

1. Wochenbericht SO 259-2

Die Überfahrt der Sonne von Kapstadt nach Emden wird genutzt, um atmosphärische Referenz-Messungen über Ozeanen zu sammeln und aber auch um Zusammenhänge zwischen verschiedenen atmosphärischen Eigenschaften zu untersuchen. Dabei werden die meteorologischen Messungen des Deutschen Wetterdienstes am Bord durch zwei im Koffer mitgebrachte Instrumente ergänzt, um speziell die Eigenschaften von Aerosolen (kleinen Schwebeteilchen) und von niedrigen Wolken zu festzuhalten.

Zur Bestimmung der Aerosol-Eigenschaften wird ein MICROTOPS Gerät der NASA und zur Bestimmung der Wolken-Eigenschaften eine Kamera des Max-Planck-Instituts für Meteorologie eingesetzt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1. das MICROTOPS Sonnenphotometer mit einem GPS (links) die Wolkenbeobachtungsbox (rechts) mit einer normalen Bildkamera (mit Froschaugenblick) und mit einem thermischen Sensor

Das Sonnenphotometer kann nur dann eingesetzt werden, wenn die Sonne nicht von Wolken bedeckt ist. Dann wird das Instrument (mit einer Orientierungshilfe) in die Sonne gerichtet, um die Stärke der Sonnenenergie zu registrieren - bei ausgesuchten Wellenlängen ohne wesentliche Absorption durch atmosphärischen Spurengase. Die höheren Referenz-Werte der Sonnenenergie am Oberrand der Atmosphäre (bei diesen Wellenlängen) sind durch die (UTC-) Zeit und die Ortsinformation bestimmt, die dem Photometer über ein GPS System eingespeist wird. Aus atmosphärischen Sonnenenergieverlusten lässt sich dann die der Lichtschwächung entsprechende Aerosol-Menge ableiten. Dabei vermittelt die Wellenlängen-Abhängigkeit der Lichtschwächung auch Information über die mittlere Teilchen-Größe der Aerosole. Zudem wird auch absichtlich bei einer Wellenlänge mit Absorption durch Wasser gemessen, um so die Wasserdampfmenge in der Atmosphäre festzuhalten.

Das Kamera-System hat zwei Sensoren, die nach oben gerichtet, Informationen über Wolken vermitteln. Die normale Bildkamera (mit einer Froschaugenlinse) gibt einem generellen Überblick zu den Wolkenstrukturen, allerdings nur tagsüber. Viel interessanter ist die Wärmekamera, die neben den Wolken-Strukturen auch die Temperatur der Wolkenuntergrenze erfasst (womit sich die Höhe der Wolkenuntergrenze abschätzen lässt) (siehe Abbildung 2) und das sowohl tagsüber als auch nachts.

