

**Deutscher Wetterdienst**



**Annalen der Meteorologie**

**37**

**Deutsche Meteorologen-Tagung  
14. – 18. September 1998 in Leipzig**

**Band 1**

Zur Herstellung dieses Buches wurde chlor- und säurefreies Papier verwendet.

ISSN 0072-4122  
ISBN 3-88148-342-X

---

Herausgeber und Verlag:  
Deutscher Wetterdienst  
Frankfurter Straße 135  
D-63067 Offenbach am Main

# Bodengebundene Fernerkundung von Eiswolken durch gestreute Solarstrahlung im nahen Infrarot

M. Betancor Gothe, M. Dreyer, S. Bakan, C. Costanzo  
Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg  
email: dreyer@dkrz.de

## Motivation

Eiswolken spielen eine wichtige Rolle im Strahlungshaushalt und damit für das Klima der Erde. Ihre optischen Eigenschaften sind wesentlich durch die Größenverteilung der Eisteilchen und die optische Dicke bestimmt. Durch den Flugverkehr werden zusätzliche Eiswolken in Form von Kondensstreifen sowie aus diesen entstandenen Cirren verursacht, deren mikrophysikalische und optische Eigenschaften sich systematisch von denen bei natürlicher Cirrusbewölkung unterscheiden können.

## Methode

Die Möglichkeit zur Abschätzung der optischen Eigenschaften dünner Eiswolken mit Hilfe der bodengebundenen Fernerkundung im nahen Infrarot wurde untersucht und bestätigt. Dabei wird die Streuung an Eiskristallen unter einem Winkel von  $30^\circ$  zur Ableitung mikrophysikalischer Eigenschaften der streuenden Partikel ausgenutzt. Der Einfluß atmosphärischer Gase und des Wasserdampfes auf die abwärts gerichtete Streustrahlung wurde durch die Wahl der atmosphärischen Fenster bei 1046 und 1550 nm ausgeschlossen. Während bei 1046 nm die Extinktion der einfallenden Solarstrahlung nahezu ausschließlich durch Streuung bestimmt wird, gewinnt bei 1550 nm die von der optischen Weglänge im Kristall abhängige Absorption an Bedeutung.

Der Strahlungstransport durch Eiswolken wurde als Funktion von Kristallgröße und -form sowie der optischen Dicke für sechs bekannte Teilchengrößenverteilungen mit verschiedenen effektiven Radien zwischen 4.4 und 620  $\mu\text{m}$  unter der Annahme von Einfachstreuung simuliert. Daraus wurde eine Methode zur Abschätzung des effektiven Radius und der optischen Dicke aus den Strahldichtedifferenzen abgeleitet. Dabei spielt die Annahme über die Teilchenform eine erhebliche Rolle. Die Ergebnisse für den effektiven Radius unterscheiden sich nicht wesentlich für hexagonale und sphärische Eisteilchen, wogegen die Abschätzung der optischen Dicke aufgrund der starken Abhängigkeit von der Partikelform nur eingeschränkt zuverlässige Werte liefert.

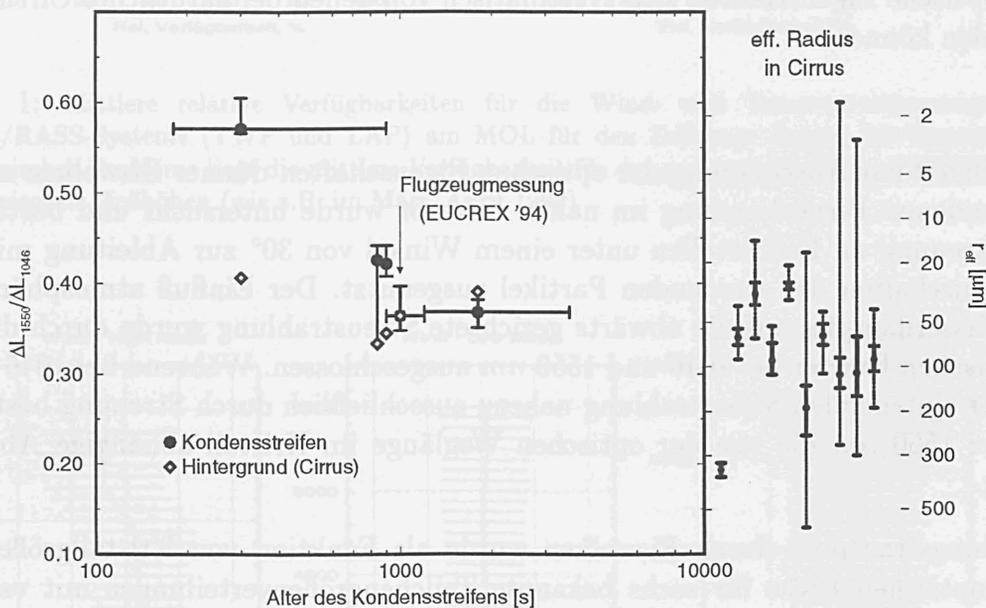
Zur Verifikation und Anwendung dieses Verfahrens wurden bodengebundene Messungen von gestreuter Solarstrahlung mit dem räumlich und spektral hochauflösenden Spektrometer OVID durchgeführt. Zunächst wurde das Verfahren anhand zweier Fallstudien verifiziert, anschließend wurde eine Meßreihe an natürlichen und anthropogenen Eiswolken über einen Zeitraum von sechs Monaten vorgenommen.

