

## METEOR-Reise M91, Callao-Callao, 1.-26. Dezember

1. Wochenbericht, 3. Dezember 2012

Hermann Bange\* und das M91-Team

\* GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel; [hbange@geomar.de](mailto:hbange@geomar.de)

Die Meteor-Reise M91 wird im Rahmen des BMBF-Verbundprojektes SOPRAN (Surface Ocean Processes in the Anthropocene: [www.sopran.pangaea.de](http://www.sopran.pangaea.de)) durchgeführt. SOPRAN wurde 2007 ins Leben gerufen und ist der deutsche Beitrag zum internationalen SOLAS (Surface Ocean Lower – Atmosphere Study: [www.solas-int.org](http://www.solas-int.org)) Projekt. Über 40 Wissenschaftler aus 10 Instituten in ganz Deutschland haben sich in mehr als 20 Teilprojekten in SOPRAN zusammengefunden, um die Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre im Kontext globaler Umweltveränderungen, wie z.B. Ozeanversauerung, erhöhte Staubeinträge u.a., zu untersuchen. Ein Schwerpunkt der Arbeiten von SOPRAN liegt dabei auch auf der Erforschung der Bedeutung von Küstenauftriebsgebieten für die Bildung und Emission von klimarelevanten Spurengasen. Die Meteor-Reise M91 in das Küstenauftriebsgebiet vor Peru steht hierbei in einer Reihe mit den erfolgreichen SOPRAN-Kampagnen vor Mauretanien (NW Afrika).

Während M91 arbeitet ein 29köpfiges Team aus Wissenschaftler, Techniker und Studenten aus den unterschiedlichsten Disziplinen, die von mariner Mikrobiologie, biologischer und physikalischer Ozeanographie, Meereschemie bis hin zu Atmosphärenchemie und Meteorologie reichen, zusammen. Die Teilnehmer von M91 kommen aus mehreren SOPRAN-Teilprojekten, an denen das GEOMAR, die Universitäten Bremen, Hamburg, und Heidelberg, sowie das Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz beteiligt sind. Unterstützt werden sie von einer Gastwissenschaftlerin von der Universität Massachussetts und einer Wissenschaftlerin vom Kieler Sonderforschungsbereich (SFB) 754.

Bsondern hervorheben möchte ich die Beteiligung von drei peruanischen Kolleginnen vom Instituto del Mar del Perú (IMARPE) in Callao. Dies unterstreicht die erfolgreiche Kooperation zwischen SOLAS / SFB 754 auf der einen Seite und IMARPE auf der anderen Seite.



Impressionen vom Aufbau und 'Check-In' auf Meteor

Nach einer langen Anreise aus dem herbstlich-kalten Deutschland in den peruanischen Frühling (der bisher allerdings weniger tropisch (d.h. warm) ist, als erhofft) begann am 29. November der zweitägige Aufbau der Instrumente und das Einrichten der Labore auf Meteor. Unterbrochen wurde das Aufbauen von einem Empfang auf Meteor, zu dem die Fahrleiter der Meteor-Reisen M90 und M91 sowie die Meteor-Leitstelle in Hamburg eingeladen hatten. Unterstützt wurden sie dabei von der deutschen Botschaft in Lima. Die Mannschaft um Meteor-Kapitän Thomas Wunderlich haben für den Empfang wahre Wunder vollbracht, und innerhalb kürzester Zeit die Meteor entsprechend dekoriert und ein grosses (sehr leckeres) Buffet auf die Beine gestellt. Der Empfang wurde so zu einem grossen Erfolg und hat einmal mehr die Bedeutung des Forschungsschiffes Meteor als weltweite Botschafterin für Deutschland eindrucksvoll unter Beweis gestellt.



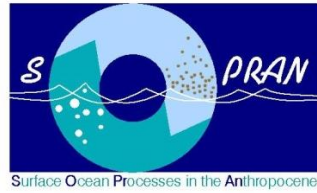
Impressionen vom Empfang auf Meteor am 29.11.2012

Am Morgen des 1. Dezember hiess es jedoch Abschied nehmen und die Reise M91 begann. Zur Zeit dampfen wir Richtung Norden zu unserer ersten Station. Unsere Geräte und Messinstrumente sind mittlerweile aufgebaut und einsatzbereit und eine kurze Teststation wurde erfolgreich absolviert. Bisher gab es noch keinen ernsthaften Geräteausfall. Wir sind schon gespannt auf die ersten Messungen. Davon mehr im nächsten Wochenbericht.

