

„Jetzt gilt es, auf den Kapverden eine moderne Infrastruktur für die drängenden Forschungsfragen der Zukunft aufzubauen.“

Peter Herzig, Direktor des GEOMAR

Vorwort

Arne Körtzinger¹



Die Existenz des globalen Klimawandels ist wissenschaftlich unumstritten und inzwischen auch in der öffentlichen Diskussion zu einem Allgemeinplatz geworden. Kaum ein Monat vergeht, ohne dass uns klimatische Hiobsbotschaften aus irgendeinem Teil der Erde erreichen. Auch in der eigenen Wahrnehmung müssen wir nicht lange nach Belegen für die Veränderlichkeit des Klimas suchen. Und doch steckt unser Verständnis der komplexen Wechselwirkungen von Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre gerade im Hinblick auf den Klimawandel und das damit verbundene Rückkopplungspotential vielfach noch in den Kinderschuhen. Dieses gilt besonders für die Tropen, eine Schlüsselregion des globalen Klimasystems, in der Ozean und Atmosphäre in vielfältiger, höchst dynamischer Weise gekoppelt sind. Dieser wissenschaftlichen Relevanz der Tropen steht im Bereich der Meeres- und Atmosphärenforschung jedoch ein geradezu frappierendes Fehlen von wissenschaftlicher Infrastruktur und Langzeitbeobachtungen gegenüber. Das sich in dieser Broschüre präsentierende Konsortium betreibt daher zum Teil seit vielen Jahren Forschung auf oder bei den Kapverdischen Inseln, die in einer wissenschaftlich außerordentlich wichtigen Region im tropischen Nordostatlantik liegen und sich zudem als hervorragende Basis erwiesen ha-

ben. Die vorliegende Broschüre soll auf die Relevanz der Region aufmerksam machen, in einem Kaleidoskop schlaglichtartiger Einblicke die Vielfalt aktueller Forschungsarbeiten aufzeigen und damit weiteres Forschungsinteresse wecken. Die Zukunftsfähigkeit der kapverdischen Observatorien für Ozean und Atmosphäre wird entscheidend vom Aufbau einer modernen und flexiblen Forschungsinfrastruktur vor Ort abhängen. Ein besseres Verständnis des komplexen Klimasystems wird Voraussetzung dafür sein, dem globalen Klimawandel in angemessener Weise begegnen zu können. Für die Tropen haben die hinter dieser Broschüre stehenden Institutionen durch ihr Engagement auf den Kapverden in international sichtbarer Weise Farbe bekannt. Es gilt, diese Forschung zu intensivieren und auf eine neue und nachhaltige Basis zu stellen.

¹ GEOMAR, Kiel

Forschungsstandort Kap Verde – ein faszinierendes Labor für Meeres- und Atmosphärenforscher	4
<i>Kapverden – ein natürliches Labor zur Untersuchung klimarelevanter und chemisch aktiver Spurengase</i>	6
<i>Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre – die Bedeutung natürlicher Aerosole in der marinen Umwelt</i>	8
<i>Das Zusammenspiel zwischen Ozean und Wüste</i>	10
<i>Das vermeidbare Schicksal der Karettschildkröten? Ein Projekt am Schnittpunkt von Naturschutz und Ozeanographie</i>	12
<i>Das Atmen des Meeres – autonome Gasmessungen bei den Kapverden</i>	14
<i>Zusammenspiel kleinräumiger physikalischer und biogeochemischer Prozesse bei den Kapverdischen Inseln</i>	16
<i>Ozeanische Langzeitbeobachtungen bei den Kapverden</i>	18
<i>Marine Stickstofffixierer in den nährstoffarmen Gewässern des tropischen Atlantiks</i>	20
<i>Leben in der Tiefsee – faszinierende Geschöpfe an tropischen Inselketten</i>	22
<i>Untermeerische Berge – Vulkanismus in der Tiefsee rund um das Kap Verde Archipel</i>	24
Beteiligte Institutionen	26
Projekte und Expeditionen im tropischen Atlantik	28
Wissenschaft und Logistik vor Ort – der kapverdische Partner INDP	29
Transfer von Handlungskompetenz und Wissen	30
Kontakte und Impressum	31

Inhaltsverzeichnis



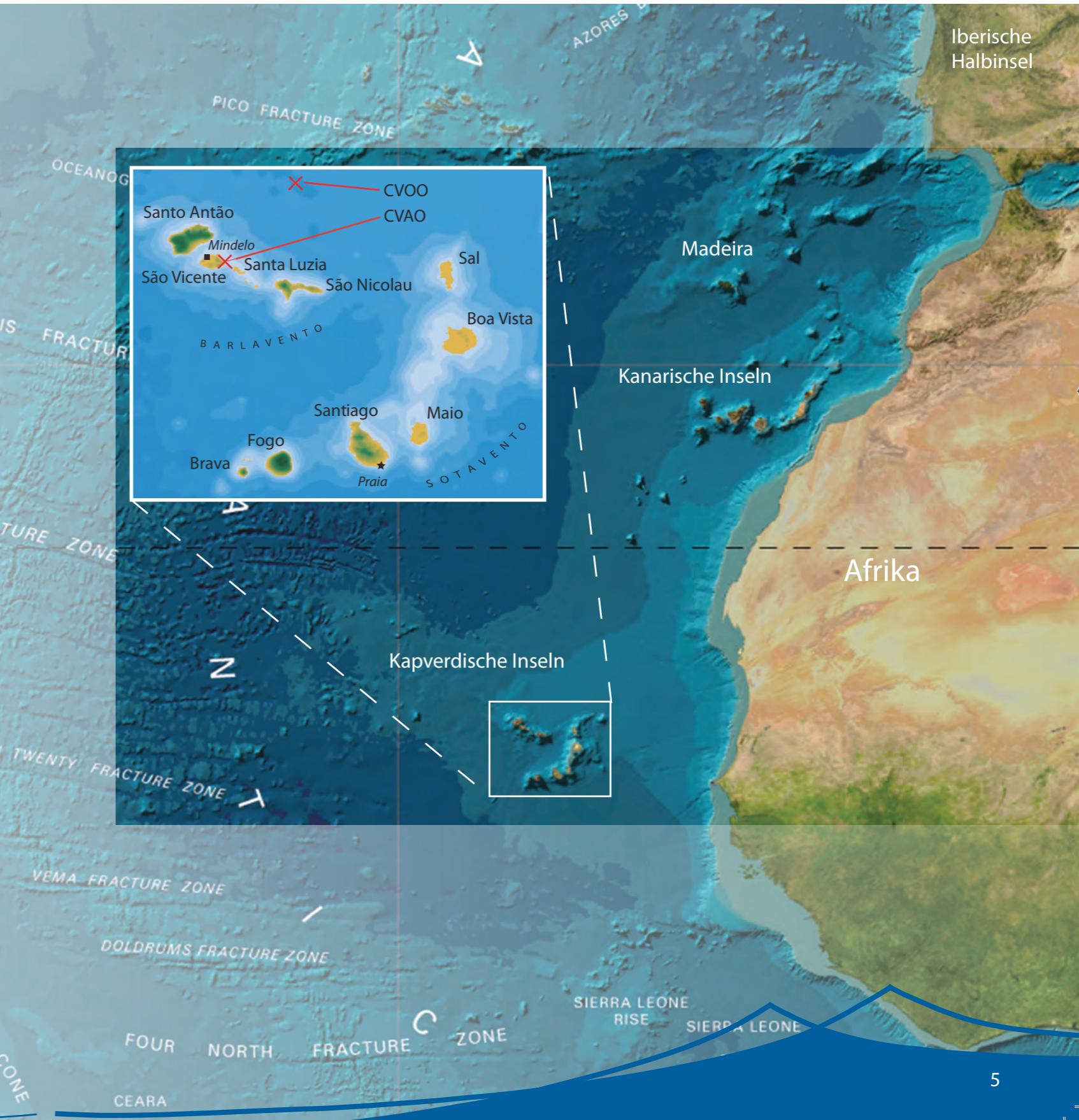
Forschungsstandort Kap Verde – ein faszinierendes Labor für Meeres- und Atmosphärenforscher

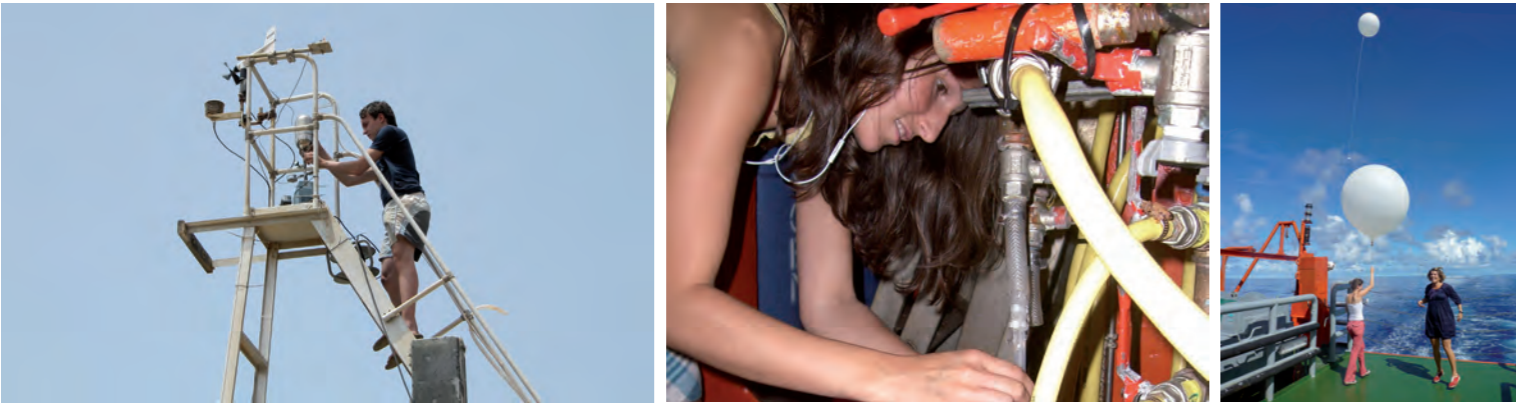
Arne Körtzinger

Die Tropen sind eine gigantische Wettermaschine, die energiegeladene Gewittertürme, tropische Wirbelstürme, ergiebige Monsunniederschläge und prominente Klimaoszillationen wie El Niño hervorbringt. Dabei spielt der Ozean meist eine entscheidende Rolle. So sind langfristige Schwankungen im westafrikanischen Monsun und damit im lebenswichtigen Niederschlag über Westafrika vor allem auf Änderungen der Oberflächentemperatur im tropischen Atlantik zurückzuführen. Auch können Emissionen halogener Spurengase aus dem tropischen Ozean aufgrund der besonders hochreichenden Dynamik der Troposphäre rasch bis in die Stratosphäre gelangen, wo sie aktiv am Abbau der natürlichen Ozonschicht beteiligt sind. Umgekehrt übt die Atmosphäre über den Eintrag gewaltiger Mengen von Saharastaub in den Nordatlantik einen wichtigen Einfluss auf die Biogeochemie und damit biologische Produktivität des Meeres aus. Doch auch im Ozean selbst sind bedeutende Prozesse am Werk. So gehört das vom Küstenauftrieb vor Westafrika genährte Ökosystem zu den produktivsten, artenreichsten und ökonomisch wichtigsten weltweit – eine Rolle, die vermutlich wiederum mit dem Saharastaub und seinen biorelevanten Komponenten Eisen und Phosphor in Verbindung steht. Im Inneren des Ozeans findet sich hier eine natürliche Sauerstoffminimumzone, die zwar (noch) nicht so ausgeprägt ist wie ihre Pendanten im Pazifik und Indik, aber in den letzten Jahrzehnten eine deutliche Ausbreitungstendenz zeigt, wie jüngste Kieler Arbeiten belegen. Die Konsequenzen – biogeochemisch, ökologisch und sozioökonomisch – sind bisher nicht abschätzbar. Schließlich ist die Region auch geowissenschaftlich hochinteressant, da sie auf einem sogenannten „Mantel Hotspot“ liegt und daher vulkanisch aktiv ist. Besonders die im Westen gelegenen Inseln sowie der sie umgebende Tiefseeboden zeigen aktiven Vulkanismus. Hier entstehen submarine Kuppen als zukünftige Kapverdische Inseln. Jüngste Arbeiten belegen sogar die Existenz von explosivem Vulkanismus in der Tiefsee.

SEAMOUNTS
Die Region bietet also, wie diese Aufzählung zeigen soll, eine besondere Konzentration von wissenschaftlich aktuellen und hochrelevanten Forschungsthemen, die sich auf alle meereskundlichen Disziplinen erstrecken. Um diese drängenden Aufgaben angehen zu können, benötigt die moderne Meeresforschung verlässliche Partner und Infrastrukturen in der Region. Die Voraussetzungen dafür sind hervorragend. Die Republik Kap Verde ist ein politisch wie gesellschaftlich ausgesprochen stabiler und ambitionierter Staat mit einem hohen Bildungsanspruch und großem Interesse an seinen maritimen Belangen. Das Land entwickelt sich rasch und hat das Thema Meer in all seinen Aspekten zu einer zentralen Aufgabe gemacht. Es ist dabei im Bereich der Meeresforschung und universitären Lehre auf internationale Vernetzung und Partner angewiesen. Die seit 2006 in diesem Bereich bestehende deutsch-kapverdische Kooperation, die 2008 auch in einem Kooperationsvertrag zwischen dem Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas de Cabo Verde und dem Kieler Leibniz-Institut für Meereswissenschaften festgeschrieben wurde, hat sich bewährt und ist eine ideale Ausgangsbasis für eine Weiterentwicklung. Zukunftsfähig als Forschungs- und Ausbildungsplattform wird sie jedoch nur sein können, wenn adäquate Infrastrukturen geschaffen und ein dichtes Netz von Forschungseinrichtungen und Universitäten auf beiden Seiten geknüpft werden können.

Die vorliegende Broschüre möchte auf die hochrelevante Meeres- und Atmosphärenforschung im tropischen Nordostatlantik aufmerksam machen und Werbung für den Aufbau langfristiger Forschungsinfrastruktur auf den Kapverden betreiben. Auf den folgenden Seiten findet sich dazu ein Kaleidoskop aktueller Forschungsthemen, welches keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit erhebt, sondern vielmehr thematische Breite und Relevanz illustrieren und Neugier wecken möchte.





Kapverden – ein natürliches Labor zur Untersuchung klimarelevanter und chemisch aktiver Spurengase

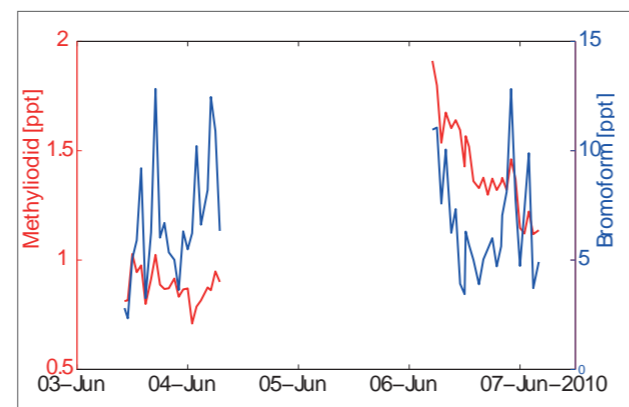
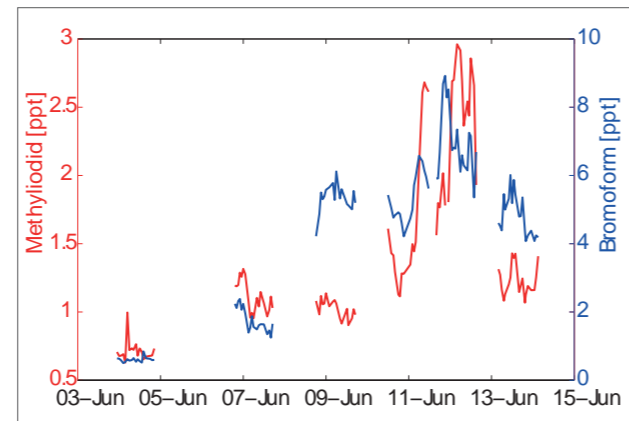
Birgit Quack¹, Douglas W.R. Wallace², Christa Marandino¹

Die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre verändert sich in grundlegender Weise. Während im Zusammenhang mit dem Klimawandel besonders die stetig zunehmenden Konzentrationen von Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan oder Lachgas diskutiert werden, gibt es eine Reihe natürlicher Spurengase, welche die Chemie der Atmosphäre beeinflussen. Diese Gase besitzen zwar meist nur eine kurze Lebensdauer in der Atmosphäre, doch können ihre regionalen Effekte von globaler Bedeutung sein. Vielfach unbekannte Prozesse im Oberflächenozean bestimmen den Fluss dieser Gase in die Atmosphäre und wirken so auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und das Klima ein. Zu diesen Gasen gehören halogenhaltige (z.B. Bromoform und iodorganische Verbindungen), schwefelhaltige (z.B. Dimethylsulfid) und sauerstoffhaltige organische Verbindungen (z.B. Aceton und Methanol), die allesamt leichtflüchtig sind. Ihre Auswirkungen reichen vom Einfluss auf Wolkenbildung und Strahlungshaushalt durch Bildung organischer Aerosole über Auswirkungen auf die Selbstreinigungskapazität der Atmosphäre bis zum Abbau von Ozon in Troposphäre und Stratosphäre.

