

## Monte Carlo Strahlungstransportrechnungen für inhomogene Mischphasenwolken

A. Macke<sup>1)</sup>, D. L. Mitchell<sup>2)</sup> und L. von Bremen<sup>1)</sup>

1) Institut für Meereskunde an der Universität zu Kiel, 24105 Kiel

2) Desert Research Institute, Reno, Nevada, U.S.A.

Trotz der großen Bedeutung von Wolken in der Bestimmung des Strahlungshaushaltes und damit des Klimas unseres Planeten basiert deren Berücksichtigung in Klimamodellen und in satellitengestützten Fernerkundungsverfahren auf der stark idealisierten Annahme planparalleler und homogener Wolkengeometrien. Insbesondere im solaren Spektralbereich liefert diese Idealisierung aufgrund des nichtlinearen Zusammenhangs zwischen optischer Dicke und Albedo eine deutliche Überschätzung der Wolkenalbedo im Klimamodell und eine entsprechende Unterschätzung der aus Satellitendaten gewonnenen optischen Dicke.

Bisherige Arbeiten zur Albedodifferenz zwischen homogenen planparallelen und inhomogenen Wolken berücksichtigten entweder lediglich horizontale Inhomogenitäten der optischen Dicke auf der Basis verschiedenster Kaskadenmodelle (e.g., Cahalan et al., 1994) oder räumliche Inhomogenitäten, die allerdings aus extrem vereinfachten Wolkenmodellen resultierten (Macke et al., 1997). Weiterhin sind bislang keinerlei Variabilitäten der Streueigenschaften der Hydrometeore zugelassen worden.

Das wesentliche Ziel dieser Arbeit ist es, den Effekt der Wolkeninhomogenitäten auf die Albedo unter Berücksichtigung physikalischer Wolkenmodelle quantitativ darzustellen. Desweiteren soll die natürliche Variabilität zwischen wolkenphysikalischen- und Strahlungseigenschaften abgeschätzt werden. Zu diesem Ziel sind Monte Carlo Strahlungstransportrechnungen für mehrere dreidimensionale Wolkenrealisierungen durchgeführt worden. Die Wolkenfelder sind mit dem dreidimensionalen nichthydrostatischen Atmosphärenmodell GESIMA (Eppel et al., 1998) und dem darin implementierten Wolkenmodul von Levkov et al. (1992) (modifiziert nach Hagedorn (1996)) gerechnet worden. Die Rechnungen sind für Sommer- und Winter- als auch für konvektive und stratiforme Bedingungen durchgeführt worden (Hagedorn, 1996). Die Umrechnung der Wolkenwasserkonzentrationen für Wolkentropfen, Regen, Schnee und Eis in optische Dicken und effektive Teilchengrößen basiert für Wolkentropfen und Regen auf empirisch ermittelte Zusammenhänge. Für Eis und Schnee wurde eine modifizierte Version des spektralen mikrophysikalischen Modells von Mitchell and Arnott (1994) benutzt.

Abb. 1 zeigt die Albedodifferenz zwischen räumlich inhomogenen Wolken (sowohl optische Dicke als auch Streueigenschaften sind variabel) und planparallel homogenen Wolken mit konstanten Streueigenschaften (Wassertröpfchen mit effektivem Radius von  $10 \mu\text{m}$ ) und gleicher optischer Dicke (oberes Bild) bzw. gleichem Gesamtwasserpfad (unteres Bild). Die Albedodifferenzen reichen bis -0.4, was mehr als 50% der Wolkenalbedo entspricht. Interessanterweise sind die Albedodifferenzen entlang zweier "Äste" mit der optischen Dicke bzw. dem Wasserpfad korreliert. Dieses Ergebnis eröffnet die Möglichkeit zur Korrektur bisheriger Strahlungstransportrechnungen. Allerdings müssen zunächst noch weitere Wolkenrealisierungen hinzugenommen werden, um eine verlässliche Korrektur angeben zu können.

