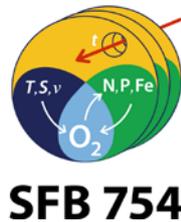


## Meteor Reise M107, Fortaleza – Las Palmas, 30. Mai. – 2. Juli, 1. Wochenbericht, 01. Juni 2014

Stefan Sommer und das M107 Team



Die Meteor Expedition M107 zur Sauerstoffminimumzone vor Mauretanien findet im Rahmen des Kieler Sonderforschungsbereichs SFB 754 (Climate – Biogeochemistry Interactions in the Tropical Oceans) statt. Sauerstoffminimumzonen (SMZ) stellen Schlüsselregionen für den marinen biogeochemischen Stoffhaushalt dar. Bislang ist jedoch wenig verstanden, welche Prozesse SMZ's aufrechterhalten und wie sich mögliche Rückkoppelungen der benthischen Nährstoff-Freisetzung auf die gegenwärtig beobachtete Ausdehnung von SMZ's auswirken.

Solche Rückkoppelungsprozesse sollen durch die zeitgleiche in-situ Erfassung von benthischen Fluss- und Strömungsmessungen mittels verschiedener Lander, mit Mikrostruktur-Scherungs-, Temperatur- und Sauerstoffmessungen erfasst werden. Hinzu kommen CTD basierte vertikal hochauflösende Nährstoffmessungen. Die Exportproduktion und die biogeochemische Zusammensetzung der absinkenden organischen Partikel soll mit Hilfe von Sedimentfallen und in situ Pumpen bestimmt werden. Glider-Messungen ergänzen dieses Messprogramm mit größerer flächiger Abdeckung. Die geochemischen Messungen innerhalb der Wassersäule und des Meeresbodens werden durch mikrobiologische Messungen des Stickstoff- und Phosphorkreislaufs insbesondere der  $N_2$ -Fixierung und des Stickstoffverlusts detailliert untersucht werden. Zusätzlich werden biogeochemische ex situ Experimente an Bord der Meteor durchgeführt werden.

Am 27. Mai ist der Voraustrupp bestehend aus 6 Personen gut in Fortaleza angekommen und hat nach einer Nacht im Hotel am Morgen des 28. Mai an Bord der FS Meteor eingeschifft. Es war geplant schon erste Großgeräte wie zum Beispiel Lander an Bord des Schiffes zu laden. Für den Nachmittag war ein Besuch der Delegation des parlamentarischen Staatssekretärs von Herrn Thomas Rachel (MdB) sowie von Botschaftsvertretern an Bord der Meteor angesetzt. Im Vordergrund des Besuchs standen Gespräche und Vorträge zur Meeresforschung im tropischen Atlantik sowie eine Schiffs-Führung. Aus Anlass des Endes des deutsch-brasilianischen Wissenschaftsjahres fand um 19:00 ein Empfang der Delegation des parlamentarischen Staatssekretärs, des Gouverneurs, Vertretern der Botschaft und des DAAD's, sowie brasilianischer Wissenschaftler statt. Grußworte wurden vom Kapitän M. Schneider, Herrn T. Rachel und Herrn Prof. Dr. A. Körtzinger gesprochen.

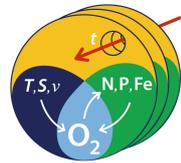
Am Morgen des 29.05. kam das verbleibende wissenschaftliche Team wohlbehalten an Bord der Meteor. Die Ladearbeiten wurden begonnen, wobei es jedoch zu Verzögerungen kam, so dass wir erst am Sa. den 31. Mai um 11:00 Uhr mit Kurs auf Mauretania bei gutem Wetter auslaufen konnten. Die Labore sind eingerichtet und gegenwärtig werden die Laborinstrumente kalibriert und für den Einsatz vorbereitet.

Außerhalb der brasilianischen EEZ haben wir mit den ersten Messungen mittels einer Underway CTD zur Erfassung von physikalischen Parametern der Wassersäule bis zu Tiefen von 400m begonnen. Zusätzlich wird während des Transits über den Atlantik mit Hilfe eines Schlepp-Fisch kontinuierlich Wasserproben an der Meeresoberfläche für biogeochemische Messungen entnommen. Ein CO<sub>2</sub> Messsystem wird ebenfalls kontinuierlich den Partialdruck von CO<sub>2</sub> an der Meeresoberfläche aufzeichnen. Zusätzlich registrieren das Schiffs-ADCP und CTD physikalische Parameter der Wassersäule.

Wir hoffen auf eine erfolgreiche Reise.  
Alle an Bord sind wohlauf, es grüßt herzlichst,  
Stefan Sommer und das M107-Team