Mit vielen Grüssen von der Meteor, natürlich auch im Namen aller M91-Fahrtteilnehmer

*Heinrich W. Bauer*

(FS Meteor, 2. Dez. 2012; 8°58' S 80°1' W)



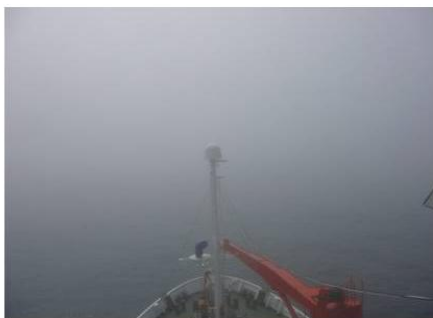
## METEOR-Reise M91, Callao-Callao, 1.-26. Dezember

### 2. Wochenbericht, 10. Dezember 2012

Hermann Bange\* und das M91-Team

\* GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel; hbange@geomar.de

Nach zwei Tagen Dampfstrecke von Callao in Richtung Norden, haben wir am 3. Dezember bei 5°S 82°W den ersten Ozean/Schelf-Transekt erreicht. Dies ist der erste von 11 geplanten, ca. 200 km langen, Transekten, die rechtwinklig zur peruanischen Küste verlaufen und in deren Verlauf jeweils sechs gleichmäßig verteilte Stationen ‚abgearbeitet‘ werden. Diese Art von Stationsnetz erlaubt umfassende Messungen und Beprobung der Gradienten von Wasser- und Luft- Parametern zwischen dem offenen Ozean und dem Auftriebsgebiet an der peruanischen Küste. Inzwischen haben wir den vierten Transekt abgeschlossen und fahren nun zum nächsten Transekt, der bei ~ 11°28' S 79°26' W anfängt. Bisher verlaufen alle Messungen und Beprobungen größtenteils wie geplant und es hat sich mittlerweile auch eine gewisse Routine beim Ablauf der Beprobung an den Stationen eingestellt. Das Wetter ist gut, nach grauen Morgenstunden kommt meist gegen Mittag die Sonne durch. Bemerkenswert war der sehr dichte Nebel, den wir in Küstennähe am Anfang des vierten Transekts bei ~ 9°11' S 78°40'W hatten (siehe Bild). Hier traf kaltes Oberflächenwasser (16-17°) mit warmer, feuchter Luft zusammen, was zu der starken Nebelbildung führte.



7.12.2012: Meteor im Nebel vor der peruanischen Küste

Eher untypisch für ozeanographische Meteor-Fahrten, haben wir diesmal auch ein umfangreiches atmosphärisches Mess- und Beprobungsprogramm an Bord, das dazu dient die Zusammensetzung der Atmosphäre in Zusammenhang mit dem Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre zu erkunden. Besonders markant ist der Aufbau am Bug von Meteor: Hier verwenden Leila Nagel und Daniel Kiefhaber von der Universität Heidelberg eine Reihe von Instrumenten um die Geschwindigkeit des Austauschs von Wärme und Spurengasen zwischen Atmosphäre und Ozean zu untersuchen. Bei der sogenannten aktiven Thermographie wird ein etwa 30x30 cm großer Bereich auf der Wasseroberfläche mit Hilfe eines starken Infrarotlasers erwärmt. Mit einer Wärmebildkamera kann man danach beobachten, wie das erhitzte Wasser die Wärme wieder abgibt.

Aus der Rate, mit der dies geschieht, kann man auf die Geschwindigkeit des Wärmeaustauschs zwischen Luft und Wasser schließen. Da sich Wärme und gelöste Spurengase physikalisch ähnlich verhalten und durch dieselben Mechanismen transportiert werden, kann man hieraus auf die aktuellen Austauschgeschwindigkeiten von Spurengasen während der Meteor-Fahrt schließen. Zusammen mit den Messungen von CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, und anderen Spurengasen, die von den Gruppen vom GEOMAR, der Univ. Hamburg und dem MPI für Chemie durchgeführt werden, kann so der Austausch der genannten Gase über die Ozean/Atmosphäre-Grenzschicht quantifiziert werden.



