

4. Wochenbericht SO 259-3

Der Äquator wurde am 29. Dezember erreicht und in den Folgetagen wurden die anderen beiden ARGO Floats im Atlantik abgesetzt. Alle drei Floats kurz nach ihrem Absetzen sind in Abbildung 1 gezeigt.

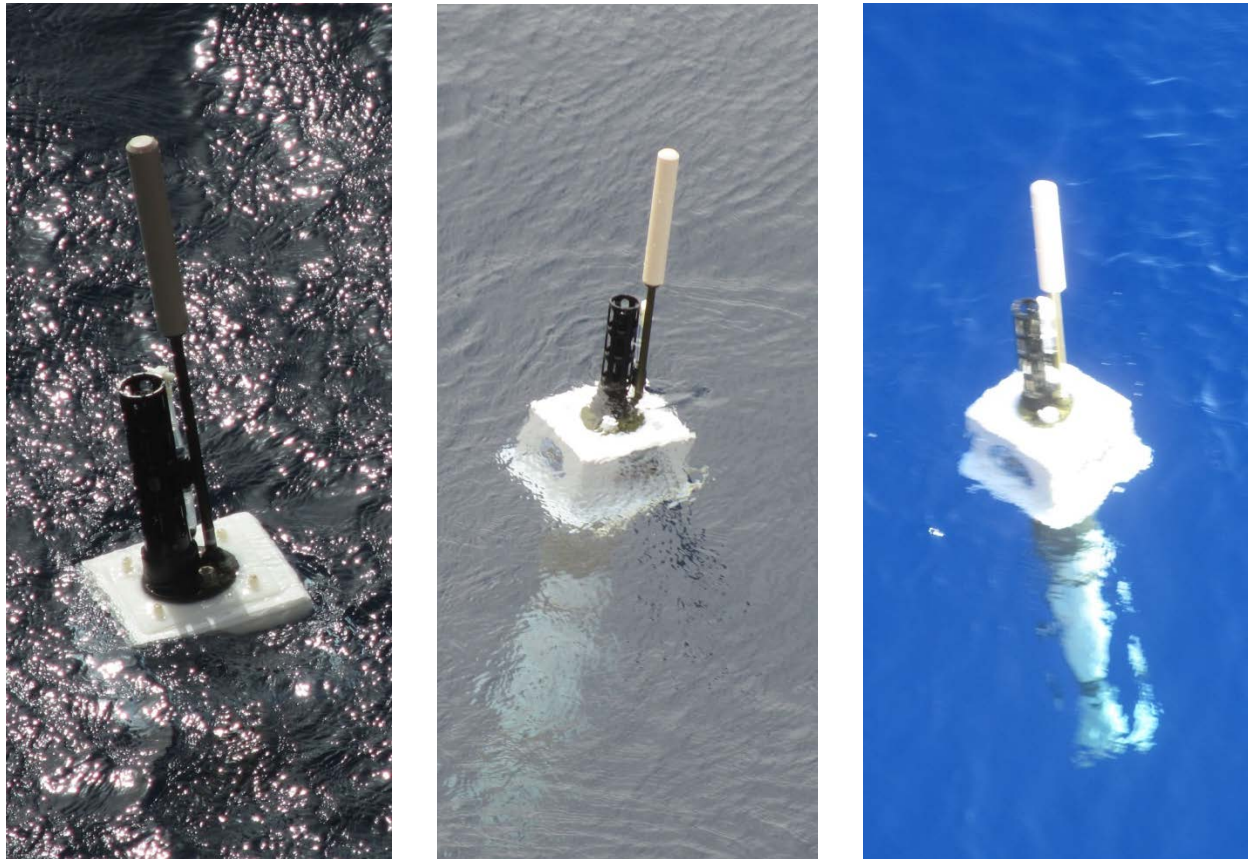


Abbildung 1 An der Wasseroberfläche schwimmende ARGO Floats kurz nach ihrem Absetzen. Die erste ARGO Float wurde bei 20W/25N am 25. Dezember, 2017 (links), der zweite ARGO Float wurde bei 22W/2S am 30. Dezember, 2017 (Mitte) und der dritte ARGO Float wurde bei 28W/14S am Jan 1, 2018 (rechts) in den Atlantik eingelassen.