Die tropische Atmosphäre ist für die globalen chemischen Veränderungen in der Atmosphäre von besonderer Bedeutung. Hier finden sich die höchsten Produktionsraten für das Hydroxyl-Radikal ($\cdot\text{OH}$), welches im Wesentlichen für den Abbau natürlicher und anthropogener Spurengase in der Atmosphäre verantwortlich ist. Auch Ozon wird überwiegend in der tropischen Stratosphäre gebildet und anschließend über die großskalige Zirkulation zu den Winterpolen transportiert, wo es in hohen Breiten absinkt. Die meisten lang- und kurzlebigen Spurengase gelangen in

den Tropen in die Stratosphäre, folgen dem gleichen Transportpfad und sinken letztlich in mittleren und hohen Breiten wieder ab. Somit beeinflussen ozeanische Prozesse in den Tropen die chemische Zusammensetzung der gesamten Atmosphäre.

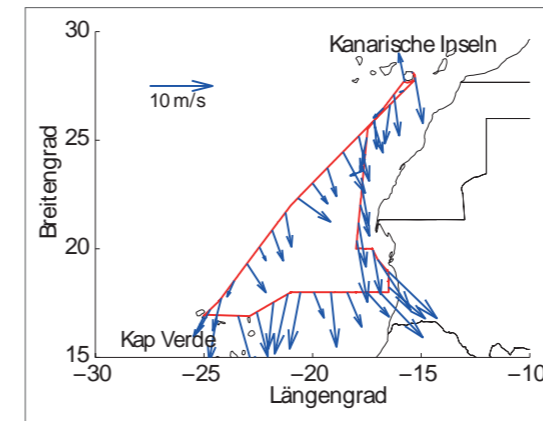
Klimagetriebene Veränderungen in der Physik, Chemie und Biologie des Oberflächenozeans in den Tropen – wie beispielsweise die Erwärmung und Versauerung des Ozeans – könnten die Emissionen von Spurengasen in den kritischen tropischen Regionen beeinflussen. Unsere Möglichkeiten, die Effekte zu quantifizieren und vorherzusagen, sind bislang sehr eingeschränkt, da eine gute Kenntnis mariner Quellen und Senken



Leitungen zur Luftprobennahme, an deren Enden Pumpen Luft ansaugen.

für viele Verbindungen fehlt. Trotz erfolgreicher Laborstudien, die zum Beispiel Produktionspfade für halogenierte Kohlenwasserstoffe aufgedeckt haben, ist die Bedeutung dieser Bildungswege in der Natur noch weitgehend unklar. Prozesse und Raten sollten daher unter natürlichen Bedingungen untersucht werden. Dazu gehören sowohl biotische als auch abiotische Produktions- und Abbaumechanismen, aber auch der Gasaustausch zwischen Ozean und Atmosphäre. Vor allem sind photo- und nasschemische Reaktionen sowie biologische Prozesse im Wasser, in Organismen, an Partikeln und im Oberflächenfilm des Meeres zu verstehen.

Der tropische Ozean ist wegen der hohen Wassertemperaturen an der Oberfläche und der dort besonders intensiven Photochemie eine außergewöhnliche Region. Die Anwesenheit spezieller Organismen und gelöster organischer Verbindungen fördert die Produktion und Emission vieler Spurengase. Es ist daher unumgänglich, die Prozesse vor Ort zu studieren, anstatt Untersuchungen aus dem Labor oder anderen Regionen auf die Bedingungen der Tropen zu extrapolieren. In situ Laboratorien fehlen jedoch im Vergleich mit mittleren und höheren Breiten weitestgehend in den Tropen. Die Kapverden besitzen daher das einzigartige Potential, als natürliches tropisches Labor für marine und atmosphärische Studien der wichtigen Spurengase zu fungieren.



Konzentrationen der zwei Halogenkohlenwasserstoffe Bromoform und Methyl iodid über dem tropischen Atlantik nordöstlich der Kapverden während der Poseidonfahrt P399/2 (Las Palmas – Las Palmas) im Juni 2010. Abb. oben links: Tageszeitliche Variationen der atmosphärischen Konzentrationen von Bromoform (blaue Linie) und Methyl iodid (rote Linie). Abb. unten links: Tageszeitliche Variationen der atmosphärischen Konzentrationen von Bromoform (blaue Linie) und Methyl iodid (rote Linie) am kapverdischen Atmosphärenobservatorium (CVAO). Abb. oben: Fahrtverlauf (rote Linie) des FS Poseidon im Juni 2010. Die blauen Pfeile bilden die Windrichtung und -geschwindigkeit an Luftprobenstationen ab.

¹ GEOMAR, Kiel

² HRMI, Halifax Marine Research Institute, Kanada



Wechselwirkung zwischen Ozean und Atmosphäre – die Bedeutung natürlicher Aerosole in der marinen Umwelt

C. Müller¹, K.W. Fomba¹, K. Müller¹, M. van Pinxteren¹, N. Niedermeier¹, T. Müller¹, A. Held¹, I. Tegen¹, A. Wiedensohler¹, H. Herrmann¹

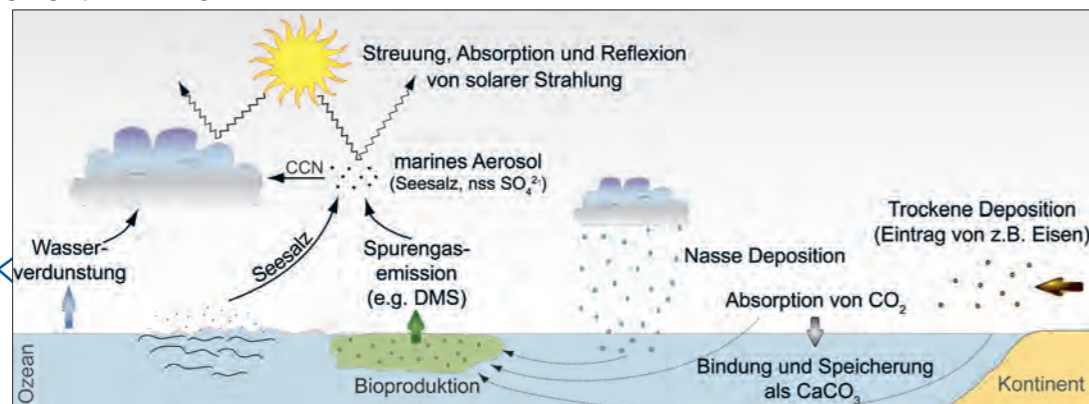
Aufgrund der großen Berührungsfläche spielen Wechselwirkungen zwischen Ozean und Atmosphäre eine bedeutende Rolle für das Erdklima und dessen weitere Entwicklung. Hierbei nehmen natürliche Aerosole – feinste Schwebeteilchen in der Atmosphäre – eine besondere Stellung ein, da sie in vielfacher Hinsicht klimawirksam sind. So beeinflussen Aerosolpartikel sowohl direkt als auch indirekt den Strahlungshaushalt der Erde durch Absorption und Reflexion einfallender Sonnenstrahlung an der Partikel- und Wolkenoberfläche (Abb. 1). Das Wechselwirken der Partikel mit der Strahlung wird entscheidend durch ihre physikochemischen Eigenschaften geprägt. Diese wiederum sind abhängig vom Entstehungsprozess und Alter der Aerosolpartikel. Um die Bedeutung mariner Partikel für die globale Klimabetrachtung abzuschätzen, ist es notwendig, sowohl ihre chemische Zusammensetzung als auch die mikrophysikalischen und optischen Eigenschaften zu kennen.

Trotz intensiver Forschung wissen wir bis heute recht wenig über die exakte Aerosolzusammensetzung. Neben der Bestimmung der chemischen Zusammensetzung sowie der mikrophysikalischen und optischen Eigenschaften besteht ein weiteres Ziel der Untersuchungen an der kapverdischen Atmosphärenstation CVAO darin, die Herkunft sowie Bildungs- und Transportprozesse mariner Aerosolpartikel zu verstehen. Durch die geographische Lage der Station sowie die unter-

schiedliche Luftmassenanströmung, vom offenen Meer und vom afrikanischen Kontinent, ist es möglich, die verschiedenen Formen des natürlichen marinen Aerosols zu studieren. In der Region um die Kapverdischen Inseln beobachtet man im Wesentlichen drei dominante Aerosolarten: Das durch Emission von Verbindungen aus dem Meer gebildete (a) primäre Seesalz und (b) sekundär aus der Gasphase gebildete marine Aerosol sowie (c) das durch den Transport herangetragene Mineralstaub- und Biomasseverbrennungsaerosol (Abb. 1).

Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass das primär und sekundär gebildete marine Aerosol zu einem Großteil aus anorganischen Salzen wie Natriumchlorid und Ammoniumsulfat besteht. Zudem ist auf den Aerosolpartikeln ein hoher Anteil an organischem Material vorhanden. Vor allem die ultrafeinen Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 0,1 µm bestehen etwa zur Hälfte ihrer Masse aus organischem Kohlenstoff (Abb. 2). Dieser besteht zu 20-40 % aus wasserlöslichen Verbindungen, während die restlichen 60-80 % bisher nicht charakterisiert sind. Ebenso ist bei den Partikeln größer 1 µm zu beobachten, dass ihre mikrophysikalischen Eigenschaften nicht denen reiner Seesalzpartikel entsprechen. Daraus lässt sich schließen,

Abb. 1: Die klimarelevante Bedeutung des marinen Aerosols in der Interaktion Ozean-Atmosphäre.



CVAO – Die Atmosphärenstation in Calhau, São Vicente, auf 16° 51' 49 N, 24° 52' 02 W.

dass sich auch an diese Partikel organisches Material anlagert. Die Zusammensetzung der Partikel kann stark variieren und ist abhängig von regionalen Parametern sowie Jahreszeit und der Zusammensetzung des Wassers an der Meeresoberfläche. Aus Feldstudien geht hervor, dass der Anteil an organischen Verbindungen, besonders in den kleinen Partikeln, eng mit der biologischen Aktivität im Meerwasser verknüpft ist.

Auch über die chemische Zusammensetzung der vom afrikanischen Kontinent zu den Kapverden transportierten Staubpartikel wissen wir bisher wenig. Ursprungsgebiete und Transportwege des Saharastaubs werden mit Hilfe regionaler Aerosoltransportmodellierung untersucht. Da die Staubquellen vor allem in den nordafrikanischen Wüsten liegen, vermutet man eine vergleichbare chemische Komposition wie Wüstenstaub. Doch durch atmosphärenchemische Prozesse während des Transportes verändern sich Zusammensetzung und Eigenschaften der Partikel. Abbildung 2b zeigt die größen aufgelöste Zusammensetzung von Aerosolpartikeln mit vorwiegend kontinentalem Ursprung. Im Unterschied zu den marin geprägten Partikeln (Abb. 2a) ist ein höherer Staubanteil vor allem in den Partikeln größer als 1 µm zu erkennen. Die Staubkonzentration des Gesamtaerosols wird mit optischer Absorptionsspektroskopie bestimmt. Detaillierte chemische Untersuchungen der Staubpartikel sollen sowohl wichtige Informationen über die Metallzusammensetzung der Erdkruste sowie zur photochemischen Bildung von zwei- und dreiwertigen Eisenverbindungen während des Transportes liefern. Zusammen mit den Ergebnissen der regionalen Modellierung geben sie weiterhin Aufschluss darüber, welche Staubmengen in den Atlantik eingetragen werden. Besonders zur aktiven Phase des Wüstenwinds Harmattan (Oktober bis Mai) werden große Staubmassen aus der Sahara in die marine Grenzschicht transportiert. Vorrangig in diesen Phasen wird der Mineralstaub durch trockene Deposition in den Atlantischen

Ozean eingebracht (Abb. 3). Da mit dem Staub die Pflanzennährstoffe Eisen und Phosphor ins Meer gelangen, sind die Untersuchungen für die marine Biogeochemie von großer Bedeutung.

¹ IfT, Leipzig

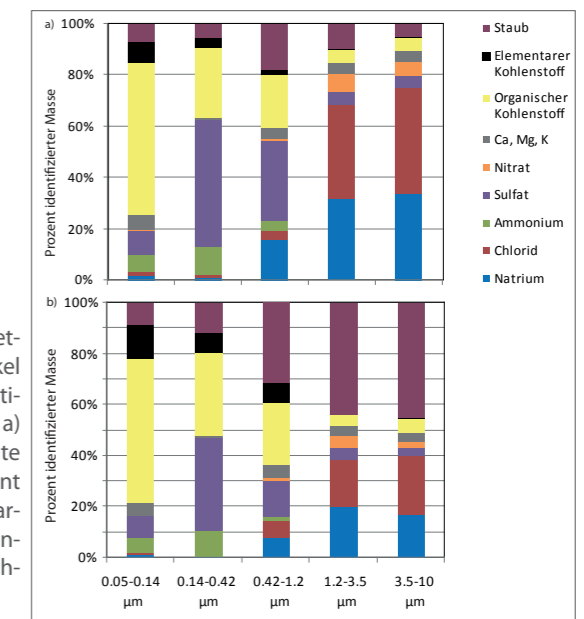


Abb. 2: Zusammensetzung der Aerosolpartikel für verschiedene Partikelgrößenbereiche für a) dominanter marin geprägte Partikel und b) dominanter kontinental geprägte Partikel auf der Kapverdeninsel São Vicente im Frühjahr 2007.

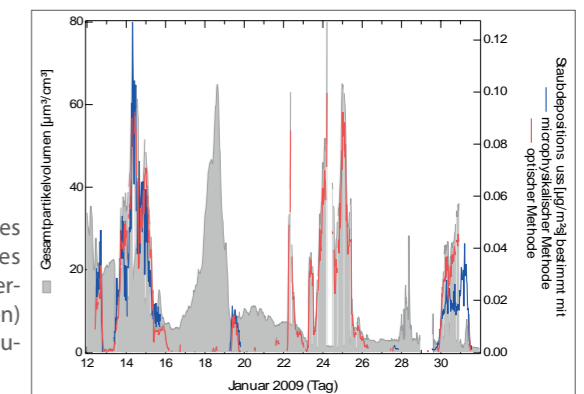


Abb. 3: Zeitreihen des Staubdepositionsflusses (bestimmt mit zwei unterschiedlichen Methoden) und Gesamtpartikelvolumen.



Das Zusammenspiel zwischen Ozean und Wüste

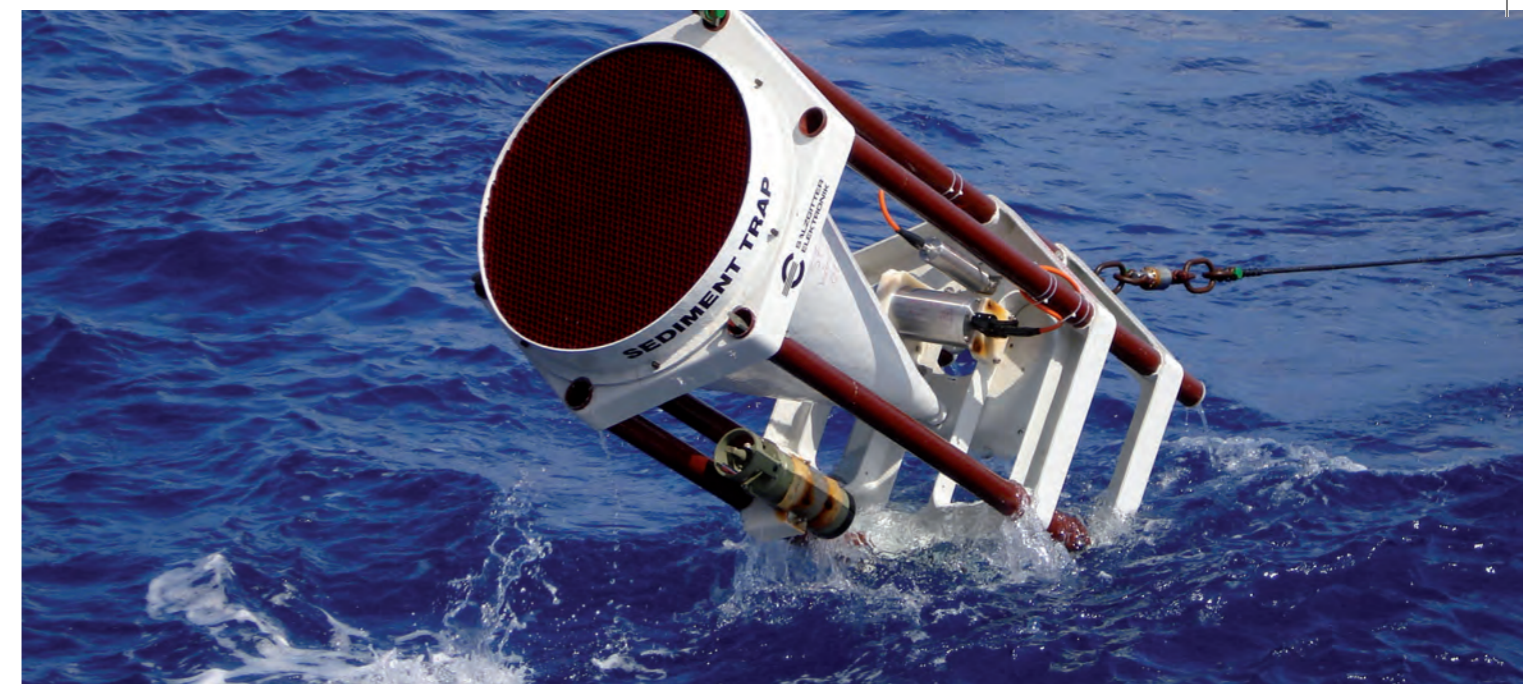
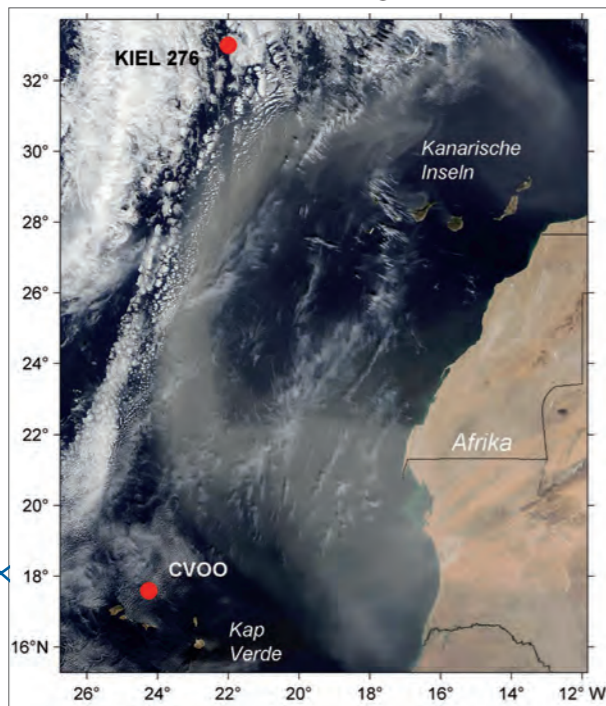
Juliane Brust¹, Joanna Waniek¹, Gerhard Fischer²