## Meteor Reise M107, Fortaleza – Las Palmas, 30. Mai. – 2. Juli, 2. Wochenbericht, 08. Juni 2014

Stefan Sommer und das M107 Team



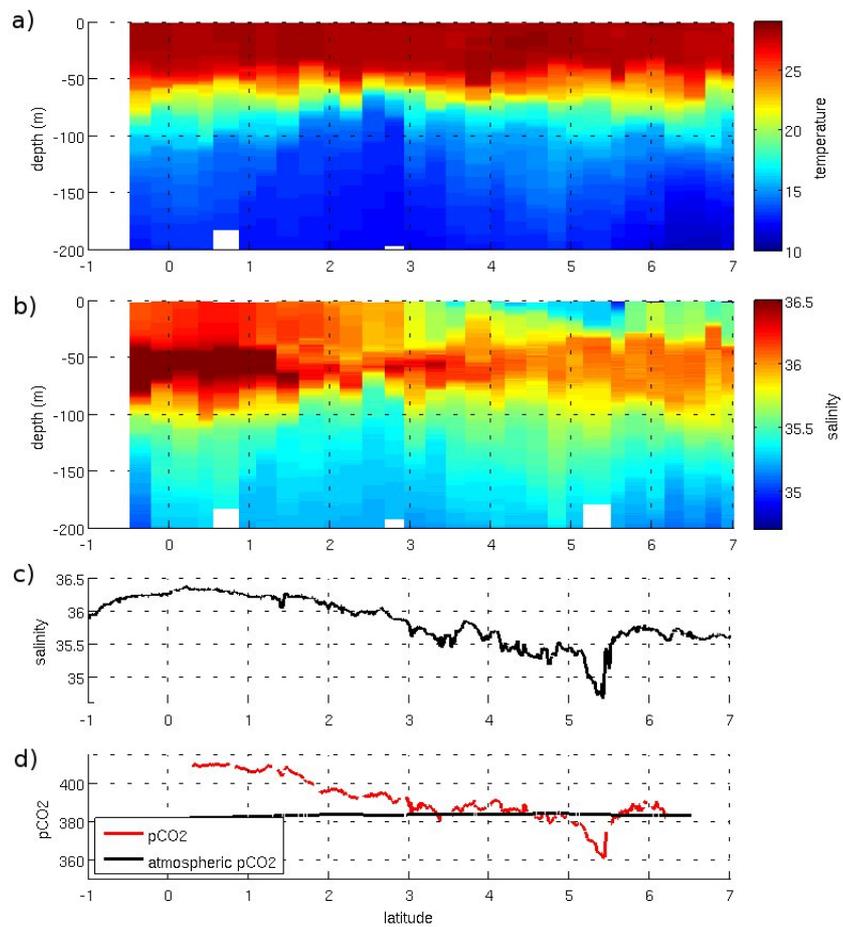
**SFB 754**



Wir sind heute (8. Juni) vor Nouakchott, der Hauptstadt von Mauretanien, auf Reede gegangen um unseren mauretanischen Beobachter an Bord zu nehmen. Wir blicken zurück auf 7.5 Tage Atlantik-Überquerung, die überwiegend bei gutem Wetter und Wellenhöhen von 1 – 2 m stattgefunden hat. Besonders beeindruckend war die Passage durch die Innertropische Konvergenzzone, was mit zum Teil heftigen Niederschlägen einherging. Die Labore und die Großgeräte wie zum Beispiel der BIGO Lander sind für den Einsatz vorbereitet. Der BIGO Lander (Biogeochemical Observatory) stellt ein zentrales Messgerät dieser Ausfahrt dar. Es ist eine Messplattform, die unabhängig vom Schiff für mehrere Tage am Meeresboden verankert wird. Der BIGO Lander verfügt über zwei Messkammern, die in den Meeresboden eingefahren werden und dort über die Zeit den Austausch von gelösten Stoffen (z.B. Sauerstoff, Nährstoffe) erfasst. Nach dem Messprogramm wird der Lander mittels hydroakustischen Signals ausgelöst und schwimmt zur Meeresoberfläche auf und kann wieder für die Analyse von Wasser- und Sedimentproben vom Schiff aufgenommen werden.

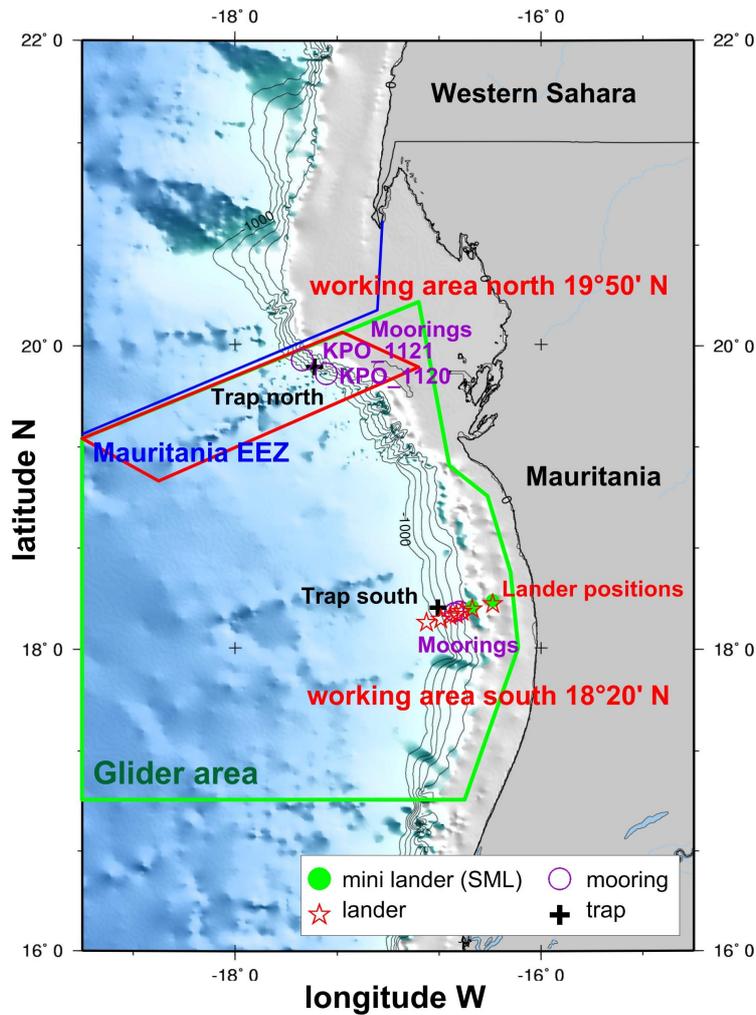
Während unseres Transits von Brasilien nach Mauretanien wurden verschiedene Unterwegsmessungen durchgeführt. Ein Schleppfisch diente zur permanenten Entnahme von Oberflächenwasser bei ca. 5 m Wassertiefe. Der Thermosalinograph lieferte kontinuierlich Oberflächentemperatur- und Salzmessungen. Weiterhin wurde während des Transits alle 2 Stunden der Wasserkörper bis zu einer Wassertiefe von 200 m mit Hilfe einer Underway-CTD (U-CTD) auf hydrographische Parameter hin untersucht, die durch Strömungsmessungen mittels des Schiffs-ADCP (Accoustic Doppler Current Profiler) ergänzt wurden. Permanente  $p\text{CO}_2$  Messungen gaben zusätzlich Auskunft über den Partialdruck von Kohlendioxid ( $p\text{CO}_2$ ) der Luft und der Ozeanoberfläche.

