

FS METEOR



Expedition M203 "BOWTIE"

10. August 2024 - 24. September 2024 | Mindelo - Bridgetown

5 . Wochenbericht (02. - 08.09.2024)

In der fünften Woche unserer Expedition haben wir unser Arbeitsgebiet im zentralen Atlantik bei 38°W erreicht. Auf dem Weg gen Westen hatten wir eine weitere koordinierte Messung mit dem EarthCare Satelliten (am 03.09) und dem Forschungsflugzeug HALO, sowie einen Überflug von HALO am 06.09, als das Flugzeug seine Basis von den Kapverden nach Barbados verlegte. Bei 8°N und 38°W haben wir drei Ozeangleiter und zwei Driftbojen ausgebracht, die in diesem Bereich messen, während wir mit der FS METEOR die ITCZ in Nord-Südrichtung vermessen. Die Geräte werden etwa nach 6 Tagen wieder eingesammelt, bevor wir unser Arbeitsgebiet weiter Richtung Westen verlegen.

Seit dem 15.8.2024 haben wir im Rahmen von BOWTIE von der FS METEOR aus 188 Radiosondenaufstiege durchgeführt (Stand: 8.9.2024). Es werden Sonden des Typs Vaisala RS41-SGPE verwendet, die durch mit Helium gefüllte Wetterballons bis in die Stratosphäre in Höhen von etwa 25 km aufsteigen können. Durch die starke Ausdehnung in geringem Umgebungsdruck platzt dort der Ballon und die Sonde fällt durch einen kleinen Fallschirm gebremst wieder zur Ozeanoberfläche. Dadurch können pro Sondenstart zwei atmosphärische Messprofile gewonnen werden. Die Sonde enthält Messfühler für Temperatur und relative Feuchte. Zusätzlich werden per GPS-Winddaten aus der Ballondrift abgeleitet. Die Messungen werden sekundlich per Radiowellen an die Receiver an Bord der FS METEOR übermittelt.

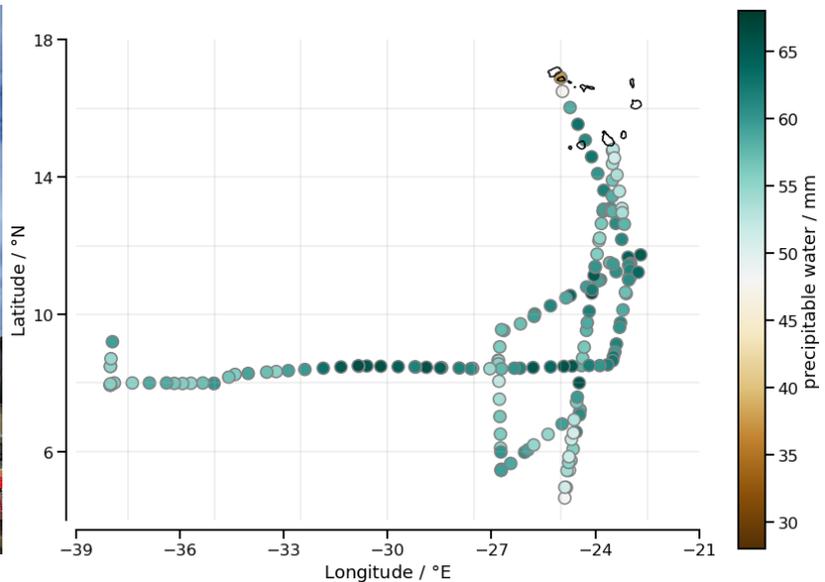


Abbildung 1: Start einer Radiosonde von der FS METEOR am 4.9.2024, 10:50 UTC (links). Die Punkte auf der rechten Grafik zeigen die Orte der bisherigen Radiosondenstarts von der FS METEOR. Die Färbung gibt den Wasserdampfgehalt der Atmosphärensäule an, der aus den Radiosondenmessungen berechnet wurde.

Radiosondenaufstiege sind trotz der Fortschritte in der Fernerkundung nach wie vor unersetzlich um Vertikalprofile essenzieller Atmosphärenparameter zu gewinnen. So gibt es weltweit etwa 800 Stationen, an denen täglich – häufig mehrmals – Radiosonden gestartet werden, und zwar insbesondere um Daten

für die Initialisierung von Wettervorhersagemodellen zu gewinnen. Im Rahmen von BOWTIE werden Vertikalprofile atmosphärischer Feuchte, Temperatur und Winde von der FS METEOR aus auch von Fernerkundungsinstrumenten wie LIDAR (siehe Abbildung 4) und Radiometergeräten gewonnen, die den Vorteil haben kontinuierlich messen zu können. Die Radiosondenaufstiege ermöglichen jedoch Messungen mit deutlich feinerer vertikaler Auflösung und sind von zentraler Bedeutung für die Evaluierung sowohl der Fernerkundungsgeräte an Bord der FS METEOR als auch der Retrievals des EarthCARE-Satelliten.