Je weiter die Forschungsfahrt nach Süden ging, umso länger wurden die Tage. Nach dem Staub-Ereignis gegen Ende Dezember gingen dann Anfang Januar die Werte für Aerosol auf ozeanisches Hintergrundniveau zurück, mit AOD Werten zwischen 0.05 und 0.10. Bei diesen sauberen atmosphärischen Bedingungen haben beide MAX-DOAS Instrumente hin und wieder trotzdem eine leichte Luftverschmutzung festgestellt.

Von den Messungen mit dem MAX-DOAS Instrument vom KMNI gibt es nun schon erste Resultate für NO_2 Konzentrationen in der Atmosphäre. Das Instrument war vom Sonnenaufgang bis zum Sonnenuntergang durchgängig in Einsatz um Spurengas-Profile zu erstellen. Zur Analyse der Daten wurde das „mmd“-Programm von Ankie Pieters (KNMI) in Verbindung mit der QDAS Software verwendet.

Abbildung 2 zeigt NO_2 Mengen für die gesamte Atmosphäre entlang verschiedener Erhebungswinkel an einem Tag mit und an einen Tag ohne erhebliche NO_2 Werte in der Troposphäre.

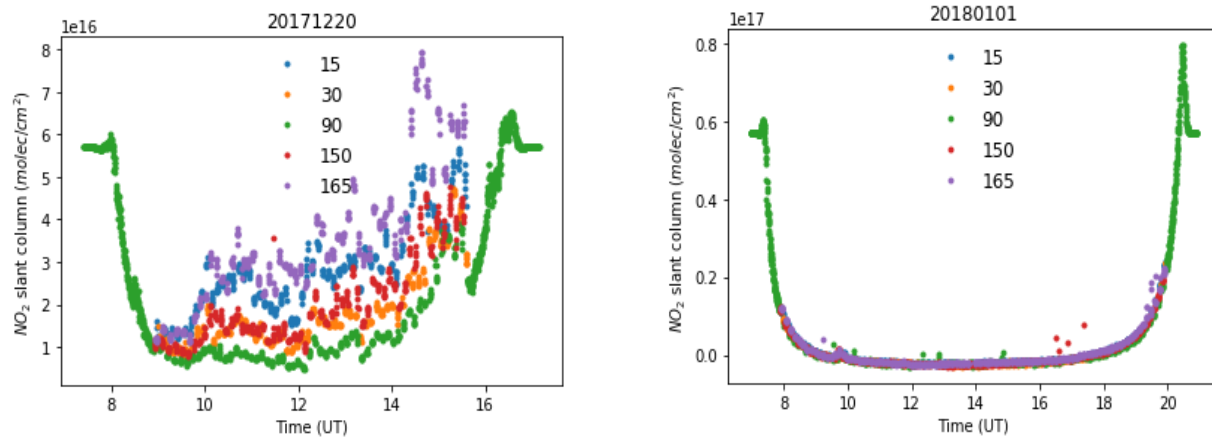


Abbildung 2 Atmosphärische NO_2 Mengen entlang verschiedener seitlicher Blickrichtungen (von Erhebungswinkeln von 15 (oder 165), 30 (oder 150) und 90 Grad über den Horizont – damit in zwei entgegengesetzte Richtungen). Resultate werden einmal gezeigt für einen Fall mit troposphärischer Luftverschmutzung am 20. Dezember, 2017 bei Brest, Frankreich (links) und einmal für einen Fall ohne wesentliche troposphärische Luftverschmutzung am 1. Januar, 2018 im südlichen tropischen Atlantik bei 25W/10S (rechts).