Abbildung 1 a,b,c zeigt die Temperatur- und Salzverteilung des oberen 200 m tiefen Wasserkörpers entlang des Transits. Es zeigt sich, dass der Ozean sowohl als  $\text{CO}_2$  Quelle als auch Senke fungieren kann, Abbildung 1d. Am Äquator übersteigen die ozeanischen  $\text{CO}_2$ -Konzentrationen die der Atmosphäre. Innerhalb des frischen Oberflächenwassers bei  $\sim 5\text{-}6^\circ \text{N}$  ist die Situation jedoch umgekehrt. Der niedrige Salzgehalt nördlich des Äquators lässt sich durch die Kombination von Amazonasfluss und lokalen Niederschlägen innerhalb der Innertropischen Konvergenzzone erklären.



**Abb. 1:** Verteilung von Temperatur und Salzgehalt im oberen Wasserkörper entlang des Transits von Brasilien nach Mauretanien. Die CO<sub>2</sub>-Konzentrationen wurden im Oberflächenwasser gemessen.

Am späten Nachmittag werden wir mit den geplanten Stationsarbeiten im südlichen Arbeitsgebiet bei 18° N entlang eines Tiefenschnitts von ca. 50 bis 1200 m Wassertiefe beginnen, Abbildung 2.

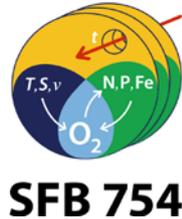


**Abb. 2:** Arbeitsgebiete der M 107-Reise. Die Stationsarbeiten werden in den Gebieten bei 18°20' N und 19°50' N durchgeführt, wobei sich die benthischen Arbeiten im Wesentlichen auf Stationen bei 18°20' N, die während der FS Merian Reise MSM 17-4 Reise im März/April 2011 beprobt wurden, konzentrieren. Arbeiten in der Wassersäule werden in beiden Arbeitsgebieten durchgeführt.

Alle an Bord sind wohlauf, es grüßt herzlichst,  
Stefan Sommer und das M107-Team

**Meteor Reise M107, Fortaleza – Las Palmas, 30. Mai. – 2. Juli,  
3. Wochenbericht, 15. Juni 2014**

Stefan Sommer und das M107 Team

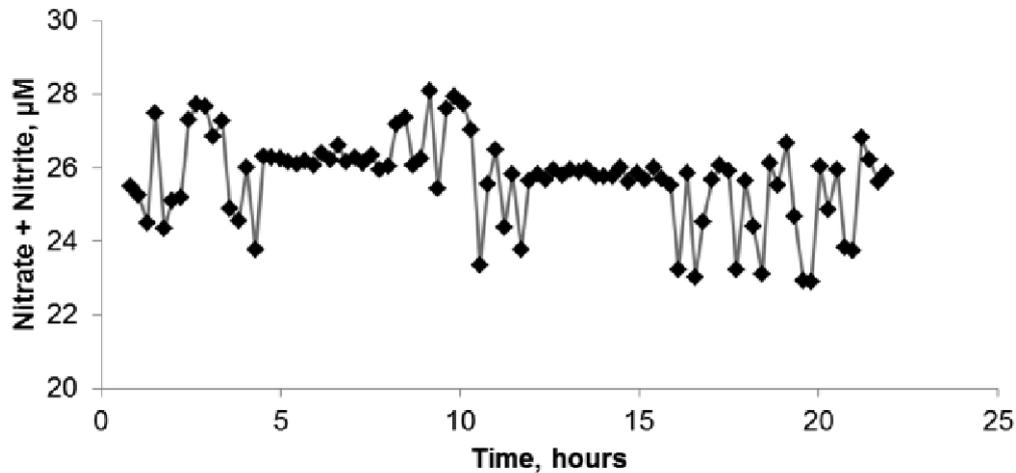


In der vergangenen Woche haben wir das südliche Arbeitsgebiet bei 18° Nord intensiv beprobt, wobei alle Geräte zu Messungen in der Wassersäule als auch am Meeresboden erfolgreich zum Einsatz kamen.

