

Ein automatischer Algorithmus zur Untersuchung von Grenzschichtstrukturen mit Laser-Ceilometern

Christoph Münkel¹, Klaus Schäfer², Stefan Emeis²

¹ Vaisala GmbH, Hamburg, christoph.muenkel@vaisala.com

² Karlsruhe Institute of Technology, IMK-IFU, Garmisch-Partenkirchen, klaus.schaefer@kit.edu, stefan.emeis@kit.edu

1 Abstract

Ceilometer sind für wartungsfreien Dauereinsatz ausgelegte, augensichere Lidar-Systeme, die im nahen Infrarotbereich arbeiten. Ihre Hauptaufgabe ist die Bestimmung der Höhe von Wolkenuntergrenzen aus der Stärke des von Teilchen in der Atmosphäre rückgestreuten Signals und der zugehörigen Laufzeit des Lichts.

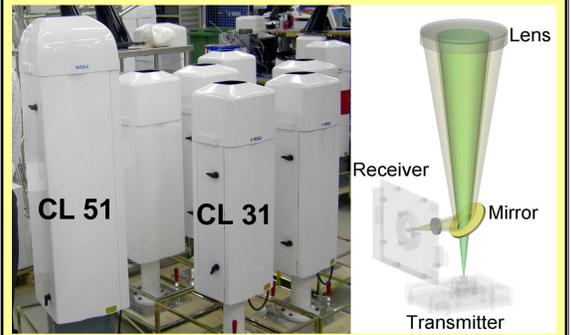
Verbesserte optische Konzepte und beschleunigte Datenerfassung ermöglichen heutigen Ceilometern eine Erweiterung ihres Einsatzgebiets. Dazu gehört die Erfassung von Rückstreuensignalen von Aerosolen innerhalb der planetaren Grenzschicht. Aus diesen lassen sich Rückschlüsse auf die Lage von Aerosolschichten 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 kommt bei den Ceilometern der Firma Vaisala zum Einsatz. Zur Unterstützung der Anwender bei Routineauswertungen mit diesen Geräten wurde das Softwarepaket BL-VIEW entwickelt, das einen automatischen Algorithmus zur Ermittlung der Obergrenzen von Aerosolschichten enthält. Dieser Algorithmus befasst sich auch mit Wolken und Niederschlag, die die Untersuchungen erschweren und u.U. sinnvolle Aussagen über atmosphärische Schichtungen verhindern. Die vorgestellten Messbeispiele stammen von Geräten, die beim US-Wetterdienst in Sterling, Virginia und den Vaisala-Standorten Vantaa und Hamburg im Dauereinsatz sind.

2 Vaisala Ceilometer

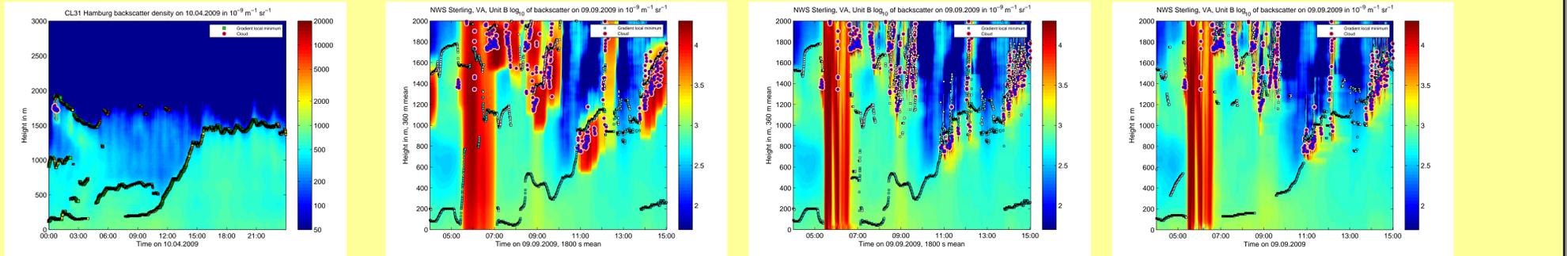
Das optische Konzept der Vaisala Ceilometer CL31 und CL51 ermöglicht eine kompakte Bauweise.

Mehr als 2500 Geräte des Typs CL31 (Höhe: 1,2 m) sind weltweit im Einsatz. Das größere CL51 (Höhe: 1,5 m) erweitert den Messbereich für Wolkenuntergrenzen von 7500 m auf 13000 m.



3 Automatischer Algorithmus

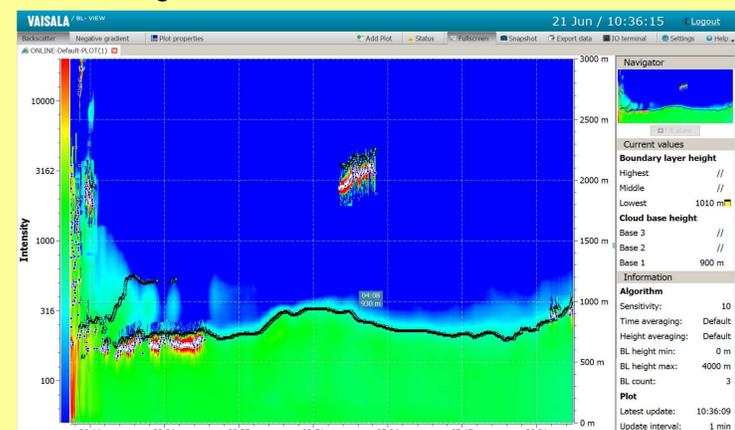
Die Gradientenmethode ermittelt Aerosolschichtträger aus Minima im Steigungsprofil. Eine vorherige zeitliche und räumliche Mittelung der Rückstreuprofile ist erforderlich, um durch Signalauschen hervorgerufene Fehldetektionen zu vermeiden. An einem wolkenfreien Tag (a) erhält man damit zufriedenstellende Ergebnisse. Wolken und Niederschlag (b) erfordern weitere Schritte wie den Ausschluss starker Signale vom Mittelungsprozess (c) und eine Anpassung der Detektionsschwellwerte an die Signalamplitude (d).