Am 20. Dezember 2017 (bei Brest) zeigen die NO_2 Werte für die gesamte Atmosphäre starke Veränderungen bei Messungen mit verschiedenen Erhebungswinkeln. Das zeigt an, dass es sowohl erhebliche NO_2 Mengen in der Troposphäre aber dass es auch Wolken gab. Im Gegensatz dazu sind die NO_2 Werte am 1. Januar (im südlichen Atlantik bei 25W/10S) bei verschiedenen Winkelmessungen sehr ähnlich und außerdem glatt. Das ist dadurch zu erklären, dass das Gebiet im südlichen Atlantik nahezu frei von Luftverschmutzung ist und man nur noch das weit höher gelegene und homogener verteilte stratosphärische NO_2 sieht. Die Zunahme am Abend und Morgen beruht auf einer Zunahme der Weglänge des Sonnenlichtes in der Stratosphäre, deren Streuung ja gemessen wird. Wenn man nun all MAX-DOAS Messungen mit dem KNMI Instrument anschaut, kann man die Messungen grob in zwei Gruppen unterteilen. Vom 17. bis zum 20. Dezember 2017 (auf dem Weg von Emden nach Brest) wurden erhöhte troposphärische NO_2 Werte gemessen. Und ab dem 21. Dezember (von der Biskaya in den südlichen Atlantik) wurde eigentlich nur noch das stratosphärische NO_2 gesehen. Eine genaue Analyse der Messungen wird nach Beendigung der Forschungsfahrt verfügbar sein.

Im Zusammenhang mit Niederschlag (wenn man den Sandstaub der Sahara nicht dazurechnet) war die Forschungsfahrt bislang enttäuschend. Auch als der Äquator mit seiner Konvektion gekreuzt wurde gab es höchstens ein paar vereinzelte Regentropfen. Das änderte sich dann aber gegen Ende der Reise als wir zweimal Konvektionslinien senkrecht zur Fahrtrichtung durchfahren (einmal vor Rio de Janeiro, Brasilien und einmal weiter südlich vor Punta del Diablo, Uruguay). Eindrücke direkt von vor dem Regenbeginn vor Brasilien (am Nachmittag des 4. Januar 2018) sind in Abbildung 3 festgehalten.