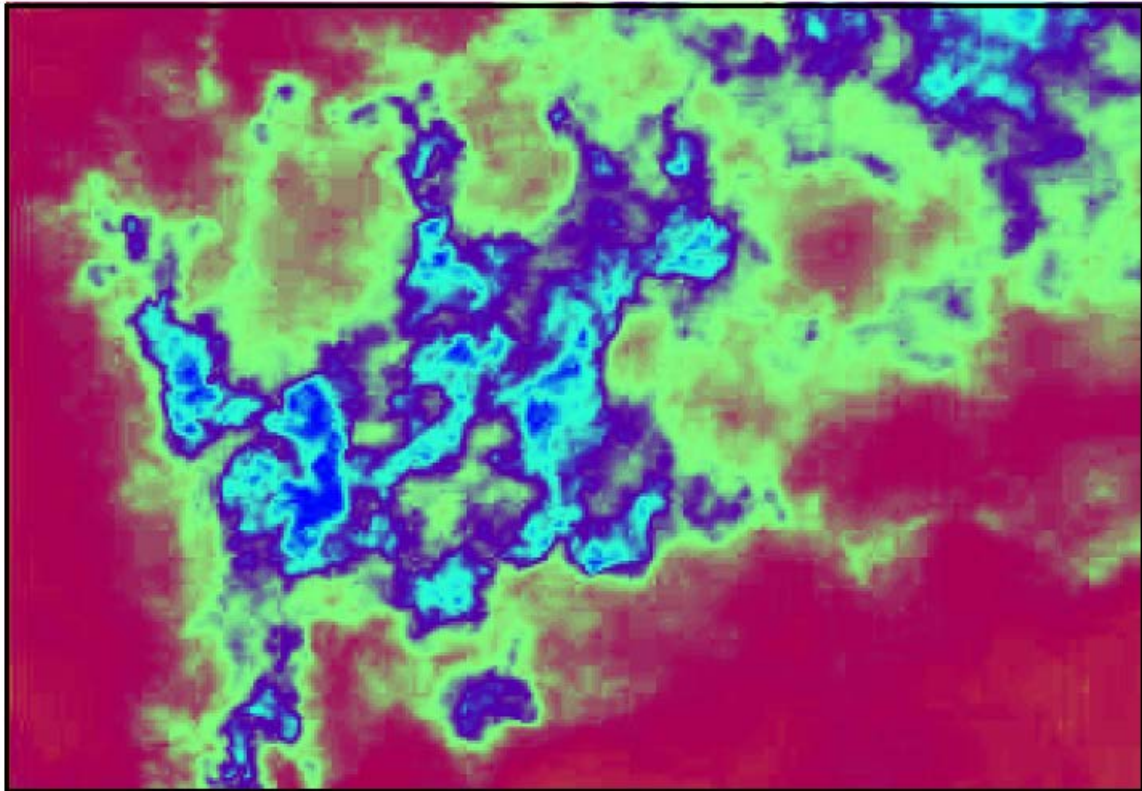


Abbildung 2 Ein Wolkenbild mit der Wärme-Kamera am 14. Oktober um 18 UTC. Hell-blau sind kalte Temperaturen um -40 Grad C (also wolken-frei) wogegen rote Temperaturen Werte um 0 Grad C anzeigen (und damit Wolken bei einer Untergrenze von etwa 1.5km Höhe)

Sichtbare und thermische Momentaufnahmen werden alle 10 Sekunden erfasst. Zur zusammenfassenden Bestimmung der Wolken-Eigenschaften werden die thermischen Bilder (wie in Abbildung 2 dargestellt) mit drei Parametern beschrieben: die Gesamtbedeckung, die Struktur über die Gesamtlänge der Ränder und die mittlere Temperatur der Wolkenuntergrenze. Diese Parameter werden bei verschiedenen Trenn-Temperaturen (die Wolke von Nicht-Wolke festlegen) untersucht, um so auch Bedeckungsgrade in verschiedenen Höhenbereichen herzuleiten.

Bislang läuft alles nach Plan. Beide Instrumente funktionieren. Allerdings bedarf es zur Erstellung der thermischen Daten und der daraus herzuleitenden Parametern täglich ein zeitaufwendiges Prozessieren, auch weil die Bestimmung der Trenn-Temperaturen zwischen Wolke und Nicht-Wolke in

erheblichem Masse von der Lufttemperatur am Boden abhängt. Dazu werden die Trenn-Temperaturen (die erst einmal 15, 25 und 35 Grad C kälter als die Bodentemperatur gewählt wurden) stündlich an die Temperatur-Messungen des Schiffes angepasst.

Beim Zustieg zeigte sich Kapstadt (trotz Freitag dem 13.) in strahlender Sonne mit einem wolkenfreiem Tafelberg (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3 das Forschungsschiff SONNE im Hafen von Kapstadt (im Hintergrund der Tafelberg)

Das Schiff bietet, im Vergleich zu den anderen deutschen Forschungsschiffen schon etwas Luxus, wie relative grosse Einzelkabinen für Wissenschaftler mit einem fussbodenbeheizten Bad und ohne lästige Duschvorhänge. Die Kantine (mit Buffet-Ausstattung) ist gross, und da es hier nur eine gibt, kommt man mit der ganzen Mannschaft, die locker, unkompliziert und hilfsbereit ist, leicht ins Gespräch.

2. Wochenbericht SO 259-2

Nach etwa einer Woche hat die Sonne auf ihrer Transitüberfahrt von Kapstadt nach Emden den Äquator erreicht. Trotz des vielversprechenden Schiffsnamen war eine meist vollkommene Bedeckung mit Wolken die Regel. Darum beginne ich, wie in Abbildung 1 dargestellt, mit einer ersten statistischen Zusammenfassung der Wolken-Bedeckung und der Wolken-Untergrenzen mit der Wärme-Kamera. Die Wolkenbedeckung (d.h. die Unterscheidung ob Wolke oder wolkenfrei) wird über Trenn-Temperaturen statistisch erfasst. Wenn eine erfasste Himmelstemperatur mit der Wärmekamera wärmer als die Trenn-Temperatur ist, dann wird dies als Wolke erfasst, wogegen kältere Temperaturen als wolkenfrei bestimmt werden. Mit der Anwendung verschiedener Trenn-Temperaturen kann die Wolkenbedeckung dann als Funktion der Höhe (der Wolkenuntergrenze) bestimmt werden. Mit der Annahme, dass die atmosphärische Temperatur mit der Höhe trockenadiabatisch abnimmt (also mit -10 Grad C pro Kilometer), dann entsprechen Trenn-Temperaturen die um 10, 15, 25 und 35 Grad C kälter sind als die Bodentemperatur (am Schiff) maximalen Wolkenuntergrenzen von 1.0, 1.5, 2.5 und 3.5 km.