Hervorzuheben ist ein erfolgreicher Test eines sogenannten „Lab on the Chip“ (LOC) für automatisierte Messungen von Nitrat und Nitrit ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) in der Wassersäule. Diese Messungen werden in Zusammenarbeit mit dem National Oceanography Centre in Southampton (NOC, England) durchgeführt. Das LOC ist eine neuartige Technologie, die es erlaubt nasschemische Messverfahren auf nahezu „chip“-Größe zu miniaturisieren. Hierbei werden Reagenzien und wässrige Proben in kleinen Kanälen, die in Acrylglas eingefräst wurden, transportiert, gemischt und zur Reaktion gebracht. Photometrische Detektoren sind ebenfalls in den „chip“ integriert.

Erste profilierende Messungen, bei denen das LOC im Kranzwasserschöpfer/CTD integriert war und der Vergleich mit  $\text{NO}_3^-$  Messungen, die mittels eines Autoanalyzers in parallelen Wasserproben durchgeführt wurden, haben eine sehr gute Übereinstimmung gezeigt. Eine Zeitserie, die mit Hilfe des LOC in einer Wassertiefe von 174 m über einen Zeitraum von ca. 22 Stunden durchgeführt wurde zeigt eine hohe Variabilität von  $\text{NO}_3^-$  im Bodenwasser. Nitrat ist speziell in Sauerstoffminimumzonen ein wichtiger Elektronenakzeptor, der für den mikrobiellen Abbau von organischer Materie, oder zu chemolithotrophen Prozessen benötigt wird.

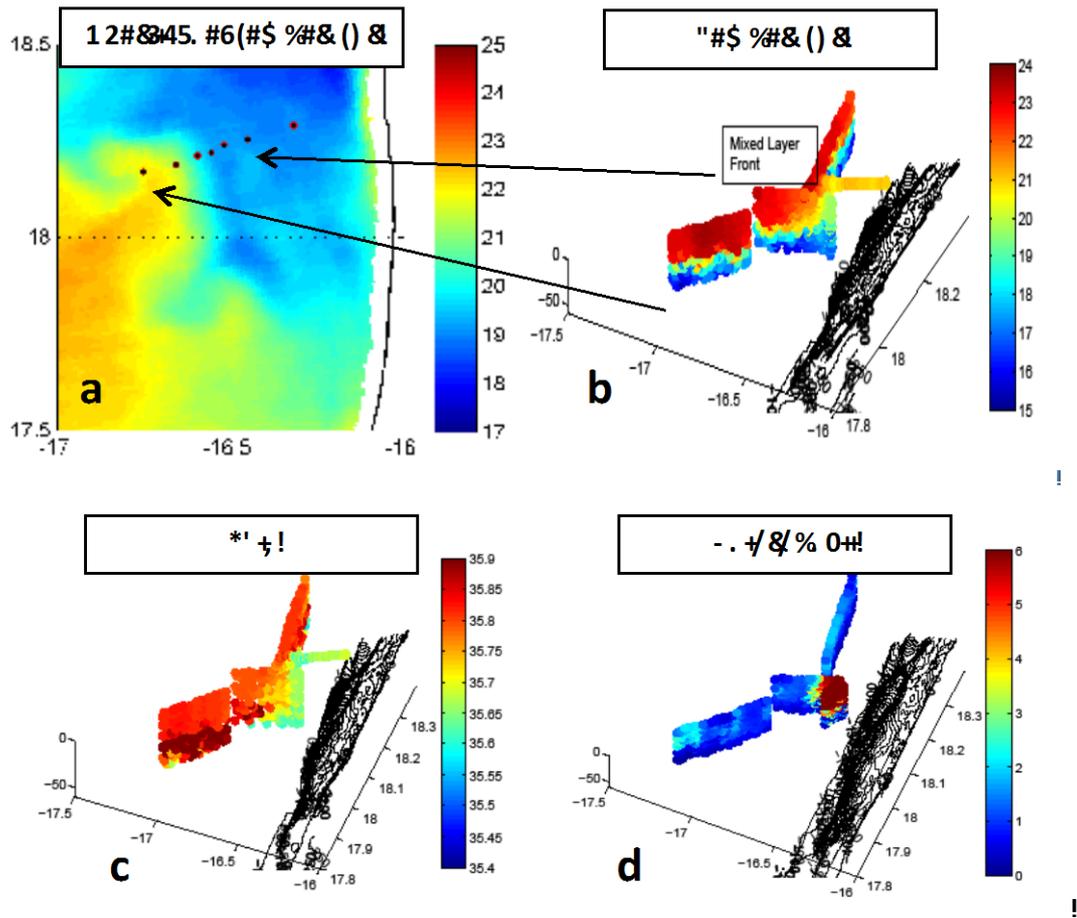
## Lab-on-chip Nitrate Sensor Deployment, 174m



**Abb. 1:** Zeitserie der Nitrat und Nitrit-Konzentration im Bodenwasser, die mittels eines „Lab on the Chip“ (LOC) in einer Wassertiefe von 174 m gemessen wurde. Hierzu wurde das LOC für ca. 24 hr in einem Lander am Meeresboden verankert.

