

Aerosol-Wolken-Wechselwirkungen und ihre Auswirkungen auf den Wasserkreislauf

L. Klüser und T. Holzer-Popp

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)

lars.klueser@dlr.de

1 Einleitung

Aerosole beeinflussen das Weltklima auf verschiedene Arten. Neben dem Einfluss auf die Wärmebilanz von Atmosphäre und Boden interagieren Aerosole auch mit dem Strahlungsfeld in der Atmosphäre (bekannt als direkte Aerosoleffekte) und verändern dadurch die Bedingungen für Bildung und Wachstum von Wolken. Bereits vorhandene Wolken werden durch mikrophysikalische Effekte von Aerosolen verändert (indirekte Aerosoleffekte). Diese Effekte sind immer noch mit großen Unsicherheiten in Bezug auf Größe, räumliche Verteilung und teilweise auch Vorzeichen des Strahlungsantriebes behaftet. Aerosole, welche als Wolken-Kondensationskeime (CCN) geeignet sind, können eine Reduktion der Tröpfchengröße und daraus resultierend eine Verringerung der Niederschlagseffizienz verursachen. Daraus folgend können durch Aerosoleinfluss die Temperaturen der Wolkenoberseiten (CTT) durch vermehrte Freisetzung latenter Wärme aufgrund der längeren Verweildauer der Tröpfchen in der Wolke verringert werden, was eine längere Lebensdauer der Wolken und damit zu einem höheren regionalen Wolkenbedeckungsgrad zur Folge hat. Da der jeweilige Einfluss des Aerosols nicht nur von den Wolkeneigenschaften, sondern auch von der chemischen Zusammensetzung des Aerosols abhängt, ist die Kenntnis des Aerosoltyps bei Betrachtungen von Aerosol-Wolken Wechselwirkungen von enormer Bedeutung.

2 Daten

Die Analysen basieren auf Beobachtungen der europäischen Satelliten ENVISAT sowie Meteosat Second Generation (MSG). Wolkeneigenschaften werden aus MSG-SEVIRI und ENVISAT-AATSR Beobachtungen mit dem Avhrr Processing scheme Over Clouds, Land and Ocean (APOLLO, Kriebel et al., 2003) abgeleitet. Aus der Synergie der ENVISAT Sensoren AATSR und SCIAMACHY können Aerosol Optische Dichte (AOD) und Aerosoltyp gewonnen werden (Holzer-Popp et al., 2008). Mineralstaub über Land kann aus MSG Infrarot Kanälen durch einen im Rahmen der Arbeit neu entwickelten *Bitemporal Mineral Dust Index* (BMDI) beobachtet werden (Klüser und Schepanski, 2008).

3 Auslösung von Konvektion durch dunkle Rauchwolken

Am 17. Juli 2006 kann in MSG Bildern des hochauflösenden (1km im Nadir) HRV Kanals über dem Nahen Osten eine dichte Rauchwolke beobachtet werden, welche ihren Ursprung in brennenden Öltanks im Libanon hat. Am Rand der sich südostwärts ausbreitenden Rauchwolke bilden sich konvektive Wolken, deren Entstehung ursächlich auf die Anwesenheit der Rauchwolke zurückgeführt werden kann (Klüser et al., 2008). Ein Indiz hierfür sind unter anderem die frühe Tageszeit, zu der die Konvektion ausgelöst wird (10:00 UTC) und die aus Beobachtungen des MODerate resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) abgeleiteten extrem kleinen Effektivradien der Wolkentröpfchen. Die Propagation von Rauchwolke und Konvektion ist in den konsekutiven HRV Bildern (Abb. 1) sehr gut erkennbar. Die Konvektion wird durch die solare Aufheizung der Luft innerhalb der Rauchwolke, durch die Präsenz einer großen Anzahl gut geeigneter CCN und durch einen frontähnlichen Temperaturgradienten am Rand der Rauchwolke ausgelöst. An diesem Beispiel konnte gezeigt werden, dass hohe Aerosolkonzentrationen auch Konvektion auslösen können.

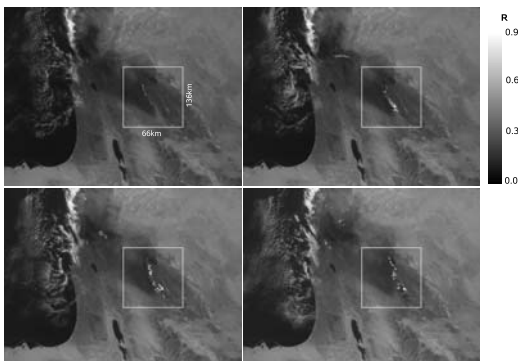


Abb. 1: Zeitliche Entwicklung von Rauchwolke und Konvektion am 17. Juli 2006 aus MSG-HRV. Beobachtungszeiten sind 10:00, 11:00, 12:00 und 13:00 UTC

