

## Das Vorhaben „Pilotstation bodengebundene Fernerkundung“

Christine Knist, Markus Kayser und Volker Lehmann (MOL-RAO) – Juli 2018

Konvektionserlaubende Vorhersagemodelle wie z.B. das COSMO-DE stellen neue Anforderungen an die Datengewinnung. Zur Verbesserung ihrer Vorhersagequalität besteht ein hoher Bedarf an vertikal hochaufgelösten Messungen der Zustandsgrößen Temperatur, Wind und Feuchte in dem für konvektive Prozesse relevanten Grenzschichtbereich (WMO, 2016). Tabelle 1 zeigt die von der WMO zusammengestellten Anforderungen an die meteorologischen Parameter, deren Profile als Eingangsdaten für die Vorhersagesysteme dienen sollen.

Parameter	Profilobergrenze	Erforderliche Auflösung	Erforderliche Messunsicherheit (Richtigkeit/Präzision)	Datenrate
Temperatur	3 km	20-300 m	<0.5 K / <1 K	10-30 min
Feuchte	3 km	20-300 m	<5% / <10%	10-30 min
Windgeschwindigkeit und -richtung	3 km	20-200 m	<0.5 m/s / <1 m/s < 2° / < 10°	10-30 min
Wolkenparameter	10 km	100-300m		10-30 min

Tab. 1: Anforderungen („goal“ oder „breakthrough“) der WMO OSCAR (Observing Systems Capability Analysis and Review) Datenbank für High Res NWP und Nowcasting/VSRF (<https://www.wmo-sat.info/oscar/>).

Die Bereitstellung entsprechender Datensätze kann zumindest teilweise durch den Einsatz von bodengebundenen Fernerkundungsverfahren ermöglicht werden. Ziel des neuen Vorhabens „Pilotstation bodengebundene Fernerkundung“ ist es, am Markt verfügbare bodengebundene Systeme zur Vertikalsondierung meteorologischer Parameter im quasi-operationellen Testbetrieb zu erproben. Zum einen, um dabei Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit, die Stabilität, die Kosteneffizienz und den Wartungsaufwand der Instrumente zu erlangen und zum anderen, um die Qualität und vor allem den Nutzen der Daten für die NWV zu bewerten. Auf diese Weise soll ein praxistaugliches Konzept für eine qualitative Erweiterung des bodengebundenen Messnetzes mit dieser neuen Technik erarbeitet werden. In Ergänzung zur wissenschaftlichen Erprobung am Meteorologischen Observatorium Lindenberg wird dafür zusätzlich eine prototypische „Pilotstation“ auf dem Gelände der Wetterstation Aachen-Orsbach eingerichtet, um alle operationell-technischen Aspekte beim Betrieb praxisnah zu evaluieren.

Für den Beginn der Erprobung ist dabei zunächst der Einsatz von IR-Doppler-Lidar (DL), Wasserdampf-DIAL (Differential Absorption Lidar) sowie Mikrowellenradiometer (MWR) vorgesehen. Mittelfristig ist eine Ergänzung durch weitere Systeme wie z.B. Wolkenradar und Raman-Lidar in Aussicht genommen.

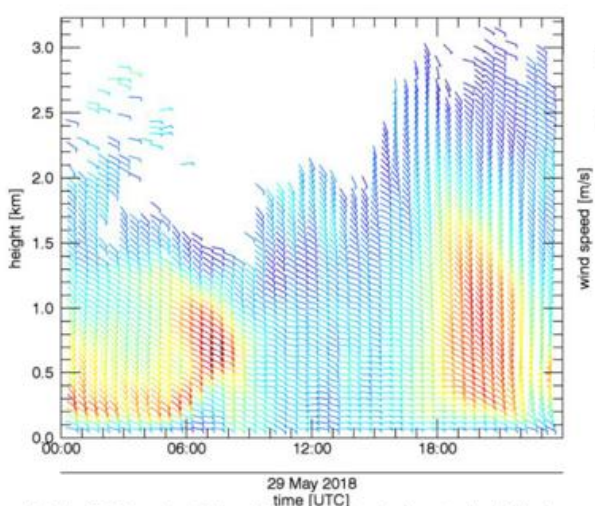


Abb. 1: IR-Doppler-Lidar Messung der horizontalen Windgeschwindigkeit (farbcodiert) und der Windrichtung (Windfahne) vom 29. Mai 2018.

DL-Geräte ermöglichen die Bestimmung von Windprofilen, speziell des für die NWV wichtigen horizontalen Windvektors, anhand der Frequenzverschiebung des an bewegten Partikeln gestreuten Laserlichts (Abbildung 1). Existiert ausreichend Rückstreusignal, lassen sich Windinformationen ab einer Höhe von ca. 100 m Höhe (Grenzschichtaerosol) bis in ca. 10000 m (Eiskristalle in Zirruswolken) gewinnen. Dieses Messverfahren wird seit 2012 am MOL-RAO erfolgreich evaluiert (Päsche et al., 2015).

