

1. Wochenbericht M80/1, Mindelo-Mindelo

26.10.-1.11.2009

Am 26. Oktober 2009 begann die METEOR-Reise M80/1 in Mindelo, Kap Verde. Diese Forschungsfahrt ist Teil des DFG Sonderforschungsbereichs 754 „Klima-Biogeochemie Wechselwirkungen im tropischen Ozean“ und des BMBF Verbundprojekts „Nordatlantik“. Kern der Untersuchungen im Rahmen des SFB 754 ist das sauerstoffarme Gebiet im tropischen Nordatlantik. Mit Hilfe von physikalischen und biogeochemischen Untersuchungen sollen Änderungen der Sauerstoffgehalts nachgewiesen und deren Einfluss auf biogeochemische Prozesse besser verstanden werden. In einem Teilprojekt von BMBF „Nordatlantik“ soll die Rolle des Ozeans für Klimaschwankungen im atlantischen Raum untersucht werden. Insbesondere Strömungen und Vermischungsprozesse sowie deren Auswirkungen auf die Meeresoberflächentemperatur sollen mit Hilfe von Verankerungen, schiffsgestützten Instrumenten und autonomen Gleitern vermessen werden.

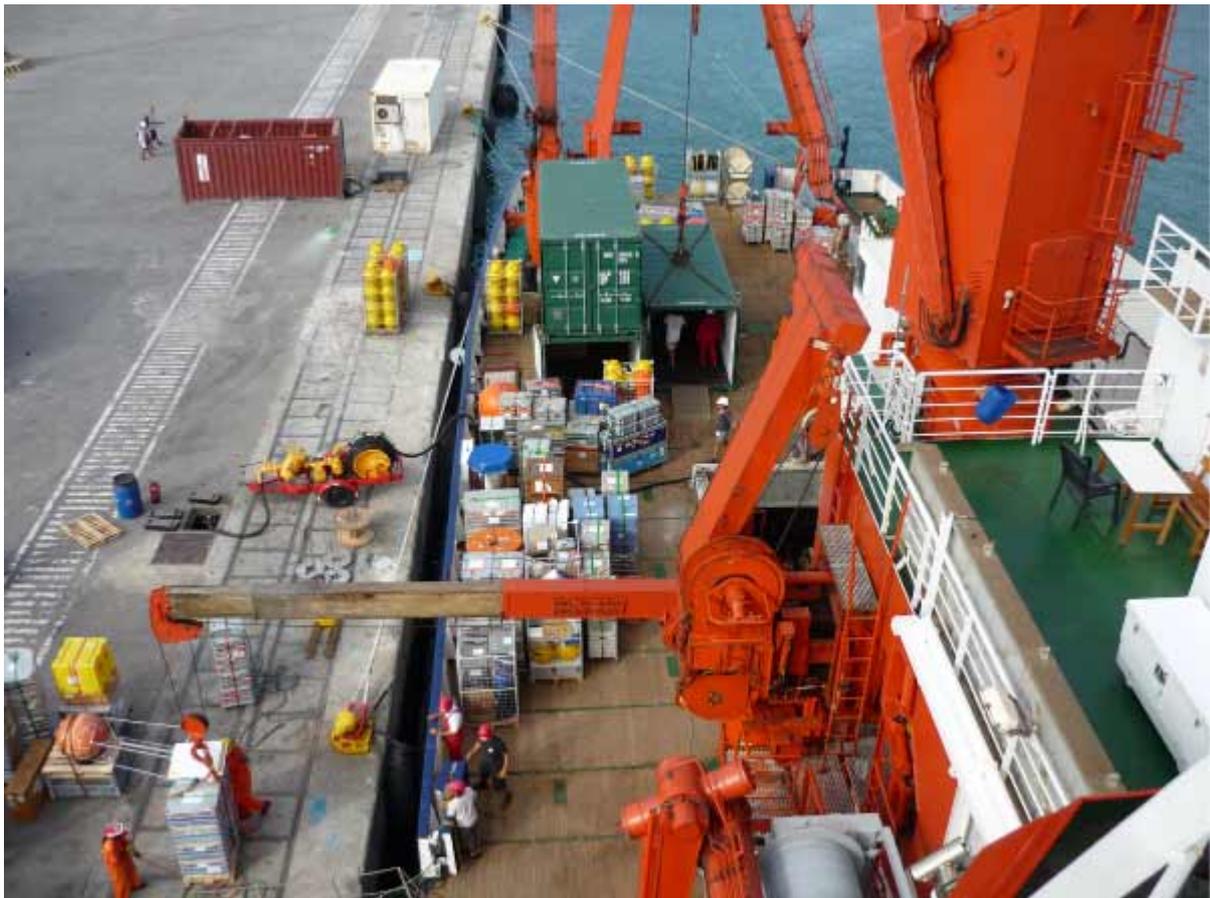


Abb. 1: Die Arbeiten, die bereits am Freitag den 23. 10. 2009 durch eine kleine schlagkräftige Voraustruppe durchgeführt wurden, erlaubten dann der vollen Wissenschaftsmannschaft am Samstag und Sonntag das wissenschaftliche Gerät einsatzfähig zu machen.

Ladeaktionen

Mindelo, Kap Verden am Wochenende und 7 Container voll mit Expeditionsausrüstung waren die erste Herausforderung auf der Meteor Forschungsfahrt M80/1. Nicht nur, dass alle schweren Güter wie Anker, massenweise Auftriebskugeln und etwa 40 km Draht an Bord genommen werden mussten, es mussten auch Messgeräte, Probenbehälter und Computer in den Labors aufgebaut, seefest verstaut und angeschlossen werden.



Abb. 2: Die obersten Instrumente der TENATSO Verankerung sind dicht an der Oberfläche, was sich hier durch starken Bewuchs und abgerissene Fischerei-Langleinen zeigt.

TENATSO Zeitserienstation

Bereits wenige Stunden nach dem Auslaufen begann die Bergung der interdisziplinären Verankerung etwas nördlich von Sao Vicente in 3600m Wassertiefe. Die TENATSO Station ist stark vom Nord-Ost-Passat beeinflusst und der regelmäßige Staubeintrag vom afrikanischen Festland spielt in dieser Region eine große Rolle. Mit ihm gelangen Nährstoffe ins ansonsten nährstoffarme Wasser. Die Verankerung mit einer Vielzahl von Instrumenten darunter Temperatur-, Salzgehalts- und Sauerstoffsensoren, Strömungsmesser, Sedimentfallen wird seit mehreren Jahren genutzt, um kontinuierliche Zeitserien von physikalischen und biogeochemischen Parametern zu gewinnen. Seit Oktober 2008 wird die Station monatlich vom kapverdischen Forschungsschiff „Islandia“ unseres Partnerinstituts INDP angefahren. Dabei werden Wasserproben aus den oberen 500 m für verschiedene Parameter genommen, darunter Nährstoffe, Sauerstoff, gelöster organischer und anorganischer Kohlenstoff, Alkalinität, Chlorophyll und DNA-Proben. Da die „Islandia“ seit Juni 2009 defekt in der Werft liegt war eine Beprobung während M80/1 umso wichtiger. Auf

unserer Reise konnten Proben für die oben genannten Parameter aus der kompletten Wassersäule genommen werden. Darüber hinaus wurden Proben für Tracer (SF₆, CFC12 und andere) und Spurenmetalle (Eisen, Mangan und Kupfer) sowie die ozeanische Vermischung mit der Mikrostruktursonde gemessen.

