

## **Ein automatischer Algorithmus zur Untersuchung von Grenzschichtstrukturen mit Laser-Ceilometern**

C. Münkel (1), K. Schäfer (2), and S. Emeis (2)

(1) Vaisala GmbH, Hamburg, Germany (christoph.muenkel@vaisala.com), (2) Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU), Garmisch-Partenkirchen, Germany (klaus.schaefer@kit.edu, stefan.emeis@kit.edu)

Die Ermittlung der Höhe von Wolkenuntergrenzen ist eine wichtige Aufgabe der Flugsicherheitsüberwachung. Optische Fernmessverfahren, die aus der Stärke des rückgestreuten Signals das Vorhandensein von Teilchen in der Atmosphäre ableiten und aus der Laufzeit des Lichts die Entfernung zu diesen Partikeln bestimmen, bieten sich als Lösung an.

An Flughäfen und in Messnetzen wie dem ASOS-System des US-Wetterdienstes werden in der Regel Ceilometer zur Bestimmung von Wolkenuntergrenzen und Vertikalsichtweiten eingesetzt. Bei diesen Geräten handelt es sich um für wartungsfreien Dauereinsatz ausgelegte, augensichere Lidar-Systeme, die im nahen Infrarotbereich arbeiten. Eine beschleunigte Datenerfassung und Datenauswertung sowie verbesserte optische Konzepte ermöglichen heutigen Ceilometern eine Erweiterung ihres Einsatzgebiets. Dazu gehört die Erfassung von Rückstreusignalen von Aerosolen innerhalb der planetaren Grenzschicht. Aus diesen lassen sich Rückschlüsse auf die Lage von Aerosolschichten und deren zeitliche Entwicklung ziehen.

Für die Untersuchung der für die Überwachung der Luftqualität wichtigen untersten 200 m der Grenzschicht besonders geeignet sind Ceilometer, die eine einzige Linse sowohl für die ausgesandten Laserpulse, als auch für das empfangene Lichtsignal verwenden. Dieses optische Konzept verwenden die Ceilometer CL31 und CL51 der Firma Vaisala. Zur Unterstützung der Anwender bei Routineauswertungen mit diesen Geräten und der Nachbearbeitung besonderer Fälle wurde das Softwarepaket BL-VIEW entwickelt. Neben den üblichen Werkzeugen zur Fernbedienung der Ceilometer und zur grafischen Darstellung und Archivierung von Rückstreuprofilen, enthält BL-VIEW als Kernstück einen automatischen Algorithmus zur Ermittlung der Obergrenzen von Aerosolschichten. Dieser Algorithmus handhabt nicht nur einfache Situationen wie winterliche Inversionen oder konvektive Grenzschichten, sondern befasst sich auch mit Wolken und Niederschlag, die die Untersuchungen erschweren und u.U. sinnvolle Aussagen über atmosphärische Schichtungen verhindern.

Die Verfahren zur Ermittlung von Aerosolschichtungen gehen davon aus, dass die Partikelkonzentration am oberen Rand dieser Schichten deutlich abnimmt. In der Regel werden Gradientenverfahren dafür verwendet, die diesen Schichtrand aus Minima im Steigungsprofil ermitteln. Eine vorherige zeitliche und räumliche Mittelung der ermittelten Rückstreuprofile ist erforderlich, um durch Signalrauschen hervorgerufene Fehldetektionen zu vermeiden. Starkes Signal von Wolken oder Niederschlag sollte allerdings isoliert von diesem Mittelungsprozess betrachtet werden. Deshalb enthält der automatische Algorithmus als ersten Schritt einen Wolken- und Niederschlagsfilter.

Bei erhöhtem Tageslichtrauschen sollte die Datenmittelung über ein größeres Zeitintervall erfolgen. Diesem Umstand trägt der zweite Schritt des automatischen Algorithmus Rechnung, der dieses Intervall abhängig vom ermittelten Signalrauschen wählt. Gleichzeitig erfolgt die Auswahl des Höhenmittelungsintervalls entfernungsabhängig, um den Einfluss des durch die Entfernungskorrektur des Empfangssignals erhöhten Rauschens in größeren Höhen zu reduzieren. Schließlich wird der Schwellwert, ab dem ein Gradientenminimum gemeldet wird, abhängig von der Signalamplitude eingestellt; dadurch wird verhindert, dass Fluktuationen des Rückstreusignals innerhalb einer Konvektion als Schichtobergrenze registriert werden.

Der US-Wetterdienst hat mehrere CL31 Ceilometer über zwei Jahre getestet, um ihre Tauglichkeit für den Dauereinsatz zu verifizieren. Messbeispiele aus diesem Datenbestand und Auswertungen von weiteren Messkampagnen mit den Ceilometern CL31 und CL51 werden dargestellt und diskutiert.