Üblicherweise erfolgen täglich acht Aufstiege, so dass die Sonden jeweils um 00 UTC und dann im dreistündlichen Rhythmus das Druckniveau 100 hPa (ca. 19 km Höhe erreichen). Für den Vergleich mit den Beobachtungen des HALO-Flugzeugs und des EarthCARE-Satelliten werden bei Überflügen gegebenenfalls zusätzliche Sonden gestartet. Einer der täglichen Aufstiege wird jeweils von Martin Stelzner, Techniker des DWD an Bord der FS METEOR, durchgeführt. Die Kooperationsbereitschaft von Martin und die Möglichkeit, neben Receivern des Max-Planck-Instituts für Meteorologie (MPI-Met) in Hamburg auch die Technik des DWD an Bord zu nutzen, erlauben die hohe Frequenz von Radiosondenaufstiegen in BOWTIE. Daten von jedem zweiten Aufstieg fließen so auch in Echtzeit in die Radiosondendatenbank der Weltmeteorologieorganisation (WMO) ein und stehen für die Wettervorhersage zur Verfügung. Positive Rückmeldung von US-Kollegen haben bereits den Wert dieser Daten aus einer für die Vorhersage tropischer Stürme zentralen aber schlecht beobachteten Region bestätigt.

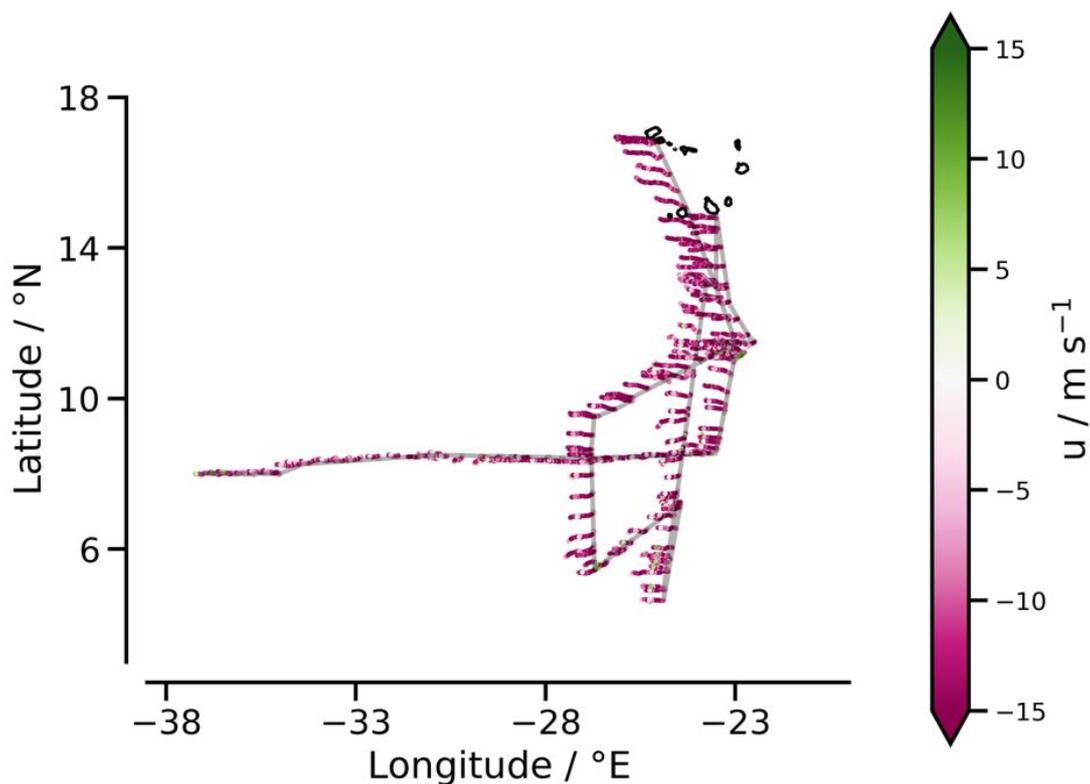


Abbildung 2: Trajektorien aller bis zum 5.9.2024 von der FS METEOR gestarteten Radiosonden Die Färbung gibt den Zonalwind an verschiedenen Punkten des Aufstiegs an. Die dominierende pinke Färbung stammt von den relativ starken Ostwinden, die bei allen Aufstiegen oberhalb der mittleren Troposphäre vorherrschen.