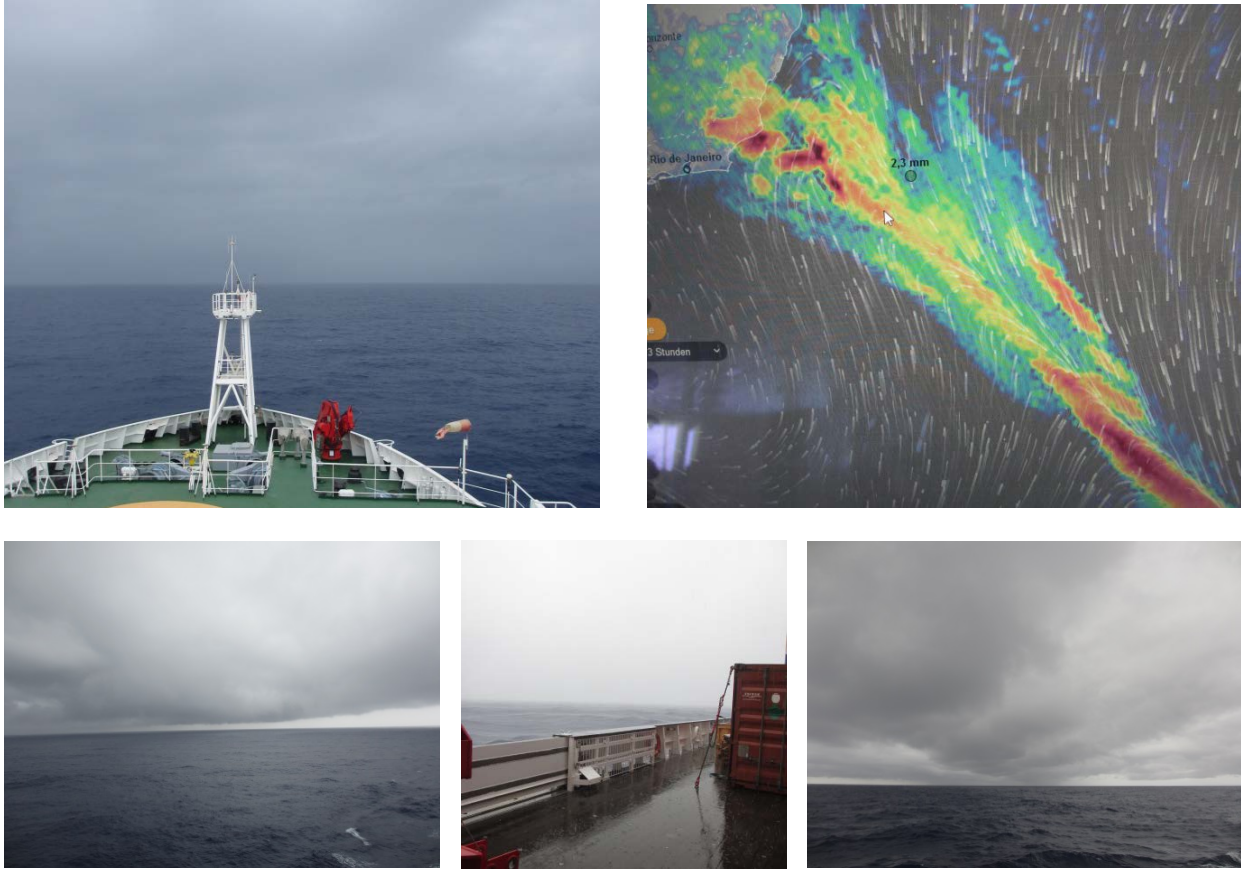


Abbildung 3 Bilder beim Annähern an ein starkes konvektives Band mit ordentlich Regen vor der Küste von Brasilien in der Höhe von Rio de Janeiro. Oben links ist ein Blick vom Schiff bei der Anfahrt auf die Regenfront. Oben rechts ist das dazugehörige Regenradar-Bild mit der Schiffsposition und Windvektoren, die das Aufeinandertreffen feuchter südlich strömender Luft von NO auf trockene nördlich strömende Luft von SW zeigt. Dadurch wurde eine weitreichende Konvektionszone erzeugt, die sich vom NW nach SW quer über den Atlantik zieht. Die Abbildungen unten in den Ecken zeigen die Wolken kurz bevor der Regen einsetzte und schließlich unten in der Mitte ist ein Bild vom beregneten Deck.

Die Forschungsfahrt SO 259-3 geht in den nächsten Tagen zu Ende. Daher scheint es angebracht die Aerosol und Wasserdampf Daten (der Sonnen-Photometer-Messungen) und die Wolken-Daten (von der Wärme-Kamera) über die Länge der Fahrt einmal zusammenzufassen. Denn ein wesentlicher Aspekt dieser Fahrt war ja das Erstellen von Breitengrad-Querschnitten atmosphärischer Eigenschaften. Breitengrad-Querschnitte für Eigenschaften des Aerosols und für Wasserdampf werden in Abbildung 4 gezeigt und die für Wolken werden in Abbildung 5 festgehalten.

In Abbildung 4 werden vier verschiedene Eigenschaften gezeigt: Die AOD bei einer Wellenlänge von 550nm (also bei sichtbarem Licht) beschreibt die Aerosol-Menge in der Atmosphäre. Dieser Wert wird häufig bei der Diagnose in der Modellierung und bei der Fernerkundung aus dem All verwendet. Der Angstrom Parameter gibt allgemeine Informationen über die einflussreichste Aerosolteilchengröße, dahin dass kleinere Werte (< 0.4) grössere Aerosol Teilchen anzeigen (wie man sie von Mineralstaub

aber auch von Seesalz erwartet). Schliesslich sind noch der Aerosol Index (AI = AOD*Angstrom) als Mass für den Aerosol Einfluss auf Wolken und der hergeleitete Wasserdampf in der Atmosphäre gezeigt.