Wichtige Pflanzennährstoffe wie Stickstoff und Phosphor, aber auch Eisen, Kupfer und Zink, werden durch den windgetriebenen (äolischen) Transport von Mineralstaub in weit entfernte ozeanische Gebiete transportiert. Äolisch eingetragener Mineralstaub wirkt in zweifacher Weise auf den vertikalen Partikelfluss im Ozean ein. Zum einen kann er durch freigesetzte Nährstoffe die biologische Primärproduktion anregen, und zum anderen kann er als „Ballast“ fungieren, der die organischen Partikel und damit auch Kohlenstoff in die Tiefe zieht und so aus dem Oberflächenozean entfernt. Mineralstaub wird durch die vorherrschenden Windsysteme in den ariden und semiariden Gebieten der Kontinente aufgenommen und kann in großen Höhen sehr weit transportiert werden. Gut ein Viertel des Mineralstaubes wird in Ozeane eingetragen. Nordafrika ist die global wichtigste Quellregion für Staub und für zwei Drittel der gesamten Staubmobilisation auf der Erde verantwortlich. Der östliche Nordatlantik unterliegt unmittelbar

dem Einfluss dieser nordafrikanischen Staubausbrüche. Der Staub aus Nordafrika wird durch die Sahara-Luftschicht (Saharan Air Layer) und die vorherrschenden Passatwinde über dem Nordatlantik weit nach Westen transportiert und erreicht sogar den karibischen Raum sowie Nord- und Südamerika. Der Kern dieser Staubfahne liegt je nach Lage der Innertropischen Konvergenzzone zwischen 5° N und 30° N. Um die Reaktion der marinen Primärproduktion auf den Staubeintrag zu verstehen, werden kontinuierliche Studien durchgeführt. Diese basieren sowohl auf regelmäßig durchgeführten Forschungsreisen als auch auf langfristig betriebenen Tiefseeverankerungen mit Sinkstofffallen.

Die in 2000 Metern Tiefe bei einer Verankerung im Madeirabecken (Kiel 276: 33°N, 22°W, Abb. unten) gewonnenen Sinkstoffe belegen die Variabilität von Staubeinträgen aus Nordafrika und die zeitliche Kopplung zwischen Staubeignissen und lithogenem Partikelfluss und geben damit Hinweise auf mögliche Einflüsse des äolischen Staubeintrages auf das Ökosystem der lichtdurchfluteten ozeanischen Deckschicht. Die Mineralogie der Partikel deutet auf zwischenjährliche Variabilität der afrikanischen Herkunftsgebiete hin, während saisonale Änderungen bisher nicht nachgewiesen worden sind. Basierend auf dem Gehalt an elementarem Eisen in den Sinkstofffallenproben konnte eine potentielle Erhöhung der Primärproduktion um 20 % festgestellt werden. Weiterhin deutet der Vergleich von Satel-

Saharastaubfahne über dem östlichen Nordatlantik. Beide Untersuchungsstationen – im subtropischen (Kiel 276, 33°N, 22°W) und im tropischen (CVOO, 17.4°N, 24.5°W) Gebiet des Nordatlantiks – liegen im Einflussbereich dieser Staubaubrische. Die Stationen sind 1800 Kilometer voneinander entfernt.



Bergung einer Sinkstofffalle zur Sammlung in der Wassersäule absinkender Partikel, u.a. Staubteilchen aus der Sahara.

litendaten mit den biogenen und lithogenen Flüssen in 2000 Metern Tiefe auf eine mögliche Kopplung mit dem Staubeintrag. Dabei sind Änderungen in der biologischen Produktion in den Monaten am deutlichsten zu erkennen, in denen saisonal bedingt sonst keine starke Phytoplanktonblüte vorherrscht. Im subtropischen Nordostatlantik sind dieses die Sommermonate (Abb. rechts). Auch bei den Kapverdischen Inseln konnte eine Studie von Satellitendaten belegen, dass einzelne Ereignisse von erhöhter Primärproduktion auf Staubeinträge zurückzuführen sind.

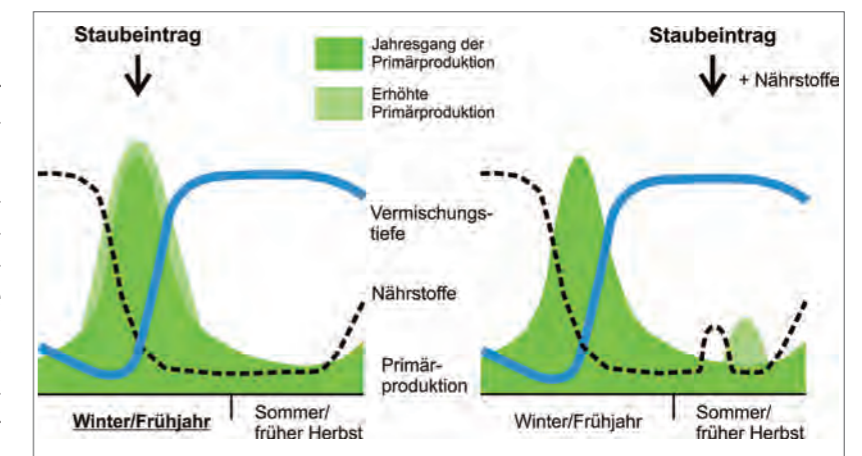
Im Bereich der Kapverdischen Inseln sind Staubaubrische viel häufiger als über dem Madeirabecken. In den kommenden Jahren wird die Gegenüberstellung beider Untersuchungsgebiete im Vordergrund der Aktivitäten stehen. Dabei wird der Vergleich der beobachteten Muster bei Kiel 276 und dem kapverdischen Ozeanobservatorium (CVOO, Abb. links) – beide liegen in einer nährstoffarmen Region geringer Bioproduktivität – neue Erkenntnisse zur regionalen Biogeochemie und der Kopplung von Ozean und Atmosphäre erbringen. Auch der Vergleich mit weiteren Langzeit-Verankerungen im nährstoffreicheren Auftriebsgebiet vor Kap Blanc, Mauretanien, ist dabei von großem Interesse.

Derartige Untersuchungen sind wichtig, da der Ozean für etwa 50 % der globalen Primärproduktion und der damit einhergehenden Kohlenstofffixierung verantwortlich ist. Jedoch werden über 90 % des fixierten Kohlenstoffes in den ersten 100 Metern unterhalb der Deckschicht wieder mineralisiert und in die anorganischen Ursprungsubstanzen zurückgeführt, und nur 0,4 % gelangen ins marine Sediment. Dennoch ist der Ozean über geologische Zeitskalen eine wichtige Kohlenstoffsenke. Eine erhöhte Primärproduktion durch das Vorhandensein wichtiger Nährstoffe im Oberflächenwasser oder ein schnelleres Absinken des abgestorbenen organischen Materials in Richtung Ozeanboden

können die „biologische Kohlenstoffpumpe“ intensivieren und zu verstärktem Export von Kohlenstoff in die Sedimente führen.

¹ IOW, Rostock-Warnemünde

² MARUM und FB Geowissenschaften, Univ. Bremen



Potentielle Wirkung von Mineralstaubeinträgen im subtropischen Nordostatlantik auf die photosynthetisch aktiven Organismen der euphotischen Zone im Winter/Frühjahr (links) und im Sommer/Herbst (rechts). Am deutlichsten lässt sich eine durch Staubeinträge induzierte erhöhte Primärproduktion in den Sommermonaten nachweisen, wenn die Nährstoffgehalte im Oberflächenwasser gering sind.



Das vermeidbare Schicksal der Karettschildkröten? Ein Projekt am Schnittpunkt von Naturschutz und Ozeanographie

Victor Stiebens¹, Björn Fiedler¹, Torsten Kanzow¹, Sonia Merino², Christophe Eizaguirre¹

Der Schutz mariner Tierarten ist eine der großen Herausforderungen unserer Zeit. Die enorme Weite der Ozeane, die gut 70 % unserer Erdoberfläche bedecken, erschwert dieses Unterfangen erheblich. Unser Projekt zielt darauf ab, Arbeiten zum Schutz der unechten Karettschildkröte (*Caretta caretta*) bei den Kapverdischen Inseln mit innovativer Gewinnung ozeanographischer Daten aus dieser Region zu verknüpfen.

Ein auffälliges ozeanographisches Phänomen in der Nähe der Kapverden ist das Auftreten von starkem küstennahen Auftrieb. Hierbei handelt es sich um den Transport von nährstoffreichem, kaltem Wasser aus der Tiefe an die Meeresoberfläche. Es wird durch die Passatwinde verursacht, welche das Oberflächenwasser von der Küste wegdrängen. Nährstoffreiches Wasser und tropische Lichtverhältnisse schaffen ideale Verhältnisse für das Wachstum von Phytoplankton. Diese Ressource ist wiederum die Basis eines hochproduktiven Nahrungsnetzes, das durch besonders hohe Biodiversität gekennzeichnet ist. Hochproduktive Gebiete wie das Auftriebssystem vor Westafrika sind bis heute nur unvollständig verstanden. Somit können auch die Auswirkungen klimatischer Veränderungen und das evolutionäre Anpassungsvermögen dieser

Datenrekorder der neuesten Generation mit eingebautem Sauerstoffsensor.



Systeme kaum vorhergesagt werden.

Die unechte Karettschildkröte ist ohne Frage eine der symbolhaftesten Arten der Kapverdischen Inseln. Erst vor kurzem entdeckten Wissenschaftler, dass sich die weltweit drittgrößte Brutkolonie hier befindet. Wie leider alle Meeresschildkröten ist auch die unechte Karettschildkröte vom Aussterben bedroht und auf der Roten Liste der IUCN (International Union for Conservation of Nature) geführt. Zum Niedergang dieser Art tragen Wilderei sowie Beifang in der industriellen Langleindefischerei bei. Auf der Insel Sal, Heimat der zweitgrößten Brutkolonie der Kapverden, wurden alleine 2009 ein Viertel aller anlandenden Individuen von Wilderern getötet. Zudem setzen der unechten Karettschildkröte weitere Bedrohungen wie Klimaerwärmung, Umweltverschmutzung, Zerstörung des Habitats durch Verbauung der Küstenlandschaft und ein mit diesen Faktoren verbundenes steigendes Risiko von Krankheitsepidemien zu. Effektive Schutzmaßnahmen sind deshalb dringend notwendig. Ein besseres wissenschaftliches Monitoring dieser Art, einschließlich einer besseren Abschätzung der genetischen Diversität innerhalb der kapverdischen Populationen, wäre die Grundlage für den Aufbau eines soliden Schutzprogrammes in der Zukunft.

Um einige der auffälligsten Wissenslücken zu schließen, nehmen wir Hautgewebeprobe von weiblichen Tieren, die zur Eiablage an Land kommen. Diese Proben werden konserviert und später genetisch untersucht. Insbesondere bestimmen wir die genetische Diversität ausgesuchter Bereiche im Erbgut der Schildkröten. Diese Daten erlauben eine Abschätzung des Anpassungspotentials und der Resistenz der kapverdischen Populationen gegenüber den vielfältigen Bedrohungen. Da erwartet wird, dass das Infektionsrisiko im Zusammenhang mit ansteigenden Temperaturen und zunehmender Verschmutzung wachsen wird, liegt unser Hauptaugenmerk dabei auf Genen, die in



Veranstaltung des INDP zur Sensibilisierung der lokalen Bevölkerung für die Bedrohung der unechten Karettschildkröte.

der Krankheits- und Parasitenabwehr eine Rolle spielen. Bei diesem Projekt werden wir vom Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) in Mindelo und mehreren Nichtregierungsorganisationen unterstützt. Zusammen mit diesen Projektpartnern haben wir ein Probenahmeprogramm auf mehreren Inseln der Kapverden eingeleitet. Langfristig hoffen wir, dass unser Projekt dazu beitragen kann, das Aussterben dieser emblematischen Art zu verhindern.

Zusätzlich zu den oben beschriebenen Arbeiten setzen wir biologische Datenrekorder („Biologger“) ein, um das Wissen über Habitatnutzung und Wanderungsverhalten der unechten Karettschildkröte sowie über ozeanographische Umweltparameter in ihrem Lebensraum zu erweitern. Bei diesen Loggern handelt es sich um kleine elektronische Geräte, die auf den Panzern der Schildkröten verankert werden und nach Rückkehr der Tiere ins Meer ozeanographische Daten (Salzgehalt, Temperatur, Sauerstoffgehalt) sowie die geographische Position der Tiere aufzeichnen. Bei jedem Auftauchen an die Oberfläche werden diese Daten via Satellit an die Wissenschaftler nach Kiel weitergeleitet. Solche Datensammlungen mit Hilfe großer ozeanischer Tierarten besitzen das Potential, unser Verständnis der Evolution von ozeanischen Wanderrouten zu vertiefen und gleichzeitig neue Einblicke in die physikalischen und chemischen Charakteristika von Wassermassen in der Region der Kapverden und der westafrikanischen Küste zu gewinnen – einem Gebiet von hohem Interesse für Meeresbiologen und Ozeanographen.

¹ GEOMAR, Kiel

² INDP, Mindelo, Kap Verde



Anbringen eines Datenrekorders auf dem Rückenpanzer einer unechten Karettschildkröte zur Erfassung von Wanderungsverhalten, Habitatnutzung sowie ozeanographischen Umweltparametern.



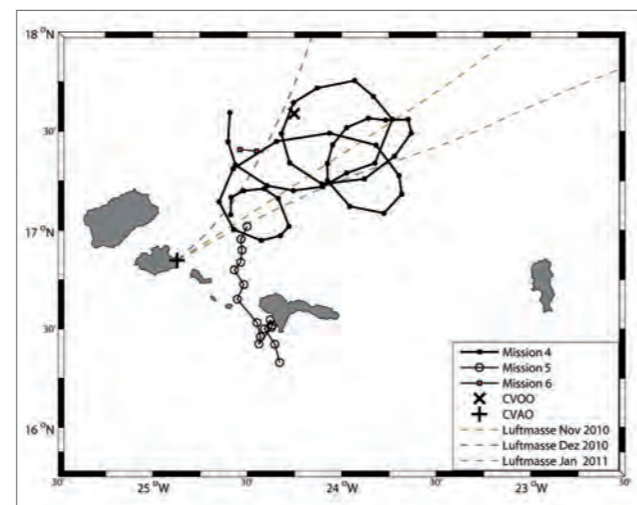
Das Atmen des Meeres – autonome Gasmessungen bei den Kapverden

Arne Körtzinger¹, Martin Heimann², Nuno Vieira³, Björn Fiedler¹, Peer Fietzek¹

Kohlendioxid (CO₂), Basis allen Lebens und zugleich wichtigster Treiber des globalen Klimawandels, und Sauerstoff (O₂), Lebenselixier fast aller Lebewesen, sind zwei durch Photosynthese und Atmung untrennbar miteinander verknüpfte Gase. Sowohl in der Atmosphäre als auch im Ozean sind die Verteilung und Dynamik dieser beiden Gase daher entscheidend von biologischen Prozessen an Land respektive im Meer geprägt. Das in erster Näherung spiegelbildliche Verhalten von CO₂ und O₂ verleitet dabei jedoch leicht zu der irrigen Annahme, man könne aus der Beobachtung beider nicht mehr lernen als aus der Beobachtung nur eines dieser Gase. Inzwischen wissen wir jedoch, dass beide Gase auch ein Eigenleben führen, welches uns besondere, ausgesprochen wichtige Einblicke in die Dynamik des globalen Kohlenstoffkreislaufs ermöglicht. Der marine Sauerstoffkreislauf ist daher in den letzten Jahren neben dem Kohlenstoffkreislauf verstärkt in den Fokus der internationalen Meeresforschung geraten.