Während dieser Reise hatten wir das Glück zu beobachten wie der Auftrieb, der in diesem Seegebiet bei 18° Nord saisonal auftritt, innerhalb weniger Tage zum Erliegen kommt. Der Fokus der physikalischen Messungen lag darauf den Übergang zwischen den beiden Phasen und die verantwortlichen Prozesse möglichst detailliert zu dokumentieren. Abb. 2a zeigt die hochaufgelöste Oberflächentemperatur am 12.06.2014 innerhalb des Hauptarbeitsgebietes. Es zeigte sich, daß submesoskalige advective Prozesse innerhalb der Deckschicht für die schnelle Oberflächenerwärmung eine entscheidende Rolle spielen. Abb. 2b-c zeigt die Gleitermessungen von Temperatur-, Salz und Chlorophyllverlauf entlang der submesokaligen Front. Hierbei wird deutlich, dass es sich um eine andere Wassermasse handelt und somit advective Prozesse eine entscheidende Rolle spielen. Auf Grundlage der Echtzeitübertragung dieser Gleitermessungen war es möglich die Front durch physikalische Turbulenzmessungen und biogeochemische Probenahme gezielt zu erfassen.

Wir werden jetzt unsere Aktivitäten für 2 Tage in das nördlichere Arbeitsgebiet verlagern um dort Verankerungen und Gleiter auszubringen, die durch ein Messprogramm in der Wassersäule ergänzt werden.

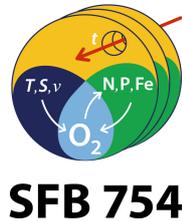


**Abb. 2a-c:** (a) In der Oberflächentemperatur (MODIS, Auflösung: 1 km) zeigt sich eine klare submesoskalige Front, welche sich Richtung Küste durch das Hauptarbeitsgebiet zieht. Echtzeitgleitermessungen von Temperatur- (b), Salz- (c) und Chlorophyllverteilung entlang der submesoskaligen Front.

Alle an Bord sind wohlauf, es grüßt herzlichst,  
Stefan Sommer und das M107-Team

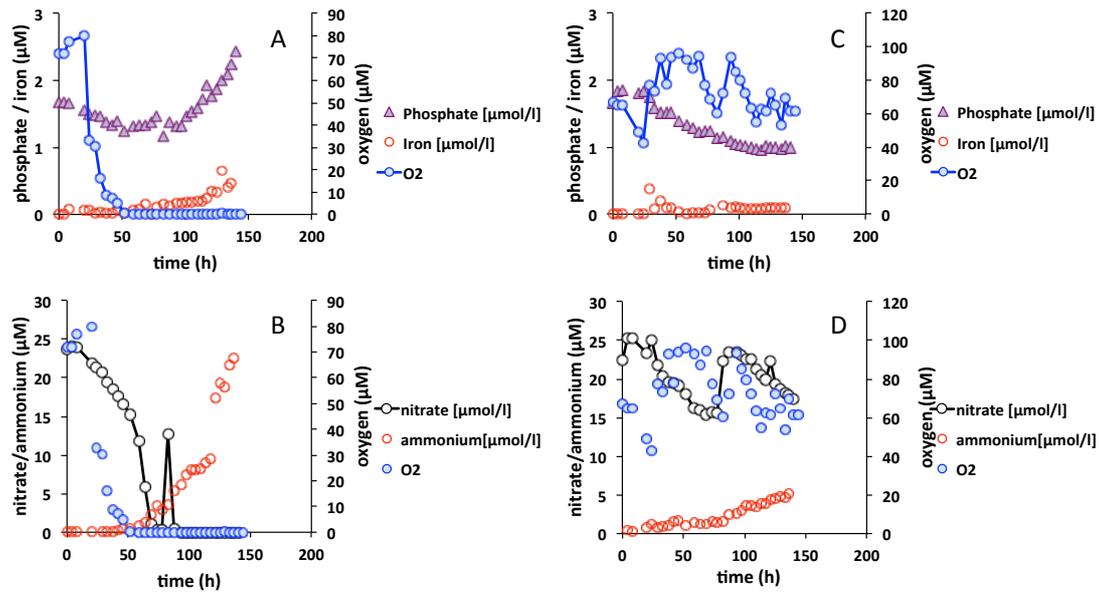
**Meteor Reise M107, Fortaleza – Las Palmas, 30. Mai. – 2. Juli,  
4. Wochenbericht, 22. Juni 2014**

