mit dem DVL bekam, war er nicht so gut auf der Spur und tauchte etwa 2 km von der vermuteten Position entfernt auf, konnte aber nach einigen akustischen Triangulationen gegen Mittag wiedergefunden werden. Der zweite Tauchgang diente der Vermessung des Gebietes, um den ausgesetzten BIGO Lander und Panta Rhei Rover in 3300 m Wassertiefe. Leider verhinderten einige falsche Einstellungen, dass Tiffany die Mission auf dem Meeresboden begann, und sie entschied sich, wieder aufzutauchen, wo sie recht schnell

eingefangen wurde. Bei der dritten Vermessung wurden schließlich erfolgreich Seitensichtdaten des Rovers und des BIGO-Landers aufgezeichnet. Während des Tauchgangs war auch eine Kameravermessung geplant, die jedoch nicht durchgeführt werden konnte, weil die Kamera des Kamerasystems des AUV (die DeepSeaCam, entwickelt am GEOMAR) "einen Fehler" hatte, so dass die Trigger-Software nicht mehr mit der Kamera interagieren konnte und keine Bilder aufgenommen wurden. Glücklicherweise hat Tim Weiß, unser Softwareentwickler, sofort einige Fehler behoben und Anpassungen am GEOMAR vorgenommen, und die neue Software wurde bereits auf dem System installiert. Tiffy wird morgen früh erneut eingesetzt, um die Fotomission zu wiederholen, und dieses Mal sind wir zuversichtlich, dass alles funktionieren wird. Wie bereits erwähnt, war Tiffy 2,5 Jahre lang außer Betrieb, und die Nachteile, die wir jetzt erleben, sind ganz normale Schritte, die eine prototypische Technologie dieser Komplexität nun einmal hat, wenn sie zum ersten Mal im offenen Ozean eingesetzt wird.



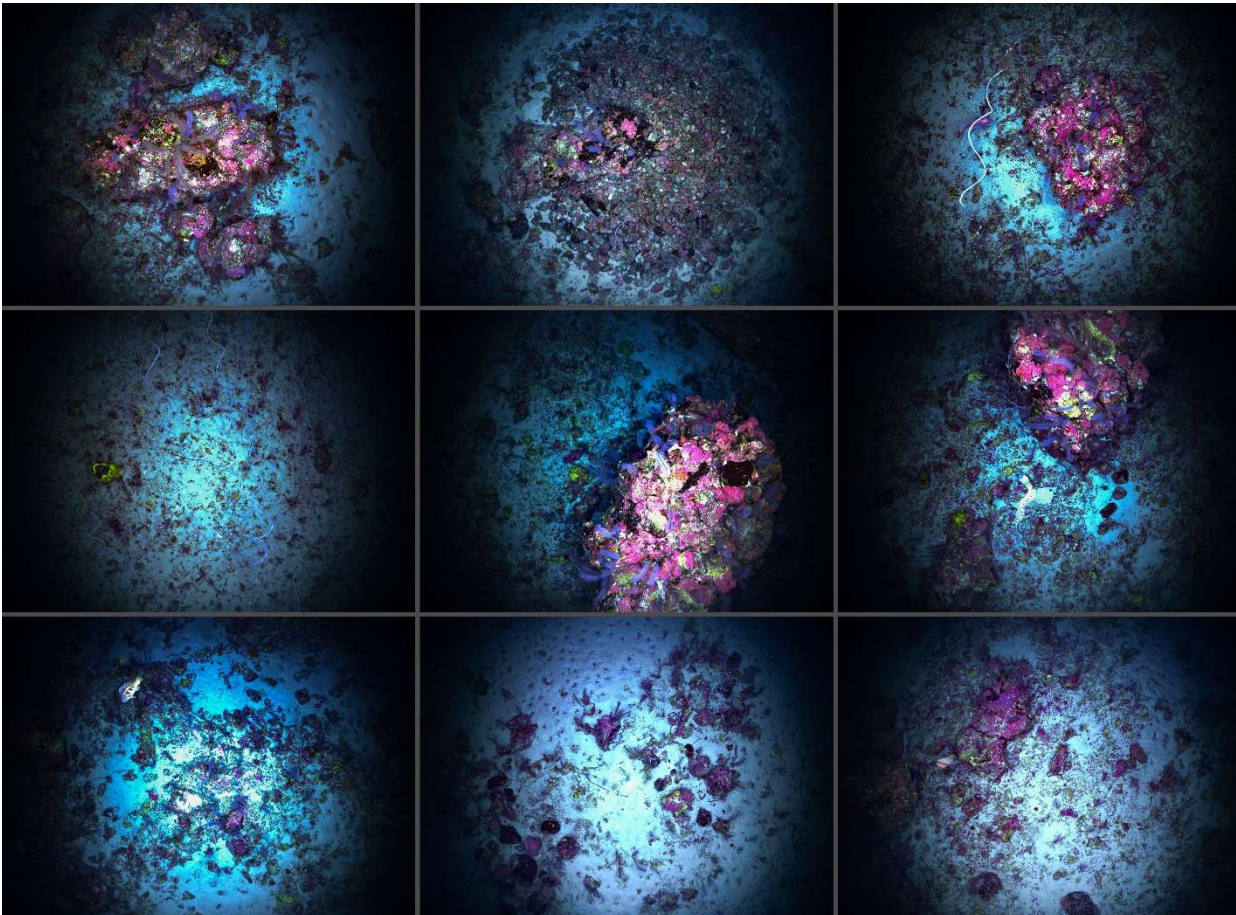
Sidescan-Bild des E2-Gebiets mit zwei hellen gelben Punkten, die von dem Lander BIGO und dem Rover Panta Rhei verursacht wurden. Abgesehen von diesen beiden künstlichen Merkmalen ist der Meeresboden sehr homogen, wie bereits auf den XOFOS-Videotransekten zu sehen war. Bei der nächsten Sidescan-Mission mit dem AUV wird das 400-kHz-System anstelle des 120-kHz-Systems für diesen Tauchgang verwendet (M182_100-1).