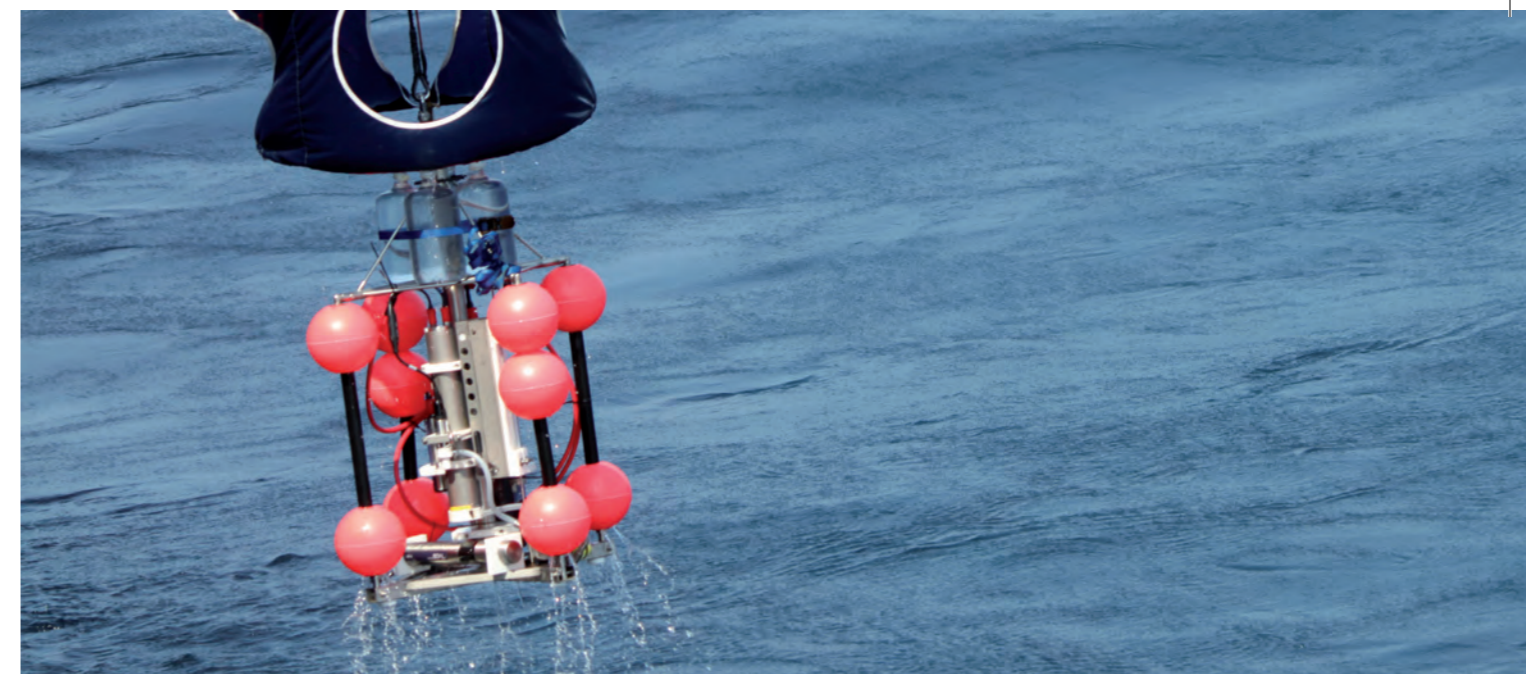
Das Meer ist eine gigantische Senke für menschengemachtes Kohlendioxid und wirkt damit dem anthropogenen Klimawandel entscheidend entgegen. Um mögliche zukünftige Veränderungen dieser klimastabilisierenden Funktion vorhersagen zu können, ist eine gute Kenntnis des Verbleibs von anthropogenem CO₂ aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und der Brandrodung tropischen Regenwaldes vonnöten. Hochpräzise Messungen von CO₂ und O₂ in der Atmosphäre haben sich hierfür als außerordentlich hilfreich erwiesen. Inzwischen zeichnen sich jedoch im marinen Sauerstoffkreislauf deutliche Veränderungen ab, die nicht nur die Interpretation dieser Atmosphärenmessungen erschweren, sondern zugleich neue Einblicke in die Reaktion des Gesamtsystems

Ozean auf den Klimawandel bieten. So deutet die inzwischen gut dokumentierte Abnahme des Sauerstoffs im Weltozean auf eine sich verlangsamende Ventilation des Meeres in einem sich erwärmenden Klima hin. Darüber hinaus schlagen sich klimagetriebene Veränderungen der biologischen Produktivität des Ozeans ebenfalls direkt im Sauerstoff des Ozeans nieder. Diese Einflüsse machen jedoch nicht beim Sauerstoff Halt, sondern betreffen auch den Kohlenstoff und sind damit für unser Verständnis des globalen Kohlenstoffkreislaufs und seiner zukünftigen Entwicklung von großer Bedeutung.



Die Karte zeigt die Ozeanregion nordöstlich der Inseln Santo Antão, São Vicente und São Nicolau, in der Konzentrationen von Sauerstoff und Kohlendioxid im Ozean und in der Atmosphäre gemessen werden. Der hier eingesetzte autonome Tiefendrifter (Prototyp) liefert hochaufgelöste Daten aus dem Ozean unmittelbar zwischen Ozean- und Atmosphärenstation.

In den letzten Jahren werden daher verstärkt Anstrengungen unternommen, die Beobachtung der marinen Kreisläufe von Kohlenstoff und Sauerstoff zu intensivieren und zu kombinieren. Dabei spielen neue, teils autonome Beobachtungsmethoden eine zunehmend wichtiger

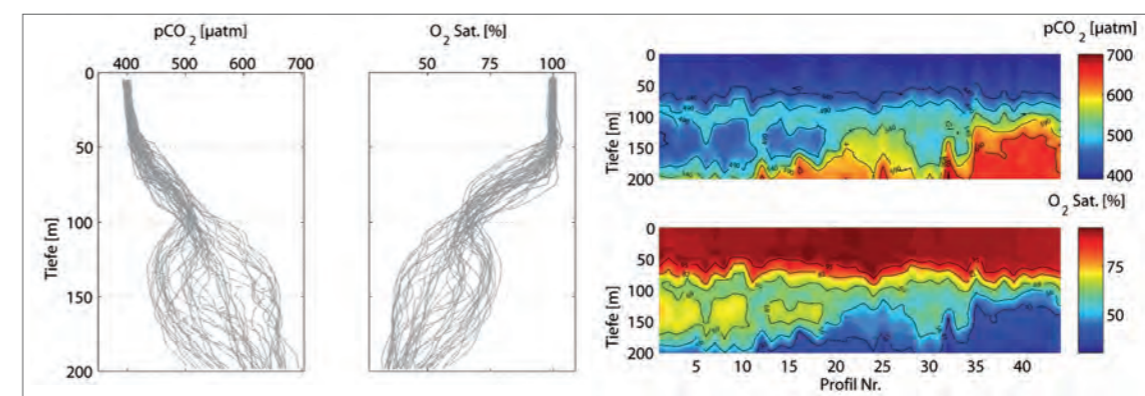


Ein Lagrangescher Oberflächendrifter während der Bergung. Das Sensorpaket ist mit einer Vielzahl an biogeochemischen Sensoren bestückt.

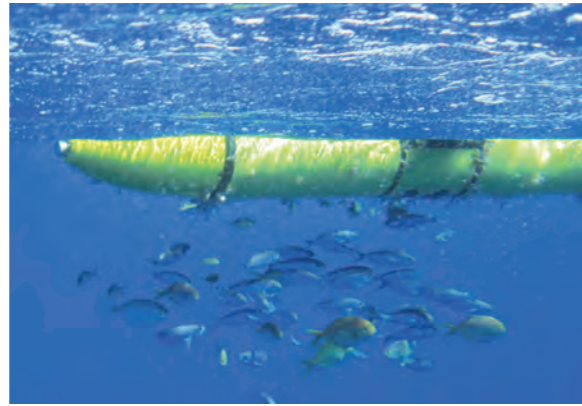
werdende Rolle. Beim kapverdischen Ozeanobservatorium (CVOO) setzen wir hierzu neuartige Tiefendrifter – frei mit der Strömung driftende, im 30-Stunden-Rhythmus über die oberen 250 Meter profilierende Roboter – ein, die mit Sensoren für Druck, Temperatur, Salzgehalt sowie erstmals auch CO₂ und O₂ ausgestattet sind. Diese ermöglichen uns die kontinuierliche Beobachtung der Dynamik der beiden Gase im Oberflächenozean und damit ihren Austausch mit der Atmosphäre. Für kurzfristige Prozessstudien auf besonders kurzen Zeitskalen (z.B. Tagesgang) wird zusätzlich ein Lagrangescher Oberflächendrifter eingesetzt, der durch sein Treibsegl einem Wasserpaket folgt und mit Hilfe eines üppig ausgestatteten Sensorpaketes zeitlich hochauf-

gelöste Gasmessungen in der durchmischten Deckschicht ermöglicht. Durch die gleichzeitige Messung von CO₂ und O₂ beim kapverdischen Atmosphärenobservatorium (CVAO) ist eine direkte Verknüpfung der Messungen in beiden Sphären möglich. Hierdurch erhoffen wir uns in dieser Schlüsselregion neue Einblicke in die Rolle des Ozeans auf die atmosphärischen Veränderungen dieser beiden wichtigen Gase.

- ¹ GEOMAR, Kiel
- ² MPI-BGC, Jena
- ³ INDP, Mindelo, Kap Verde



Beobachtete Konzentrationen für Kohlendioxid und Sauerstoff in den oberen 200 m des Ozeans bei CVOO, erstmalig aufgezeichnet durch den profilierenden Tiefendrifter während einer 8-wöchigen, autonomen Mission.



Zusammenspiel kleinräumiger physikalischer und biogeochemischer Prozesse bei den Kapverdischen Inseln

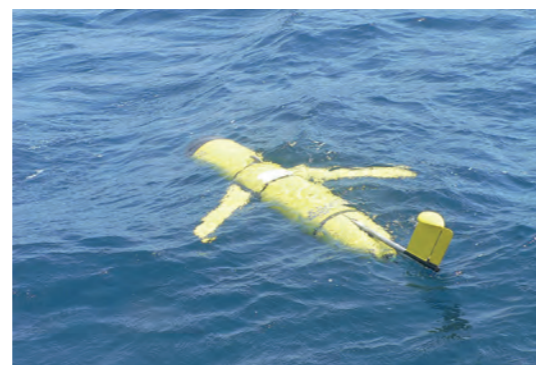
Torsten Kanzow¹, Gerd Krahnmann¹, Martin Visbeck¹, Arne Körtzinger¹

In der Meeresregion rund um die Kapverdischen Inseln befindet sich in Wassertiefen von mehr als 200 Metern eine mehrere hundert Meter mächtige Schicht, die sehr geringe Sauerstoffkonzentrationen aufweist. Das Wasser in dieser Region, die von Ozeanographen auch als „Schattenzone“ bezeichnet wird, erneuert und belüftet sich nur sehr langsam, da es durch die nördlich verlaufende Kapverdenfront von der Zirkulation des Nordatlantiks nahezu isoliert ist und auch keine direkte Anbindung an die dynamischen äquatorialen Strömungen besitzt. Eine weitere Besonderheit des tropischen Nordostatlantiks stellt das wiederkehrende Auftreten von Stürmen dar, die gewaltige Mengen an Saharastaub mitführen, wodurch eine Düngung des Ozeans mit Pflanzennährstoffen wie Eisen und Phosphat erfolgt.

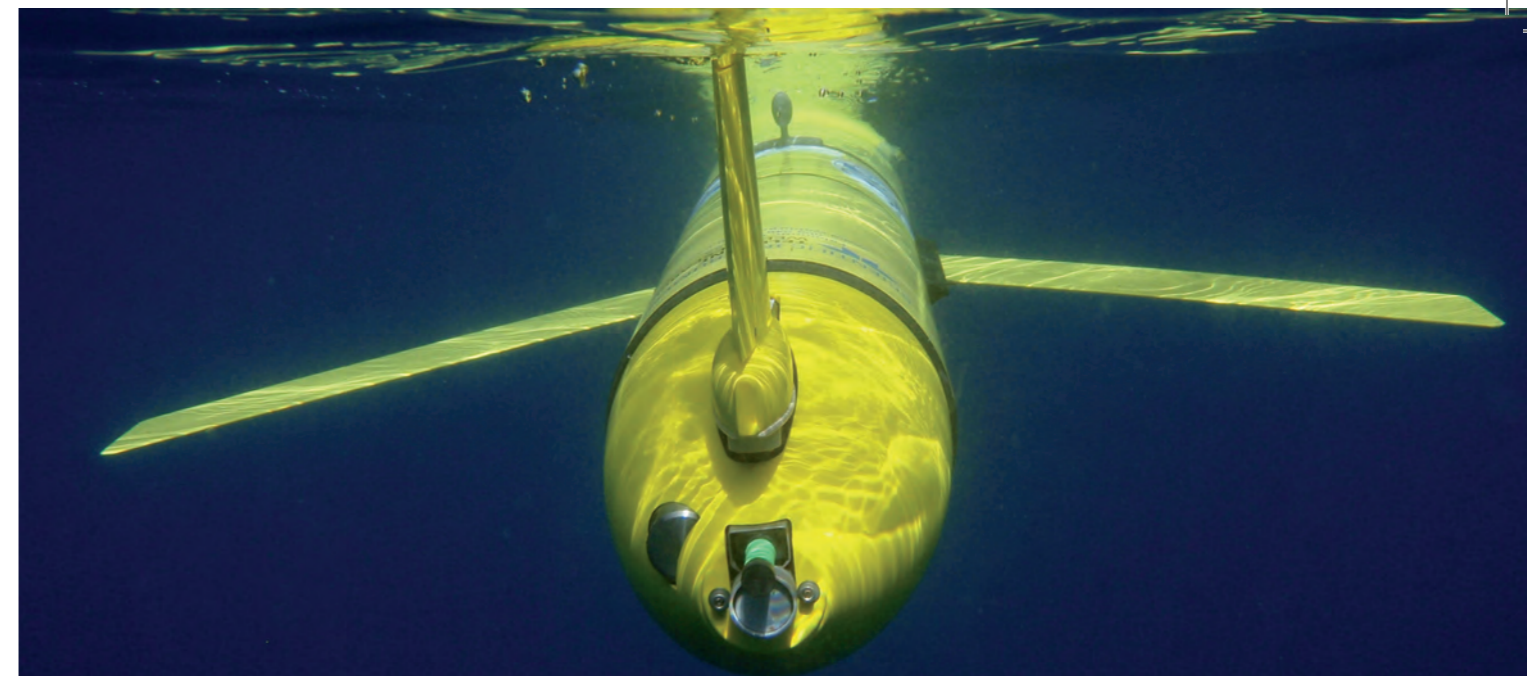
Es wird vermutet, dass kleinräumige Strömungsschwankungen in dieser Region eine wichtige Rolle für die Umverteilung von Sauerstoff und Nährstoffen spielen. Diese Strömungen können beispielsweise Nährstoffe aus der Tiefe in die lichtdurchflutete Zone nahe der Meeresoberfläche befördern und somit Algenwachstum anregen. Genauso kann durch sie Sauerstoff von der luftgesättigten ozeanischen Deckschicht in die darunter liegenden sauerstoffärmeren Zonen abtransportiert werden, wo er dann für den Abbau von organischem Material zur Verfügung steht. Dieses Zusammenspiel von physikalischen und biogeochemischen Prozessen ist starken zeitlichen und räumlichen Schwankungen unterworfen und findet innerhalb von räumlich eng begrenzten Gebieten statt. Daher müssen physikalische (Temperatur, Salzgehalt, Strömung) und biogeochemische Parameter (Chlorophyll als Indikator für Algenwachstum, Sauerstoff) gleichzeitig und in hoher räumlicher Auflösung über einen Zeitraum von mehreren Wochen erfasst werden, um verlässliche Aussagen über die physikalisch-biogeochemische Kopplung machen zu können.

Vor diesem Hintergrund wurde im Frühjahr 2010 nördlich der Kapverden ein Experiment durchgeführt, in dem statt eines Forschungsschiffes eine Flotte sogenannter Gleiter zum Einsatz kam. Bei Gleitern (Abb. unten) handelt es sich um autonom navigierende Messplattformen, die sich mit etwa 30 Kilometern pro Tag durch das Wasser fortbewegen. Obwohl sie keinen eigenen Antrieb besitzen, bewegen sich die Gleiter dank kleiner Flügel wie Segelflugzeuge unter Wasser vorwärts. In einem Sägezahnkurs tauchen sie in die Tiefe ab und kehren dann wieder zurück an die Oberfläche. Nach jedem Auftauchen können via Satellit die neu aufgenommenen Messdaten an eine Landstation übertragen werden und gleichzeitig neue Missionsparameter wie Kurs, Tauchtiefe usw. an die Gleiter übermittelt werden.

Der Schwarm von Gleitern wurde im März 2010 südlich der Insel São Vicente ausgesetzt. Die Geräte steuerten dann selbstständig zum 100 Kilometer nördlich dieser Insel liegenden Ozeanobservatorium (CVOO), wo sie anschließend simultan über mehrere Wochen vorgegebene Kurse in einem 50 x 50 Kilometer großen Gebiet



Ein Gleiter an der Meeresoberfläche. Gleiter können durch Veränderungen ihrer Dichte auf- und abtauchen. Durch die damit verbundene Anströmung der Flügel wird ein Vorwärtsschub erzeugt, so dass sich die Gleiter mit etwa 30 km pro Tag fortbewegen können.



Ein Gleiter auf seinem Weg zur Erfassung von Tiefenprofilen wie Salzgehalt, Temperatur, Druck, Chlorophyll, Sauerstoff und Trübung.