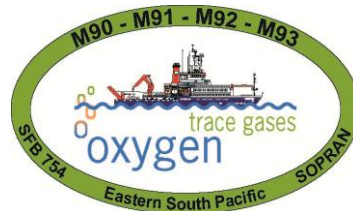
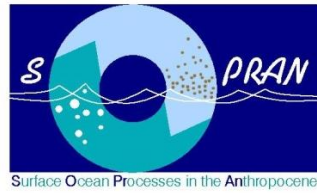
Daniel Kiefhaber am ACFT (Active Controlled Flux Thermography) -Aufbau der Universität Heidelberg am Bug von Meteor.  
(Der M91 KunstPreis für die künstlerisch-gelungenste Gestaltung des Arbeitsplatzes geht an die Univ. Heidelberg.)

Weil die Austauschgeschwindigkeiten auf einer klar definierten Fläche gemessen werden, untersucht die Gruppe aus Heidelberg auch welchen Einfluss der Seegang auf den Gasaustausch hat. Es ist bekannt, dass insbesondere kleinskalige Wellen mit Wellenlängen unter 1 m hierfür eine große Rolle spielen, es gibt jedoch nur wenige experimentelle Daten von Schiffexpeditionen, um die genaue Abhängigkeit zu untersuchen. Zu diesem Zweck sind eine Reihe von Kameras installiert, die an der Wasseroberfläche reflektiertes Licht aufnehmen. Aus der Messung der Polarisation des Lichts können z.B. Informationen über die Steilheit der Wellen und die Rauigkeit der Wasseroberfläche gewonnen werden. Außerdem wird die Form der Wasseroberfläche (und damit z.B. Wellenhöhen) vermessen, in dem mit zwei Kameras aus unterschiedlichen Winkeln auf die Oberfläche geschaut wird. Ähnlich wie dies auch beim menschlichen Sehen geschieht, kann aus diesen zwei Bildern ein dreidimensionaler Eindruck gewonnen werden. Das Verfahren wurde schon einmal auf der „Meteor“ eingesetzt – 1925 von Arnold Schumacher. Während damals die Bilder allerdings mit großem Aufwand von Hand ausgewertet werden mussten, geschieht dies heute glücklicherweise weitgehend automatisiert.

Ergänzt wird der Aufbau am Bug durch sogenannte eddy-Korrelationsmessungen von CO<sub>2</sub>, die mit Instrumenten von Ch. Zappa vom Lamont-Doherty Earth Observatory (Palisades , NY) durchgeführt werden und an Bord von der Gruppe aus Heidelberg betreut werden. Eddy-Korrelationsmessungen geben Aufschluss über die vertikalen CO<sub>2</sub>-Flüsse über der Wasseroberfläche und sind damit direkt vergleichbar mit den Gasaustauschflüssen berechnet mit den Ergebnissen der aktiven Thermographie, siehe oben.

So viel für heute. Mit vielen Grüßen von der Meteor, natürlich auch im Namen aller M91-

Fahrtteilnehmer *Herman W. Baug*



## METEOR-Reise M91, Callao-Callao, 1.-26. Dezember

### 3. Wochenbericht, 17. Dezember 2012

Hermann Bange\* und das M91-Team

\* GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel; [hbange@geomar.de](mailto:hbange@geomar.de)

Gut zwei Wochen sind seit dem Beginn der Meteorfahrt M91 am 1. Dezember in Callao inzwischen vergangen. Bisher haben wir erfolgreich 8 Transekte mit 51 Stationen, 76 CTD/Rosetten-Casts, 35 Mikrostruktursondeneinsätze, 31 Schlauchbootfahrten und zwei 24h-Stationen absolviert. Insgesamt sind wir schon knapp 1800 Seemeilen (~ 3300 km) gefahren und einige kommen noch bis zum Ende der Fahrt am 26. Dezember in Callao dazu.

Bisher haben wir typische Sauerstoffprofile gemessen, die eine ausgeprägte Sauerstoffminimumzone zeigen. Besonders an den flachen Stationen auf dem Schelf ist oft schon nach einigen Metern der gelöste Sauerstoff fast nicht mehr nachweisbar. An einer Station, auf dem Schelf südlich von Callao gelegen, hatten wir anoxische Bedingungen in den bodennahen Tiefen, die deutlich am typischen ‚Faule Eier‘-Geruch von Schwefelwasserstoff ( $H_2S$ ) zu erkennen waren. Messungen von  $H_2S$  haben das bestätigt. Alle weiteren Stationen, die wir bisher gemessen haben, hatten keine anoxischen Bedingungen.