Abbildung 1 zeigt einen am 4.9. 2024 um 10:50 UTC gestarteten Ballon. In der Karte auf der rechten Seite sind die Orte aller Radiosondenstarts der BOWTIE-Kampagne bis zum 7.9.2024 markiert. Die Färbung gibt den vertikal integrierten Wasserdampfgehalt der Atmosphäre an, der aus den Radiosondenmessungen berechnet wurde. Um Vergleichbarkeit der einzelnen Aufstiege zu

gewährleisten erfolgt die vertikale Integration einheitlich vom Boden bis zum Drucklevel 100 hPa (etwa 19 km). Der Wasserdampfgehalt der darüber liegenden Atmosphäreschichten ist üblicherweise deutlich geringer als 1mm und kann vernachlässigt werden. Messwerte über 48 mm gelten als ein Charakteristikum der Intertropischen Konvergenzzone (ITCZ), d.h. jener Zone, in der die Konvergenz der Passatwinde Konvektion auslöst, und deren besseres Verständnis ein wesentliches Ziel der ORCESTRA-Kampagne ist, zu der BOWTIE die schiffsbasierten Messungen beiträgt. Nur die ersten Messungen, die noch im Hafen von Mindelo (Kapverden) gestartet wurden, zeigen Werte deutlich unterhalb von 48 mm und damit eine Position klar außerhalb der ITCZ an. Am 23.8.2024 erreichten wir bei etwa 4.5°N/25°E den südlichen Rand dieser Zone. Abbildung 2 zeigt die Trajektorien aller bis zum 5.9.2024 gestarteten Radiosonden. Insgesamt wurden alle Radiosonden nach Westen abgetrieben, obwohl bis etwa zum 2.9.2024 Monsunwinde aus westlichen Richtungen in der planetare Grenzschicht, und teilweise auch in Höhenregionen bis etwa 6 km vorherrschten. Über die gesamten Aufstiege wurden diese jedoch durch die darüber vorherrschenden östlichen Winde dominiert.