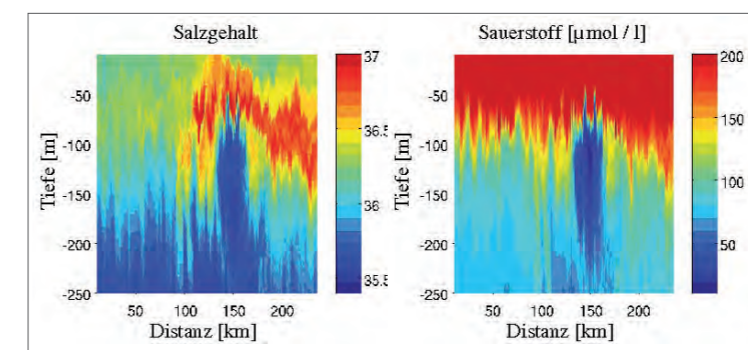
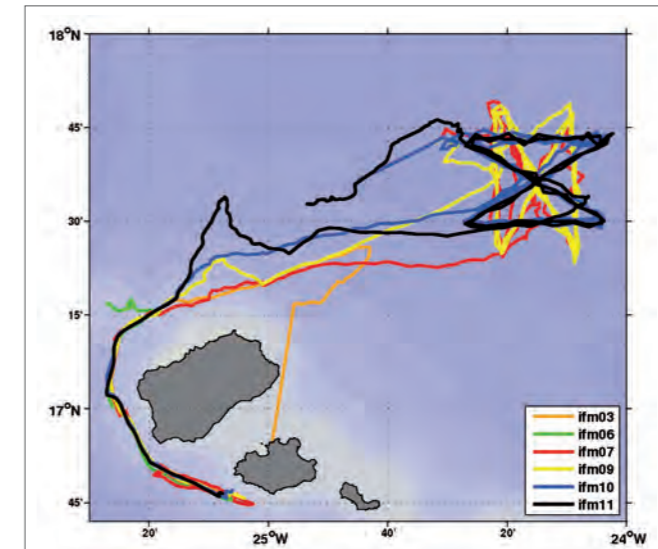
abfahren (Abb. rechts). Dabei tauchten die Gleiter mehrmals am Tag bis auf 500 Meter Wassertiefe ab und erfassten währenddessen Tiefenprofile von Salzgehalt, Temperatur, Druck, Chlorophyll, Sauerstoff und Trübung. Bis zur Bergung durch das Forschungsschiff Polarstern im Mai 2010, hatten die Gleiter zusammengerechnet eine Strecke von 3800 Kilometern zurückgelegt und dabei 3500 Tauchgänge absolviert.

Die Messdaten zeigen sehr deutlich das Vorhandensein von kleinräumigen Zirkulationsänderungen. Sie belegen auch das Zusammenspiel von physikalischen und biogeochemischen Schwankungen, so zum Beispiel in dem in der unteren Abbildung gezeigten Wirbel, in dem sauerstoff- und salzarmes Wasser eingeschlossen ist. Wir ver-

suchen, anhand dieser Daten zu verstehen, auf welchen Raum- und Zeitskalen und in welchem Umfang die Meeresströmungen Nährstoffe und Sauerstoff zwischen den verschiedenen Regionen und Stockwerken des Ozeans transportieren. Kontinuierliche Weiterentwicklungen machen diese autonom navigierenden Unterwasserroboter zusehends leistungsfähiger und flexibler, so dass sie bei der Erforschung der Ozeane in der Zukunft eine wichtige Rolle übernehmen werden.

¹ GEOMAR, Kiel

Kurse der Gleiter während der Messkampagne im Frühjahr 2010. Die Gleiter wurden südlich der Insel São Vicente ausgelegt und steuerten selbstständig zum Kap Verde Ozeanobservatorium. Hier führten sie Messungen entlang von vordefinierten, schmetterlingsförmigen Kursen durch, bis sie am 5. Mai vom Forschungsschiff Polarstern planmäßig geborgen wurden.



Beispiel für einen kleinräumigen Wasserkörper (beobachtet ca. 40 km nördlich der Insel Santo Antão) mit sehr geringen Sauerstoffkonzentrationen (rechts), die mit einem geringen Salzgehalt einhergehen.

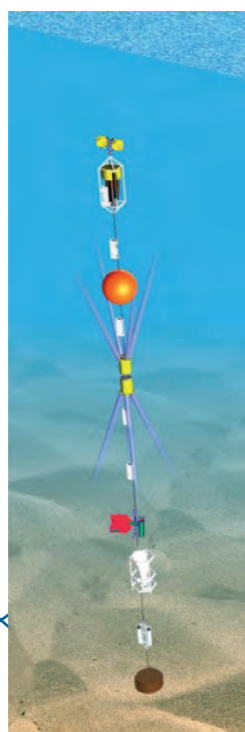


Ozeanische Langzeitbeobachtungen

Johannes Karstensen¹, Björn Fiedler¹, Arne Körtzinger¹

Etwa 100 Kilometer nordöstlich der Kapverden-Insel São Vicente wird seit Juli 2006 eine ozeanische Langzeit-Beobachtungsstation (CVOO) betrieben. Die Station, bei der die Wassertiefe 3600 Meter beträgt, setzt sich aus einer vor Ort installierten ozeanographischen Verankerung und schiffsbasierten Messungen zusammen. Mit Hilfe der Verankerung (Abb. unten) lassen sich zeitlich hochauflösend Messdaten erfassen. Die typischerweise monatlich stattfindende Beprobung mit dem Schiff erlaubt es, zusätzlich Daten zu erfassen, die nicht autonom messbar sind.

Die Verankerung wird alle 1 bis 2 Jahre geborgen. Meist werden die Daten aus den Geräten bereits auf dem Schiff ausgelesen und kalibriert. Die Verankerung wird dann schnellstmöglich, typischerweise nach ein paar Tagen, wieder am Meeresboden installiert. So kann eine nahezu lückenlose Beprobung gewährleistet werden.



Schematische Darstellung einer Tiefseeverankerung. Durch ein am Meeresboden platziertes Grundgewicht wird der mit Auftriebskugeln und Messgeräten bestückte Stahldraht am Verankerungsort fixiert. Über dem Grundgewicht sind akustisch ansprechbare Auslöser platziert, die nach 1 bis 2 Jahren Standzeit auf Anforderung die Verbindung mit dem Grundgewicht trennen. Daraufhin steigen die Komponenten an die Oberfläche und werden dann vom Forschungsschiff aus eingesammelt.

Routinemessungen bei CVOO ergeben Zeitserien biogeochemischer und biologisch relevanter Basisgrößen wie Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt, Partikelfluss, Phytoplankton- und Zooplankton-Konzentrationen. An der Verankerung werden die Messungen in ausgesuchten Tiefen gewonnen. Physikalische Parameter wie Strömung und Temperatur und Salzgehalt liegen besonders hochauflösend vor, um diese wichtigen Antriebsfaktoren möglichst genau quantifizieren zu können.

Die Zeitserien liefern ein detailliertes Bild der zeitlichen Entwicklung an einem Ort. Die Zeitskalen umfassen Prozesse, die vom Tagesgang, wie beispielsweise die tägliche Vertikalwanderung von Zooplankton in Abhängigkeit vom Sonnenstand (Abb. rechts), bis hin zu zwischenjährlichen und gegebenenfalls auch langfristigen Änderungen reichen, beispielsweise die Tiefe und der Wärmeinhalt der Oberflächenschicht. (Abb. rechts unten). Die parallele Erfassung von biogeochemischen, biologischen und physikalischen Parametern ermöglicht es, die Wechselwirkung zwischen den Prozessen herauszuarbeiten.

Eine weitere Besonderheit der ozeanischen Langzeit-Station ist die Kopplung mit der Atmosphärenbeobachtung. Die Lage der ozeanischen Station wurde so gewählt, dass sie im Luv – das heißt der windzugewandten Seite – der atmosphärischen Langzeitbeobachtungsstation auf São Vicente (CVAO) liegt. Der mit etwa 25 bis 30 Stundenkilometern recht starke und aus sehr stabiler nordöstlicher Richtung heranwehende Passatwind „verbindet“ die Stationen – so ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass beispielsweise ein Staubereignis die ozeanische Station wenige Stunden vor der atmosphärischen Station erreicht hat. Details über die Ereignisse – etwa die mittlere Partikelkonzentration und deren chemische Zusammensetzung – lassen sich aus den Messungen bei der atmosphärischen Station ermitteln. Ein anderes Beispiel sind lokale Gasflüsse aus dem oder in den



Ein Ankerstein geht von Bord und zieht die Verankerungsleine mit sich. Ein hellblauer Bremsfallschirm verhindert ein zu schnelles Absinken.

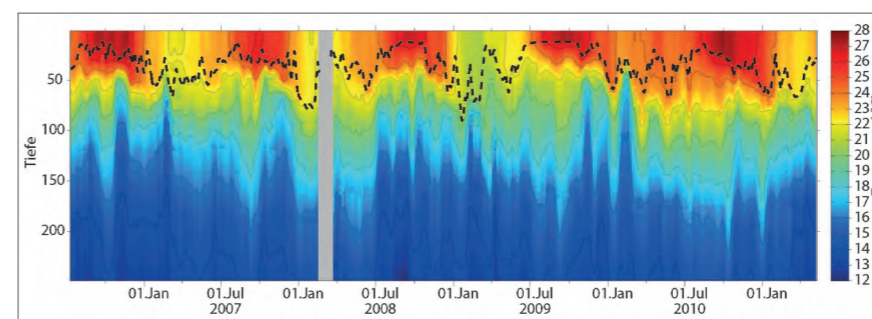
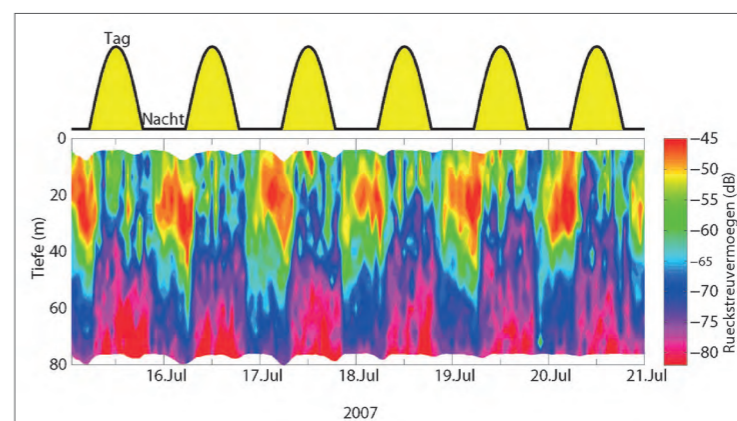
Ozean, die sich in den Daten beider Stationen abbilden sollten.

Bei Langzeitmessungen muss gewährleistet werden, dass die Parameter in gleichbleibender Qualität und nach international vergleichbaren Standards erfasst werden. Nur so lassen sich Langzeittrends bestimmen und vergleichen, die zuverlässig Aufschluss über klimabedingte Änderungen in der Region geben können. Bei der ozeanischen Langzeit-Beobachtungsstation wird

daher besonderes Augenmerk auf die Qualitätskontrolle der Daten gelegt – schiffsgestützte Vergleichsmessungen sind bei dieser Qualitätskontrolle und –sicherung ein wichtiges, ja unverzichtbares Element.

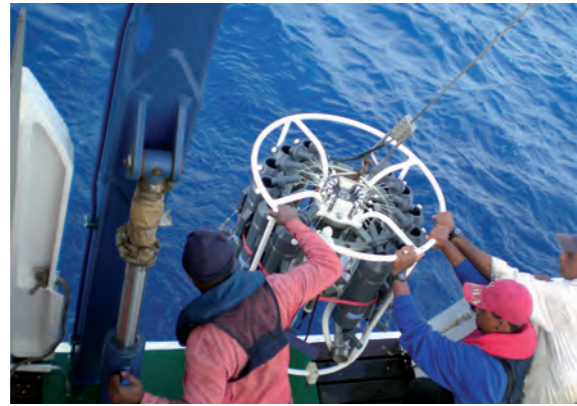
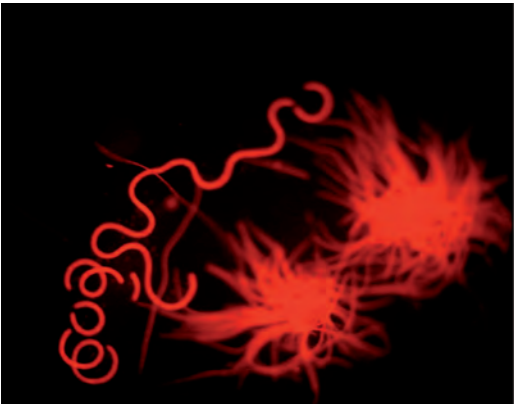
¹ GEOMAR, Kiel

Die Zeitserie des akustischen Rückstreuvermögens (300 kHz), welches mit bestimmten Größenklassen von Zooplankton verbunden ist, zeigt deutlich, dass oberflächennah die größte Abundanz während der Nacht auftritt. Mit Einsetzen des Tages sinkt das Zooplankton in größere Tiefe ab (hier nicht aufgelöst), um sich vor Jägern zu schützen. Die Zeitserien zeigen, dass dieses Verhalten auch an die Schichtung der Wassersäule gekoppelt ist.



Die zeitliche Entwicklung des Temperaturfeldes an der CVOO Verankerung von 2006 bis 2011. Die Verteilung kann der Skala rechts entnommen werden. Die schwarze durchbrochene Linie gibt die Tiefenlage der maximalen Oberflächenschicht an.

Diese Tiefe stellt eine wichtige Kontrollfläche für den Austausch zwischen dem Innern des Ozeans und der Oberfläche dar. Wärme- und Stoffflüsse über die Kontrollfläche spielen eine entscheidende Rolle für das Klima und das Ökosystem Meer.



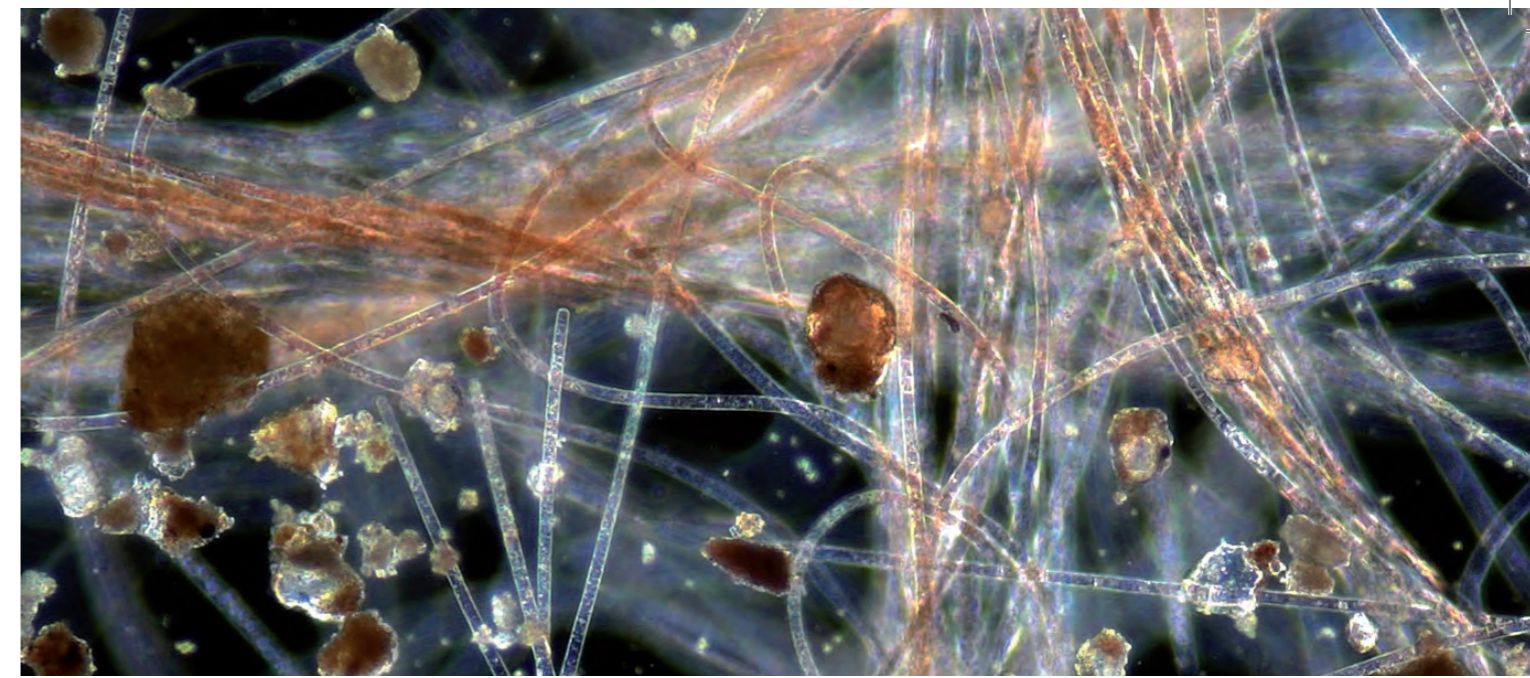
Marine Stickstofffixierer in den nährstoffarmen Gewässern des tropischen Nordatlantiks

Julie LaRoche¹, Marcel Kuypers²

An Land wie im Meer spielt die Bioverfügbarkeit von Stickstoff häufig eine limitierende Rolle für die biologische Primärproduktion durch Pflanzen und Mikroorganismen, die Basis aller Ökosysteme. Die direkte Nutzung des sowohl in der Atmosphäre als auch im Ozean in nahezu unbegrenzter Menge verfügbaren molekularen Stickstoffs ist dabei den Stickstofffixierern vorbehalten. Diese sind Mikroorganismen, die über den eisenhaltigen und erdgeschichtlich sehr alten Enzymkomplex Nitrogenase verfügen. Die biologische Stickstofffixierung ist ein energetisch höchst aufwändiger Prozess und daher aus „Kostengründen“ an Bedingungen geknüpft, in denen andere Stickstoffquellen wie etwa Nitrat nicht zur Verfügung stehen. Zugleich ist der Bedarf an dem Spurenelement Eisen aufgrund der spezifischen Enzyme bei Stickstofffixierern besonders hoch. Eisen wird im Ozean rasch in die schwerlösliche dreiwertige Form oxidiert und kommt dadurch trotz seiner Häufigkeit auf unserem

Planeten im Meerwasser nur in sehr geringen Spurenkonzentration vor. Eisenmangel ist daher für marine Ökosysteme ein durchaus bekanntes Phänomen. Der tropische Nordatlantik, in dem großräumige Nährstoffarmut (Oligotrophie) und hoher Eiseneintrag durch atmosphärischen Staub zusammentreffen, stellt folglich eine Schlüsselregion für die marine Stickstofffixierung dar.