Das Wetter hat sich nicht verändert, nach trübgrauen Morgenstunden kommt in der Regel bis Mittag die Sonne heraus. Nebel und diesige Bedingungen haben wir vor allem in Landnähe. Der Wind ist, wie man das für die Passatwindregion von vor Südamerika erwartet, konstant aus S/SE und überschreitet eine Windstärke von 4 Beaufort nur selten.

Ein besonderes Merkmal der Meteorfahrt M91 ist die gleichzeitige Beprobung der Atmosphäre und der Ozeanoberfläche. Hierzu dienen auch die schon oben erwähnten 24h-Stationen, bei denen das Schiff 24 Stunden nahezu unverändert auf einer Position verharrt. Hierbei wird die Meteor in den Wind gedreht, um mögliche Kontaminationen durch das Schiff (z.B. die Abgasfahne des Schiffes) zu vermeiden.

Ein Teil des atmosphärischen Mess- und Beobachtungsprogramms während M91 sind - neben den kontinuierlichen Luftmessungen durch die Gruppen vom MPI für Chemie in Mainz und der Universität Heidelberg - die regelmäßigen Luftprobennahmen in Kanistern und Radiosondenaufstiege, die vom GEOMAR in Zusammenarbeit mit der Rosenstiel School for Marine and Atmospheric Sciences (RSMAS, Miami, Florida) und dem Deutschen Wetterdienst (DWD) durchgeführt werden. In den Luftproben werden nach der Fahrt die atmosphärischen Konzentrationen einer Vielzahl von klima- und luftchemisch relevanten Spurengasen gemessen. Ein besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Bestimmung der anthropogenen und natürlichen halogenierten Kohlenwasserstoffe (wie z.B. Bromoform,  $CHBr_3$ ) gelegt. Diese Spurengase sind wichtig

in Bezug auf ihre ozonzerstörende Wirkung in der Stratosphäre (dem oberen ‚Stockwerk‘ der Atmosphäre). Viele dieser Spurengase werden in Küstenauftriebsgebieten vermehrt gebildet und dann an die Troposphäre (dem unteren ‚Stockwerk‘ der Atmosphäre) abgegeben. In tropischen Regionen ist eine Quantifizierung dieser Emissionen besonders wichtig, weil hier der Transport Substanzen von der Troposphäre in die Stratosphäre besonders leicht ist.

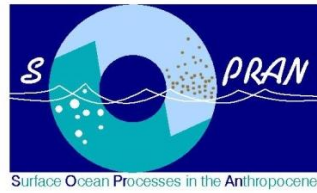


Links: Steffen Fuhlbrügge (GEOMAR) bei der Luftprobennahme. Rechts: Radiosondenaufstieg aus dem DWD-Container an Bord von Meteor (Photo DWD).

Zur Bestimmung der atmosphärischen und gelösten Konzentrationen der halogenierten Kohlenwasserstoffen werden regelmäßig im 3h-Rhythmus Luftproben und Wasserproben genommen. Neben diesen „underway“-Messungen werden an den 24h-Stationen mögliche Tagesgänge, insbesondere der halogenierten Kohlenwasserstoffe, bestimmt. (Tagesgänge kann man mit einem fahrenden Schiff nur unzureichend bestimmen.) Zur Erfassung regionaler Unterschiede sind diese 24h-Stationen entlang der Fahrtroute verteilt. Zur Analyse von Temperatur, Feuchte und Wind bis ca. 25 km Höhe starten wir, zusammen mit dem DWD, im Abstand von 3-6 Stunden Radiosonden, aus deren Daten die Höhe der atmosphärischen Grenzschicht, auch Mischungsschichthöhe genannt, ermittelt wird. Anhand dieser Höhe können wir das Ausmaß der vertikalen Durchmischung innerhalb der unteren Troposphäre, die vom Boden bis typischerweise 1-3 km Höhe reicht, bestimmen. Im Bereich des Küstenauftriebs kommt es aufgrund des kalten Oberflächenwassers jedoch zur Abkühlung bodennaher Luftmassen und deshalb zur Bildung von Bodeninversionen bzw. stabil geschichteten bodennahen Luftmassen. Die dadurch sehr tiefe atmosphärische Grenzschicht unterdrückt das Aufsteigen und die damit verbundene Vermischung dieser Luftmassen, was wiederum zu einem Anstieg der Konzentrationen der Spurengase in Bodennähe führt. Vergleichbare Messungen im Auftriebsgebiet vor Mauretaniens haben eine sehr enge Verknüpfung zwischen Grenzschichthöhe und Konzentrationen von halogenierten Kohlenwasserstoffen ergeben. Ist wird deshalb spannend zu sehen, ob dies so auch im peruanischen Auftriebsgebiet der Fall ist.