Auch das AUV ANTON absolvierte seinen ersten Tauchgang im offenen Meer. ANTON hat bereits einige Jahre Erfahrung in der Ostsee, wo er Munition untersucht, aber er ist noch nie im Atlantik getaucht. ANTON ist ein GIRONA 500 AUV, das nur bis zu einer Tiefe von 500 m tauchen kann. Wir brauchten also ein flaches Gebiet für einen ersten Tauchgang, in dem die DVL-Bodenerkennung relativ schnell erreicht werden kann.



Durch Zufall brachte uns die CTD Eddy Jagd in die Nähe des Senghor Seamount, einem fast 3 km hohen Seamount, der bis zu 100 m unter die Meeresoberfläche reicht. Nach einem XOFOS-Tauchgang wurde ANTON eingesetzt, um eine Fotomosaik-Mission auf der sehr flachen Spitze des Seamounts durchzuführen. Das klappte sehr gut, obwohl die Ausrichtung der acht Blitz-LEDs für den nächsten Tauchgang angepasst werden muss. Aber ein erstes Fotomosaik ist fast fertig.

AUV Anton kurz bevor es in den Atlantik entlassen wird.



Fish-Eye Linsen Bilder vom AUV Anton. Die Beleuchtung ist ideal, da wir einen Sicherheitsabstand von 2,7 m zum Meeresboden eingehalten haben. Die äußeren Teile sind ziemlich dunkel, aber die inneren Teile zeigen alte Korallenstrukturen, die von Rotalgen überwuchert sind, und der Meeresboden ist mit kleinen Gruben von Würmern langen Spiralkorallen bedeckt.

Fotokartierung

Die Videos vom XOFOS werden auf dem eigens dafür installierten Mediaserver gespeichert. Mittels einer am GEOMAR entwickelten Software (Tomato Tool = Tolles Mastertool) werden aus dem Video einzelne Bilder (etwa eines pro Sekunde) extrahiert. Über den Zeitstempel lässt sich für jedes Bild ausgehend von den vorhandenen Navigations Daten eine vorläufige Position und Orientierung ermitteln. Je nach Plattform (AUV Anton/Luise, AUV Tiffy, XOFOS oder Landerplattform) und Sensoren ist diese Navigation mehr oder weniger akkurat.

Für jede Survey wird ein Projekt in der Fotomosaik-Software Metashape erstellt und die Bilder hinzugefügt. Die Features von Bildern werden paarweise zugeordnet - ist eine ausreichend große Überlappung mit genügend eindeutigen Merkmalen vorhanden, wird eine relative Orientierung zwischen den Bildern ermittelt. In der Gesamtheit und in Kombination mit den Navigationsdaten kann so eine präzise Navigationslösung und eine Punktwolke des Meeresbodens erstellt werden. Bei Bedarf können manuell Marker gesetzt werden falls der Algorithmus nicht in der Lage ist größere Lücken automatisch zu schließen.