Gleiter

Gestern, am 30.10.2009, haben wir einen unserer autonomen Gleiter nach einer 9 wöchigen Messfahrt bei etwa 8°N, 23°W erfolgreich wieder aufgenommen. Der Gleiter wurde am 21.8.2009 südlich von Mindelo auf den Kapverden ausgelegt und hat seitdem 1300 km zurückgelegt. Während seiner Reise durch die Kapverden und weiter Richtung Süden tauchte er alle 5 km auf 1000 m Tiefe ab und sammelte dabei Messwerte für Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoffgehalt, Chlorophyllkonzentration und Trübung. Diese Messfahrt ist die bisher längste, die ein Gleiter des IFM-GEOMAR durchführen konnte. Mehr Information über die autonomen Gleiter des IFM-GEOMAR sowie die dabei gewonnenen Daten gibt es auf <http://gliderweb.ifm-geomar.de>.

Ein Wort zu unserem Gast an Bord: Holger von Neuhoff, Buchautor und freier Kurator des „Meeresforschungsdecks“ im Internationalen Maritimen Museum Hamburg (IMMH). Von morgens bis abends ist er fleißig mit seinen Kameras unterwegs. Vor der Reise dokumentierte er in Mindelo bereits die Vorbereitung der Glider im INDP, dann Ankunft und Beladen der METEOR. Die Außendokumentation des Schiffes am Ende dieser ersten Woche ist beendet. Auch wurden die wissenschaftlichen Arbeiten an verschiedenen Stationen dokumentiert. Grund seiner Reisetilnahme: Die geplante Ausstellung über die „Meteore“, insbesondere Erarbeitung der verschiedenen Arbeitsansätze in der Wissenschaft damals und heute. Vorbereitung von Diskussionsreihen im Jahr 2010/2011 im IMMH. Parallel zur Expedition wird zurzeit im Museum ein Sonderprogramm für Schulen angeboten, ebenso Führungen für Erwachsene. Der Blog beim Hamburger Abendblatt (HA, www.abendblatt.de/meteor), wurde zunächst nur als „Randnotiz“ bei der eigentlichen Recherche gesehen, erfreut sich aber nach Auskunft vom HA einer sehr guten Frequenz und Resonanz.

Insgesamt ist trotz der hohen Arbeitsintensität gleich zu Beginn der Reise die Stimmung sehr gut und die Zusammenarbeit mit Kapitän Walter Baschek und der Besatzung Meteor klappt hervorragend. Beim Passieren der PIRATA Boje bei 11.5°N, 23°W konnten auch schon reichlich Fische gefangen werden, die - vom Koch erstklassig zubereitet - unseren Speiseplan bereicherten.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M80/1

2. Wochenbericht M80/1, Mindelo-Mindelo

2.11.-8.11.2009

Die zweite Woche der METEOR-Reise M80/1 stand ganz im Zeichen des Äquators. Wissenschaftlich gesehen ist der Äquator von besonderem Interesse. Zum Beispiel gibt es hier sehr starke Strömungen, der stärkste unter ihnen ist der Äquatoriale Unterstrom. Unterhalb der westwärts gerichteten Oberflächenströmung transportiert dieser Strom in etwa 100m Tiefe salzreiches Wasser vom westlichen Rand des Atlantiks bis zum afrikanischen Kontinent. Auf seinem Weg nach Osten steigt das Wasser langsam auf und kühlt, wenn es die Oberfläche im Ostatlantik erreicht, die Oberflächentemperatur beträchtlich ab. Jahreszeitlich sind die kältesten Temperaturen am Äquator im August zu erwarten mit bis zu 22°C. Auf unserem Kurs lag die Oberflächentemperatur zwischenzeitlich noch unter 25°C bei ansonsten 28-29°C im Bereich der Tropen. Jahreszeitliche und mehrjährige Änderungen des Äquatorialen Unterstroms werden im Rahmen des BMBF Verbundprojekts „Nordatlantik“ mit Hilfe eines Arrays von verankerten Strömungsmessern untersucht. Dieses Array besteht aus 5 Verankerungen, die entlang des 23°W-Längengrades zwischen 2°N und 2°S ausliegen. Hauptarbeit der letzten Woche war die Aufnahme und Wiederauslegung dieser Verankerungen. Zusammen mit den Verankerungsarbeiten bei 5°N haben wir innerhalb von 7 Tagen 9 Verankerungsbewegungen vollbracht - 5 Aufnahmen und 4 Auslagen. Damit haben wir bisher alle Verankerungen erfolgreich geborgen. Nahezu alle Instrumente haben die 20 Monate seit der letzten Auslegung hervorragend gearbeitet und nun wartet eine große Datenmenge auf eine detaillierte Analyse bezüglich des Einflusses der beobachteten Strömungen auf Oberflächentemperatur und Klima im atlantischen Raum.

Tiefenzirkulation

In Zusammenarbeit mit dem Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI) in den USA werden bei der jetzigen Wiederauslegung des Verankerungsarrays auch profilierende Instrumente zur Vermessung des tiefen Ozeans eingesetzt. Diese Instrumente werden durch einen Motor angetrieben und sollen den Verankerungsdraht zwischen 3500m und 1000m Wassertiefe herauf- und herunterlaufen und das etwa 150 Mal während ihrer geplanten anderthalbjährigen Verankerungszeit. Dabei messen sie Temperatur, Salzgehalt und Strömungen und erlauben damit einen detaillierten Einblick in das äquatoriale Tiefenstromsystem. Der zu vermessende Tiefenbereich wird durch Wassermassen dominiert, die ihren Ursprung im Nordatlantik haben. Ihre Ausbreitung ist Teil der globalen Umwälzung von Warm- und Kaltwassermassen und folgt gerade am Äquator sehr komplizierten

Pfaden. Starke ost- und westwärts gerichtete Strömungen führen hier zur Verfrachtung von nordatlantischem Tiefenwasser von einer Seite des Ozeans zur anderen und verlangsamen und dämpfen damit die Ausbreitung von Signalen der Änderung der Umwälzzirkulation von der Nord- in die Südhalbkugel.