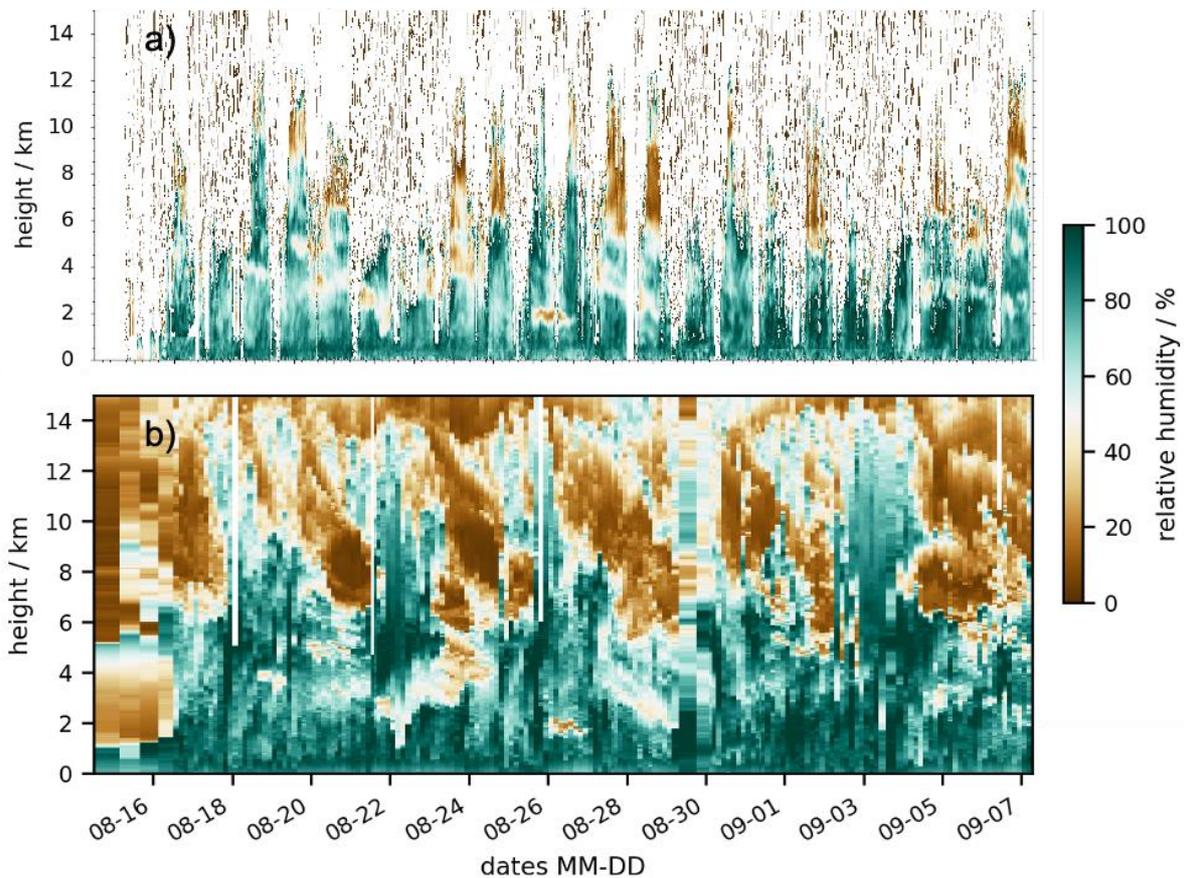


Abbildung 3: Vertikalprofile der relativen Feuchte (in Bezug auf Flüssigwasser) aus a) den Messungen mit dem LICHT-Lidar und b) den Radiosondenaufstiegen von der FS METEOR im tropischen Atlantik zwischen dem 15.8. und dem 7.9.2024.

Abbildung 3 beleuchtet die vertikale Verteilung der relativen Feuchte gemessen einerseits mit dem Raman-Lidar LICHT („Lidar for Cloud, Humidity and Temperature profiling“) des MPI-Met und andererseits mit den Radiosonden. LICHT wird an Bord der FS METEOR gemeinsam mit einer Kollegin des National Observatory von Athen, Griechenland, betrieben. Das Lidar-System kann kontinuierlich messen (die Daten der Abbildung wurden aus stündlicher Mittelung gewonnen) und liefert ein echtes Vertikalprofil Abbildung 4. Allerdings kann der Wasserdampfgehalt der Atmosphäre nur unterhalb von Wolken gemessen werden und nicht bei starker Sonneneinstrahlung und kleinem Zenitwinkel. Für die Zeiten, zu denen Messungen beider Systeme vorliegen, zeigt sich eine gute Übereinstimmung.

Abbildung 3 ist jedoch nicht nur ein Beispiel für die Evaluation der Fernerkundungsgeräte mit Hilfe der Radiosondenaufstiege, sondern auch aus meteorologischer Sicht von Interesse. Die zeitliche Abfolge relativ feuchter und trockener Atmosphärenzustände, die sich insbesondere zwischen etwa 6 und 14 km Höhe mit einer Periodizität von etwa 4 Tagen abwechseln, ist auf sogenannte „*African Easterly Waves*“ zurückzuführen. Diese westwärts wandernden atmosphärischen, konvektiv gekoppelten equatorialen Rossbywellen propagieren mit Phasengeschwindigkeiten zwischen üblicherweise etwa 5 und 10 m/s vom Afrikanischen Kontinent über den tropischen Atlantik. Sie sind insbesondere deswegen von Interesse, weil sich aus Ihnen tropische Tiefdruckgebiete und gelegentlich Hurrikane entwickeln können. Die Analyse der Vertikalstruktur dieser Wellen über dem Ozean wurde bisher hauptsächlich mit Hilfe von Modelldaten betrieben. Die im Rahmen von BOWTIE mit hoher zeitlicher Frequenz gewonnenen Vertikalprofile der Atmosphäre stellen eine zusätzliche Informationsquelle dar, um diese Wellen besser zu verstehen. Die bisher gewonnenen Daten zeigen, dass die Struktur der ITCZ zumindest im östlichen Atlantik stark von diesen Wellen beeinflusst wird.

In der kommenden Woche werden wir die Vermessung der ITCZ im zentralen Atlantik fortsetzen. Bevor wir unser Arbeitsgebiet weiter Richtung Westen verlagern, werden wir die ozeanographischen Messgeräte bei 8°N und 38°W wieder einsammeln und die gut zwei verbleibenden Wochen noch Transekte der ITCZ im Westen des Atlantiks vermessen.

Grüße von allen Teilnehmern der M203 Expedition aus dem zentralen tropischen Atlantik.



Daniel Klocke¹ (Fahrtleiter, M203) und Hauke Schmidt¹ (Wissenschaftler, M203)

¹Max-Planck-Institute for Meteorology, Hamburg, Deutschland