Mit vielen Grüßen von der Meteor, natürlich auch im Namen aller M91-Fahrtteilnehmer

Herman W. Baay



## METEOR-Reise M91, Callao-Callao, 1.-26. Dezember

### 4. Wochenbericht, 24. Dezember 2012

Hermann Bange\* und das M91-Team

\* GEOMAR Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel; [hbange@geomar.de](mailto:hbange@geomar.de)

Am Abend des 23. Dezembers haben wir den letzten Transekt bei  $15^{\circ}23'S$   $75^{\circ}20'W$  beendet und dampfen nun entlang der peruanischen Küste in Richtung Norden zurück nach Callao. Hinter uns liegen gut drei Wochen mit einem sehr intensiven und umfangreichen Arbeitsprogramm: 10 Transekte (A-J) mit 66 Stationen (darunter fünf 24h-Stationen), 98 CTD/RO-Casts, 45 Schlauchboot- und 55 Mikrostruktursonden-Einsätze haben wir erfolgreich absolviert. Dazu kommen noch unzählige Radiosondenaufstiege und kontinuierliche Luft- und Wasserprobennahmen und einiges mehr. Zwischen dem 9. Transekt (I) und dem 10. Transekt (J) haben wir noch vier (ursprünglich nicht geplante) Stationen durchgeführt, um so den antizyklonalen Wirbel mit dem Zentrum bei ca.  $16^{\circ}11'S$   $77^{\circ}48'W$ , den auch schon Lothar Stramma (GEOMAR) während M90 vermessen hat, besser aufzulösen. Der ursprünglich geplante 11. Transekt (K) bei  $\sim 16^{\circ}30'S$   $74^{\circ}W$  kann leider aufgrund von Zeitmangel nicht mehr beprobt werden, stattdessen wurde noch eine fünfte 24h-Station auf dem 10. Transekt (J) absolviert. Es herrschten vorwiegend sehr gute Wetterbedingungen und lediglich an einer Station, am Anfang des letzten Transekts (J), mussten wir die Stationsarbeiten unterbrechen, weil eine unglückliche Kombination von starker Kreuzdüngung und auffrischendem Wind das Aussetzen von Geräten nicht zuließ. Dauerhafte Geräteausfälle waren nicht zu beklagen, so dass wir jetzt schon auf eine sehr erfolgreiche Fahrt zurückblicken, die uns einen einmaligen Datensatz bescheren wird.

Ich möchte mich an dieser Stelle im Namen aller Fahrtteilnehmer sehr herzlich bei Kapitän Thomas Wunderlich und seiner Mannschaft bedanken, die durch ihre unermüdliche Hilfsbereitschaft und tatkräftige Unterstützung, einen wesentlichen Teil zum Gelingen der Meteor-Reise M91 beigetragen haben. Vielen Dank!



Oben links: 'The spirit of Annie: each CTD, all depths, no sleep'. Oben mitte: Avy Bernales und Violeta Leon vom Instituto del Mar del Peru (IMARPE) warten auf Proben von der CTD/RO. Oben rechts: Tim Fischer (GEOMAR) bei der Probennahme auf dem Schlauchboot. Unteres Bild: M91 sind (von links nach rechts) Hermann Bange, Steffen Fuhlbrügge, Damian Arevalo, Avy Bernales, Bettina Derstroff, Daniel Kiefhaber, Violeta Leon, Verena Ihnenfeld, Kristian Rother, Georgina Flores, Maike Peters, Sebastian Flöter, Leila Nagel, Wei Song, Johannes Lampel, Stefan Raimund, Luisa Galgani, Patrick Veres, Annie Bourbonnais, Matthias Krüger, Kerstin Nachtigall, Ingo Weinberg, Tina Baustian, Tim Fischer, Helmke Hepach, Jon Roa, Annette Kock, Natascha Martogli und Joel Craig.



Weihnachtliche Impressionen von M91:  
Selbstgebastelte Krippe und Engel, Weihnachtsdekoration und Tannenbaum mit Lichtern.

Frohe Weihnachten und einen guten Rutsch ins neue Jahr wünschen

*Hermann W. Bange*

und das M91-Team.