Abb. 1: Ein Profiler verlässt das Schiff und soll hier am Äquator Wassermasseneigenschaften und Strömungen zwischen 3500m und 1000m Tiefe vermessen.

Inkubationen

Im Rahmen des SFBs 754 untersuchen wir mit einer Reihe von Inkubationsexperimenten verschiedene Prozesse des Stickstoffkreislaufs, vor allem der Stickstoffaufnahme. Stickstoff kommt in der Umwelt in verschiedenen organischen und anorganischen Verbindungen vor. Gasförmiges N_2 macht mit 78% der Atmosphäre den größten Teil aus, ist aber für die meisten Organismen nicht verwertbar. Die häufigsten anorganischen Stickstoffverbindungen sind Ammonium (NH_4^+), Nitrat (NO_3^-), und Nitrit (NO_2^-), doch sind sie im offenen Ozean oft ein limitierender Faktor für die Primärproduktion. Stickstoff kommt in zwei stabilen Isotopen vor, ^{14}N (99,63%) und ^{15}N (0,37%). Während unserer Reise sammeln wir jeden zweiten Tag Wasserproben aus den oberen 600 m für die Inkubationen und setzen Verbindungen mit schwerem Stickstoff zu. Zu Hause wird dann das natürliche Vorkommen und die Anreicherung nach den Inkubationen vermessen. Damit wollen wir Raten von Stickstofffixierung und von der Aufnahme anorganischer Verbindungen untersuchen. Zusätzlich werden Proben für Nährstoffanalyse, DNA/RNA und Filter für die Analyse und Quantifizierung der Bakteriengesellschaft genommen.

Turbulenzmessung vom Gleiter

Am 4. November wurde ein neu entwickeltes selbstregistrierendes Mikrostrukturmesssystem auf einen Gleiter montiert und am Äquator ausgesetzt. Der

MicroRider misst mit einer sehr hohen Aufzeichnungsrate Geschwindigkeits-, Temperatur- und Salzgehaltsänderungen von turbulenten Wirbeln im Milli- bis Zentimeterbereich. Daraus wird die Stärke der Vermischung von unterschiedlichen Wassermassen im Ozean abgeleitet. Strom bezieht der MicroRider über den Gleiter, der darüber auch den Zeitpunkt der Datenaufnahme steuert. Dies ist der weltweit erste Einsatz des gekoppelten MicroRider – Gleiter Systems. Mit den autonomen Messungen können Zeitserien von Vermischungsereignissen in den oberen 1000m der Wassersäule von mehreren Wochen gewonnen werden. Momentan bewegt sich der Gleiter auf einem Rechteckkurs um unsere Verankerung am Äquator bis er auf unserem Rückweg wieder aufgenommen wird. Wir sind schon sehr gespannt auf die ersten Datensätze.

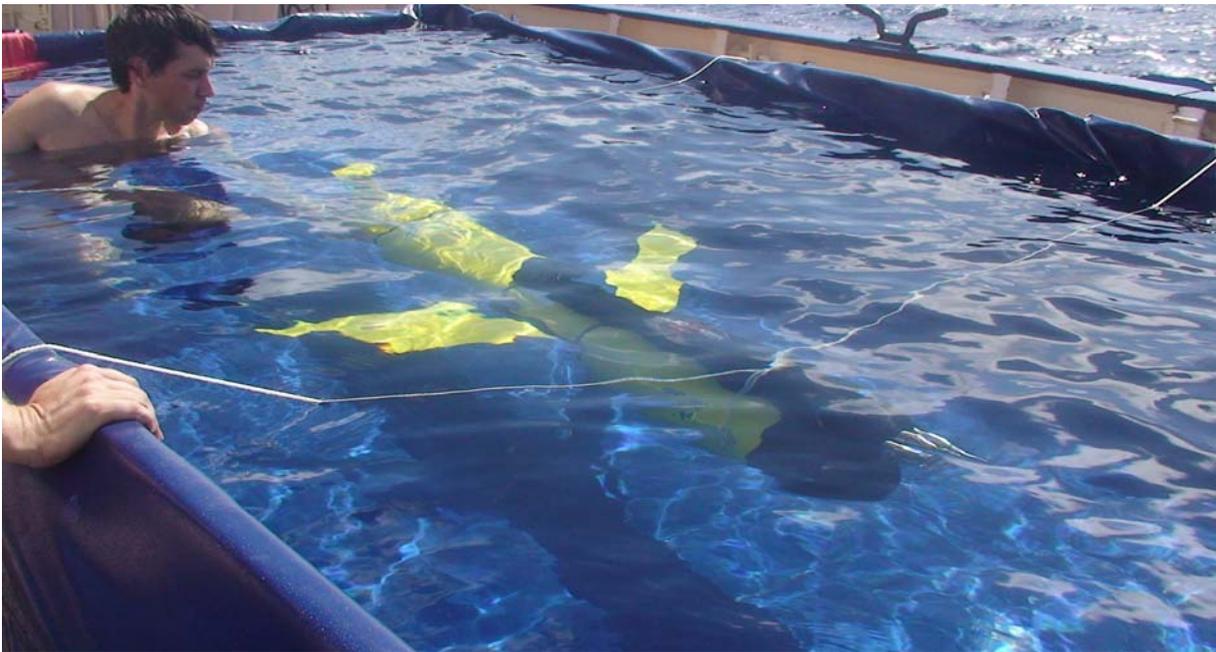


Abb. 2: Die letzte Funktionskontrolle des Gleiters mit aufgesetztem MicroRider vor dem Einsatz erfolgte im Pool der Meteor.

Morgen werden wir den südlichsten Punkt unserer Reise bei 6°S erreichen. Damit haben wir das äquatoriale Stromsystem auch mit dem schiffsgestützten akustischen Strömungsmesser (ADCP) einmal vollständig erfasst. Da das 75 kHz ADCP der Meteor vor kurzem ausgefallen ist und erst zur nächsten Werftzeit repariert werden kann, benutzen wir hier das 75 kHz ADCP vom Forschungsschiff Poseidon, die ihrerseits gerade Werftzeit hat. Das Gerät wurde im Seeschacht installiert und liefert von Beginn an hervorragende Strömungsdaten aus den oberen 600m der Wassersäule. Am südlichsten Punkt werden wir die erste Hälfte der Reise mit einem Grillabend ausklingen lassen und uns dann wieder auf den Weg zurück zum Äquator begeben.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M80/1

