



Fraunhofer Institut
Atmosphärische
Umweltforschung

Schriftenreihe

Volker Freudenthaler

Lidarmessungen der räumlichen Ausbreitung
sowie mikrophysikalischer und optischer Parameter
von Flugzeugkondensstreifen

Herausgeber: Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Fraunhofer-Institut Atmosphärische Umweltforschung
Kreuzeckbahnstr. 19, 82467 Garmisch-Partenkirchen
Garmisch-Partenkirchen, 2000

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Freudenthaler, Volker:

Lidarmessungen der räumlichen Ausbreitung sowie mikrophysikalischer und optischer Parameter von Flugzeugkondensstreifen / Volker Freudenthaler.

- Als Ms. gedr. -

Aachen : Shaker, 2000

(Schriftenreihe des Fraunhofer-Instituts Atmosphärische Umweltforschung ; Bd. 2000,63)

Zugl.: Hohenheim, Univ., Diss., 1999

ISBN 3-8265-6973-3

Copyright Shaker Verlag 2000

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISBN 3-8265-6973-3

ISSN 1436-1094

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Kondensstreifen hinter Flugzeugen entstehen im allgemeinen in einer Höhe zwischen 8 und 13 km und fallen besonders auf, wenn der Himmel ansonsten blau und wolkenfrei ist. An manchen Tagen bilden einzelne Kondensstreifen kilometerbreite Bänder, die sich in stark frequentierten Flugkorridoren zu einer anthropogenen Zirrenbewölkung verdichten können. Sowohl die globale klimatologische Wirksamkeit als auch die regionalen Auswirkungen von Kondensstreifen sind Gegenstand aktueller Forschung. Die Ausbreitung der Kondensstreifen zeigt außerdem die Verteilung der Flugzeugabgase, deren Auswirkungen auf die natürlicherweise gering belastete Region im Tropopausenbereich u.a. Gegenstand des BMBF-Verbundprogramms *Schadstoffe in der Luftfahrt* sind. Im Rahmen dieses Verbundprogramms¹ wurde am Fraunhofer Institut für Atmosphärische Umweltforschung (IFU) in Garmisch-Partenkirchen ein schwenkbares Rückstreulidar entwickelt, um grundlegende Kenntnisse über die Dynamik der Ausbreitung und über die mikrophysikalischen und optischen Eigenschaften von Kondensstreifen zu gewinnen.

In der Konzeption, dem Aufbau und der Optimierung des Lidars bestand der erste Teil der vorliegenden Arbeit. Erreicht wurde eine hohe räumliche Auflösung bis zu etwa 3 m sowie eine gute zeitliche Auflösung im Bereich von etwa 2 s. Damit war es im zweiten Teil der Arbeit möglich, in kurzen Zeitintervallen Querschnittprofile eines Kondensstreifens zu vermessen und aus vielen solcher Einzelmessungen bei unterschiedlichen Umgebungsbedingungen eine Bandbreite der räumlichen Ausbreitung zu ermitteln. Die Maximalwerte liegen beim Höhenwachstum um 18 m/min und beim Breitenwachstum bei 140 m/min. Die Optimierung der automatischen Computersteuerung des Lidarsystems ermöglichte weiterhin die Dokumentation einiger dynamischer Effekte bei der Entwicklung von Kondensstreifen in der Wirbelschlepe von Flugzeugen. So konnte das Absinken und die Struktur des Wirbelpaares vermessen und die Ausbildung von Sekundärfahnen² - nach Wissen des Autors erstmals - nachgewiesen werden.

Die hohe Signalqualität ermöglichte darüber hinaus in vielen Fällen die Bestimmung optischer Parameter der Kondensstreifen, wie der optischen Dicke, der linearen Depolarisation und des Lidarratios (das Verhältnis des Extinktions- zum Rückstreuoeffizienten), woraus mit Hilfe von Modellrechnungen die Größe der Eisteilchen in jungen Kondensstreifen abgeschätzt werden konnte. Mit dem Altern der Kondensstreifen wurde ein Sinken des Lidarratios von etwa 100 sr auf etwa 30 sr bei gleichzeitigem Anstieg der Depolarisation von nahe 0 auf etwa 0.5 festgestellt. Die Geschwindigkeit dieses Vorgangs verlangsamt sich deutlich mit sinkender Umgebungstemperatur T . Die Endwerte sind bei $T \approx -55^\circ\text{C}$ schon nach etwa einer Minute erreicht, bei $T \approx -65^\circ\text{C}$ erst nach etwa zehn Minuten. Berechnungen des Lidarratios nach der Mie-Theorie ergaben, daß der effektive Radius der in Kondensstreifen vermuteten Eisteilchen mit Lidarratios im Bereich von 100 sr kleiner als etwa $0.6 \mu\text{m}$ ist.

¹ Vorhaben AP1314, Förderkennzeichen 01LL9105, Projektnummer 102687

² Ein Teil der Abgasfahne, der sich von der ursprünglichen Flughöhe bis zwischen die abgesunkenen Wirbel erstreckt.