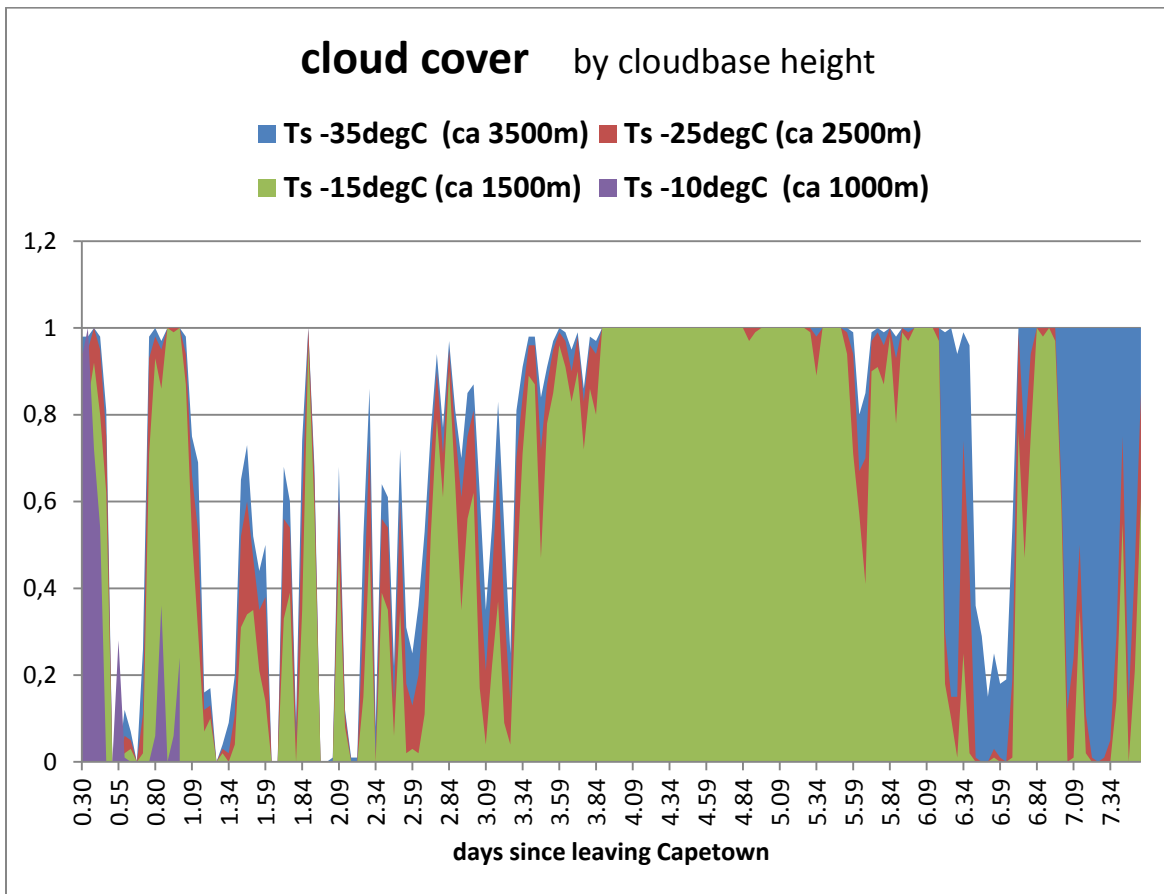


Abbildung 1 Stündliche Mittel der Wolkenbedeckung mit der Zeit (Tage seit dem Verlassen des Hafens vom Kapstadt am 14. Oktober um 9.54 UTC) in Verbindung mit vier (Wolke/Nicht-Wolke) Trenn-Temperaturen (10, 15, 25 und 35 Grad Celsius kälter als die am Schiff gemessene Luft-Temperatur). Dunkelblau zeigt die Wolkenbedeckung mit Wolkenuntergrenzen unterhalb von etwa 1 km an, grün unterhalb von 1.5 km, rötlich unterhalb von 2.5 km und hellblau unterhalb von 3.5 km.

Abbildung 1 zeigt, dass nur anfangs kurz nach Kapstadt die Wolkenuntergrenzen unter 1km lagen (dunkelblau). Danach war die Untergrenze meist zwischen 1.0 und 1.5 km (grün). Die zusätzliche Bedeckung von höheren Wolken, über rote Anteile (mit Untergrenzen zwischen 1.5 und 2.5km) und hellblauen Anteile (mit Untergrenzen zwischen 2.5 und 3.5 km) war gering. Allerdings nimmt in den Tropen für einen ‚Bodenbeobachter‘ (wenn es die niedrige Bewölkung zulässt) der Anteil höherer Wolken zu.