Anhang: Rendezvous am Äquator

Direkt am Äquator bei 23°W geographischer Länge trafen sich die beiden großen deutschen Forschungsschiffe POLARSTERN und METEOR. Für beide Schiffe ist es der Mittelpunkt ihrer Mission zur Erforschung des Klimas im tropischen Atlantik. Und es ist ein besonders geschichtsträchtiger Ort: hier in diesem Gebiet hatte bereits während der Deutschen Atlantischen Expedition von 1925 bis 1927 das Vermessungsschiff METEOR – die erste METEOR – die Hydrographie des tropischen Atlantik detailliert erforscht. Nur wenige Fahrtteilnehmer von M80/1 erinnern sich an Forschungsreisen mit dem „Weißen Schwan“ – der zweiten METEOR. Senior Wissenschaftler Jürgen Fischer erinnert sich: „Ende der 1970er Jahre waren große internationale Programme zur tropischen Ozean-Atmosphärenforschung in Planung, und als 1979 die große FGGE Äquator Expedition (auch mit Stationsarbeiten hier bei 23°W) stattfand, machte ich gerade mein Diplom und war ein bisschen neidisch auf die Tropenfahrer: da wollte ich auch forschen! Später während der METEOR Reise 14/2, dann eine Reise mit der jetzigen und dritten METEOR, hat sich dieser Traum erfüllt.“



Abb. 3: POLARSTERN und METEOR am Äquator bei 23°W geographischer Länge.

Auch heute steht der Äquator und gerade der 23°W Längengrad im Focus einer internationalen Forschungsinitiative, dem Tropischen Atlantischen Klimaexperiment auch kurz TACE genannt. In diesem Programm, das im Jahr 2006 begann und 2011

beendet sein wird, soll die Möglichkeit von Klimavorhersagen im tropischen Atlantik untersucht werden. Gerade die Intensität der Niederschläge über Teilen von Afrika und Südamerika mit ihrer großen sozio-ökonomischen Bedeutung ist eng mit den Vorgängen im und über dem Ozean verbunden. Sowohl die POLARSTERN als auch die METEOR leisten ihren Beitrag zur Erforschung des tropischen Klimas. Während sich die POLARSTERN auf die Atmosphäre und dabei insbesondere auf Strahlung, Wolken und den Eintrag von Saharastaub in den Ozean konzentriert, befasst sich das Forschungsprogramm der METEOR mit dem Ozean, mit den Strömungen, dem Wärmebudget sowie dem Sauerstoff- und Kohlenstoffkreislauf.



Abb. 3: Die Fahrtleiter Andreas Macke und Peter Brandt zusammen mit Kapitän Walter Baschek im Funkraum der METEOR.

Während unseres Rendezvous am Äquator wurden Schlauchboote zu Wasser gelassen und wissenschaftliche Besatzungen und Mannschaften besuchten sich gegenseitig. Forschungsergebnisse wurden ausgetauscht und Vorteile und Besonderheiten der Schiffe im Arbeitsalltag diskutiert. Andreas Macke (IFM-GEOMAR), Fahrtleiter auf der POLARSTERN, besuchte zunächst die METEOR. Hier traf er sich zusammen mit der Fahrtleiter der METEOR Peter Brandt (IFM-GEOMAR) und Kapitän Walter Baschek zu einem Radio Interview. Danach ging es für beide Fahrtleiter auf die POLARSTERN. Gegen 12 war das Treffen auch schon beendet und beide Schiffe konzentrierten sich wieder auf die Forschung. Während METEOR mit der Auslegung einer Strömungsmesserverankerung am Äquator begann, dampfte POLARSTERN langsam gen Süden davon.

3. Wochenbericht M80/1, Mindelo-Mindelo

9.11.-15.11.2009

Zurück vom südlichsten Punkt unserer Reise bei 6°S durchquerten wir auf unserem Weg nach Norden ein zweites Mal das äquatoriale Stromsystem. Dabei konnten die Arbeiten im Rahmen des BMBF Verbundvorhabens „Nordatlantik“ zu den jahreszeitlichen und mehrjährigen Änderungen des Äquatorialen Unterstroms abgeschlossen werden. Alle 5 Langzeitverankerungen des äquatorialen Arrays konnten erfolgreich geborgen und wieder ausgelegt werden. Die Aufnahme der jetzt ausgelegten Verankerungen wird dann im Nordsommer 2011 erfolgen.

Während der verschiedenen Arbeiten in Äquatornähe wurden kontinuierlich Strömungen des oberen Ozeans erfasst. Dafür benutzen wir im Schiff eingebaute Strömungsmessgeräte, die mittels Akustik die Ozeangeschwindigkeiten messen – sogenannte „Ocean Surveyor“ ADCP's. Auf Meteor gibt es zwei solche Geräte, die wahlweise eingesetzt werden. Eines arbeitet mit einer Frequenz von 75kHz für eine bessere Auflösung und höhere Messgenauigkeit bei geringerer Reichweite (ca. 600m) und eines mit 38kHz für Reichweiten bis über 1000m Wassertiefe. Abb. 1 zeigt das äquatoriale Stromsystem wie es mit dem 75kHz „Ocean Surveyor“ auf Südkurs vermessen wurde.

