



Wochenbericht 6 (10.-16.02.2020)

Nachdem wir letzte Woche durch den Verlust eines Gerätes einen Rückschlag erlitten haben, erfreuen sich die Wissenschaftler des Max-Planck-Institutes für Dynamik und Selbstorganisation (MPI-DS) derzeit über erfolgreiche Flugstunden mit einem Ersatz-Ballondrachen. Große Freude bereitete auch das 200. Aussetzen des CTD-Kranzwasserschöpfers, mit dem regelmäßig ozeanografische Daten sowie Wasserproben gesammelt werden. In den letzten Wochen haben wir schon über mehrere Messgeräte sowie Projekte an Bord des *FS Meteor* und seiner Reise im tropischen Nordwestatlantik berichtet. Heute möchten wir gerne ausführlich die atmosphärischen Messungen, die seit Beginn der Reise durchgeführt werden, vorstellen.

Wolken sind das zentrale Element der EUREC⁴A Kampagne. Zur Bestimmung ihrer Eigenschaften wurden für die M161-Fahrt zusätzliche Messinstrumente installiert, welche die schon an Bord befindlichen Instrumente des Max-Planck-Institutes für Meteorologie zur Erfassung der Wolkenbedeckung und der Höhe der Wolkenuntergrenze (Wolkenkameras und Ceilometer) ergänzen. Dabei handelt es sich (bis noch vor einer Woche) um einen Ballondrachen (Cloud kite) des Max-Planck-Institutes für Dynamik und Selbstorganisation, der Messinstrumente zur direkten Beprobung in die untersten Wolken hochheben konnte, sowie um weitere Instrumente der bodengebundenen Fernerkundung von Wolkeneigenschaften. Hierzu zählen ein Wolkenradar, ein Mikrowellen-radiometer und ein Spektroradiometer der Universität Leipzig, die von Heike Kalesse und Johannes Röttenbacher betrieben werden, sowie ein Raman-Lidar System des Max-Planck-Institutes für Meteorologie, das von Ludwig Worbes betreut wird.

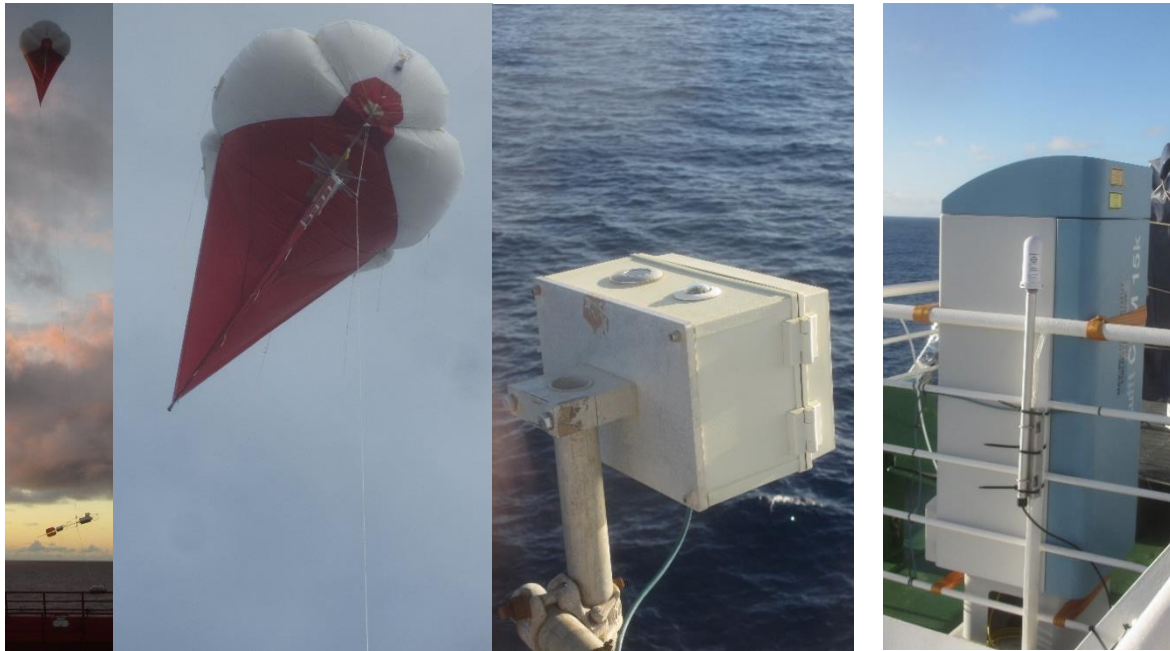
Das Raman-Lidar schaut wie ein Ceilometer senkrecht nach oben und erstellt aus der Zeitverzögerung und der Stärke zurückgestreuter Signale eines Energieimpluses atmosphärische Vertikalverteilungen. Das Raman-Lidar übertrifft die Sensitivität eines Ceilometers, liefert Informationen zur Nichtkugelförmigkeit atmosphärischer Teilchen (also ob Eiskristalle anstelle von Wassertropfen in einer Wolke dominieren), informiert über angeregte Nachbar- (oder Raman-) Frequenzen im Rückstreusignal über Vertikalverteilungen von Temperatur und Wasser und erfasst damit Eigenschaften, die den Lebenszyklus einer Wolke wesentlich beeinflussen.