Stefan Sommer und das M107 Team



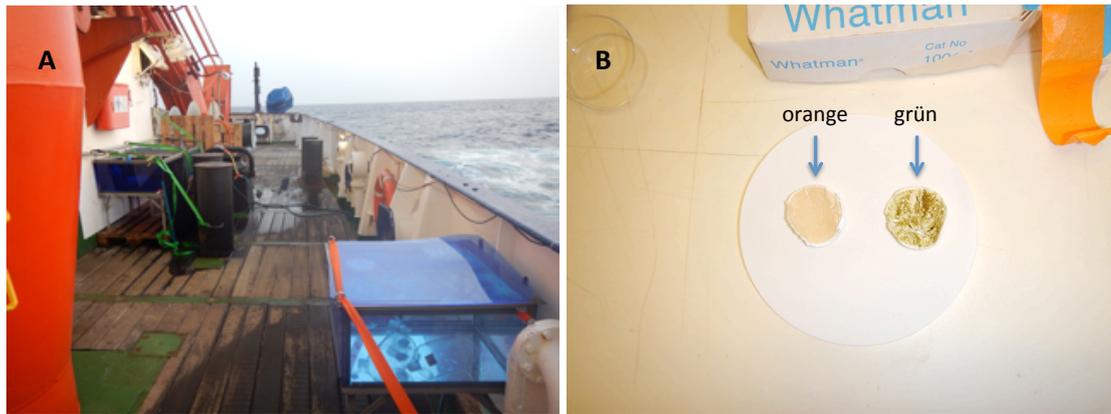
In der vergangenen Woche sind wir die Insel Sal (Kapverden) angelaufen um ein Besatzungsmitglied mit einer Handverletzung zurück nach Deutschland ins Krankenhaus zu schicken. Am Donnerstag Nachmittag haben wir unsere Forschungsarbeiten mit dem Aussetzen zweier Gleiter und der Aufnahme einer Sedimentfalle wieder aufgenommen. Unsere Tätigkeiten konzentrieren sich nach wie vor auf den südlichen Schnitt bei 18° N, wo wir bis Freitag nächster Woche unsere Stationsarbeiten abschließen wollen.

Während des Transits nach Sal wurden an Bord Experimente an Sedimentkernen durchgeführt um die Dynamik der Nährstofffreisetzung unter sich ändernden Redoxbedingungen zu erfassen. Die Höhe und Variabilität der Nährstofffreisetzung von Sedimenten innerhalb von Sauerstoffminimumzonen ist ein wichtiger Rückkoppelungsprozess für die Produktivität an der lichtdurchfluteten Ozeanoberfläche und damit für die Aufrechterhaltung oder sogar der Ausweitung von sauerstoffarmen Zonen im Ozean. Hierzu wurden Sedimentkerne mit dem darüber liegenden Bodenwasser aus 241 m Wassertiefe zunächst bei sauerstoffhaltigen (oxischen) Bedingungen gehältert. Innerhalb eines Kontroll-Kerns wurde der Sauerstoff- und Nitratgehalt im Bodenwasser aufrecht erhalten, Abbildung 1C,D. In zwei weiteren Kernen wurde aufgrund der biologischen Aktivität Sauerstoff und Nitrat innerhalb von ca. 50 Stunden aufgezehrt, was zu einer raschen Freisetzung von Phosphat, Ammonium als auch Eisen führte, Abbildung 1A,B. Dieses Experiment wird während der Reise an einer weiteren Station bei ca. 50 m Wassertiefe durchgeführt werden. In situ Stoffflussmessungen (Lander) und Porenwassergradienten werden dazu herangezogen die Nährstofffreisetzung unter natürlichen Bedingungen zu erfassen.



**Abb. 1:** Ex situ Experiment zur Erfassung der Nährstofffreisetzung von Sedimenten unter sich ändernden Redoxbedingungen. **A,B** Der Sauerstoff- und Nitratgehalt des Bodenwassers wurde aufgezehrt, was zu einem deutlichen Anstieg von Phosphat und Ammonium führte. **C,D** Dieser Kern diente als Kontrolle, wobei der Sauerstoff- und Nitratgehalt des Bodenwassers während der Inkubation aufrecht erhalten wurde.

Weiterhin werden mikrobielle Lebensgemeinschaften in der Wassersäule untersucht. Sie sind bedeutend für die Fixierung von Kohlendioxid und nehmen Einfluss auf die Verfügbarkeit von Nährstoffen in der Wassersäule. Unsere Arbeiten hierzu zielen insbesondere auf die Aufnahme von Kohlenstoff, Phosphat und Stickstoff sowie die Zusammensetzung der mikrobiellen Lebensgemeinschaften ab. Um zu erfassen, wieviel von diesen Substanzen in die mikrobielle Zellsubstanz eingebaut wird, wird markierter Kohlenstoff, Phosphat und Stickstoff den Wasserproben zugegeben, die in unterschiedlichen Wassertiefen und Stationen genommen werden. Über einen Zeitraum von 24 Stunden werden diese Proben in Wasserbädern (Inkubatoren) an Deck inkubiert, Abbildung 2A. Das Lichtregime und die Temperatur dieser Inkubatoren entsprechen den Bedingungen, die in der jeweiligen Wassertiefe, aus der die Proben stammen, vorherrschen. Mittels Filtration der inkubierten Wasserproben werden die mikrobiellen Lebensgemeinschaften für die spätere Analyse von Zusammensetzung und Aktivität gewonnen. Ein erster Eindruck der Filterfärbung lässt aber bereits vermuten, dass sich die mikrobiellen Lebensgemeinschaften im Auftriebsgebiet vor Mauretaniens voneinander unterscheiden.



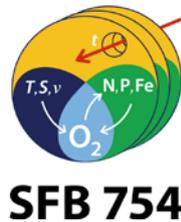
**Abb.2.:** **A**, Inkubatoren für Wasserproben zur Bestimmung der Aufnahme von Kohlenstoff, Phosphat und Stickstoff an Deck des FS Meteor; **B**, Unterschiedliche Färbungen deuten auf das Vorkommen von verschiedenen mikrobiellen Lebensgemeinschaften im Auftriebsgebiet vor Mauretaniens hin.