Das andere mitgebrachte Klein-Instrument ist das MICROTUPS Sonnenphotometer der NASA. Mit diesem Gerät sind keine Dauermessungen möglich, weil die Messungen nur bei Sonnenschein gesammelt werden können (also nicht nachts und auch nicht tagsüber wenn Wolken im Blick sind). Dadurch ergeben sich Lücken und an Tagen mit vollständiger Bedeckung (siehe Abbildung 1) gibt es keine Daten. Trotzdem geben die erfassten Daten schon einen Einblick in die Breiten-Abhängigkeit über dem Atlantik vom den mittleren Breiten bis zum Äquator (zumindest für den Monat Oktober). Von den solaren Verlust-Messungen bei 380, 440, 675, 870 und 940 nm Wellenlänge werden vier Eigenschaften abgeleitet und Zeitreihen dieser Eigenschaften sind in den Abbildungen 2 dargestellt.

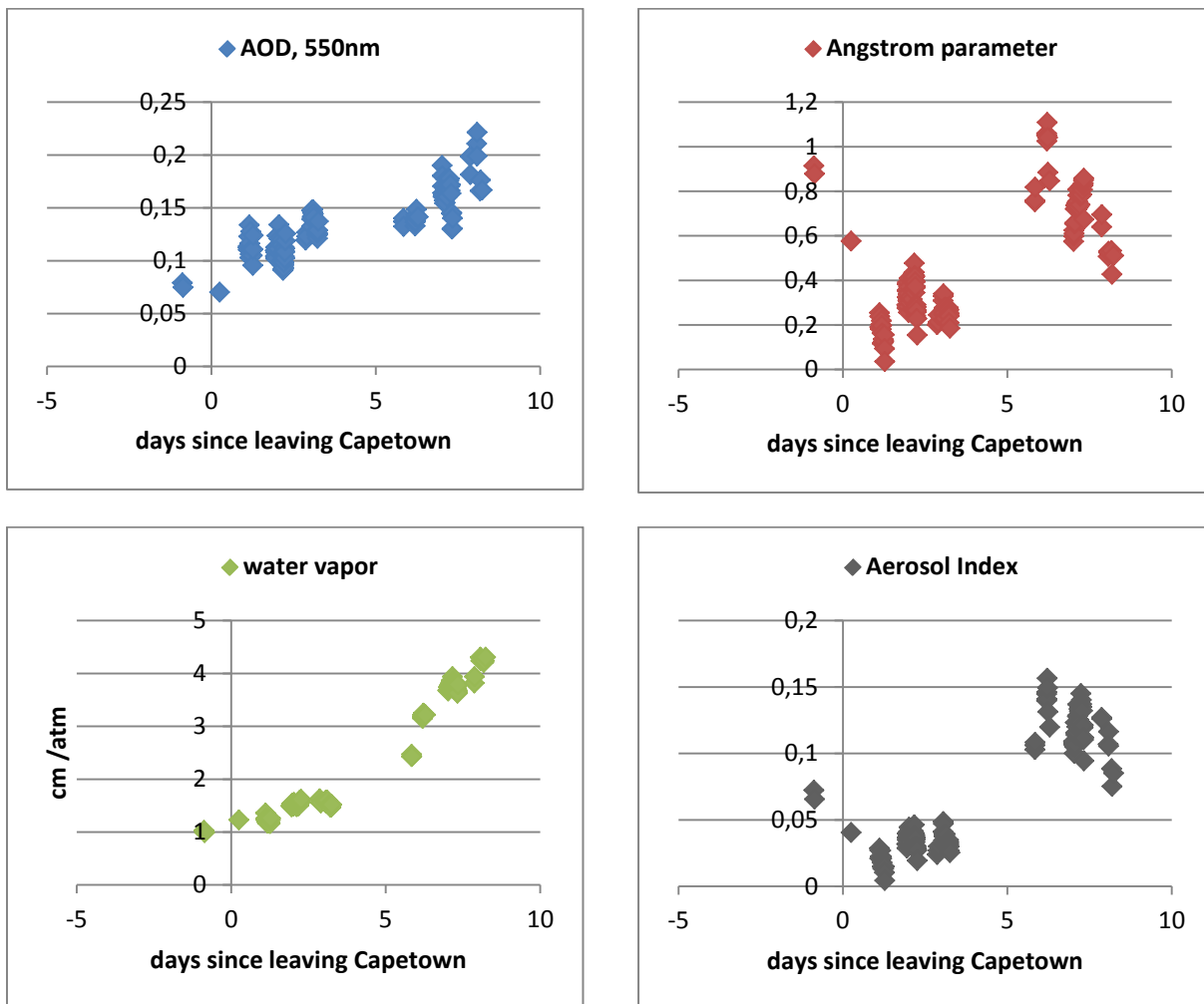


Abbildung 2 Aus den Sonnenphotometer-Messungen hergeleitete Zeitreihen von Kapstadt bis zum Äquator (ca Tag 8) für AOD (bei 550nm), Angstrom parameter, Wasserdampf und Aerosol-Index