Das Wolkenradar schaut wie das Raman-Lidar und das Ceilometer senkrecht nach oben in den Himmel und sendet regelmäßig Signale im Mikrowellenbereich aus (94 GHz) aus. Diese Strahlung wird von Wolkenröpfchen in niedrigen (warmen) Wolken und Eiskristallen in hohen (kalten) Wolken gestreut. Die gestreute Strahlung wird von der Empfängerantenne registriert. Je mehr und vor allem je größer die Wolkenröpfchen/Eiskristalle sind, desto größer ist das Empfangssignal. Mikrowellenstrahlung breitet sich mit Lichtgeschwindigkeit aus. Durch die Zeitdifferenz zwischen ausgesendetem Signal und empfangenem Signal kann somit die Höhe der Wolke bestimmt werden.

Auf dieser Messkampagne werden meistens die für diese Region typischen Passatkumuluswolken mit Wolkenunterkante bei 500-800m beobachtet. „Junge“ Passatwolken sind nur mehrere zehn bis mehrere hundert Meter dünn. Sie können sich aber auch zu größeren Kumuluscongustuswolken bis in eine Höhe von ca. 2-3 km auftürmen. Diese Wolken bringen dann meist ein paar Schauer mit sich.



Aus den Wolkenradar-daten lässt sich aber noch mehr ableiten: Es nutzt den Dopplereffekt aus, um die Fallgeschwindigkeit der Wolken-tröpfchen und somit den vertikalen Wind zu bestimmen. Dafür muss das Radar aber unbedingt genau senkrecht in den Himmel schauen. Aus diesem Grund wurde es in einer neuartigen, freischwingenden kardanischen Aufhängung befestigt, die die Schiffsbewegungen ausgleicht.



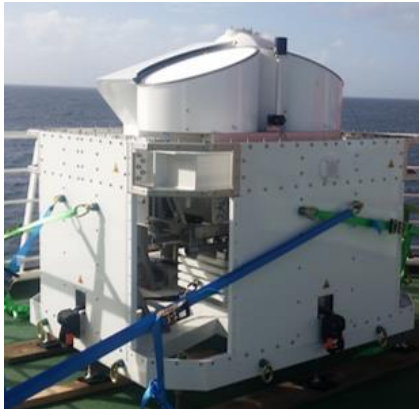
Ballondrachen des Max-Planck-Institutes für Dynamik und Selbstorganisation (links), die abbildenden Wolkenkameras (Mitte) und das Ceilometer (rechts) des Max-Planck-Institutes für Meteorologie.

Das Mikrowellenradiometer misst zusätzlich den Wasserdampfgehalt in der Atmosphäre. In der Passatwindregion sind in der gesamten Atmosphärensäule ca. 30-40 kg Wasserdampf je Quadratmeter Erdoberfläche. Das ist etwa doppelt so viel wie in den mittleren Breiten, da wärmere Luft hier mehr Wasserdampf aufnehmen kann. Außerdem gibt das Mikowellenradiometer an, wieviel flüssiges Wasser in einer Wolke enthalten ist. Dabei ist es sicher für viele überraschend, dass der Flüssigwassergehalt von Wolken nur einen kleinen Bruchteil des in der Atmosphäre vorhandenen Wasserdampfes ausmacht. Mit dem dritten Messgerät der Universität Leipzig, einem Spektroradiometer, wird festgestellt, wie viel Sonnenenergie im UV-, sichtbaren und nahen infraroten Bereich durch die Wolken gelangen. Mit Hilfe von Strahlungsübertragungsrechnungen lässt sich dann ableiten, wie groß die Wolken-tröpfchen sind.