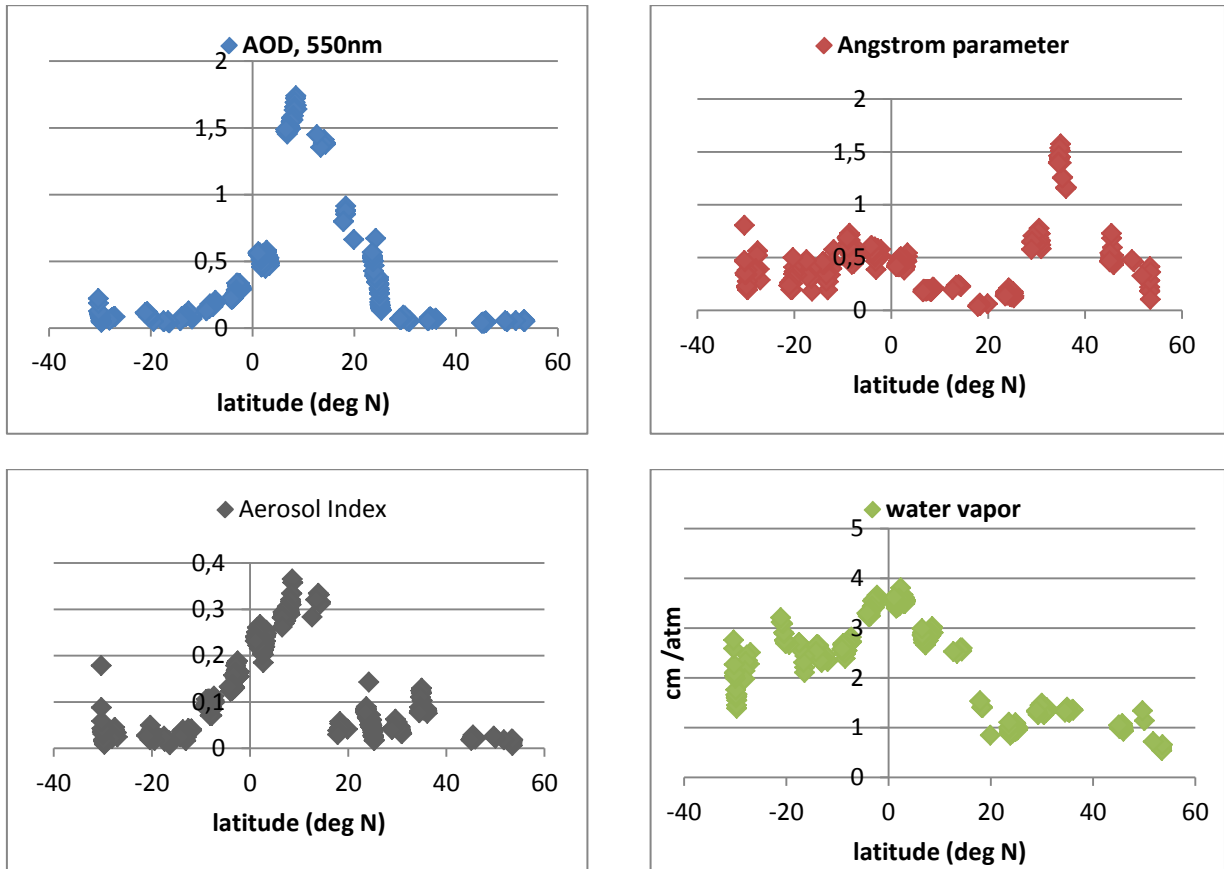


Abbildung 4 Eigenschaften von Aerosolen und Wasserdampf der Atmosphäre hergeleitet aus Sonnenphotometer-Daten während der SO 259-3 Fahrt. In einzelnen sind breitenabhängige Verteilungen von (1, oben links) Aerosol-Menge über die AOD, (2, oben rechts) Aerosolteilchen-Grösse über den Angstrom Parameter (kleinerer Angstrom = grössere Teilchen wie von Sandstaub oder Seesalz), (3, unten links) Aerosol Potential Wolken zu beeinflussen über den Aerosol-Index und (4, unten rechts) atmosphärischem Wasserdampf gezeigt.