AOD bei 550nm. Die Aerosol Optische Dicke (AOD) beschreibt (als der vertikal normierte exponentielle Verlustterm) die Aerosolmenge in der gesamten Atmosphäre. Weil der Wert bei einer Wellenlänge von 550nm (also in grünen) nicht gemessen wird (obwohl wesentlich für Vergleiche mit der Modellierung und zu Satellitendaten) wird er hier mit dem Angstrom Parameter interpoliert. Typische Werte (für die AOD bei 550nm) über Ozeanen liegen bei etwa 0.1.

Angstrom. Der Angstrom Parameter ist der negative Abfall im $\ln(\text{AOD})$ zu $\ln(\text{Wellenlängen})$ Raum. Der Angstrom Parameter basiert hier auf gemessenen AOD Daten bei Wellenlängen von 440 und 870nm [$\text{AN} = \ln(\text{AOD}_{440}/\text{AOD}_{870})/\ln(87/44)$]. Grössere Werte (>1.2) zeigen kleinere Aerosole an (wie die von Feuern), kleinere Werte (<0.5) zeigen grössere Aerosole an (wie die von Seesalz und Staub) und Werte bei null kommen von noch grösseren Teilchen (wie von Wolken). Aerosole über Ozeanen haben sowohl grosse als auch kleine Teilchen. Daher sind Angstrom Werte zwischen 0.5 und 1.0 zu erwarten.

Aerosol Index. Der Aerosol Index ist das Produkt von AOD (bei 550) und Angstrom. Dieser Wert wird häufig als qualitatives Mass für die Aerosolanzahl genommen, die besonders wichtig für Studien zu dem Einfluss von Aerosolen auf (Wasser-)Wolken sind.

water vapor (Wasserdampf). Diese Grösse beschreibt, wieviel Wasserdampf in der Atmosphäre ist (generell ist mehr in den Tropen als bei niedrigeren Breiten). Er basiert auf Vergleichen solaren Energieverluste in einem spektralen Bereich mit (bei 940nm) und ohne (bei 870nm) Wasserdampf Absorption.

Die AOD Werte sind niedrig und nur leicht erhöht nahe den Tropen. Da diese Zunahme dort mit einem höheren Angstrom Parameter einhergeht, ist zu vermuten, dass es sich um herantransportierte Einträge von Feuern (vom zentralen oder westlichen Afrika) handelt. Der relativ niedrige Angstrom Parameter in den Subtropen überrascht. Ob es sich dabei um grössere Seesalz-Teilchen handelt (der Wind war dort relativ stark) oder ob es sich auf Staub von Südwest Afrika zurückzuführen lässt, bleibt unklar. Da sowohl AOD als auch Angstrom klein sind bleibt der Aerosol Index unter einem Wert vom 0.15. Die Wasserdampf Messungen schliesslich zeigen die erwartende Zunahme zum Equator, mit den höheren Temperaturen und stärkeren Konvektionsprozessen.

Für die nächste Woche ist die Erweiterung dieser Zeitreihen bis nach Las Palmas geplant. Ausserdem wird dann mit Untersuchungen von Zusammenhängen verschiedener atmosphärischer Grössen begonnen, wobei auch die Schiffsdaten wie Temperatur, Feuchte, Wind und Strahlung mit einbezogen werden sollen.

Zur allgemeinen Information sei erwähnt, dass die Sonnenphotometer Daten jeden Abend an die NASA geschickt werden und von dort innerhalb weniger Tage über das Internet abrufbar sind: http://aeronet.gsfc.nasa.gov/new_web/maritime_aerosol_network.html.

3. Wochenbericht SO 259-2

Während der zweiten Woche auf der Transitfahrt des Forschungsschiffs Sonne von Kapstadt (in Süd-Afrika) nach Emden (in Deutschland) wurden vor der Küste Nordafrikas erhöhte Aerosolmengen in der Atmosphäre gemessen. Die schwache spektrale Abhängigkeit der den Aerosolen zugeordneten Sonnen-Energieverluste bestätigte, dass es sich bei den erhöhten Aerosolmengen hauptsächlich um Mineralstaub aus der Sahara handelte. Daher sind Sandstaubmessungen vor Afrika das Thema dieses Berichtes.