Seit 2008 führen wir daher intensive Untersuchungen zur Primärproduktion und der biologischen Stickstofffixierung in der Region um die Kapverden durch. Eine besonders wichtige Fragestellung ist dabei die Rolle des atmosphärischen Staubes als Lieferant von Makro- und Mikronährstoffen – allen voran Eisen – und damit die Kopplung der biologischen Produktivität des Oberflächenozeans an die Dynamik der Atmosphäre. Feldexperimente an natürlichen Bakteriengemeinschaften, die bei der kapver-



Trichodesmium-Fäden verwoben mit eisenhaltigen Staubpartikeln aus der Sahara.

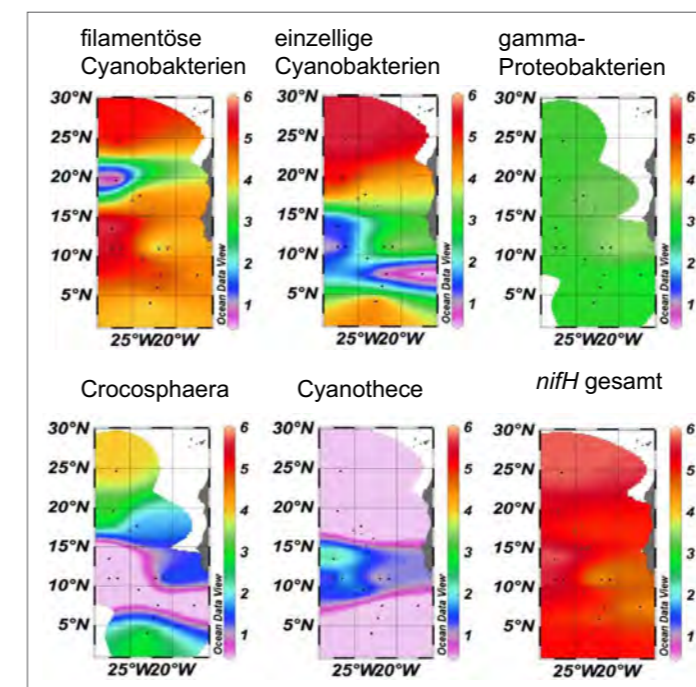
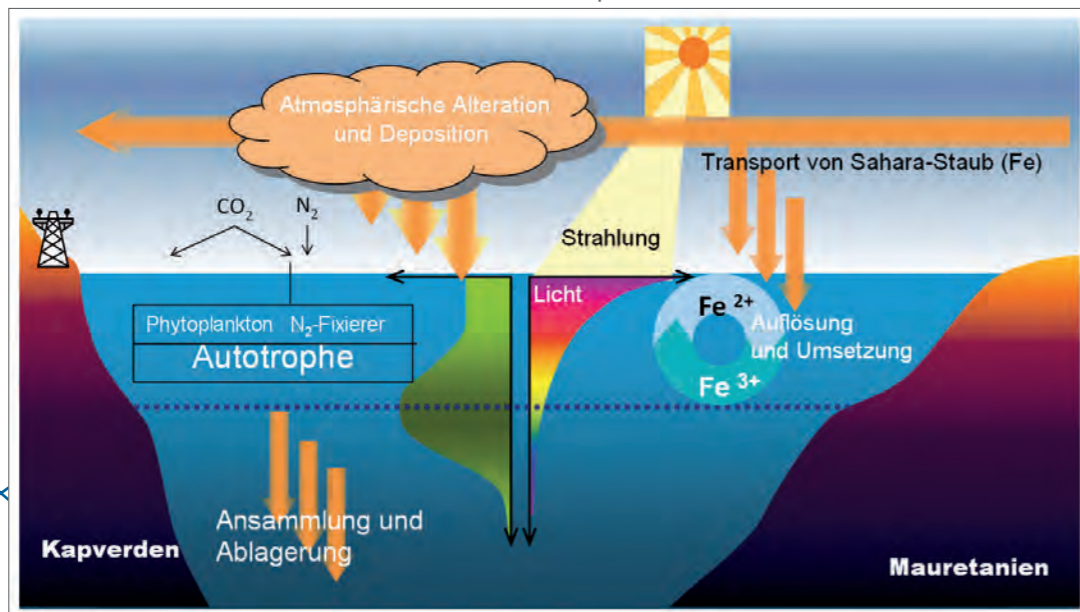
dischen Ozeanstation CVOO beprobt wurden, konnten belegen, dass die Primärproduktion in der Tat stickstofflimitiert ist und Stickstofffixierer trotz ihres energieaufwändigen Enzymapparats einen ökologischen Vorteil gegenüber Konkurrenten besitzen. Die Gemeinschaft stickstofffixierender (diazotropher) Mikroorganismen setzt sich bei den Kapverden aus verschiedenen Arten zusammen, die aufgrund von Umweltfaktoren wie Temperatur und Staubeintrag erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. *Trichodesmium*, ein prominenter Vertreter der filamentösen Cyanobakterien (Blaualgen), bildet häufig unmittelbar nach Staubeignissen regelrechte Blüten mit Zellzahlen von 2-3 Millionen Zellen pro Liter. Weitere typische Vertreter sind das einzellige Cyanobakterium UCYN-A, welches kein Photosystem II besitzt und daher nicht zur normalen Photosynthese befähigt ist, sowie ein bisher kaum charakterisiertes Gamma-Proteobakterium.

Im Gegensatz zu *Trichodesmium*, das seit langem bekannt ist und für einen Großteil des Stickstoffeintrags über Stickstofffixierung verantwortlich gemacht wird, wissen wir kaum etwas über UCYN-A und Gamma-Proteobakterien. Diese nicht kultivierbaren Mikroorganismen werden bisher lediglich molekularbiologisch über eine spezielle DNS-Sequenz (*nifH*), welche das Nitrogenase-Enzym kodiert, identifiziert. Wir versuchen daher, dem UCYN-A, welches bei den Kapverden zuverlässig angetroffen wird, durch modernste Methoden wie Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) oder die nano-Sekundäromnenspektrometrie (nanoSIMS) besser auf die Spur zu kommen.

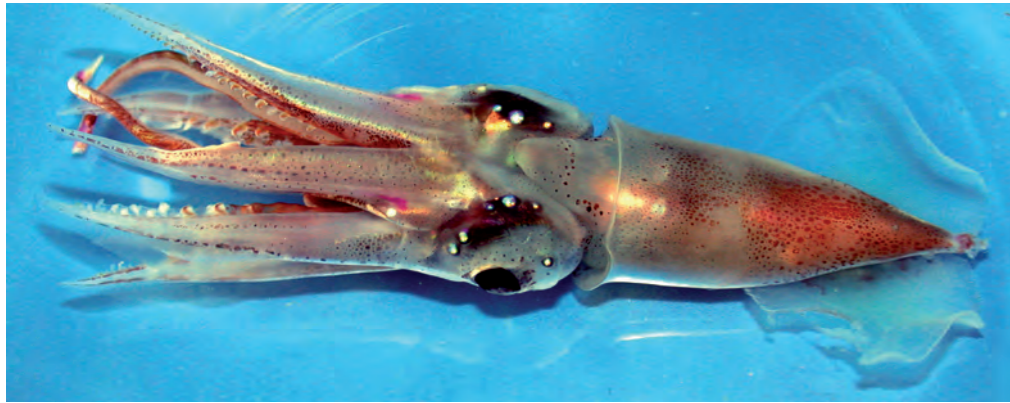
¹ GEOMAR, Kiel

² MPI für Marine Mikrobiologie, Bremen

Beeinflussende Faktoren der Stickstofffixierung an der Kapverden-Zeitreihenstation. Die Stickstofffixierung ist der größte Eintrag an gebundenen Stickstoff im offenen Ozean und ist damit eine bestimmende Größe für das Ausmaß der Primärproduktion im Oberflächenwasser.



Geographische Verteilung und Häufigkeit der Stickstofffixierer im Gebiet um die Kapverden. Spezifische molekulargenetische Sonden für das Schlüsselgen der Stickstofffixierung, das sogenannte *nifH*-Gen, wurden dabei zur Detektion der verschiedenen Stickstofffixierer benutzt.



Leben in der Tiefsee – faszinierende Geschöpfe an tropischen Inselketten

Tiefseekorallen – Leben im Dunklen

Jacek Raddatz¹, Wolf-Christian Dullo¹, Andres Rüggeberg²

Tiefsee- oder Kaltwasserkorallen erstrecken sich über den gesamten Globus von den Tropen bis in die polaren Regionen. Diese faszinierenden Organismen wachsen und gedeihen in Tiefen, in die sich kein Lichtstrahl mehr verirrt. Sie haben sich an diese vermeintlich ungünstige Umgebung angepasst, indem sie sich ausschließlich durch die Filtration von organischer Substanz ernähren. Tiefseekorallen kommen überwiegend in Wassertiefen von 200-1000 Metern vor. Norwegische Fischer entdeckten mit ihren Schleppnetzen diese durch ihre Farbenpracht auch an Blumen erinnernden „Blumentiere“ schon vor Jahrhunderten. Derzeit sind diese einzigartigen Ökosysteme durch die zunehmende Ozeanversauerung und die Klimaerwärmung aber insbesondere durch die Tiefseefischerei bedroht.

Auf den untermeerischen Kuppen rund um die Kapverden kommen Kaltwasserkorallen bis in Tiefen von mehr als 3000 Metern vor. In ihren Gärten verstecken sich Fische, Seeigel, Schwämme, Krebse, Seegurken, Mollusken und viele andere Tiefseebewohner. Eine erst kürzlich entdeckte Besonderheit sind die leuchtenden Bambuskorallen. Biolumineszenz (aktives Leuchten von Organismen) ist bei einer zunehmenden Zahl von Tiefseeorganismen verschiedenster Gruppen nachgewiesen worden. Für Kaltwasserkorallen ist diese Erscheinung bisher jedoch kaum dokumentiert. Die möglichen Funktionen dieser Biolumineszenz sind bei dieser Organismengruppe bisher noch weitgehend unbekannt.

Kaltwasserkorallen sind ein wertvolles Klimaarchiv, da ihr Skelett beim Wachsen die jeweiligen Umgebungsparameter „registriert“. Aus der elementaren Zusammensetzung der Korallen kann wie in einem Buch über das Ozeanklima vergangener Zeit gelesen werden. Mit der Radiokohlenstoffmethode und der Thorium-Uran-Uhr kann

das Alter einer abgestorbenen Koralle bestimmt werden. Aus der Analyse von Spurenelementen lassen sich die Wassermasseneigenschaften während ihrer Lebenszeit rekonstruieren und Parameter wie die Temperatur ableiten. Derartige Informationen über die Tiefsee rund um die Kapverdischen Inseln sind für das Verständnis des Systems Klima-Ozean in den Tropen gerade auch im Hinblick auf zukünftige Veränderungen wichtig.

¹ GEOMAR, Kiel

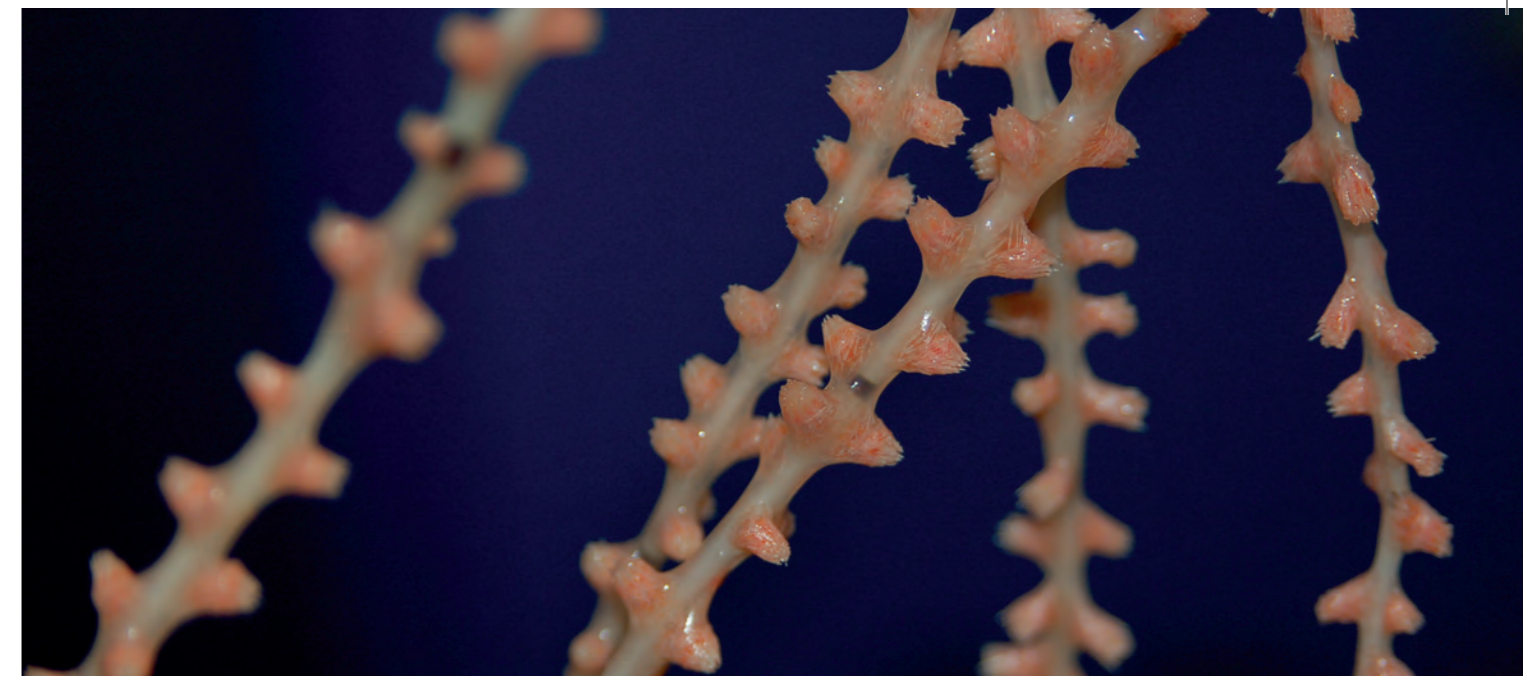
² Katholieke Universiteit Leuven, Belgien

Tintenfische – faszinierende Geschöpfe an tropischen Inselketten

Uwe Piatkowski¹

An der Kapverden-Front nördlich der Kapverdischen Inseln treffen relativ kalte Wassermassen des Kanarenstrom aus dem Norden auf Strömungen des warmen südatlantischen Zentralwassers. Dabei entstehen lokale Auftriebsströmungen und Verwirbelungen, die einzigartige hydrographische Bedingungen schaffen. Sie sind dafür verantwortlich, dass die Kapverden für viele kalttemperierte Meereslebewesen die südliche Verbreitungsgrenze darstellen; für viele tropische Arten ist die Inselgruppe hingegen die nördliche Verbreitungsgrenze. Für Meeresbiologen ist die Region daher durch einen immensen Artenreichtum interessant – sie ist ein sogenannter „Biodiversität-Hotspot“.

Im April 2005 wurden vom Forschungsschiff Poseidon erste Untersuchungen der marinen Lebensgemeinschaften bei den Kapverden durchgeführt. Im Fokus standen dabei auch Tintenfische, eine Tiergruppe, die durch eine enorme Artendiversität auffällt. Die Arbeiten konzentrierten sich auf die Senghor-Kuppe und die Gewässer um die Inseln Fogo und Brava, wo acht bzw. zehn verschiedene Tintenfischarten gefangen werden konnten. Am Senghor-Seeberg dominierte der nur wenige Zentimeter



Eine lebende *Keratoisis* sp. entnommen aus 3052 m Tiefe am Charles Darwin-Vulkanfeld während der METEOR-Expedition M80/3.

große Gallertkalmar *Cranchia scabra* (Abb. oben mittig), ein transparentes Tier, das mehr einer Qualle ähnelt. Eine besonders auffällige Art war der Leuchtkalmar *Abraliopsis pfefferi*, der sich durch große Leuchtorgane auszeichnet. Zu den häufigsten Arten auf den Stationen südlich von Fogo und Brava gehörten der Feuerkalmar *Pyroteuthis margaritifera* (Abb. oben links), der große Leuchtorgane auf den Augenrändern und auf dem Eingeweideträger trägt, und der Hakenkalmar *Onychoteuthis banksi*, der große Haken auf den Tentakeln besitzt, mit denen er sehr effektiv seine Beute ergreifen kann.

Diese kleine Tintenfischsammlung der Poseidon-Expedition illustriert, welche eindrucksvollen und bizarren Formen diese Tiergruppe bei den Kapverdischen Inseln hervorbringt. Leider wissen wir über die Artengemeinschaften der Tintenfische in der Region immer noch sehr wenig, obwohl diese Tiergruppe wichtige Schlüsselpositionen im Ökosystem besetzt.