Die Zeitreihe der Aerosolmenge ist dominiert von dem Staub-Ereignis nördlich des Äquators. Das es sich dabei um relative grobkörnige Sandstaub Aerosole handelte wird durch relative kleine Angstrom Parameter zu dieser Zeit bestätigt. Die Angstrom Parameter waren eigentlich nur noch in Gebieten mit erwarteter hoher Luftverschmutzung wie bei England und Frankreich relativ gross. Der atmosphärische Wasserdampf erreichte, wie erwartet, Maximal-Werte in Äquatornähe. Allerdings ist der Anstieg in der Wasserdampfmenge von niedrigen Breiten hin zu den Tropen oft nicht monoton und anscheinend stark vom Luftmassentransport in die Subtropen abhängig.

Die Wolkenbedeckung der gesamten Forschungsfahrt in Abhängigkeit von der Breite ist basierend auf stündlichen Mitteln der Wärmekamera-Messungen in Abbildung 5 zusammengefasst. Dabei sind Wolkenbedeckungen als Funktion der Wolkenuntergrenzhöhe angegeben, so wie seinem Beobachter vom Boden erscheinen. Das wurde dadurch erreicht, dass (um bestimmte Werte kältere als die Bodentemperatur) Trenn-Temperaturen vorgeschrieben wurden, um die Wolkenbedeckung in Höhen von etwa 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 6 und 10km mit Wärmekamera-Temperaturen zu bestimmen. Durch eine Überlagerung der zunehmenden Wolkenbedeckung mit der Höhe in Abbildung 5 wird damit eine Höhenzuordnung der Wolkenbedeckung ablesbar. Die Gesamtbedeckung wird durch die Bedeckung bei der kältesten Trenn-Temperatur bestimmt.