Kombiniert man die oben genannten Messungen noch mit genauen Wolkenuntergrenzen von einem Ceilometer oder einem Raman-Lidar, so lässt sich dann die Anzahl der Wolken-tröpfchen ableiten. Warum ist das wichtig? Je mehr Tröpfchen (bei gleichem Wassergehalt) in einer (Wasser-) Wolke sind, umso mehr Sonnenstrahlung reflektieren sie und umso weniger Sonnenstrahlung gelangt zum Erdboden. Da vor allem vorhandene Aerosole, die als bevorzugte Keime bei der Kondensation von Wolken wirken, die Anzahl der Wolken-tropfen modulieren, ist durch zusätzliche anthropogene Aerosole über dann kleinere, aber dafür mehr Wolken-tropfen eine wesentliche Klimakühlung zu erwarten.



Zur besseren Abschätzung dieses (immer noch unsicheren) Klimaeinflusses von (anthropogenen) Aerosolen über veränderte Wolkeneigenschaften sind die Messungen von Wolkentropfenanzahl im Zusammenhang mit Aerosoleigenschaften von großer Bedeutung.



Wolkenradar der Universität Leipzig in der Stabilisierungsplattform (links) und Mikrowellenradiometer (rechts) auf dem Peildeck des *FS Meteor* (Photos: Heike Kalesse).

Eine Arbeitsgruppe der Universität von New Mexico (UNM), USA; bestehend aus dem Gruppenleiter Dr. Joseph Galewsky und Doktorand Sebastian Los, führt während der gesamten Kampagne Messungen der stabilen Isotope in Wasserdampf (gasförmig), Regenwasser und Seewasser durch. Die meisten Wassermoleküle (>99.5%) bestehen aus den leichteren Sauerstoff- und Wasserstoffisotopen, während nur wenige entweder ein schweres Sauerstoff- oder Wasserstoffisotop besitzen. Der relative Anteil der leichten und schweren Isotope verändert sich mit der Phase, also z.B. bei der Verdampfung von Wasser vom Ozean in die Atmosphäre, der Kondensation von Wasser in Wolken oder bei der Vermischung von Wasserdämpfen, die aus verschiedenen Teilen der Atmosphäre kommen. Dies erlaubt es uns, zu bestimmen, wie Wasser sich in der Atmosphäre bewegt, eine Schlüsselinformation, um zu verstehen, wie und wo sich Wolken bilden. Diese Messungen werden ständig durch das Ansaugen von Luft durch einen Schlauch mit einem sogenannten Wasserdampf-Isotopenanalysator (siehe Abbildung) von Picarro Inc. gemessen. Das Schlauchende ist hoch auf dem Schiff angebracht, um mögliche Verunreinigungen des Schiffes oder von Seesalz zu vermeiden. Die Arbeitsgruppe sammelt auch Regen von einzelnen Regenschauern in einem speziellen Regensammler (siehe Abbildung) und täglich Oberflächenseewasser mithilfe des Kranzwasserschöpfers. Diese flüssigen Proben werden dann später in dem stabilen Isotopen-Labor an der UNM analysiert. Vorläufige Ergebnisse dieser Reise zeigen interessante Zusammenhänge mit Wolkenmustern und Wetterbedingungen, die uns hilfreich sein werden, das Puzzle von tiefhängenden Wolken in tropischen Regionen und dem Klima zu lösen.



Der Regensammler der UNM (links) und das Isotopenanalysegerät im Luftchemielabor des *FS Meteor*.

Wir werden noch etwa eine Woche in den Gewässern von Barbados verbringen und haben uns zwischendurch zur Freude aller mehrfach mit dem *FS Maria S. Merian*, welches auch an der EUREC⁴A Kampagne teilnimmt, auf See getroffen. Wir befinden uns weiterhin in wechselndem Wetter und vorwiegend mäßig bewegter See.

Mit vielen Grüßen von dem *FS Meteor*,

Wiebke Mohr (Max-Planck-Institut für Marine Mikrobiologie) und Stefan Kinne (Max-Planck-Institut für Meteorologie)

(Fahrtleiter)