

Schlussbericht

Förderkennzeichen 07AF105

Mehrwellenlängenlidar- und Flugzeugmessungen im Rahmen eines Aerosolsäulenschließungsexperiments

Albert Ansmann, Ulla Wandinger, Detlef Müller, Dietrich Althausen,
Manfred Wendisch, Andreas Keil, Dörthe Müller

Institut für Troposphärenforschung (IfT)

Permoserstr. 15, 04303 Leipzig

1 Aufgabenstellung

1. Teilnahme am Lindenberger Aerosol-Charakterisierungs-Experiment 1998 (LACE 98) mit einem Sechs-Wellenlängen-Lidar und einem Forschungsflugzeug. Die Flugzeugmessungen waren Eigenleistungen des IfT.
2. Lidar-Messung von Vertikalprofilen des Partikel- 180° -Rückstreuoeffizienten bei sechs Wellenlängen zwischen 355 und 1064 nm und des Extinktionskoeffizienten bei mindestens einer Wellenlänge (532 nm).
3. Bestimmung physikalischer Aerosol-Parameter (effektiver Radius, Oberflächen- und Volumenkonzentrationen) aus den spektralen optischen Daten mit Hilfe eines am IfT entwickelten Inversionsschemas
4. Bestimmung von Wasserdampfprofilen nach der Raman-Lidarmethode.
5. In-situ-Messungen von Profilen physikalischer und optischer Partikelparameter und von Strahlungsgrößen mit Hilfe eines Forschungsflugzeugs.
6. Nutzung der Flugzeugdaten zur Validierung der Lidarmessungen. Alle aus den Lidarmessungen abgeleiteten Größen können ebenso aus den Flugzeugmessungen bestimmt werden.
7. Nutzung der Flugzeugdaten und der Lidarprofilinformationen in Rechnungen mit einem Strahlungsübertragungsmodell, welches die Strahlungsgrößen in Form der auf- und abwärtsgerichteten Strahlungsflussdichten berechnet und damit die klimawirksamen Effekte (z.B. Aerosol-Strahlungsantrieb) charakterisiert.
8. Vergleich der berechneten Strahlungsflussdichten mit den vom Flugzeug gemessenen Vertikalprofilen mit dem Ziel, ein in sich geschlossenes Bild von der Wechselwirkung zwischen Aerosolpartikeln und Strahlung zu erhalten. In diese Arbeiten fließen die Beiträge der anderen am Schließungsexperiment teilnehmenden Gruppen, die eine chemische Charakterisierung der Partikel vornehmen und Strahlungsgrößen aus Boden- und Satellitenbeobachtungen ableiten, ein.

2 Ergebnisse

Zu 1, 2, 4 und 5: Alle geplanten Messungen konnten zufriedenstellend durchgeführt werden. Verschiedene Aerosol-Situationen von klarer, sauberer bis hin zu hochverschmutzter Luft konnten vermessen werden. Ferntransport von Waldbrand-Aerosol konnte beobachtet werden. In *Althausen et al.* [2000] wird das benutzte weltweit einzigartige Aerosol-Lidar erstmals ausführlich beschrieben, wobei anhand der LACE-Ergebnisse die Leistungsfähigkeit des Systems aufgezeigt wird.

Zu 3 und 6: Es wurden erfolgreich Profile physikalischer Aerosol-Parameter aus den spektralen Daten abgeleitet und mit den entsprechenden Flugzeug-Daten verglichen. Die LACE-Daten sind unter anderem in die Publikation von Müller *et al.* [2000] eingeflossen, in der die Leistungsfähigkeit des am IfT entwickelten Inversionsalgorithmus aufgezeigt wird. Diese Arbeiten kann man als Durchbruch (Milestone) auf dem Gebiet der Inversionsanwendungen im Lidarbereich ansehen. Die Waldbrand-Aerosolmessungen waren ideal für Flugzeug-Lidarvergleiche, da in der Schicht relative Feuchten von weniger als 40% herrschten, so dass die In-situ-Messungen an abgetrockneten Partikeln direkt (ohne Feuchtekorrekturen) mit den Lidarmessungen, die ja bei Umgebungfeuchten stattfinden, verglichen werden konnten.

Die LACE-Ergebnisse selbst (Lidarmessungen, Flugzeugvergleiche) sind ausführlich in Wandinger *et al.* [2001] diskutiert. Die Analysen konzentrierten sich auf die Westkanada-Waldbrandaerosolschicht in der freien Troposphäre und auf einen Tag mit einer hochverschmutzten Grenzschicht, wobei die Luft zwischen etwa 700 und 3000 m Höhe aus den dicht besiedelten Gebieten Westeuropas und des westlichen Mitteleuropas herantransportiert worden war. Die optischen Dicken der Partikel in der Waldbrandschicht betrug 0.03 bis 0.05 bei 532 nm, die Einfachstreueralbedo der Partikel war gering mit 0.8, verhältnismäßig große Partikel mit effektiven Radien zwischen 200 und 300 nm wurden gefunden. Die hochverschmutzte Grenzschicht zeichnete sich dagegen durch recht kleine Partikel mit effektiven Radien um 150 nm, aerosoloptischen Dicken um 0.3 und Einfachstreueralbedowerten um 0.9 aus.

Die Brandaerosolschicht hat noch eine weitere Arbeit angeregt, die sich speziell mit dem Ferntransport von Partikeln beschäftigt (Forster *et al.* [2001]). Partikel in der freien Troposphäre sind hervorragende Tracer zum Nachweis von großskaligen Transportphänomenen.