Das Wasserdampf-DIAL liefert Messungen von Vertikalprofilen des Wasserdampfgehalts auf Grundlage des Rückstreusignals zweier Laser-

pulse, deren dichtbenachbarte Wellenlängen unterschiedlich stark von Wassermolekülen absorbiert werden. Das Messverfahren ist prinzipiell selbstkalibrierend. Der Prototyp (Abbildung 2) eines für den operationellen Betrieb ausgelegten Gerätetyps wurde bereits in 2015 für die Dauer eines Monats am MOL-RAO erprobt. Abbildung 3a zeigt an einem Fallbeispiel die Wasserdampfmessungen des DIALs und des Forschungs-Raman-Lidars „RAMSES“. Die sehr gute Vergleichbarkeit der Erfassung des zeitlichen Verlaufs und der Höhenzuordnungen von Wasserdampfstrukturen zeigt das Potenzial des DIALs.



Abb.2: DIAL-Prototyp während der Erprobung am MOL-RAO in 2015.

Mikrowellenradiometer sind passive Systeme zur Messung der thermischen Ausstrahlung der Atmosphäre. Durch die Implementierung entsprechender Empfangskanäle können Wasserdampf-, Temperaturprofile und der Flüssigwasserspfad abgeleitet werden. Abbildung 3b zeigt für das Fallbeispiel die Zeit-Höhendarstellung der Temperatur abgeleitet aus den MWR-Messungen. Im Vergleich zu den aktiven Systemen ist die erreichbare vertikale Auflösung sehr viel gröber und regelmäßige Kalibrationen mit flüssigem Stickstoff sind unumgänglich. Allerdings liefert das MWR Messungen mit hoher zeitlicher Auflösung und insbesondere auch innerhalb optisch dicker Wolken.

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass bodengebundene Fernerkundungsverfahren zumindest einen Teil der benötigten hochaufgelösten Messinformationen aus der unteren Troposphäre liefern können. Daher ist die Erprobung kommerzieller Geräte für einen eventuellen späteren operationellen Einsatz ein wichtiger Schritt bei der Weiterentwicklung des DWD Messnetzes.

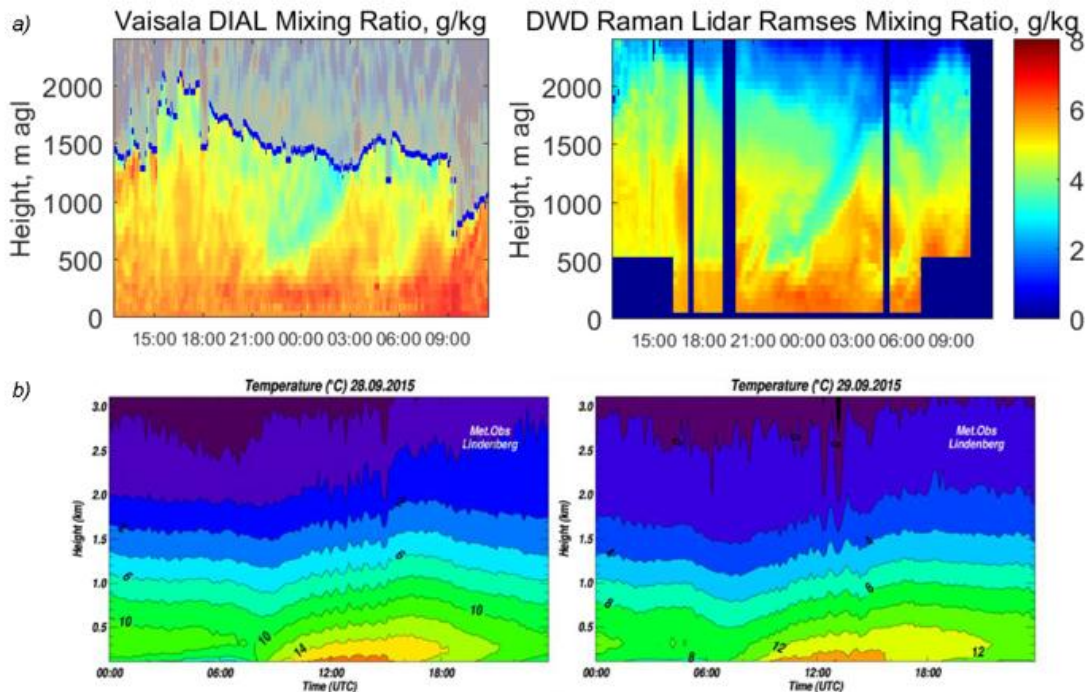


Abb. 3: a) Vergleich der Messungen des Wasserdampfmischungsverhältnisses zwischen dem Prototyp eines kommerziellen DIALs und dem Forschungs-Raman-Lidar „RAMSES“ und b) Zeit-Höhenschnitte der Temperatur gemessen mit dem MWR am MOL-RAO vom 28.-29. September 2015.

Literatur:

- (1.) WMO workshop report: Sixth WMO Workshop on the Impact of Various Observing Systems on Numerical Weather Prediction, Shanghai, China, 10-13 May, 2016.
- (2.) Päsche, E., Leinweber, R., and Lehmann, V.: An assessment of the performance of a 1.5 µm Doppler lidar for operational vertical wind profiling based on a 1-year trial, Atmos. Meas. Tech., 8, 2251-2266, <https://doi.org/10.5194/amt-8-2251-2015>, 2015.