Schon die Farben des Himmels und der Sonne zeigten an, dass es eine erhöhte Aerosolbelastung gab und dass es sich dabei um relative grosse (>1µm im Durchmesser) Teilchen handeln musste, wie man es von Sahara-Sand kennt. Bei niedriger Aerosol-Belastung in der Atmosphäre geht die Sonne am Horizont unter. Dabei hat die Sonne eine gelbliche Farbe, weil ein Teil des blauen Sonnenlichtes durch Streuprozesse an Luftmolekülen verlorengeht (die bevorzugte Streuung des kurzwelligeren blauen Lichtes durch Luftmoleküle ist auch für die blaue Himmelsfarbe verantwortlich). Bei grösseren Aerosolmengen dagegen verschwindet die Sonne schon vor Erreichen des Horizontes und auch die Farben des Himmels und der Sonnenscheibe verändern sich, aber unterschiedlich für grössere und kleinere Aerosole. Kleinere Aerosole (die sich aufgrund von Luftverschmutzung, Bränden oder vulkanischen Quellen bilden) geben der Sonnenscheibe bei grosser Aerosolbelastung eine rote Farbe, weil kleinere Aerosole (ähnlich wie Luftmoleküle - aber nicht so stark) bevorzugt bei kürzeren Wellenlängen (vor allem bei blau aber auch grün) so stark wegstreuen, so dass nur noch die rote Farbe übrigbleibt. Grössere Aerosole (meist aufgewirbelter und oft über weite Strecken transportierter Sand) haben keine besondere Farb-Vorliebe, wenn sich die Sonne an ihnen streut. Dadurch entziehen sie bei grosser Aerosolbelastung sowohl dem Himmel als auch der Sonne die Farben. Zusätzlich wird durch die stärkere Beugung bei grösseren Teilchen der Umriss der Sonnenscheibe unscharf. Da diese Farb-Einbussen und diese Unschärfe der Sonnenscheibe, wie in Abbildung 1 dargestellt ist, beobachtet wurde ist davon auszugehen, dass es sich um eine erhöhte Sandstaubbelastung handelte.

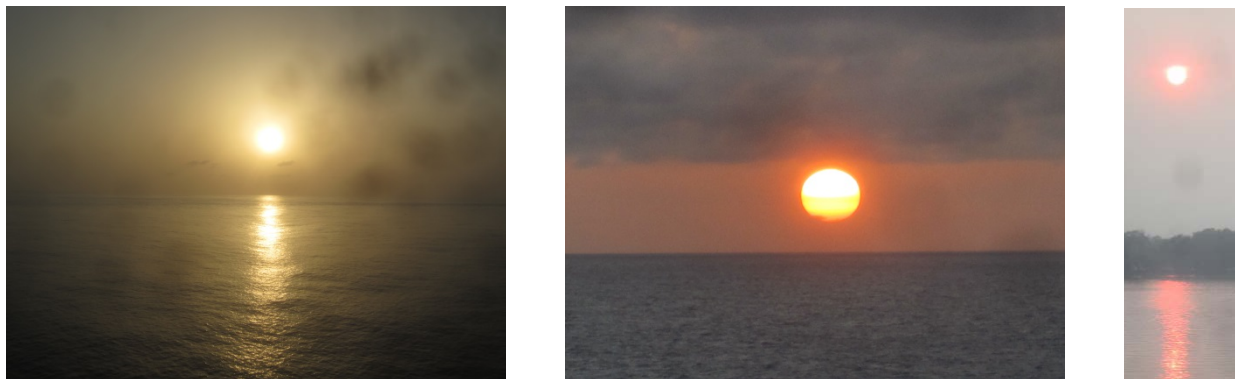


Abbildung 1. Eine Sonnenuntergang mit Sandstaubbelastung vor der Küste Senegals an 24. Oktober (links). Im Vergleich dazu sind Sonnenuntergänge gezeigt bei niedriger Aerosolbelastung, wie am 21. Oktober am Äquator (zentral) und bei hoher städtischer Luftverschmutzung (rechts), wie in Oktober 2016 in Peking.

Die Sonnenphotometer-Messungen mit dem MICROTOPS zwischen dem Äquator und den Kanarischen Inseln sind in Abbildung 2 zusammengefasst. Zwei AOD Maxima sind auszumachen. Das kleinere bei 10 und das grössere bei 23 Grad Nord. Beide hatten einen kleinen Angstrom Parameter. Dies lässt auf relativ grosse Mineralsand-Teilchen schliessen und ist im Einklang mit Beobachtungen einer weisslichen und unsauber definierten Sonnenscheibe und einem breiten Glint an beiden Tagen.