## Ergebnisse und Ausblick

Der überwiegende Teil der Messungen ergab einen effektiven Radius zwischen 30 und 200  $\mu\text{m}$ , insgesamt wurden Werte zwischen 1.6 und 591  $\mu\text{m}$  gefunden. Die optische Dicke zeigte Werte zwischen 0.02 und 0.15. Für verschiedene Cirrustypen (Cirrus, Cirrus fibratus, Cirrus uncinus, Cirrostratus, Cirrostratus fibratus, Cirrocumulus und Cirrocumulus stratiformis) konnten si-

gnifikante Unterschiede bezüglich des effektiven Radius und der optischen Dicke festgestellt werden. Die Zunahme der Teilchengröße in Eiswolken mit der Temperatur wurde von den Daten bestätigt. Es konnte gezeigt werden, daß in jungen Kondensstreifen die Teilchengröße im Bereich weniger  $\mu\text{m}$  liegt, aber schon nach etwa einer halben Stunde auf Werte um  $50 \mu\text{m}$  zunimmt, womit sich ihre Partikelgröße der in den vorliegenden Meßfällen beobachteten Hintergrundbewölkung annähert. Obwohl dieser Wert im Schwankungsbereich der Beobachtungen für natürliche Eiswolken liegt, gehört er eher zu kleinen Werten. Da diese Hintergrundbewölkung aber aus stark gealterten Kondensstreifen hervorgegangen sein könnte, könnte sich hieraus doch ein Hinweis auf eine systematische Reduktion der Teilchengröße ergeben. Hierzu sind weitere Untersuchungen mit einem FTIR-Spektrometer unter Zuhilfenahme weiterer Spektralkanäle im terrestrischen Infrarot in Vorbereitung.

Strahl-dichteverhaeltnisse von Cirrus und Kondensstreifen



Vergleich von Messungen an Kondensstreifen und natürlichen Eiswolken hinsichtlich des Strahl-dichteverhältnisses und des abgeleiteten effektiven Radius. Im linken Diagramm sind die Kondensstreifen der jeweiligen Hintergrundbewölkung gegenübergestellt. Zusätzlich zu den im Rahmen dieser Arbeit erfaßten Fällen ist ein ebenfalls mit OVID während des Experiments EUCREX '94 aus dem Flugzeug in Nadirrichtung gemessener Kondensstreifen dargestellt. Das rechte Diagramm zeigt die Gesamtspanne der an den einzelnen Meßtagen gemessenen effektiven Radien, der Mittelwert und die mittlere Breite der Einzelmessungen sind fett hervorgehoben.

## Literatur

- Betancor Gothe, M., 1996:** Bodengebundene Fernerkundung von Eiswolken im nahen Infrarot, *Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Examensarbeit Nr. 36, ISSN 0938-5177, pp. 111.*
- Betancor Gothe, M., M. Dreyer, S. Bakan, C. Costanzo, H. Graßl, 1998:** Ground Based Passive Remote Sensing of Ice Clouds in the Near Infrared, *in Vorbereitung.*
- Dreyer, M., 1997:** Fernerkundung der bevorzugten Teilchengröße in Eiswolken, *Diplomarbeit, Univ. Hamburg, pp. 102.*