¹ GEOMAR, Kiel

Zooplankter – Bindeglied in marinen Stoffkreisläufen

Rainer Kiko¹, François Seguin², Lena Teuber², Holger Auel², Frank Melzner¹

Zooplankter, kleine Millimeter bis Zentimeter große, frei in der Wassersäule vorkommende Tiere, besetzen eine äußerst wichtige Stellung im marinen Nahrungsnetz und in den biogeochemischen Stoffkreisläufen. Sie fressen mikroskopisch kleines Phytoplankton und stellen selbst die Nahrung für größere Räuber, z.B. für verschiedene Fische dar. Die täglichen Vertikalwanderungen, die sie ausführen (siehe Seiten 18/19), generieren einen signifikanten Stofftransport in die Tiefsee, da sie tagsüber in der Tiefe zwar nicht fressen, aber dort weiterhin atmen und exkretieren und somit Stoffwechselendprodukte hier freisetzen. Ruderfußkrebse (Copepoden) stellen meist den Hauptanteil des Zooplanktons und sind somit

von besonderer Bedeutung für diese Stoffflüsse.

Um die Zooplanktongemeinschaft bei den Kapverdischen Inseln zu charakterisieren, wurden südlich von São Vicente mehrere Proben in verschiedenen Wassertiefen genommen und anschließend taxonomisch charakterisiert. Die Zooplanktongemeinschaft bei den Kapverdischen Inseln gilt weltweit als eine der artenreichsten. Es konnten 126 taxonomische Kategorien unterschieden werden. Da es hierbei nicht möglich war, alle Kategorien auf Artniveau zu differenzieren, ist sogar zu erwarten, dass deutlich mehr Arten vorhanden sind. Bei den calanoiden Copepoden, einer wichtigen Untergruppe der Copepoden, die besonders eingehend studiert wurde, konnten allein 91 verschiedene Arten identifiziert werden. Vor allem verschiedene Arten der Gattung *Pleuromamma* wurden als wichtige Komponenten des täglich wandernden Zooplanktons ausgemacht. Die besonders hohe Diversität ist wohl vor allem auf die besonderen hydrographischen Bedingungen vor Ort (siehe Beitrag Tintenfische) zurückzuführen. In Zukunft werden wir unsere

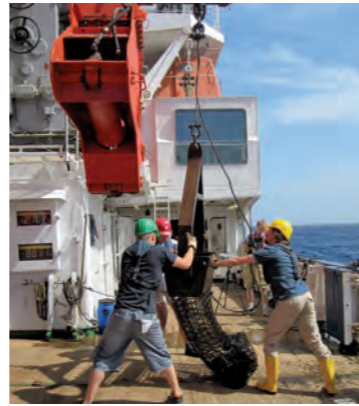
Arbeiten auch an der Station CVOO durchführen, um die Rolle des Zooplanktons in biogeochemischen Stoffkreisläufen im tropischen Ostatlantik besser zu charakterisieren.

¹ GEOMAR, Kiel

² Universität Bremen



Der calanoide Copepode *Candacia pachydactyla* ist ein besonders schöner Vertreter des Zooplanktons der Kapverdischen Inseln.



Untermeerische Berge – Vulkanismus in der Tiefsee rund um das Kap Verde Archipel

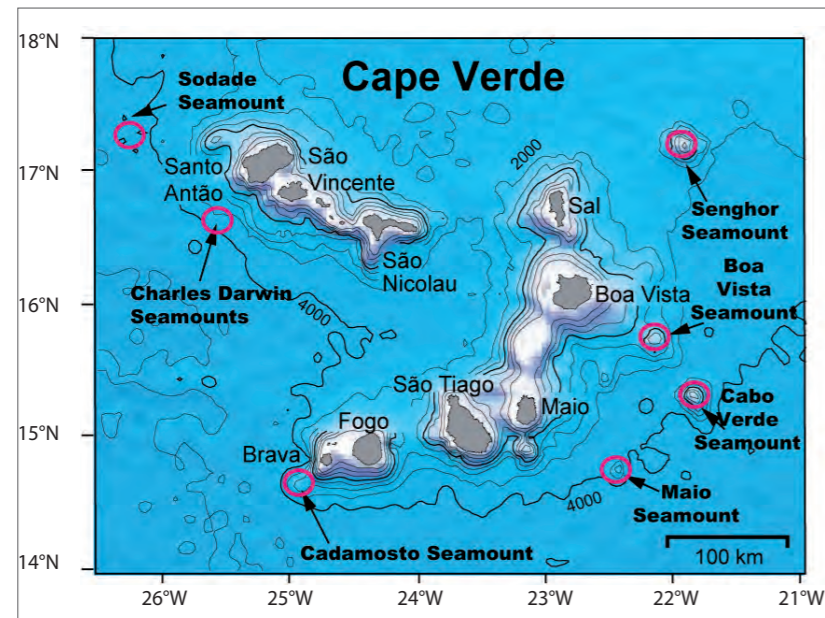
Thor H. Hansteen¹, Ingo Grevemeyer¹

Die Kapverdischen Inseln vor Westafrika sind – genau wie die Azoren, Madeira und die Kanaren – vulkanischen Ursprungs. Auch unter Wasser bieten die Kapverden daher ein spannendes Terrain für Meeresforscher aller Fachdisziplinen: Während einer Reihe von Expeditionen mit dem deutschen Forschungsschiff Meteor wurden die geologische und chemische Beschaffenheit mehrerer Unterwasservulkane – sogenannte untermeerische Kuppen¹ – und die Biodiversität in ihrer Umgebung untersucht. Seitdem hat sich als Folge dieser Feldstudien ein weites Feld mit spannenden neuen Fragen eröffnet.

Sowohl oberirdisch als auch untermeerisch lässt sich dem Vulkanismus in der Kapverden-Region eine klare zeitliche Entwicklung zuordnen. Im Osten trifft man auf mehrere Jahrmillionen alte und bereits stark erodierte Vulkane, im Westen hingegen auf noch aktiven Vulkanismus. Die ältesten Inseln im Osten sind Sal, Boa Vista und Maio, zu den noch aktiven Vulkanen im Westen zählen die Inseln Fogo, Brava und Santo Antão. Die bekanntesten, bereits erloschenen und erodierten Unterwasservulkane im Osten sind die Senghor²-,

Boa-Vista-, Kap-Verde- und Maio-Kuppe. Zu den aktiven Unterwasservulkanen im Westen zählen die Cadamosto³-Kuppe, die Charles-Darwin-Kuppen sowie die neuentdeckte Sodade⁴-Kuppe. Unser Hauptaugenmerk liegt auf den drei letztgenannten, noch aktiven Vulkanen, die sich in ihrer Beschaffenheit stark unterscheiden.

Die Cadamosto-Kuppe ist ein hoher Berg, der aus einer Tiefe von 4000 Metern bis auf 1400 Meter unter der Wasseroberfläche aufragt. Der Berg weist eine eher ungewöhnliche Gesteinszusammensetzung (Phonolith) auf, was den Rückschluss zulässt, dass das für seine Bildung verantwortliche Magma riesigen Magmakammern in der darunterliegenden Erdkruste entsprang. Vulkangesteine der großen explosiven Cão-Grande⁵-Eruption auf Santo Antão weisen eine sehr ähnliche chemische Zusammensetzung auf, was darauf hindeutet, dass die Cadamosto-Kuppe ebenfalls die Gefahr gewaltiger Eruptionen birgt. Der Cadamosto ist der seismisch am stärksten aktive Vulkan der Kapverden. Er könnte zur nächsten Insel des Archipels heranwachsen – man schätzt in ungefähr 100.000 Jahren.



Lage prominenter untermeerischer Kuppen bei den Kapverden.



Unter Wasser erstarrte Kissenlava an einem 1300 m hohen Bergkamm der Sodade-Kuppe.

Die Charles-Darwin-Kuppen und die Sodade-Kuppe besitzen große morphologische Ähnlichkeit. Sie bestehen aus mehreren vulkanischen Kegeln, die einen annähernd kreisrunden Bereich auf dem Meeresboden abdecken (Abb. unten rechts). Morphologisch betrachtet sind beide Vulkane geologisch sehr jung. Dies gilt besonders in Bezug auf die verschiedenen Eruptionszentren, die noch nicht zusammengewachsen sind und keine singuläre Kuppe bilden. Dennoch besteht ein großer Unterschied zwischen den beiden Gebieten. Der höchste Gipfel der Sodade-Kuppe ist ein etwa 1300 Meter hoher Bergkamm, der aus Kissenlava besteht. Dieses lässt vermuten, dass die Lava vorwiegend aus einem Grabenbruch, der Riftzone, strömt. Bei den Charles-Darwin-Kuppen hingegen fallen zwei große Krater mit je einem Kilometer Durchmesser besonders auf. Sie entstanden durch explosiven Vulkanismus in 3500 Metern Tiefe. Der untermeerische Vulkanismus der Kapverden deckt damit ein ungewöhnlich breites Spektrum chemischer Zusammensetzungen sowie an Eruptionsvielfalt und -mechanismen ab und bietet ein ausgesprochen

spannendes Arbeitsfeld für die marinen Geowissenschaften und die Vulkanologie.

¹ GEOMAR, Kiel

² Englisch „Seamount“

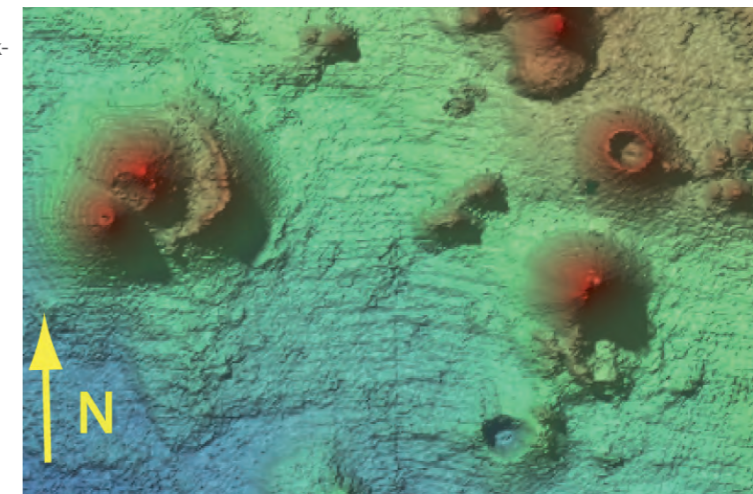
³ Senegalesischer Dichter und Politiker, 1906-2001

⁴ Ital. Seefahrer und Entdecker im Dienste der Portugiesen, 1432-1483

⁵ Sehnsucht

⁶ Großer Hund

Die neu entdeckten Charles-Darwin-Kuppen mit ihren charakteristischen Kratern.



Beteiligte Institutionen

GEOMAR - Kiel (www.geomar.de):



Ziel des Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel (GEOMAR) ist es, in interdisziplinärer Zusammenarbeit alle wichtigen Bereiche der modernen Meeresforschung zu fördern. Die Forschungsschwerpunkte gliedern sich in vier zentrale Bereiche: Ozeanzirkulation und Klimadynamik, Marine Biogeochemie, Marine Ökologie und Dynamik des Ozeanbodens. Das Institut gehört ab 2012 der Helmholtz-Gemeinschaft an und wird gemeinschaftlich vom Bund und Land Schleswig-Holstein finanziert. Das GEOMAR beschäftigt insgesamt rund 750 Mitarbeiter. Zur Erforschung des tropischen Atlantiks betreibt das Institut das Ozeanobservatorium CVOO sowie vielfältige hochmoderne Unterwasser- und Tiefsee-Erkundungssysteme.

INDP - Mindelo (www.indp.cv):



Das Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) befasst sich mit Studien des Ozeans unter besonderer Berücksichtigung des Fischereiwesens im tropischen Atlantik. Ziel ist es, Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft in Bezug auf den Fischereisektor zu beraten. Dazu gehören gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der durch die Fischerei hervorgerufenen sozioökonomischen Folgen. Mit Hauptsitz in Mindelo auf der Insel São Vicente sowie weiteren Außenstellen beschäftigt das INDP insgesamt rund 150 Mitarbeiter. Der Großteil an Aktivitäten des INDP ergibt sich durch Kooperationstätigkeiten auf nationaler wie auch internationaler Ebene. Es arbeitet eng mit dem Ministerium für Infrastruktur und Maritime Wirtschaft zusammen, dabei stehen der Fischereisektor und die nachhaltige Nutzung der marinen Umwelt im Vordergrund.

INMG - Espargos (www.meteo.cv):



Das Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) mit Sitz in Espargos auf der Insel Sal fördert, koordiniert und führt Maßnahmen der Regierung auf dem Gebiet der Meteorologie, der Klimatologie und der Geophysik durch. Es sichert meteorologische, klimatologische und geophysikalische Langzeitbeobachtungen, fördert Forschungs- und Technologieprogramme und stellt der Öffentlichkeit sowie Entscheidungsträgern aus Po-

litik und Wirtschaft Informationen zur Verfügung. Derzeit zählen etwa 100 Mitarbeiter zum Institut. Neben mehreren meteorologischen Stationen betreibt das INMG zusammen mit der University of York, dem MPI-BGC Jena, dem GEOMAR und dem IfT Leipzig das Atmosphärenobservatorium auf São Vicente. Die erhobenen Daten werden regelmäßig dem Global Atmosphere Watch (GAW) und der World Meteorological Organization (WMO) zur Verfügung gestellt.

IOW - Warnemünde (www.io-warnemuende.de):

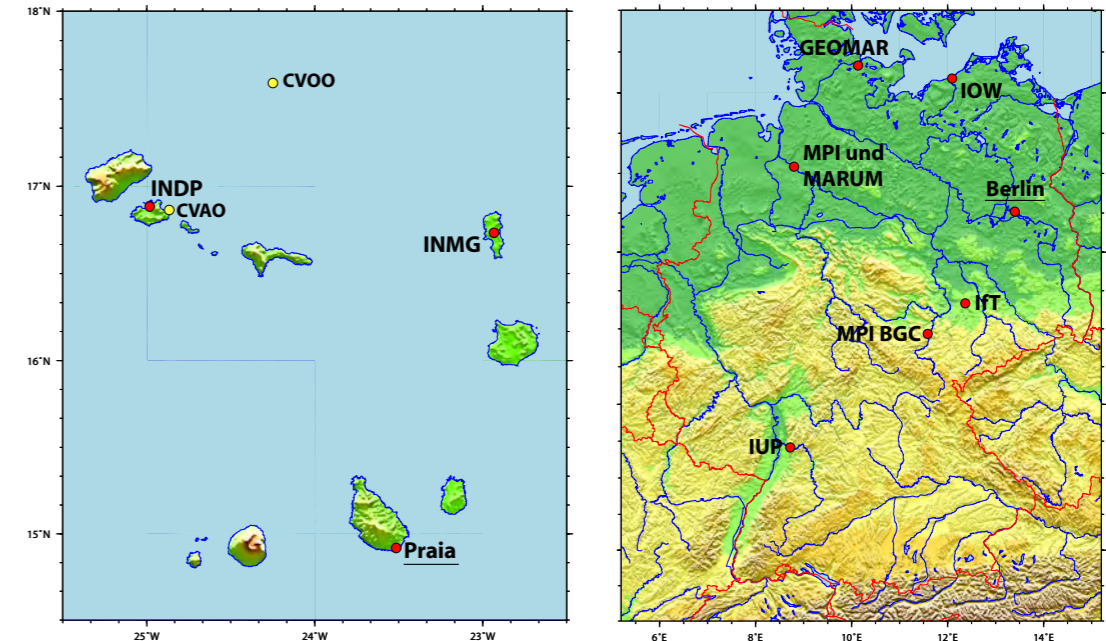


Das Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde wurde 1992 neu gegründet. Heute ist das IOW Mitglied der Leibniz-Gemeinschaft (WGL). Seine Grundausrüstung wird gemeinsam vom Bund und dem Land Mecklenburg-Vorpommern finanziert. Am IOW sind derzeit 218 Personen beschäftigt. Das Forschungsprogramm des IOW ist auf Küsten- und Randmeere mit besonderer Hinwendung zum Ökosystem Ostsee zugeschnitten. Das IOW verfügt über ein Labor für Rasterelektronenmikroskopie und Röntgenmikroanalyse, in dem Analysen biogener Strukturen und morphologischer Merkmale, Rekonstruktion von Transportwegen anhand von terrigenen Mineralen, Partikelneubildungen und Mineralerkennung in Sedimentproben durchgeführt werden.

IUP - Heidelberg (www.iup.uni-heidelberg.de):



Das Institut für Umweltphysik (IUP) der Universität Heidelberg wurde 1975 gegründet und gliedert sich aktuell in die Bereiche Physik und Chemie der Atmosphäre sowie terrestrische und aquatische Systeme. Erforscht werden die Physik von Transport- und Mischungsvorgängen sowie die Stoffumwandlung innerhalb einzelner Umweltsysteme und der zwischen ihnen erfolgende Austausch. Spezielle Forschungsschwerpunkte gelten der Atmosphäre, dem Boden und dem Wasserkreislauf. Ferner wird die Kopplung zwischen Erdboden und Atmosphäre und Treibhauseffekt mit ihrer Auswirkung auf das Erdsystem erforscht. Das Institut beschäftigt derzeit ca. 150 Mitarbeiter. Träger ist das Land Baden-Württemberg.