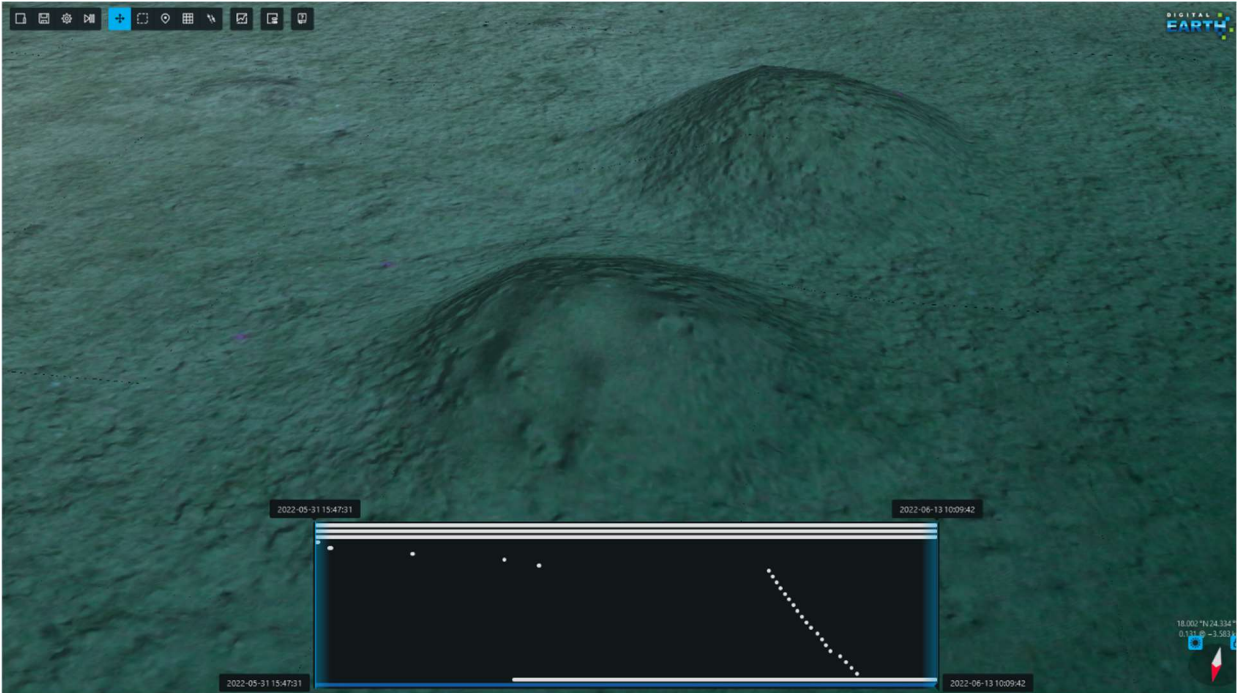
Die Punktwolke wird nun mit weiteren Bilddaten verdichtet. Aus dieser dichten Punktwolke lassen sich 3D -Modelle, digitale Geländemodelle (DEMs) und Orthomosaik berechnen.

So ein Fotomosaik hat den Vorteil, dass man es in einer GIS (Geo-Informationen-) Software mit den bathymetrischen Daten verschneiden und morphologische Ableitungen berechnen kann. Darüber hinaus ist eine präzise Annotation der Meeresbodenmerkmale möglich.

Digital Earth Viewer

Für die meisten Geräte auf dieser Ausfahrt haben wir dedizierte Software, um die Daten anzuschauen und auszuwerten. Es ist nicht ohne weiteres möglich diese 4D Daten (räumlich und zeitlich) gleichzeitig mit verschiedenen Sensoren dazustellen. Der Digital Earth Viewer bietet genau diese Möglichkeit.

Wir nutzen die mit dem EM122 aufgenommene Bathymetrie in Kombination mit Daten von vorangegangenen Missionen und GEBCO als Grundlage. Darauf werden die Schiffs ADCP Strömungsdaten als Vektoren geplottet. CTD Stationen lassen sich als Punktwolken darstellen.



Digital Earth Viewer mit Detailaufnahme eines Meeresbodenmosaiks mit digitalem Geländemodell. So können Bioturbationsstrukturen als 3D Modell hochaufgelöst (0.5 mm) dargestellt werden.

Zusammenfassend sind wir mit der bisherigen Arbeit des AUV sehr zufrieden, insbesondere nach der Verzögerung durch den O-Ring; es hat sich gelohnt, die Ersatzteile zu besorgen.

Alle Beteiligten der Crew und Wissenschaft sind wohlauf und wir sind zuversichtlich, dass die zweite Fahrhälfte genauso erfolgreich sein wird wie die Erste.

Mit den besten Grüßen von allen an Bord,

Mareike Kampmeier & Jens Greinert

GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel