

7 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Verfahren entwickelt, welches erlaubt, einen aufwärtsgerichteten Strahlungsfluss über Wolken mit einer horizontalen Auflösung von 1 km zu berechnen. Hierfür wurden einige schmalbandige Kanäle des MODIS-Sensors genutzt. Die Basis für das Verfahren bilden Strahlungstransportsimulationen, die als Grundlage für die Inversion mit einem künstlichen Neuronalen Netz dienen.

Die Genauigkeit des Verfahrens wurde unter Verwendung von Strahlungstransportsimulationen (Kap. 3) und anhand realer Daten (Kap. 4) abgeschätzt. Der Vergleich mit den CERES-Messungen in der Auflösung eines CERES-Bildelementes zeigen, dass die Abweichung des Verfahrens im Mittel 30 W/m^2 beträgt. Die Genauigkeit liegt somit in der gleichen Größenordnung wie der Fehler eines CERES-Bildelementes selbst.

Obwohl das vorgestellte Verfahren für den Sensor MODIS entwickelt wurde, hat das Design des Verfahrens eine gewisse Allgemeingültigkeit. Es kann mit leichten Veränderungen auf andere Strahldichtemessungen vom Satelliten angewendet werden. Hierbei müssten die Spektralkanäle des Instrumentes neu berücksichtigt werden.

Ein wichtiger weiterführender Schritt wäre die Berechnung der Strahlungsbilanz an der Erdoberfläche bei einer bewölkten Atmosphäre. Damit wäre es möglich, die Netto-Strahlungsbilanz der Wolken zu ermitteln.

Das entwickelte Verfahren ist zur Ableitung des aufwärtsgerichteten Strahlungsflusses an der Erdoberfläche erweiterbar. Dazu sind Informationen des Reflexionsvermögens in Abhängigkeit von Ein- und Ausfallsrichtung der Strahlung der Oberfläche notwendig. Mit Hilfe des MODIS BRDF-Produkts (Strahler *et al.*, 1999) wäre dies realisierbar.

Der abwärtsgerichtete solare Strahlungsfluss zur Erdoberfläche ist exemplarisch von einem MODIS-Überflug am 13. September 2002 abgeleitet. Hierfür muss die Reflektivität am Boden nicht bekannt sein. Die Differenz zwischen dem abwärtsgerichteten Strahlungsfluss zum Boden und dem aufwärtsgerichteten Strahlungsfluss am Oberrand der Atmosphäre (siehe Abb. 3.10, Kap. 3) veranschaulicht die Abschwächung des abwärtsgerichteten Strahlungsflusses am Boden durch die Wolken, wobei die negativen Werte eine hohe Reflexion an den Wolken assoziieren (Abb. 7.1).

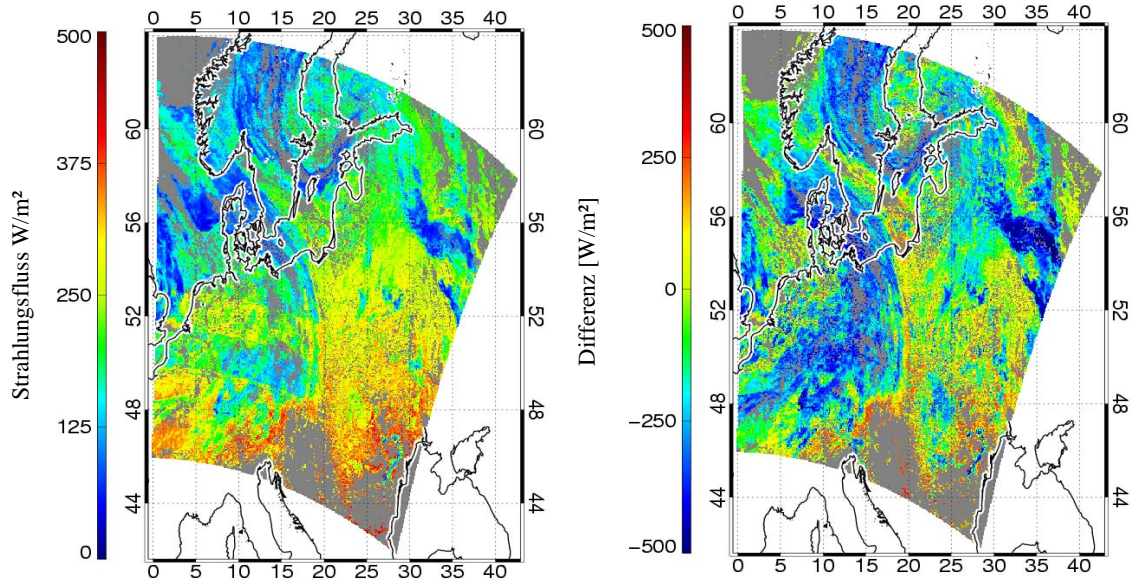


Abb. 7.1: MODIS Szene vom 13.09.2001. *Links*: abwärtsgerichteter Strahlungsfluss am Boden; *Rechts*: Differenz zwischen dem abwärtsgerichteten Strahlungsfluss am Boden und dem aufwärtsgerichteten Strahlungsfluss am Oberrand der Atmosphäre.

Ein weiterer Schwerpunkt dieser Arbeit sind die Anwendungen des entwickelten Verfahrens:

Für das Jahr 2002 wurde der abgeleitete aufwärtsgerichtete Strahlungsfluss aus MODIS-Daten zur Validierung des regionalen Klimamodells BALTIMOS verwendet (siehe Kap. 6). Bei dem Vergleich zeigen im Mittel der Tagesgang und die räumliche Verteilung des Strahlungsflusses eine gute Übereinstimmung. Die Abweichung befindet sich innerhalb der Genauigkeit des Verfahrens.

Der Jahresgang hingegen wird vom Klimamodell in den Monaten Mai, Juni, Juli und August überschätzt. Eine deutlich bessere Übereinstimmung zeigt der Vergleich beim Ausschluss optisch dünner Wolken. Hierfür wurde ein zusätzlicher Schwellwert eingeführt. Eine Weiterführung des Vergleichs für Strahlungsflüsse an der Erdoberfläche ist wünschenswert und würde einen Beitrag zum Verstehen der aufgezeigten Unterschiede geben.

Für die mikrophysikalischen Eigenschaften der Wolken sind die Aerosole als Kondensationskerne mitverantwortlich. Die Abschätzung der möglichen Aerosole basiert auf Ana-

lysen der Luftmassenherkunft. Diese Eigenschaften können durch die Tropfenkonzentration, die Tropfengröße und den Flüssigwassergehalt beschrieben werden. Die optischen Eigenschaften einer Wolke, wie z. B. das Rückstreuvermögen, hängen von diesen Größen ab.

Mit Kenntnis dieser Eigenschaften wurde der indirekte Aerosoleffekt anhand von Einzelfallstudien untersucht (siehe Kap. 5). Sie zeigten einen erhöhten rückgestreuten Strahlungsfluss für eine kontinental geprägte Wolke im Vergleich zur maritim geprägten Wolke und konnten damit qualitativ den indirekten Aerosoleffekt nachweisen. Dieser Aerosol-Strahlungs-Wechselwirkungseffekt ist in vieler Hinsicht schwierig zu erfassen und Gegenstand aktueller Untersuchungen. So ist mit dem Start der Satelliten CloudSat und CALIPSO (*Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellit*) am 12. Mai 2006 eine neue Möglichkeit gegeben, Zusammenhänge zwischen Wolken und Aerosolen zu ergründen.