IfT - Leipzig (www.tropos.de):



Der Arbeitsbereich des Leibniz-Instituts für Troposphärenforschung (IfT) umfasst die Untersuchung des Zustands und der Eigenschaften der Troposphäre, vor allem in anthropogen belasteten Regionen. Die Arbeiten gliedern sich in die Hauptthemen: 1. Evolution, Transport und raumzeitliche Verteilung des troposphärischen Aerosols. 2. Einfluss des troposphärischen Aerosols auf Wolken und Strahlung. 3. Chemische Prozesse in troposphärischen Multiphasensystemen. Finanziert wird das Leibniz-Institut zu je 50 % durch den Bund und das Land Sachsen. Aktuell beschäftigt das Institut 140 Mitarbeiter. Das IfT unterhält Aerosolfilter auf den Kapverden und führt optische Aerosolmessungen an der Atmosphärenstation auf São Vicente durch. Weiterhin hat das IfT den Vorsitz im Arbeitskreis Afrika des Deutschen Klimakonsortiums.

MARUM - Bremen (www.marum.de):



Das Zentrum für marine Umweltwissenschaften (MARUM) in Bremen umfasst das DFG-Forschungszentrum und den Exzellenzcluster „Der Ozean im System Erde“. Das MARUM entschlüsselt mit modernsten Methoden und eingebunden in internationale Projekte die Rolle des Ozeans im System Erde – insbesondere in Hinblick auf den globalen Wandel. Es erfasst die Wechselwirkungen zwischen geologischen und biologischen Prozessen im Meer und liefert Beiträge für eine nachhaltige Nutzung der Ozeane. In Ergänzung zu den primären wissenschaftlichen Aktivitäten steht eine Forschungsinfrastruktur zur Verfügung. Das MARUM verfügt über einen modernen Gerätepark zur Erforschung des tiefen Ozeans, der fortlaufend weiterentwickelt wird. Hierzu zählen ein Tiefseebohrgerät, kabelgebundene Unterwasserfahrzeuge und ein autonomes Unterwasserfahrzeug.

MPI - Bremen (www.mpi-bremen.de):



Unter dem Dach der Max-Planck-Gesellschaft arbeiten am Bremer Institut für Marine Mikrobiologie über 200 Mitarbeiter in den drei Abteilungen Biogeochemie, Mikrobiologie und Molekulare Ökologie an der Erforschung von Mikroorganismen und ihrer Habitate im Meer. Die Wissenschaftler tragen zur Verbesserung des Verstehens der für den Stickstoff- und Kohlenstoffkreislauf beteiligten Mikroorganismen bei. Die Kapverdischen Inseln sind für diese Forschung das ideale Arbeitsgebiet, da die für den Kohlenstoff- und Stickstoffstoffwechsel verantwortlichen Mikroorganismen dort fast ständig vorhanden sind und die Bedingungen Nischen im offenen Meer ähneln. Mit neuesten Methoden der Gentechnologie, Mikrobiologie und Geochemie sowie NanoSIMS, quantitativer Isotopeninkubation und Nährstoffanalyse untersuchen die Forscher diese Prozesse.

MPI BGC - Jena (www.bgc-jena.mpg.de):



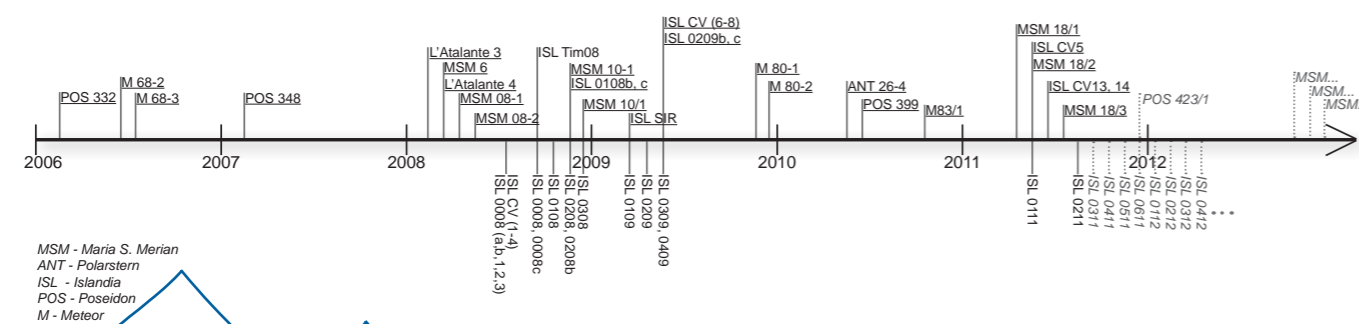
Das Max-Planck-Institut für Biogeochemie (MPI Jena) betreibt seit 1997 interdisziplinäre Grundlagenforschung zu den globalen Stoffkreisläufen im Erdsystem und den daran beteiligten biologischen, chemischen und physikalischen Prozessen. Derzeit sind etwa 150 Mitarbeiter am Institut tätig. Die Wissenschaftler untersuchen das komplexe Zusammenspiel von Bodenorganismen, Vegetation und Landnutzung mit den atmosphärischen Treibhausgasen, um die Regulationsmechanismen des Klimas besser verstehen und die Entwicklung von Prognosen für zukünftige Klimaszenarien unterstützen zu können. Auf der Insel São Vicente führt das Institut bei der Atmosphärenstation an einem 30 m hohen Messturm seit mehreren Jahren Routine-messungen von Treibhausgasen durch.

Projekte und Expeditionen im tropischen Atlantik

	SOPRAN Surface Ocean Processes in the Anthropocene	BMBF	www.sopran.pangaea.de
	ICOS-D Nationale Umsetzung des integrierten Kohlenstoff-Beobachtungssystems	BMBF	www.icos-infrastructure.eu
	SFB 754 Klima - Biogeochemische Wechselwirkungen im tropischen Ozean	DFG	www.sfb754.de
	Exzellenzcluster Ozean der Zukunft	DFG	www.ozean-der-zukunft.de
	SFB 574 Volatile und Fluide in Subduktionszonen - Klimarückkopplungen und Auslösemechanismen von Naturkatastrophen	DFG	www.sfb574.ifm-geomar.de
	TENATSO Tropical Eastern North Atlantic Time Series Observations	EU	www.tenatso.com
	EuroSITES European Ocean Observatory Network	EU	www.eurosites.info
	EUR-OCEANS Building scenarios for marine ecosystems under anthropogenic and natural forcings	EU	www.eur-oceans.eu
	SOLAS Surface Ocean Lower Atmosphere Study	SCOR, IGBP, WCRP, ICACGP	www.solas-int.org



FS METEOR FS ISLANDIA FS MARIA S. MERIAN FS POSEIDON FS POLARSTERN



MSM - Maria S. Merian
ANT - Polarstern
ISL - Islandia
POS - Poseidon
M - Meteor



Wissenschaft und Logistik vor Ort – der kapverdische Partner INDP

Nuno Vieira¹, Cordula Zenk²

Bei der Durchführung von Feldkampagnen und Expeditionen auf See ist es naturgemäß von großem Vorteil, einen regionalen Partner zu haben. Dieser steht für die Region Kap Verde mit dem Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas (INDP) zur Verfügung.

Das INDP, das sich in erster Linie um die Belange des Fischereisektors kümmert, hat sich über die letzten Jahre immer mehr auch verschiedenen Bereichen der internationalen Meeresforschung geöffnet. Seine Kooperationen mit ausländischen Partnern haben sich zunehmend verstärkt. Besonders hervorzuheben ist das CVOO/CVAO-Observatorium (www.tenatso.com), das in Zusammenarbeit mit dem GEOMAR, der University of York, dem Max-Planck-Institut für Biogeochemie Jena und dem nationalen Partner Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica (INMG) betrieben wird. Die marine Komponente, CVOO, basiert auf einer Verankerungsplattform im Atlantik zur Beobachtung von biogeochemischen und physikalischen Prozessen in der Wassersäule, die monatlich mit dem institutseigenen Forschungsschiff Islândia aufgesucht wird. Ein Messturm an der CVAO-Station in Calhau/S. Vicente dient als Basis für die atmosphärische Komponente, bei der umfangreiche meteorologische Parameter kontinuierlich gemessen werden. Neben den monatlichen Terminfahrten, die von Technikern des INDP durchgeführt werden, wird das Observatorium auch von deutschen Forschungsschiffen regelmäßig besucht (siehe links). Hierbei dient der Hafen von Mindelo mehrfach im Jahr als Basis für den Austausch von Wissenschaftlern und Expeditionsfracht.

laufstelle. Die Forschergruppen erfahren durch das INDP nicht nur logistische Betreuung, sondern auch gezielt wissenschaftlich-technische Unterstützung, die von großem Nutzen und unabdingbar für die Durchführung der Forschungsarbeiten ist. Genannt seien die Planung und Durchführung von Ausfahrten mit der Islândia, das Aussetzen und Bergen autonomer Geräte wie Floats und Gleitern sowie die Wartung des umfangreichen Geräteparks. Weiterhin werden Wasserproben gesammelt und analysiert. Von weiterem Nutzen ist auch die Hilfe des INDP bei Zollangelegenheiten, der Organisation von Workshops sowie der Sicherstellung von Mobilität vor Ort. Ohne die enge Zusammenarbeit mit dem INDP wäre eine effiziente Forschungsarbeit nur schwer vorstellbar.

¹ INDP, Mindelo, Kap Verde

² GEOMAR, Kiel

Bei den häufigen Besuchen internationaler Wissenschaftler und Techniker ist das INDP mit seiner Forschungsinfrastruktur eine bewährte An-

Transfer von Handlungskompetenz und Wissenschaft



In der Forschungsk Kooperation mit den Kapverden wurde von Beginn an großer Wert auf den – häufig als ‚capacity building‘ bezeichneten – Transfer von Handlungskompetenz und Wissen gelegt. Langfristig kann eine lebendige Kooperation nur auf der Basis einer Partnerschaft auf gleicher Augenhöhe gelingen. Um die Voraussetzungen hierfür auf breiter Front zu schaffen, wurden durch das GEOMAR und die Christian-Albrechts-Universität zu Kiel bereits erste Schul- und Studentenprojekte im Rahmen der

Kieler Projekte NaT-Working Meeresforschung, gemeinsames Outreach-Programm der Sonderforschungsbereiche 574 und 754 und Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ mit kapverdischen Partner durchgeführt

Schulprojekte mit Kap Verde

Joachim Degg¹, Ivanice Monteiro², Wilfried Wentorf³, Artemisia Duarte Lopes⁴

Im Rahmen des gemeinsamen „Outreach“-Programmes der Kieler Sonderforschungsbereiche 574 und 754 werden Verbindungen zu Schulen in Deutschland und Kap Verde aufgebaut, um die Bedeutung internationaler Zusammenarbeit in den Geowissenschaften zu betonen. In Kap Verde hat das Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas lokale Schulen in Mindelo eingeladen, sich an ersten gemeinsamen Projekten zu beteiligen. Diese konzentrieren sich auf die Verbreitung und Häufigkeit mariner Arten und die Konzentrationen von Nähr- und Schadstoffen in den Gewässern um die Insel São Vicente. Ähnliche Messungen werden in der Kieler Förde von Schülern der Heinrich-Heine Schule in Heikendorf durchgeführt. Das übergeordnete Ziel ist es, das „Meer vor unserer Tür“ an den beiden Standorten nebeneinander auf einer gemeinsamen Internetseite zu vergleichen. Um dieses Projekt auf den Weg zu bringen, besuchte eine kleine Delegation von Schülern und einem Lehrer aus Heikendorf im Februar 2011 die Escola Salesiana in Mindelo. Mit

Unterstützung des INDP, der Universität Kap Verde und des GEOMAR wurden Exkursionen deutscher und kapverdischer Schüler unternommen, um die Messmethoden an verschiedenen Standorten auf São Vicente und im Labor einzuüben. Sowohl in Mindelo als auch in Kiel sollen die Messungen jetzt regelmäßig fortgeführt werden. Im November 2009 bestand dabei für deutsche und kapverdische Schüler erstmals die Möglichkeit, gemeinsam an einer Forschungsexpedition des deutschen Forschungsschiffes Maria S. Merian in den äquatorialen Atlantik teilzunehmen.

¹ GEOMAR, Kiel

² INDP, Mindelo, Kap Verde

³ Heinrich-Heine Schule, Heikendorf

⁴ Escola Salesiana, Mindelo, Kap Verde

Floating University 2008 zu Gast bei INDP und TENATSO

Joanna Waniek¹

Moderne Wissenschaft braucht moderne Lehre! Aus diesem Anlass wurde die „Floating University - Surface ocean properties of different biogeochemical provinces of the Northeast Atlantic“ ins Leben gerufen. Die Expedition MSM 08/2 des Forschungsschiffes Maria S. Merian bildete den wissenschaftlichen Rahmen für die Floating University 2008, die von Dr. J. Waniek (IOW) und mit Finanzierung durch EUR-OCEANS für Diplomanden, Doktoranden und PostDocs europäischer Universitäten verschiedener naturwissenschaftlicher Studienrichtungen nach internationaler Ausschreibung durchgeführt wurde. Um daran teilnehmen zu können, war eine Bewerbung mit eigenem kleinem Forschungsprojekt vorzulegen, welches sich thematisch an der Fragestellung der EUR-OCEANS-Initiative orientieren sollte. Während der Reise von Mindelo nach Emden konnten die teilnehmenden Studenten aus Polen, Schweden, Portugal, England, Kap Verde und Deutschland ein intensives Forschungsprogramm unter Anleitung durch erfahrene Wissenschaftler absolvieren.

¹ IOW, Rostock-Warnemünde

Kontakte und Impressum

Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
Düsternbrooker Weg 20, D-24105 Kiel
Prof. Arne Körtzinger
akoertzinger@geomar.de
Tel.: +49 431 600 4201

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V.
Leipzig, Permoserstraße 15, D-04318 Leipzig
Prof. Hartmut Herrmann
hartmut.herrmann@tropos.de
Tel. +49 341 235 2446

Max-Planck-Institut für Biogeochemie
Hans-Knöll-Str. 10, D-07745 Jena
Prof. Martin Heimann
martin.heimann@bgc-jena.mpg.de,
Tel. + 49 3641-576350 / 576301

Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie
Celsiusstr. 1, D-28359 Bremen
Dr. Marcel Kuypers
mkuypers@mpi-bremen.de
Tel. + 49 421 2028 - 602

Institut für Umweltphysik, Heidelberg
Im Neuenheimer Feld 229, D-69120 Heidelberg
Prof. Ulrich Platt
ulrich.platt@iup.uni-heidelberg.de
Tel. +49-6221-54-6339

Instituto Nacional de Desenvolvimento das Pescas
Cova de Inglesa, Mindelo, C. P. 132
Ilha de São Vicente, Cabo Verde
Dr. Oscar Melicio
oscar.melicio@indp.gov.cv
Tel. +238 2321374

Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica,
INMG, Espargos, C. P. No. 76, Ilha do Sal, Cabo Verde
Dr. Ester Araújo De Brito
ester.brito@inmg.gov.cv
Tel. + 238 2 411 276

Institut für Ostseeforschung Warnemünde
Seestr. 15, D-18119 Rostock
Dr. Joanna Waniek
joanna.waniek@io-warnemuende.de
Tel. +49 381 5197 300

Zentrum für marine Umweltwissenschaften
Leobener Straße, D-28359 Bremen
Dr. Gerhard Fischer
gerhard.fischer@uni-bremen.de
Tel. +49 421 218 65080

Impressum
Helmholtz-Zentrum für Ozeanforschung Kiel
GEOMAR
Wischhofstraße 1-3
24148 Kiel

Copyright: 2011, GEOMAR

www.geomar.de

Redaktion & Konzeption
Arne Körtzinger, GEOMAR
Cordula Zenk, GEOMAR

Layout & Design
Silvana Schott, MPI BGC Jena

Druck
Druckhaus Gera GmbH, www.druckhaus-gera.de

Bildverzeichnis

Umschlag vorne: NASA, Douglas Wallace, Maija Heller, S. 4/5: Johannes Lampel, GEBCO, www.gebco.net, S. 6/7: Christian Müller, Hermann Bange, Folkard Wittrock, Birgit Quack, S. 8/9: Thomas Müller, Thomas Müller, Thomas Müller, Johannes Lampel, S. 10/11: Joanna Waniek, Andrea Bauer, Ines Hand, Joanna Waniek, NASA, S. 12/13: Victor Stiebens, Victor Stiebens, Sonia Merino, Christophe Eizaguirre, Christophe Eizaguirre, S. 14/15: Björn Fiedler, Björn Fiedler, Péricles Silva, Johannes Lampel, S. 16/17: Gerd Krahnmann, Mario Müller, Mario Müller, Mario Müller, Gerd Krahnmann, S. 18/19: Mario Müller, Johannes Karstensen, Arne Körtzinger, Johannes Karstensen, S. 20/21: Rachel Foster, Andreas Krupke, Andreas Krupke, Julie LaRoche, S. 22/23: Richard Young, Uwe Piatkowski, Björn Kurtenbach, François Seguin, S. 24/25: Ricardo Ramalho, Ricardo Ramalho, Thor Hansteen, ROV Kiel 6000, GEOMAR, ROV Kiel 6000, GEOMAR, S. 28/29: Reinhold Hanel, Nidia Silva, Péricles Silva, Leitstelle Meteor/Merian, Péricles Silva, Norbert Verch (Leitstelle), Thor Hansteen, Armand Spencer, S. 30/31: Joachim Degg, Umschlag hinten: NASA, Wiebke Mohr.

Kiel, November 2011

Eine Initiative des Helmholtz-Zentrums für Ozeanforschung Kiel



Forschungsstandort Kap Verde

Ein faszinierendes Labor für Meeres- und
Atmosphärenforscher im tropischen Atlantik