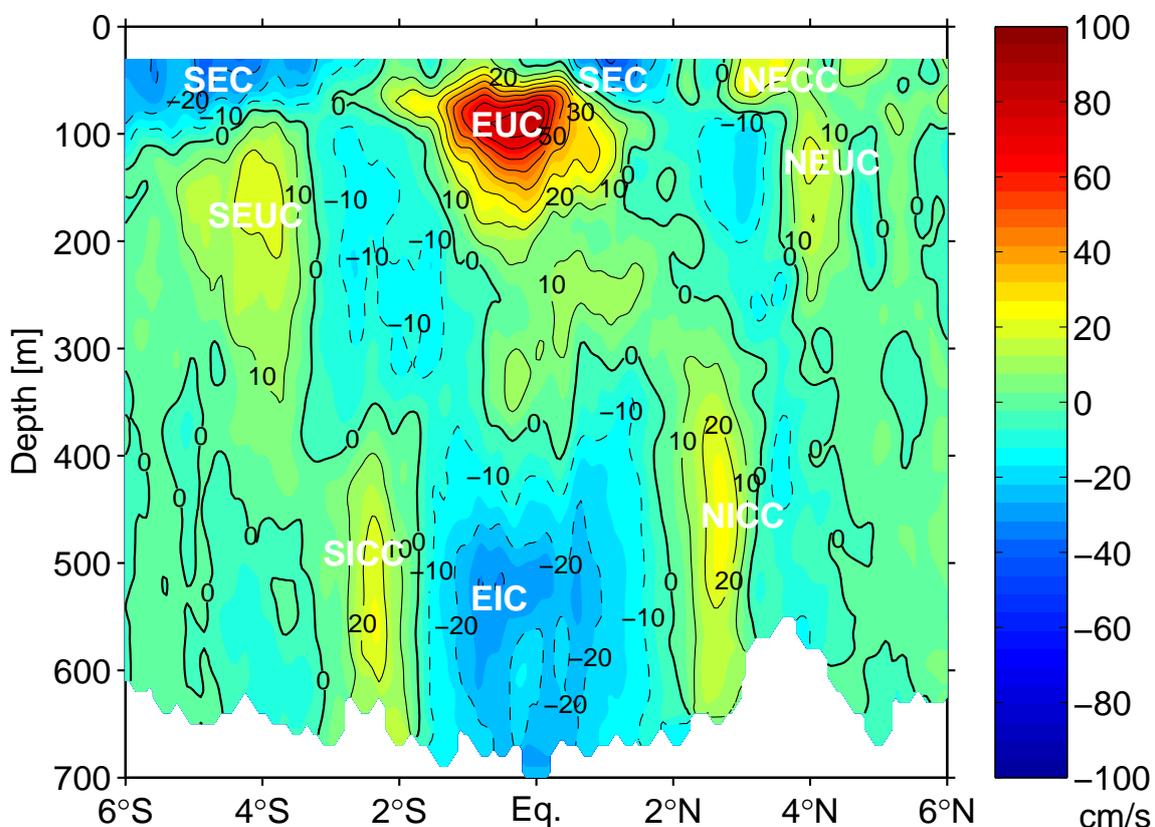


Abb. 1: Das äquatoriale Stromsystem gemessen mit dem 75kHz „Ocean Surveyor“ zwischen 6°N und 6°S. Rot und gelb markieren ostwärtige Strömungen, blau westwärtige.

Das äquatoriale Stromsystem ist durch verschiedene zonale (ost- und westwärtige) Strombänder charakterisiert, wobei der etwa 200km breite Äquatoriale Unterstrom (EUC) der Strom mit den höchsten Strömungsgeschwindigkeiten (hier über 80cm/s) und Massentransporten ist. Zurzeit ist der EUC saisonal besonders stark ausgeprägt, sowohl was Geschwindigkeit als auch Querschnittsfläche anbelangt. Oberhalb des EUC gibt es, angetrieben von den Südostpassatwinden, die gegenläufigen (westwärtigen) Bänder des Südäquatorialstromes (SEC). In 100-300m Tiefe existieren weitere ostwärtige Unterströme nördlich und südlich des Äquators: der Südäquatoriale Unterstrom (SEUC) und sein nördliches Gegenstück, der NEUC, wobei die Intensität dieser Strömungen sehr unterschiedlich ist, der südliche Unterstrom ist stärker als der nördliche.

Die Strömungsmessungen stellen einen detaillierten Schnappschuss der Strömungen im äquatorialen Atlantik dar und sind wichtiger Bestandteil der wissenschaftlichen Analysen. Aber auch bei unserer täglichen Arbeit an Bord sind sie von zentraler Bedeutung. So muss die langsame Fahrt mit dem Schiff bei den Verankerungsauslegungen immer unter Einbeziehung der Strömungen geplant werden, um am Ende die Verankerung auch auf die im Voraus gewählte Position absetzen zu können. Natürlich sind solch starke Strömungen auch für die Kontrolle unserer Gleiter von Bedeutung, die selbst mit nur etwa 25 cm/s durchs Wasser gleiten.

Der Einsatz unserer 3 Gleiter an Bord ist mit unterschiedlichem Erfolg abgeschlossen. Nach der erfolgreichen Mission des ersten Gleiters, der südlich von Mindelo, Kapverden ausgelegt wurde und der etwa 1300km bis 8°N zurückgelegt hatte, konnte auch der zweite Gleiter seine Mission am Äquator erfolgreich beenden. Er umrundete, mit einer Mikrostruktursonde im Huckepack, unsere äquatoriale Verankerung mehrfach. Während der achttägigen Gleitermission hat der MicroRider 256 Mikrostrukturprofile aus den oberen 350m der Wassersäule aufgezeichnet. Darüber hinaus konnte eine oberflächennahe Kurzzeitverankerung, die auf unserer äquatorialen Verankerung angebracht war, erfolgreich geborgen werden. An der Kurzzeitverankerung waren ein 1200kHz ADCP und ein Doppler Volume Sampler (Teledyne RD Instruments) angebracht. Aus beiden Strömungsdatensätzen kann die Stärke der Turbulenz an der Unterkannte der Deckschicht bestimmt werden. Die Datensätze von Gleiter, Mikrostruktursonde und Verankerung geben ein detailliertes Bild der Vermischungsprozesse am Äquator während unserer Forschungsfahrt. Sie vervollständigen die beträchtliche Datenbasis aus dem äquatorialen Atlantik, die im Rahmen eines DFG - Emmy Noether Programms während vieler vorangegangener Forschungsfahrten gelegt wurde.

Der dritte Gleiter, der vom Äquator nach Norden geschickt werden sollte, hat uns sehr viel mehr Kopfzerbrechen bereitet. Bei seiner ersten Auslegung meldete er eine undichte Stelle. Diese konnte trotz intensiver Bemühungen sowie dem Auswechseln

verschiedener Bauteile letztlich nicht lokalisiert werden. Anstatt seiner geplanten Mission zu folgen, tritt dieser Gleiter nun seinen Weg nach Norden mit uns auf dem Schiff an.

Viele Grüße aus den Tropen,

Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M80/1

Anhang: Brief vom Historiker Dr. Frank Holl, renommierter Verfasser von einigen Werken über Alexander von Humboldt, an unseren Mitfahrer Holger von Neuhoff (zur Veröffentlichung freigegeben).

Lieber Holger,

Ihr reist und forscht mit der Meteor zwar mehr als 210 Jahre nach Alexander von Humboldt. Trotzdem gibt es erstaunliche Parallelen. Es ist nicht nur sein damaliger ökologischer und von politischem Verantwortungsbewusstsein geprägter Forschungsansatz, der uns heute so verblüffend aktuell erscheint. Es sind auch ganz persönliche Empfindungen, in denen sich bestimmt manch einer wiederfindet, wenn er sich heute auf einem modernen Forschungsschiff dem Äquator nähert. Anbei schicke ich Dir einen Ausschnitt aus Humboldts Bericht über seine Überquerung des Atlantiks als Passagier der spanischen Korvette Pizarro. Diese Überfahrt begann am 13. Mai 1799 in La Coruña in Spanien und endete, nach einer Zwischenlandung auf Teneriffa, am 16. Juli 1799 in Cumaná an der Nordküste Venezuelas.