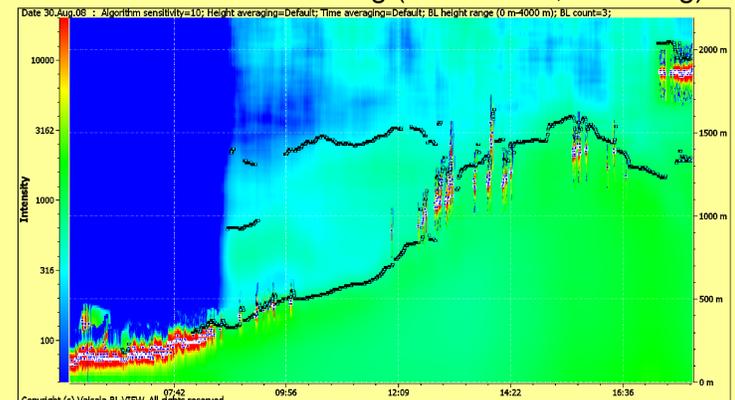
a) Wolkenfreier Tag (10.04.2009, Hamburg) b) Wolken und Regen (09.09.2009, Sterling, VA) c) Wolkenfilter d) Variable Mittelungsparameter und Detektionsschwellen

4 BL-VIEW

Der oben vorgestellte Algorithmus ist Teil des Vaisala-Softwarepakets BL-VIEW, das Rückstreuprofile auswertet, grafisch darstellt und archiviert.

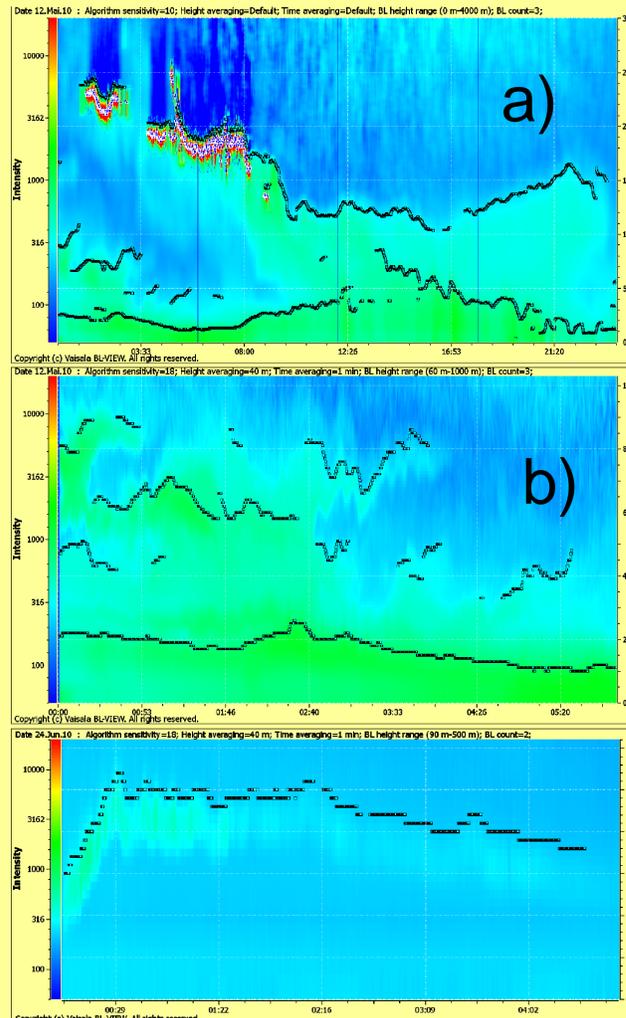


BL-VIEW Online-Darstellung (21.06.2010, Hamburg)



BL-VIEW Offline-Screenshot (30.08.2008, Sterling, VA)

5 CL51 Messbeispiele



Rückstreuprofile vom 12. Mai 2010, Vantaa, Finnland.

Von BL-VIEW detektierte Aerosolschichtträger sind als Quadrate mit schwarzen Kanten dargestellt; blaue Quadrate mit weißen Kanten stellen vom Ceilometer gemeldete Wolkenuntergrenzen dar.

a) zeigt den kompletten Tag mit Standardeinstellungen, für b) wurden die Mittelungsparameter auf 40 m und 60 s verkleinert, um eine genauere Analyse von schwach ausgeprägten Strukturen während der Nachtstunden mit Rückstreuintensitäten unter $500 \cdot 10^{-9} \text{ m}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ vornehmen zu können.

Rückstreuprofile vom 24. Juni 2010, Vantaa, Finnland.

Über einen Zeitraum von 4 Stunden wird zwischen 100 und 250 m Höhe eine schwach ausgeprägte Aerosolschicht mit Rückstreuintensitäten unter $10^{-6} \text{ m}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ registriert.