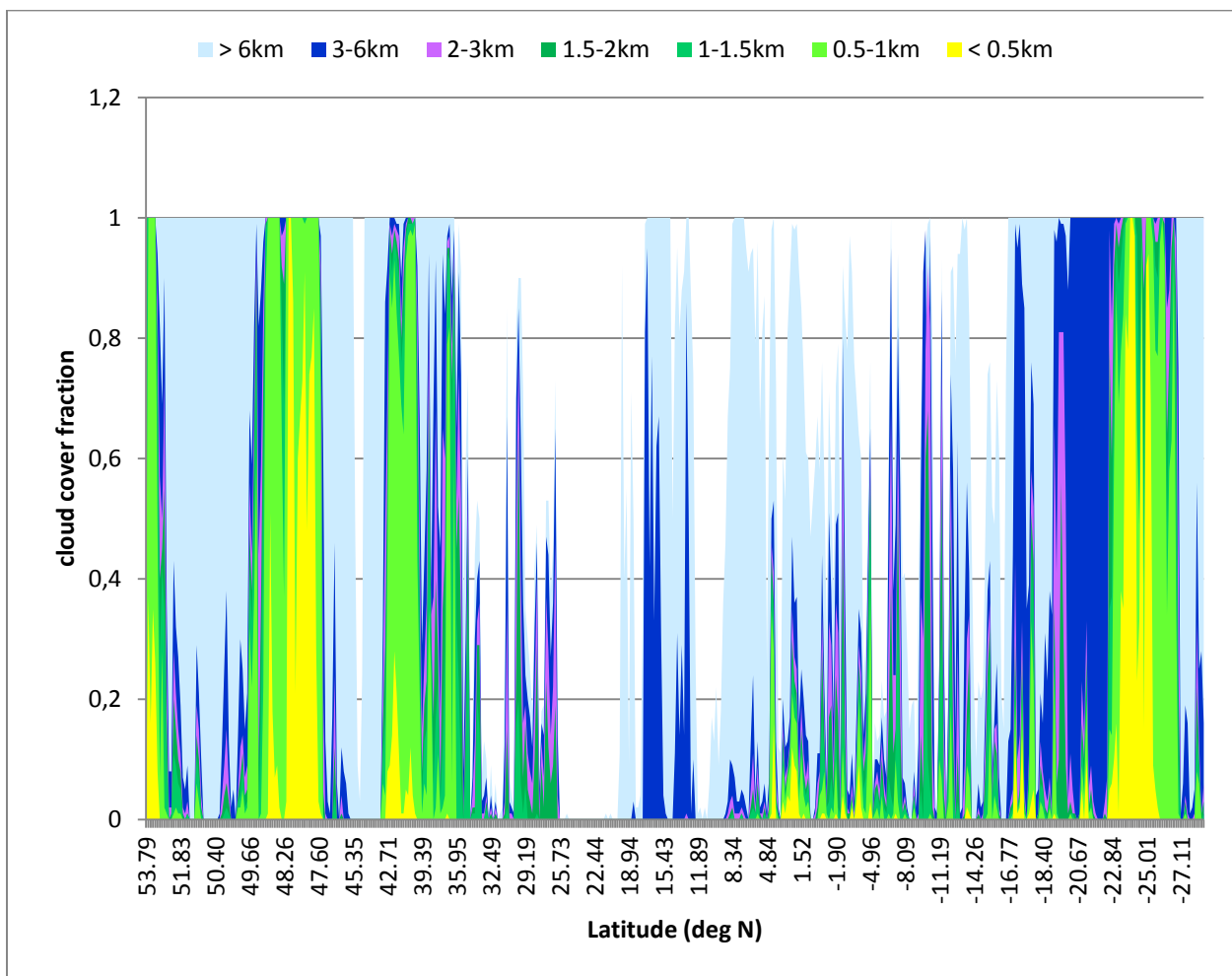


Abbildung 5 Wolkenbedeckung hergeleitet aus stündlichen Mitteln von Bildern mit der Wärmekamera während der SO 259-3 Fahrt. Wolkenhöhe wie sie von einem Wolkenbeobachter vom Boden registriert würden, zeigen den Anteil durch Wolken mit einer niedrigen Wolkenuntergrenze in grün (und wenn ganz niedrig in gelb), die mittelhohen Wolken in blau und die hohen Wolken in hellblau an. Die verbleibende weiße Farbe zeigt den wolkenlosen Anteil des Himmels an.

Die Wolkenbedeckungsdaten bestätigen die hohen Eiswolken und die Kondensstreifen über dem englischen Kanal. Bei dem grossen Staub-Ereignis bestätigen die Bedeckungsdaten anfangs (nahe 19N) die Gegenwart von hohen Wolken und später (17-12N) die Gegenwart von mittel-hohen Wolken, die jeweils die Aerosolmessungen erschwerten. Das Durchfahren der Konvektionslinie (nahe 24S) wird auch wegen des Regens durch sehr niedrige Wolkenuntergrenzen angezeigt.

Schliesslich, da dies der letzte der wöchentliche Berichte ist, noch ein paar Wolkenbilder zum Abschluss. In Abbildung 6 werden Beispiele der Vielfalt von Wolkenstrukturen gezeigt, die sich dann auch noch im Minutentakt verändern. Und dabei sind es eben diese Wolken die Wetter und Klima moderieren. Eine angemessene Beschreibung dieser Vielfalt in der Modellierung wird auch in Zukunft eine grosse Herausforderung darstellen, die wohl dann am ehesten erreicht werden kann, wenn wir die grundlegenden Prozesse der Wolkenbildung und ihres sich Auflösens besser verstehen. Dazu werden sicher auch die Messungen dieser Reise einen Beitrag leisten.



Abbildung 6 Bilder von Wolken im südlichen Atlantik geben einen Einblick in die Vielfalt von Wolkenstrukturen, die nur schwer durch Modelle zu beschreiben sind und eigentlich nur unzureichend durch unsere zusammenfassenden Eigenschaftenn von Wolkenbedeckung und Inhomogenität als Funktion der Höhe beschrieben werden können.