Zu 7 und 8: Ein Aerosolprofil-Datensatz (chemische und physikalische Eigenschaften der Partikel) wurde in Zusammenarbeit mit den anderen LACE-Gruppen, vor allem aber mit der DLR, Oberpfaffenhofen, erstellt. Dieser bildete die Grundlage für umfangreiche Strahlungstransportrechnungen. Die spezielle Aufgabe des IfT bestand darin, die am Boden gemessenen solaren globalen (diffuse und direkte) Strahlungsflussdichten, die zusätzlich getrennt gemessenen diffusen und direkten Strahlungsflussdichten und die zwischen 500 und 900 nm spektral aufgelösten Strahlungsflussdichten mit entsprechenden berechneten Werten zu vergleichen. Es zeigte sich, dass sich die globalen Strahlungsflussdichten durch Modellrechnungen gut reproduzieren ließen. Probleme ergaben sich bzgl. des Anteils der direkten Strahlung und bei den spektral aufgelösten Messungen im Spektralbereich von 600-900 nm. Hier war die berechnete Flussdichte systematisch größer als die gemessene, was vermutlich auf eine Unterschätzung der atmosphärischen Absorption im Modell zurückzuführen ist. Insgesamt deuten die Strahlungsanalysen an, dass noch erhebliche Lücken in der Kenntnis der Wechselwirkung zwischen Aerosolen (Gase+Partikel) und dem solaren Strahlungsfeld bestehen. Die Ergebnisse werden von Wendisch *et al.* [2001] veröffentlicht.

3 Sprecheraktivitäten (Jahr 2000)

Auf dem letzten LACE-Workshop in Benedikt-Beuern im Dezember 1999 wurde vereinbart, einen Sonderband mit LACE-98-Beiträgen herauszugeben. Mitte letzten Jahres wurde deswegen *Journal of Geophysical Research* (JGR) kontaktiert. Bis Ende Dezember wurden 14 LACE-Artikel bei JGR eingereicht inklusive eines einleitenden Artikels (Ansmann *et al.* [2001]).

Eine Zusammenstellung mit 10 bis 20 Artikeln bezeichnet man bei JGR als Special Collection. Die Veröffentlichung der LACE-Special-Section ist für Dezember 2001 geplant.

Beigefügte Publikationen:

1) Müller D., F. Wagner, U. Wandinger, A. Ansmann, M. Wendisch, D. Althausen, Wolfgang von Hoyningen-Huene: Microphysical particle parameters from extinction and backscatter lidar data by inversion with regularization: Experiment, *Appl. Opt.*, 39, 1879–1892, 2000.

2) Althausen D., D. Müller, A. Ansmann, U. Wandinger, H. Hube, E. Clauder, S. Zörner: Scanning six-wavelength eleven-channel aerosol lidar, *J. Atmos. Oceanic. Tech.*, 17, 1469–1482, 2000.

3) Ansmann A., U. Wandinger, A. Wiedensohler, U. Leiterer: Lindenberg Aerosol Characterization Experiment 1998 (LACE 98): Overview, JGR LACE 98 Special Collection.

4) Wandinger, U., D. Müller, C. Böckmann, D. Althausen, V. Matthias, J. Bösenberg, V. Weiß, M. Fiebig, M. Wendisch, A. Stohl, A. Ansmann: Optical and microphysical characterization of biomass-burning and industrial-pollution aerosols from multiwavelength lidar and aircraft measurements, JGR LACE 98 Special Collection.

5) Wendisch, M., A. Keil, D. Müller, U. Wandinger, P. Wendling, A. Stifter, A. Petzold, M. Fiebig, M. Wiegner, V. Freudenthaler, W. Armbruster, W. von Hoyningen-Huene, U. Leiterer: Aerosol-radiation interaction in the cloudless atmosphere during LACE 98. Part 1: Measured and calculated solar and spectral surface insulations, JGR LACE 98 Special Collection.

Daten aus diesem Beitrag flossen noch ein in

Wex, H., C. Neusüß, M. Wendisch, C. Koziar, A. Keil, M. Ebert, F. Stratmann, A. Wiedensohler: Particle scattering, backscattering, and absorption coefficients: an in-situ closure and sensitivity study, JGR LACE 98 Special Collection.

Fiebig, M., A. Petzold, U. Wandinger, M. Wendisch, C. Kiemle, A. Stifter, M. Ebert, T. Rother, U. Leiterer: Optical closure for an aerosol column: method, accuracy, and inferable properties applied to a biomass-burning aerosol and its radiative forcing, JGR LACE 98 Special Collection.

Wendling, P., A. Stifter, A. Petzold, M. Fiebig, C. Kiemle, H. Flentje, M. Wendisch, A. Ansmann, W. Armbruster, W. von Hoyningen-Huene: Aerosol-radiation interaction in the cloudless atmosphere during LACE 98. Part 2: Aerosol induced radiative flux changes determined from airborne pyranometer measurements and calculations, JGR LACE 98 Special Collection.

Wieser, P. H., T. Engelhardt, H. Jenderek, F. Schneider: Chemical characterization of atmospheric aerosol particles by laser microprobe mass analyses (LAMMA): A contribution to LACE 98, JGR LACE 98 Special Collection.

Petzold, A., M. Fiebig, H. Flentje, A. Keil, U. Leiterer, F. Schröder, A. Stifter, M. Wendisch, P. Wendling: Variability of aerosol properties relevant for radiative forcing observed at a continental site during LACE 98, JGR LACE 98 Special Collection.

Forster C., U. Wandinger, G. Wotawa, P. James, I. Mattis, D. Althausen, P. Simmonds, S. O'Doherty, S. G. Jennings, C. Kleefeld, J. Schneider, T. Trickl, S. Kreipl, H. Jäger, A. Stohl: Transport of boreal forest fire emissions from Canada to Europe, JGR, eingereicht im September 2000.