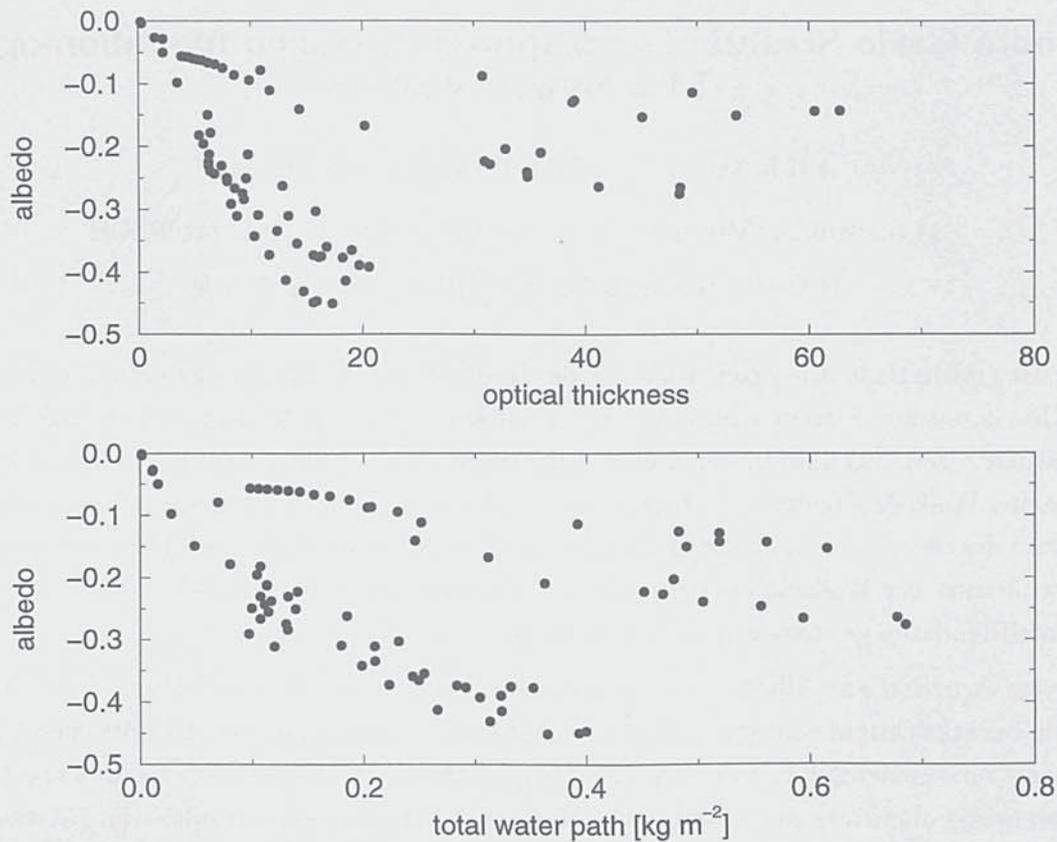


Abbildung 1: Albedodifferenzen zwischen räumlich inhomogenen und planparallel homogenen Wolken gleicher optischen Dicke (oberes Bild) bzw. gleichem Gesamtwasserpfad (unteres Bild).

## Literaturverzeichnis

- Cahalan, R. F., W. Ridgway, W. J. Wiacombe, T. L. Bell, and J. B. Snider, 1994: The albedo of fractal stratocumulus clouds, *J. Atmos. Sci.*, **51**, 2434–2455.
- Eppel, D. P., H. Kapitza, M. Clausen, D. Jacob, W. Koch, W. Levkov, H.-T. Mengelkamp, and N. Werrmann, 1998: The non-hydrostatic mesoscale model gesima. part ii: Parameterizations and applications, *Contr. Atmos. Phys.*, **68**, 15–41.
- Hagedorn, R., 1996: Hydrologiebilanz im Geesthachter Simulationsmodell der Atmosphäre (GESIMA) als Test der mikrophysikalischen Parametrisierung. Master's thesis, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät der Christian-Albrecht-Universität zu Kiel.
- Levkov, L., B. Rockel, H. Kapitza, and E. Raschke, 1992: 3d mesoscale numerical studies of cirrus and stratus clouds by their time and space evolution, *CAP*, **65**, 35–58.
- Macke, A., J. Mueller, K. Nagel, and R. Stuhlmann, 1997: A cellular automaton model for cloud formation: Radiative properties. in *IRS'96: Current Problems in Atmospheric Radiation*, 234–237, . A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia.
- Mitchell, D. L., and W. P. Arnott, 1994: A model predicting the evolution of ice particle size spectra and radiative properties of cirrus clouds. Part II: Dependence of absorption and extinction on ice crystal morphology, *J. Atmos. Sci.*, **51**, 817–832.