In den nächsten Tagen werden wir unsere Arbeiten im südlichen Arbeitsgebiet abschließen und unsere Aktivitäten in das nördliche Arbeitsgebiet verlegen. Dort werden Arbeiten in der Wassersäule den Schwerpunkt bilden.

Alle an Bord sind wohlauf, es grüßt herzlichst,  
Stefan Sommer und das M107-Team

## Meteor Reise M107, Fortaleza – Las Palmas, 30. Mai. – 2. Juli, 5. Wochenbericht, 29. Juni 2014

Stefan Sommer und das M107 Team



**SFB 754**

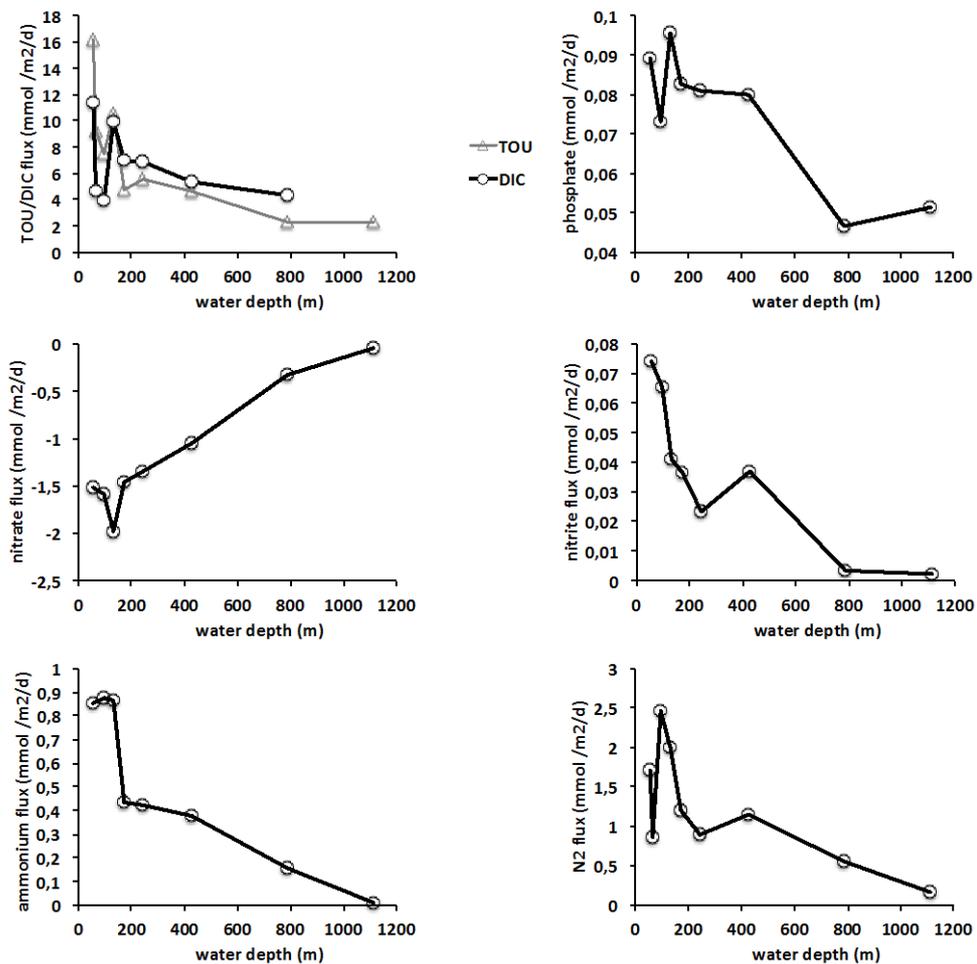
Trotz der Verzögerung konnten wir in der vergangenen Woche unsere Stationsarbeiten im südlichen Arbeitsgebiet bei 18° N wie geplant beenden. In den noch verbleibenden Tagen werden wir unsere Aktivitäten auf das nördliche Arbeitsgebiet konzentrieren und am Montag den 30. Juni unseren Transit nach Las Palmas beginnen.

Weitere Zeitserienmessungen mit dem „Lab on a Chip“ System (LOC) verliefen sehr erfolgreich wobei zusätzlich zum LOC für Nitratmessungen ( $\text{NO}_3^-$ ) und ein LOC für Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) eingesetzt wurde. Für diese Messungen wurden die LOC's in einer Lander Plattform untergebracht und für 3 Tage am Meeresboden verankert. Ferner wurde auf dieser Reise erstmals mittels eines Membraneinlass-Massenspektrometers in Verbindung mit einem inline Ansäuerungsverfahren zusätzlich zum gelösten Stickstoff ( $\text{N}_2$ ), Argon ( $\text{Ar}$ ) und Kohlendioxid ( $p\text{CO}_2$ ) auch der gelöste inorganische Kohlenstoffgehalt (DIC, dissolved inorganic carbon) in den Wasserproben der BIGOs (**Biogeochemical Observatory**) gemessen. Aus dem zeitlichen Verlauf der DIC Konzentration in den benthischen Kammern der BIGOs lässt sich somit direkt der Abbau von organischem Kohlenstoff, dem „Motor“ des benthischen Stoffumsatzes, berechnen.