Herzliche Grüße

Dein Frank

Seit unserem Eintritt in die heiße Zone wurden wir nicht müde, in jeder Nacht die Schönheit des südlichen Himmels zu bewundern, an dem, je weiter wir nach Süden vorrückten, immer neue Sternbilder vor unseren Blicken aufstiegen. Ein sonderbares, ganz unbekanntes Gefühl wird in einem rege, wenn man bei der Annäherung an den Äquator und namentlich beim Übergang aus der einen Halbkugel in die andere sieht, wie die Sterne, die man von frühester Kindheit an gekannt, immer tiefer hinabrücken und endlich verschwinden. Nichts mahnt den Reisenden so lebhaft an die ungeheure Entfernung neuen Himmels. Die Gruppierung der großen Sterne, einige zerstreute Nebelflecke, die an Glanz mit der Milchstraße wetteifern, Strecken, die sich durch ihr tiefes Schwarz auszeichnen, geben dem südlichen Himmel eine ganz eigentümliche Physiognomie. Dieses Schauspiel regt selbst die Einbildungskraft von Menschen an, die den physischen Wissenschaften sehr ferne stehen und zum Himmelsgewölbe aufblicken, wie man eine schöne Landschaft oder eine großartige Aussicht bewundert. Man braucht kein Botaniker zu sein, um schon am Anblick der Pflanzenwelt den heißen Erdstrich zu erkennen, und wer auch keine astronomischen Kenntnisse hat, wer von Flamsteeds und Lacailles Himmelskarten nichts weiß, fühlt, dass er nicht in Europa ist, wenn er das ungeheure Sternbild des Schiffs oder die leuchtenden Magellanschen Wolken am Horizont aufsteigen sieht. Erde und Himmel, allem in den Äquinoktialländern drückt sich der Stempel des Fremdartigen auf. [...] Unsere freudige Genugtuung beim Erscheinen des Südlichen Kreuzes wurde lebhaft von denjenigen unter der Mannschaft geteilt, die in den Kolonien gelebt hatten. In der Meereseinsamkeit begrüßt man einen Stern wie einen Freund, von dem man lange Zeit getrennt gewesen.

4. Wochenbericht M80/1, Mindelo-Mindelo

16.11.-22.11.2009

Nördlich des Äquators konzentrierten sich unsere Untersuchungen auf das sauerstoffarme Gebiet im tropischen Nordatlantik. Die Untersuchungen sind Bestandteil des DFG Sonderforschungsbereichs 754 „Klima-Biogeochemie Wechselwirkungen im tropischen Ozean“. Im Bereich zwischen den Kapverden und etwa 5°N, in Tiefen zwischen 300 und 700m befindet sich die sogenannte Sauerstoffminimumzone. Diese Zone entsteht aufgrund geringer Sauerstoffzufuhr mit den eher schwachen Strömungen, bei gleichzeitig hohem Sauerstoffverbrauch durch den Abbau von biologischem Material, das aus der lichtdurchfluteten Schicht in die Tiefe sinkt. Südlich der Sauerstoffminimumzone, in Äquatornähe, wird sauerstoffreiches Wasser mit den ostwärtigen Strömungen (siehe 3. Wochenbericht) vom westlichen Rand des Atlantiks in den Ostatlantik transportiert. Wie das sauerstoffreiche Wasser dann tatsächlich von etwa 2-3°N in den Bereich der Sauerstoffminimumzone gelangt, ist Bestandteil der momentanen Untersuchungen. Dabei werden verschiedene Beobachtungssysteme eingesetzt. Zum einen ist das die CTD (Salzgehalt, Temperatur, Tiefe) Sonde mit dem Kranzwasserschöpfer an Bord von Meteor. Sie liefert hochgenaue Messungen an Stationen im Abstand von etwa 50 km und erlaubt gleichzeitig eine Untersuchung der dabei gewonnenen Wasserproben hinsichtlich verschiedener biologischer und chemischer Parameter. Der 23°W Meridian ist dabei ein bevorzugter Wiederholungsschnitt, der auch von Forschungsschiffen aus den USA und Frankreich angefahren und vermessen wird. Im Rahmen der sehr guten internationalen Kooperation im tropischen Atlantik steht somit ein sehr detaillierter Datensatz zur Verfügung, mit dem die Abnahme der Sauerstoffkonzentration in den letzten Jahren verfolgt werden konnte. Ob sich dieser Abwärtstrend so fortsetzt, kann erst nach Kalibrierung der gewonnenen Daten genau gesagt werden.

Neben der mittleren Sauerstoffkonzentration in großen Meeresgebieten, die entscheidend für die dort lebenden Organismen aber auch für verschiedene chemische Prozesse ist, interessiert uns auch die Variabilität des Sauerstoffs auf sehr viel kleineren Skalen. Um die Sauerstoffvariabilität im Bereich von wenigen Kilometern auflösen zu können, werden z.B. Gleiter eingesetzt. Sie erreichen einen typischen Abstand zwischen 2 Profilen von 4-5 km und lösen damit die den Ozean durchziehende Filamente aus sauerstoffreichem Wasser auf. Neben Gleitermessungen kann man solche Filamente auch sehr gut mit verankerten Instrumenten vermessen. Dazu wurden im März 2008 bei 5°N und 8°N zwei Verankerungen ausgebracht, die mit modernsten CTD Profilern ausgerüstet waren. Solche Profiler fahren motorgetrieben den Verankerungsdraht herauf und herunter

und messen dabei Salzgehalt, Temperatur, Tiefe, Sauerstoff und Strömungsgeschwindigkeit. Leider haben wir unsere Rechnung ohne die hiesigen Fischer gemacht. Ihre Langleinen verfangen sich in den Verankerungen und verhinderten schon nach kurzer Zeit (4 Monate bzw. wenige Tage) ein weiteres Auf- und Abfahren der Profiler. Dass es so kommen würde befürchteten wir schon bei der Auslegung der Profiler. Während der Reise im März 2008 hatten wir bei der Aufnahme einer Verankerung bereits etliche Langleinen vorgefunden. Damals bestand allerdings keine Möglichkeit die Instrumente zu ersetzen. In der Zwischenzeit haben wir das Design der Verankerung vollständig umgestellt und messen jetzt mit am IFM-GEOMAR entwickelten Sauerstoffsonden, mit verankerten CTDs und mit Strömungsmessern – alle in Käfigen montiert und somit gut geschützt vor Langleinen. Die Sauerstoffsonden wurden unter anderem auch schon auf der Verankerung bei 2°N eingesetzt und zeigten dort eine überraschend hohe Variabilität der Sauerstoffverteilung.