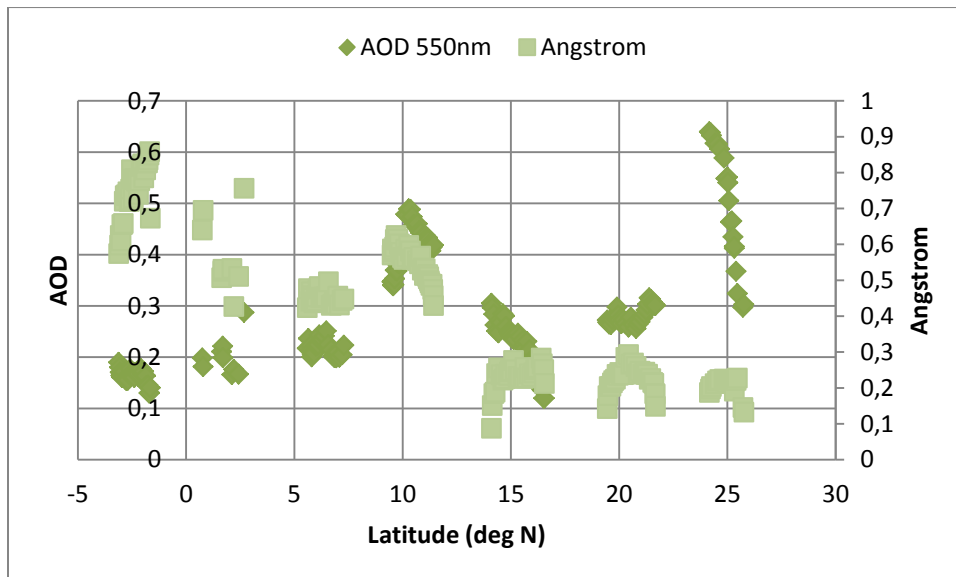


Abbildung 2 AOD (bei) 550nm und Angstrom Parameter hergeleitet mit den Sonnen-Photometer vom Forschungsschiff Sonne mit Messungen zwischen dem 21. und 27. Oktober. Die AOD (in dunkel) beschreibt die Aerosolmenge in der Atmosphäre (mit 2 Maxima bei 10 und 23 Grad Nord) und ein relative kleiner (<0.5) Angstrom Parameter (hell) zeigt bei höheren AOD Werten Mineralstaub an.

Die sich zeitlich stark verändernden AOD Werte bieten einen guten Testfall, die Vorhersagen von Modellen zu überprüfen und die Fähigkeit der Fernerkundung aus dem All zu testen. Hierzu werden 5 Tage Vorhersagen der AOD mit den NAAPS Modell (<https://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>) des Navy Research Lab untersucht. Das NAAPS Modell interpretiert dabei MODIS Satelliten Daten in die Zukunft (mit einer sogenannten Daten-Assimilation). In diesem Zusammenhang ist auch interessant, wie genau Herleitungen der AOD basierend auf MODIS Sensor Daten aus dem All sind. NAAPS Modell-Resultate sind in Abbildung 3 und MODIS Sensor Herleitungen für AOD sind in Abbildung 4 zusammengefasst.

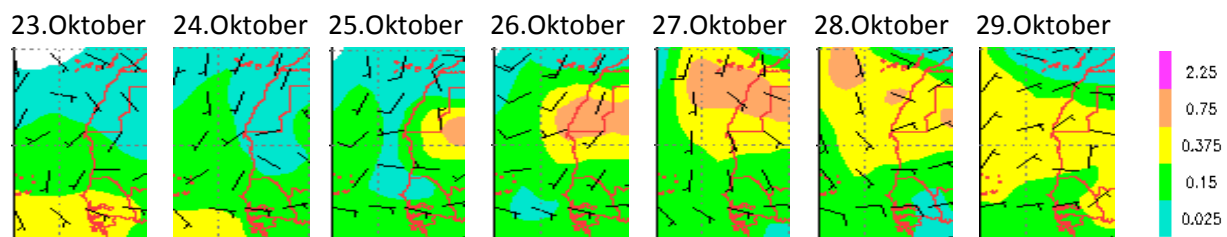


Abbildung 3 5 Tage NAAPS Modell (<https://www.nrlmry.navy.mil/aerosol/>) Vorhersagen für (Sand-) AOD und Winde bei 700mb mittags vom 23. bis 29. Oktober für das (25-10W / 10-30N) Gebiet