Zwei baugleiche BIGO Lander wurden entlang des 18°S Schnitts in 8 verschiedenen Wassertiefen eingesetzt um unter in situ Bedingungen den Stoffaustausch des Meeresbodens mit dem Bodenwasser bei unterschiedlichen Verfügbarkeiten von Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und  $\text{NO}_3^-$  im Bodenwasser zu erfassen. Im Vordergrund dieser Messungen steht die Frage, inwiefern der Meeresboden eine Senke oder Quelle für reaktiven Stickstoff (Ammonium  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ) als auch für Phosphat und Eisen darstellt. Ferner werden die an diesen Stoffflüssen beteiligten Prozesse untersucht.

Eine erste Analyse der Flussmessungen (vorläufige unkorrigierte Daten) lässt erkennen, dass vor allem der Schelf und der obere Schelfabhäng für die Ammonium- und Phosphat-Freisetzung von Bedeutung sind, Abbildung 1. Dies geht einher mit erhöhten Abbauraten von organischem Material (TOU/DIC). Die genaue Analyse dieser Flüsse in Verbindung mit der Porenwassergeochemie und

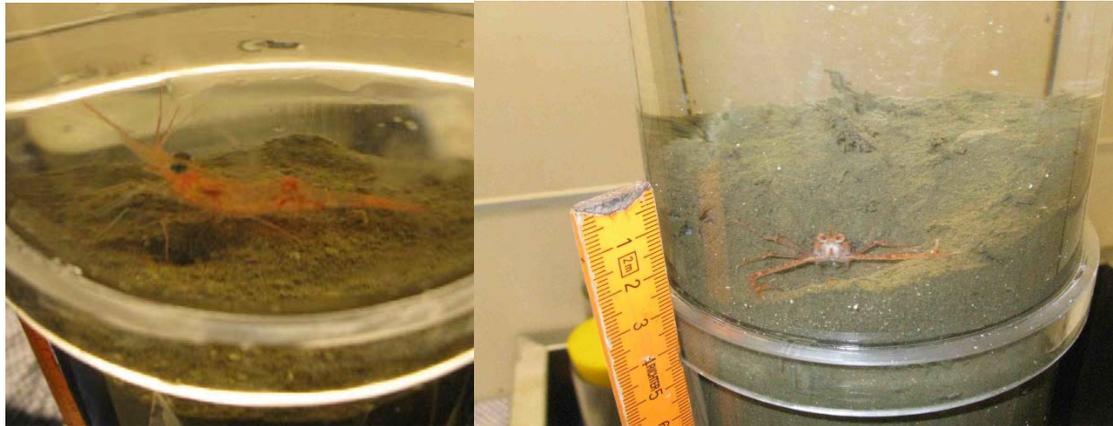
der Geochemie der Wassersäule wird Aufschluss darüber geben, welche Prozesse hierbei beteiligt sind und unter welchen Bedingungen diese ablaufen.



**Abb. 1:** In situ Stoffflüsse (vorläufige unkorrigierte Daten) die mittels zweier baugleicher BIGOs (**Biogeochemical Observatory**) entlang des Tiefenschnitts bei 18° N vor Mauretanien gewonnen wurden. Mit Ausnahme des TOU (total oxygen uptake, Gesamtzehrung von Sauerstoff) deuten positive Zahlen einen Fluss aus dem Meeresboden in die Wassersäule und negative Zahlen einen in das Sediment gerichteten Stofffluss an.

In dieser Woche wurden ebenfalls die Probenahmen für die benthischen geomikrobiologischen Untersuchungen entlang des Tiefenschnitts bei 18°N erfolgreich abgeschlossen. Untersucht werden Sedimentproben aus dem TV-MUC und den BIGOs. Im Fokus der Untersuchungen stehen benthische Stickstofffixierung, Eisenreduktion und Sulfatreduktion sowie deren Aktivitätsverteilungen entlang des Tiefenschnitts. Vorläufige Ergebnisse deuten auf eine rege Stickstofffixierungsaktivität im Sediment hin, die tendenziell mit abnehmender Wassertiefe ansteigt. Ferner wird der Einfluss von Bioturbation und Biorrigation auf die mikrobiologischen Prozesse im Sediment untersucht. Insbesondere die Stationen mit geringerer Wassertiefe (<400 m) sind durch eine

hohe Abundanz benthischer Makro- und Megafauna charakterisiert (Abbildung 2), welche den Transport von Elektronenakzeptoren und metabolischen Endprodukten im Sediment beeinflussen. Diese Transportprozesse können mikrobielle Umsatzraten im Sediment anregen und damit zu einem erhöhten Elementaustausch führen. Die Inkubationen der geomikrobiologischen Untersuchungen werden auch in der folgenden Woche in den Laboren fortgesetzt.



**Abb.2.:** Benthische Fauna (links Garnele, rechts galatheide Krabbe) auf der Oberfläche von Sedimentkernen aus dem TV-MUC. Die Krabben sitzen in selbstgebauten Wohnröhren im Sediment. Diese Grabaktivität hat eine wichtige Funktion für den benthischen Elementaustausch.

Trotz der Verzögerungen in Fortaleza und bei den Kapverden blicken wir auf eine erfolgreiche und ereignisreiche Forschungsreise zurück. Wir bedanken uns herzlich bei Kapitän Schneider und der gesamten Crew der Meteor für die hervorragende Unterstützung und die kooperative Zusammenarbeit. Nicht zuletzt hat auch die gute Stimmung und der freundliche Umgang zum Gelingen dieser Reise beigetragen.

Alle an Bord sind wohlauf, es grüßt herzlichst,  
Stefan Sommer und das M107-Team