4 Mineralstaub und West-Afrikanischer Monsun

Die West-Afrikanischen Monsunregion (WAM, Abb. 2a) ist durch häufige Mineralstaub-Ausbrüche aus der Sahara während der Trockenzeit (Oktober-Mai) sowie durch starke Konzentration des jährlichen Niederschlags in der Monsunzeit (Juni-September) charakterisiert. Insbesondere in der Anfangszeit des Monsuns kann der Mineralstaub durch Beeinflussung der Konvektion große Auswirkungen auf das Einsetzen des Monsuns und damit auf den der Vegetation zur Verfügung stehenden Niederschlag haben.

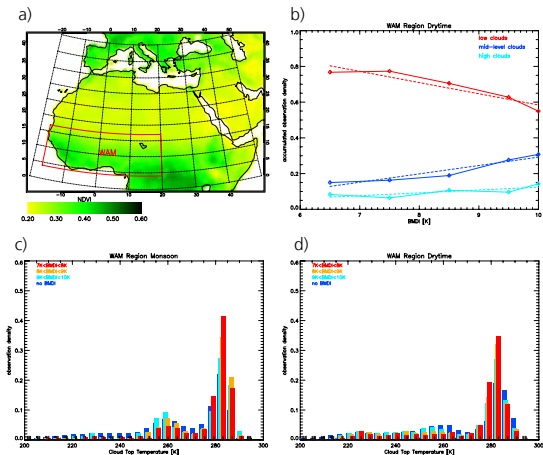


Abb. 2: Lage der West-Afrikanischen Monsunregion (a), akkumulierte Beobachtungshäufigkeit von tiefen, mittleren und hohen Wolken in der Trockenzeit (b) sowie CTT-Häufigkeitsverteilungen in Abhängigkeit vom Staubgehalt (MSG-BMDI) für Monsun (c) und Trockenzeit (d) der Jahre 2005-2007.

Abb. 2 zeigt den Staubeinfluss auf die Häufigkeit von tiefen, mittleren und hohen Wolken in der Trockenzeit (b) sowie die Häufigkeitsverteilung der CTT für Monsun (c) und Trockenzeit (d) in Abhängigkeit vom Staubgehalt (BMDI). Hierbei gilt: je kleiner der BMDI, desto größer ist der Staubgehalt in der Umgebung. Unter Staubeinfluss steigt die Häufigkeit tiefer (d.h. niederschlagsarmer) Wolken deutlich an, während sowohl mittlere als auch hohe Wolken seltener werden. Dasselbe Verhalten ist auch im Monsun zu beobachten (Abb. 2d)

5 Mineralstaub, Saharan Air Layer und Hurrikane

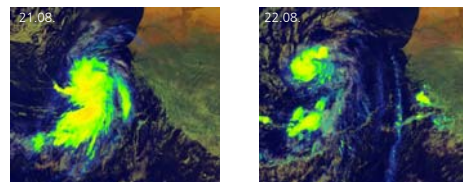


Abb. 3: MSG Falschfarbenbilder des Tropensturms „Debby“ vor West-Afrika am 21.08.2006, 12:00UTC und am 22.08.2006, 12:00UTC.

Neben dem West-Afrikanischen Monsun beeinflusst Mineralstaub aus der Sahara gemeinsam mit der Saharan Air Layer (SAL) auch die Aktivität tropischer Zyklonen auf dem Atlantik. Abb. 3 zeigt zwei MSG Falschfarbenbilder eines Tropensturms vor West-Afrika vom 21. und 22. August 2006. Bereiche mit besonders intensiver Konvektion sind farblich hervorgehoben. Der nördliche Bereich des Sturms wird durch einen SAL Ausbruch mit hohem Staubgehalt beeinflusst, was dazu beiträgt, dass sich der Sturm am 22.08.2006 bereits stark abgeschwächt hat.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Neben einem Fallbeispiel zur Interaktion zwischen Aerosol und Konvektion wurde mit Hilfe des neu entwickelten Bitemporal Mineral Dust Index der Einfluss von Mineralstaub auf den West-Afrikanischen Monsun untersucht. Ein Beispiel zeigt ebenso den Einfluss von Saharan Air Layer und Mineralstaub auf die Aktivität tropischer Zyklonen auf dem Atlantik. Weitere Untersuchungen werden neben Mineralstaub auch Rauch-Aerosol aus ENVISAT Beobachtungen umfassen. Dadurch sowie durch größere MSG-Datensätzen (fünf Jahre) soll der Aerosol-Einfluss auf tropische und subtropische Bewölkungseigenschaften weitergehend analysiert werden.