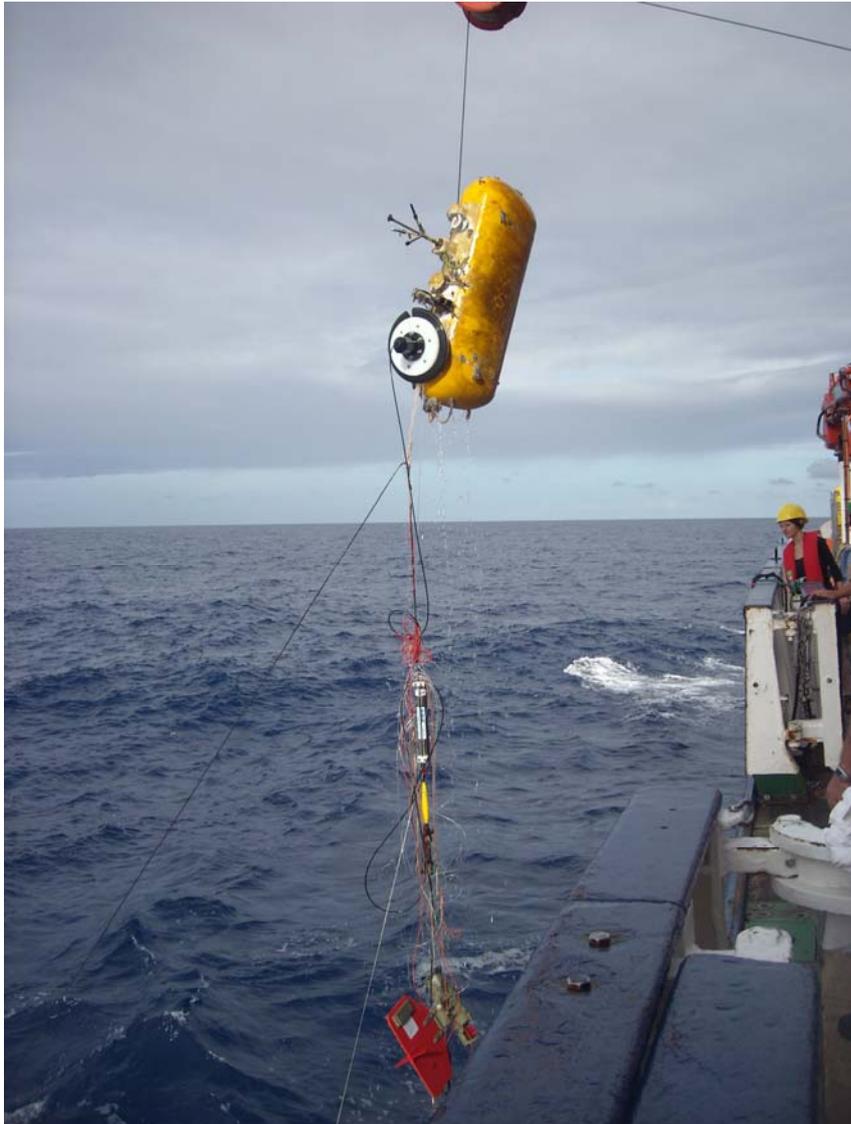


Abb. 1: Aufnahme eines verankerten CTD Profilers in der Sauerstoffminimumzone, der sich in Langleinen verfangen hat.

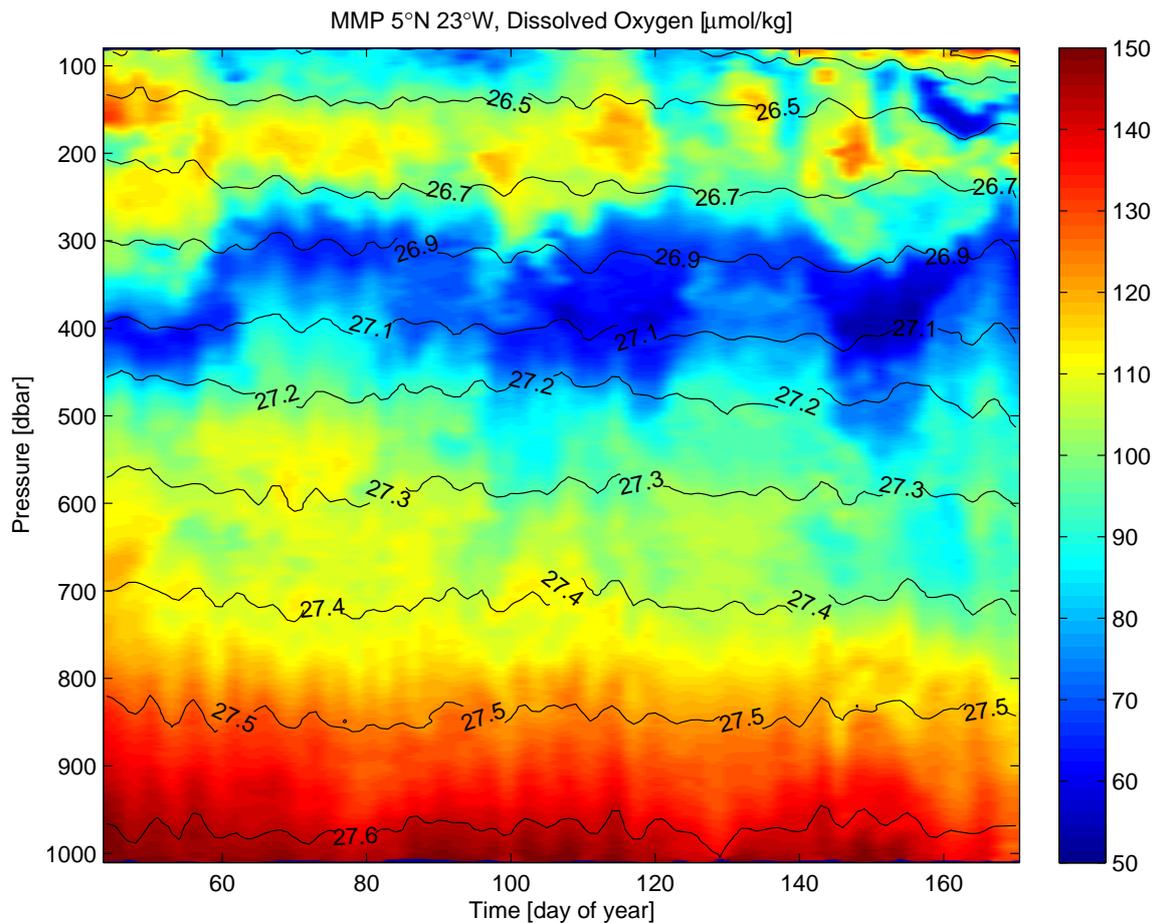


Abb. 2: Sauerstoffkonzentration gemessen mit dem verankerten CTD Profiler aus Abb.1 bei 5°N, 23°W über einen Zeitraum von etwa 4 Monaten. Niedrige Sauerstoffkonzentration ist durch blaue Farbe gekennzeichnet, schwarze Linien markieren Dichteflächen. Deutlich ist die hohe Variabilität auf kurzen Zeitskalen (Tagen bis Wochen) erkennbar.