Stefan Kinne
Ping Wang

Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg
KNMI, De Bilt

Anhang

Wolkenbedeckung entsprechend der Abbildung 5 von der SO 259-2 Fahrt (Kapstadt - Emden in Oct 17)

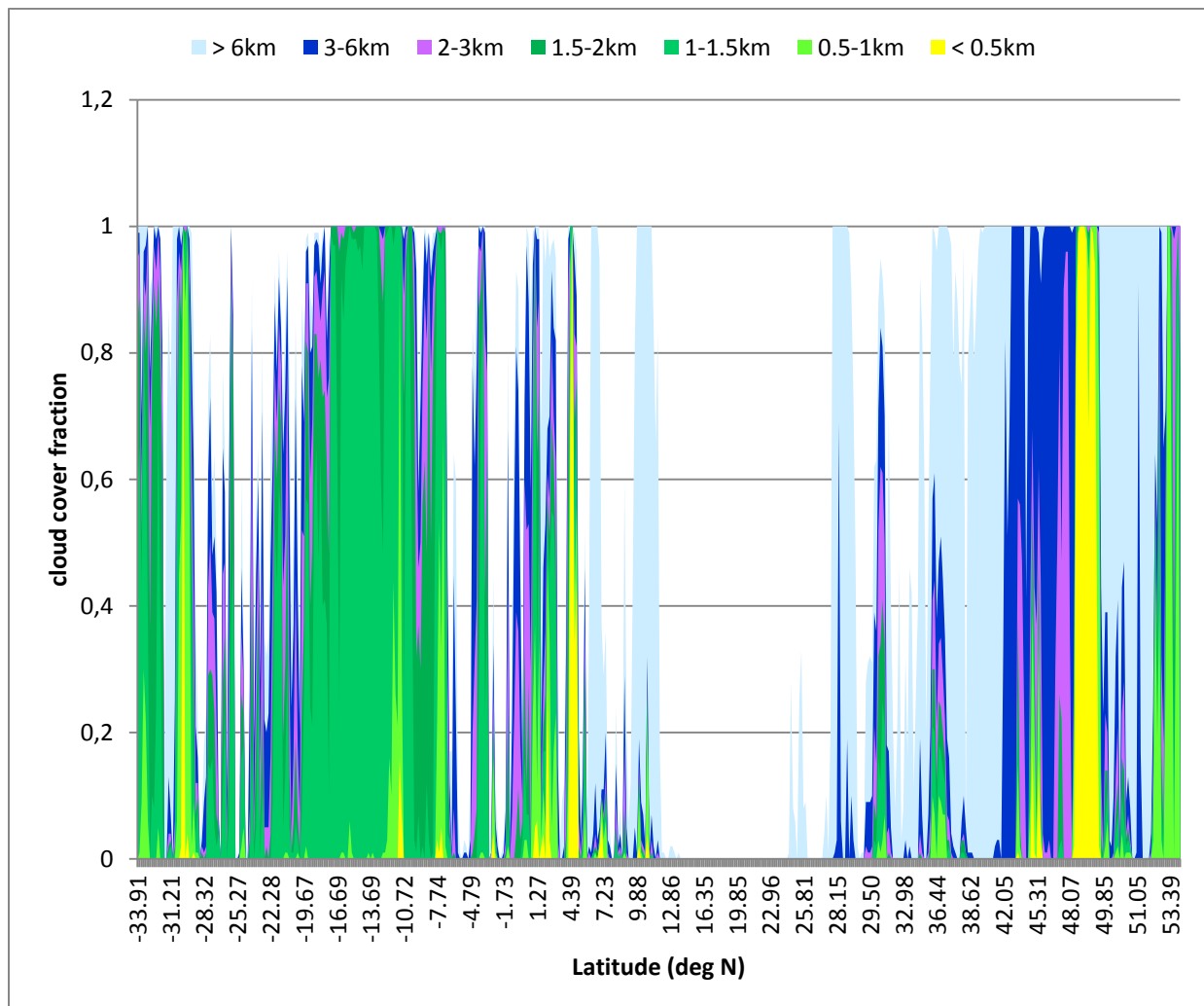


Abbildung A1 Wolkenbedeckung hergeleitet aus stündlichen Mitteln von Bildern mit der Wärmekamera während der SO 259-2 Fahrt. Wolkenhöhe wie sie von einem Wolkenbeobachter vom Boden registriert würden, zeigen den Anteil durch Wolken mit einer niedrigen Wolkenuntergrenze in grün (und wenn ganz niedrig in gelb), die mittelhohen Wolken in blau und die hohen Wolken in hellblau an. Die verbleibende weisse Farbe zeigt den wolkenlosen Anteil des Himmels an.