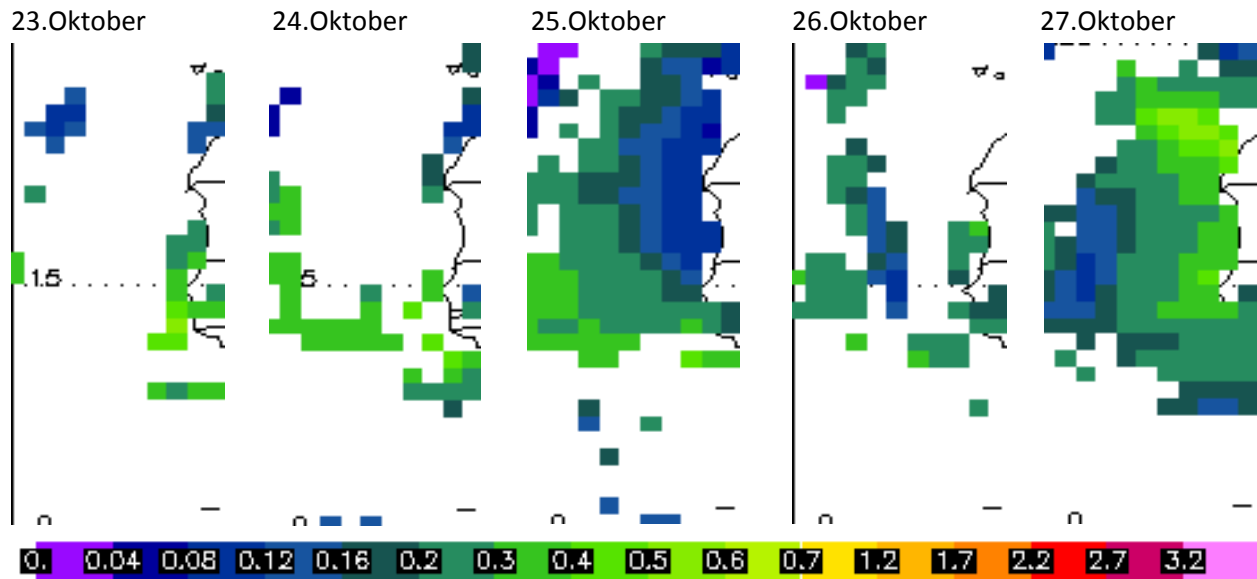


Abbildung 4 hergeleitete AOD (bei 550nm) Werte mit MODIS Sensor Satelliten Daten vom späten Vormittag und frühen Nachmittag vom 23. bis zum 27. Oktober für das (25-15W / 10-30N) Gebiet.

Die beobachtete zeitliche Variabilität der AOD wird sowohl von dem Modell und auch den Satellitendaten bestätigt. Allerdings war das erste AOD Maximum im Modell einen Tag früher und das zweite AOD Maximum zu stark und zu weit nördlich. Es ist auch erstaunlich, dass die Herleitung der AOD mit Satelliten-Daten auch Staub trotz der Zirren am 27. Oktober erkannt hatte, da ja normalerweise AOD bei Wolken nicht hergeleitet werden können. Basierend auf den Werten in Abbildungen 2, 3 und 4 sind Vergleiche der AOD (bei 550nm) zur Mittagszeit in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1 Vergleiche der AOD (at 550nm) zur Mittagszeit auf dem Schiff zu AOD Vorhersagen mit dem NAAPS- Modell und zu Satelliten Herleitungen der AOD basierend auf MODIS Sensor Daten

| date | time | ship lat | ship lon | Angstrom | AOD ship | AOD NAAPS | AOD MODIS |
|--------|-------|----------|----------|----------|-------------|-----------|-----------|
| Okt 21 | 12UTC | -2.8 | -7.1 | .74 | 0.15 | | |
| Okt 22 | 12UTC | 1.6 | -10.5 | .51 | 0.21 | | |
| Okt 23 | 12UTC | 6.3 | -14.1 | .45 | 0.24 | 0.05-0.25 | no data |
| Okt 24 | 12UTC | 10.2 | -17.2 | .60 | 0.49 | 0.25-0.50 | 0.40-0.50 |
| Okt 25 | 12UTC | 15.1 | -18.1 | .27 | 0.23 | 0.00-0.05 | 0.16-0.20 |
| Okt 26 | 12UTC | 20.4 | -18.5 | .25 | 0.26 | 0.25-0.50 | 0.20-0.30 |
| Oct 27 | 12UTC | 24.8 | -16.9 | .22 | 0.59 | 0.50-1.00 | 0.40-0.60 |

Die ersten Eindrücke von den örtlichen Vergleichen der AOD sind generell positiv, zumindest für das getestete Modell und den getesteten Satelliten-Datensatz. Das Wissen dieser Genauigkeiten ist wichtig, weil wir in Bezug auf räumliche Zusammenhänge auf Modelle und Satelliten zurückgreifen, wie sie in Abbildung 3 und 4 dargestellt sind.