Eine weitere Möglichkeit der Sauerstoffzufuhr zur Sauerstoffminimumzone ist, neben der horizontalen Sauerstoffzufuhr, die turbulente oder vertikale Vermischung. Eigens zur Untersuchung der vertikalen Vermischung wurde im Rahmen des SFB754 im April 2008 während einer Maria S. Merian Reise und Leitung von Prof. Dr. Martin Visbeck bei 8°N, 23°W ein Spurenstoff in etwa 300m Tiefe ausgebracht, dessen Vermischung – horizontal und vertikal – seitdem verfolgt wird. An diesem Ort haben wir während unserer Reise ein intensives Beobachtungsprogramm durchgeführt. Neben der Verankerungsaufnahme und anschließender Auslegung stand wieder der Einsatz von unserem Gleiter mit Mikrostruktursonde im Huckepack auf dem Programm. Die Turbulenzmessungen vom Gleiter dienen als Vergleichsmessungen zur Spurenstoffanalyse, um zusätzlich Informationen über die vertikale Verteilung der Stärke der Vermischung als auch über die zur Vermischung führenden Prozesse zu gewinnen. Während unserer Arbeiten bei 8°N konnten wir auch schon einmal ein Tiefenprofil des ausgebrachten Spurenstoffs vermessen. Die eigentliche großräumige Vermessung des Spurenstoffs steht dann auf dem Programm des nächsten Fahrtabschnitts unter Leitung von Prof. Dr. Doug Wallace.



Abb. 3: Gleiter „Deepy“ vor der Aufnahme nach seiner eintägigen Mission mit der Mikrostruktursonde im Huckepack.

Für uns ist die Forschungsfahrt mit dem Forschungsschiff Meteor fast abgeschlossen und wir können auf eine intensive, arbeitsreiche und unter dem Strich sehr erfolgreiche Reise zurückblicken. Garant für das Gelingen waren auch Kompetenz und Hilfsbereitschaft von Kapitän Walter Baschek und seiner Mannschaft – allen einen herzlichen Dank dafür. Am Montag werden wir in Mindelo einlaufen und für die meisten von uns geht es dann schon am nächsten Tag zurück nach Hause.

Viele Grüße aus den Tropen,
Peter Brandt und die Fahrtteilnehmer der Reise M80/1

Anhang: Historiker Dr. Frank Holl hat unserem Mitfahrer Holger von Neuhoff einen weiteren Brief zum Wirken Alexander von Humboldts geschickt, den wir Ihnen nicht vorenthalten wollen.

Lieber Holger,

es hat mich sehr gefreut, dass Alexander von Humboldts Beschreibung vom nächtlichen Meer am Äquator so großen Anklang fand bei Euch. Wie verblüffend nahe er uns mit seiner Sicht der Welt ist, zeigen auch seine Forschungen zum Klimawandel. Kaum jemand weiß, dass er bereits im Jahr 1843 drei elementare anthropogene Klimafaktoren vollkommen korrekt beschrieben hat. In seinem Buch *Central-Asien – Untersuchungen über die Gebirgsketten und die vergleichende Klimatologie* findet sich der Satz: „Das Klima der Kontinente und die Wärmeabnahme in der Luft [werden beeinflusst durch die Veränderungen], welche der Mensch auf der Oberfläche des Festlands durch Fällen der Wälder, durch die Veränderung in der Verteilung der Gewässer und durch die Entwicklung großer Dampf- und Gasmassen an den Mittelpunkten der Industrie hervorbringt.“

Bereits auf seiner amerikanischen Reise (1799 – 1804) befasste er sich intensiv mit der Klimawirkung des Waldes. In sein Reisetagebuch notierte er im Jahr 1800 während seiner Expedition durch Venezuela: „Unbegreiflich, dass man im heißen, im Winter wasserarmen Amerika so wütig als in Franken abholzt und Holz- und Wassermangel zugleich erregt.“ Er sprach vom „Menschenunfug [...], der die Naturordnung stört“, und kritisierte später in Mexiko die Landschaftszerstörung durch Entwässerungskanäle: „Die Spanier haben das Wasser als ihren Feind behandelt. [...] Der Wassermangel macht das Tal von Mexiko unfruchtbar, ungesund, das Salz nimmt zu, die Lufttrockenheit vergrößert sich.“ „Alles ist Wechselwirkung“, schrieb er in diesem Zusammenhang in sein Tagebuch. Wie sehr Humboldt bereits damals eine Philosophie der Nachhaltigkeit forderte, zeigt seine Warnung aus dem Jahr 1820: „Fällt man die Bäume, welche Gipfel und Abhänge der Gebirge bedecken, so schafft man in allen Klimazonen kommenden Geschlechtern ein zwiefaches Ungemach: Mangel an Brennholz und Wasser.“

Bis zu seinem Lebensende beschäftigte ihn der Einfluss des Waldes auf das Klima. Im Jahr 1858, kurz vor seinem Tod, wies er nochmals auf dessen überregionale Klimawirkung hin: „Ich erinnere daran, dass der größere Teil des Klimas nicht in dem Orte selbst, wo die Entholzung vorgeht, sondern viele hundert Meilen davon entfernt gemacht wird.“ Dass der Mensch allerdings schon in relativ naher Zukunft in der Lage sein könnte, das globale Klima zu ändern, und zwar vor allem durch die von ihm als Klimafaktor genannte „Entwicklung großer Gasmassen“, ahnte Humboldt nicht. In seinem Werk *Central-Asien* schreibt er: „Diese [anthropogenen] Veränderungen sind

ohne Zweifel wichtiger als man allgemein annimmt; aber unter den zahllos verschiedenen, zugleich wirksamen Ursachen, von denen der Typus der Klimate abhängt, sind die bedeutsamsten nicht auf kleine Lokalitäten beschränkt, sondern von Verhältnissen der Stellung, Konfiguration und Höhe des Bodens und von den vorherrschenden Winden abhängig, auf welche die Zivilisation keinen merklichen Einfluss ausübt.“ Damit hatte er zu seiner Zeit zweifellos recht: Im Jahr 1843 übte die Zivilisation auf den „Typus der Klimate“ noch so gut wie keinen Einfluss aus. Seither jedoch ist die Weltbevölkerung von 1,2 auf 6,6 Milliarden Menschen angewachsen. Vor allem der Ausstoß an CO₂ – dessen Wirkung als Treibhausgas Humboldt noch nicht kannte – hat sich inzwischen als bedrohlicher Klimafaktor erwiesen. Er stieg durch die Industrialisierung immens an. Seit Humboldts Bemerkung über die Gasemission als anthropogenen Klimafaktor nahm der CO₂-Ausstoß von 1840 bis heute um das Mehrtausendfache zu; die Gesamtkonzentration von CO₂ in der Atmosphäre ist in diesem Zeitraum von damals circa 280 ppm auf circa 385 ppm angestiegen. Humboldt hatte zwar den Klimafaktor Mensch erkannt, nicht aber dessen künftige, erschreckende Wirkung.

Herzliche Grüße

Dein Frank