



Variabilität der Vertikalprofile von Temperatur, Feuchte und Wolkenparametern abgeleitet aus In-situ-Messungen und Sensorsynergien Erste Ergebnisse der METOP/IASI - Validierungskampagne in Lindenberg 2007

Bernd Stiller, Klemens Barfus, Horst Dier, Ulrich Görtsdorf, Franz H. Berger: Deutscher Wetterdienst, Meteorologisches Observatorium Lindenberg Richard-Abmann-Observatorium, Tauche
Ulrich Löhnert: Institut für Geophysik und Meteorologie, Universität zu Köln

Messkampagne

Im Zeitraum 1. Juni bis 31. August 2007 fand am Richard-Abmann-Observatorium eine Messkampagne zur Erstellung eines Vergleichsdatensatzes atmosphärischer Parameter für das Infrarot Atmospheric Sounding Interferometer (IASI) an Bord des MetOp-Satelliten (EUMETSAT) statt. Im Rahmen dieser Kampagne wurden neben den vier operativen Radiosondierungen (0, 6, 12 und 18 UTC) pro Überflug des Satelliten zeitnah zwei zusätzliche Radiosonden gestartet, so dass an Tagen mit zwei Überflügen ein Datensatz mit acht Radiosonden zur Verfügung steht.

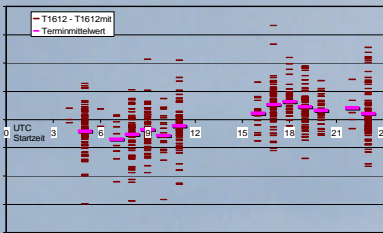


Abb. 1 Lufttemperaturtagessgang in 1612 m ü. NN (1500 m ü. Gr.): Die Temperaturdifferenz zum Tagesmittel in dieser Höhe hat ein Maximum gegen 20 UTC, dargestellt sind Einzelwerte im Kampagnenzeitraum und das Mittel während der Kampagne.

Durch die Zusammenführung verschiedener Messsysteme an einem Standort und die Kombination ihrer Daten konnten umfangreiche Vergleichsdatensätze erstellt werden, die zeitlich hochaufgelöst die Variation von Profilen der Temperatur und Luftfeuchte sowie des Wolkenwassers in der Troposphäre beschreiben. Die Auswertung der bis 31. August 2007 durchgeführten Validierungskampagne steht jedoch erst am Anfang.

Aufgabenstellung

Es wurden die Mess-, Fernsondierungs- und Beobachtungssysteme in die Kampagne einbezogen, die einen Beitrag für die Validierung der vom IASI-Instrument messbaren Parameter liefern bzw. zur Einschätzung der Wittersituation notwendig sind (Tab. 1). Die Daten wurden in

- überflugbezogene Radio- und Ozonsondierungen
 - Tagesdatensätze (Routineaufstiege, Fernsondierung, SYNOP usw.)
- zusammengefasst (Dateiformat: HDF5) und zeitnah dem Nutzer zur Verfügung gestellt.

Die Datenstrukturen und Parameterbezeichnungen wurden in der Vorbereitungsphase mit dem FMI (Finnish Meteorological Institute) in Sodankylä, einem parallel messenden Partner von EUMETSAT, abgestimmt.

Instrument / Keyword	Parameters
Core Atmospheric Parameters	
Radiosonde RS 92 / P/TU	Vertical profiles of temperature, humidity, wind speed and direction
Additional Atmospheric Parameters	
ECC ozonesonde / Ozonsondierung	Vertical profiles of ozone partial pressure
Microwave profiler / MWP	Vertical profiles of temperature and humidity
Microwave profiler / MWP	Precipitable water vapour
GPS / GPS	Precipitable water vapour
Raman Laser Lidar	Vertical profiles of water vapour mixing ratio
Rawson / Rawson	Total columnar amount of ozone
Ka-band radar, ceilometer, radiosonde / Radar/Clouds	Cloud boundaries, including temperature and pressure
Ka-band radar / RadarReflectivity	Radar reflectivity
Integrated Profiling Technique / IPT	Vertical profiles of temperature and humidity
Core and additional Surface Parameters	
GM / AWS	Temperature, humidity, wind, pressure
CloudEye / Pyrolog	Outgoing long wave radiation
GSN-Surface / SYNOP	Temperature, humidity, wind, pressure, current weather, precipitation, visibility, clouds
Precision Filter Radiometer / PFR	Aerosol optical depth

Während der Kampagne wurden 290 zusätzliche Radiosondenstarts durchgeführt (im Routinebetrieb 368 Starts). Die Abb. 2 zeigt die während der Kampagne erreichten Aufstiegs-

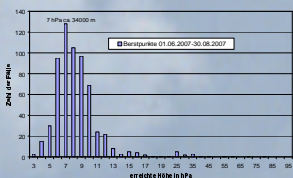
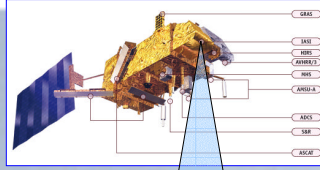


Abb. 2 Maximale Radiosondierungshöhen in Lindenberg im Sommer 2007

höhen. In Einzelfällen wurde eine Höhe von 3 hPa (ca. 40 km) erreicht, meist liegen die Radiosondierungshöhen in Lindenberg bei 5 bis 10 hPa.

Die Studien werden im Rahmen der von EUMETSAT in Auftrag gegebenen Messkampagne zur Validierung des MetOp-IASI-Instrumentes durchgeführt.



Start
Metop-A
19. Okt
2006
16:28 UTC
in Baikonur
(Kasachstan)
nach 6 Monaten der
Inbetriebnahme
offiziell im
operationalen Einsatz
seit 15. Mai 2007

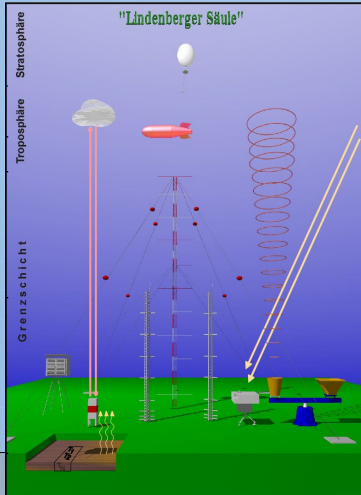
MetOp fliegt in einer
Höhe von ca. 837 km
Überflugzeiten
Lindenberg
(Auswahl)

26.08.2007 09:35
26.08.2007 19:23
27.08.2007 09:14
28.08.2007 08:54
28.08.2007 20:22
29.08.2007 20:01
30.08.2007 09:52
30.08.2007 19:40
31.08.2007 09:32
31.08.2007 19:20

IASI
(Infrared Atmospheric Sounding Interferometer)

Das Infrarot-Interferometer zur Sondierung der Atmosphäre (IASI) liefert unter wolkenfreien Bedingungen in der unteren Troposphäre Temperaturprofile mit einer vertikalen Auflösung von einem Kilometer bei einer Genauigkeit von einem Kelvin. Profile des Wasserdampfgehalts werden bei wolkenfreien Bedingungen mit einer vertikalen Auflösung von 1-2 Kilometer bei einer Genauigkeit von 10% bestimmt (Zielwerte).

IASI - IFOV ≈ 20 km
IFOV (Instantaneous field of view, dt. Sichtfeld eines Sensors)



Variabilitätsuntersuchungen mit den Zusatzaufstiegen

Da die Zusatzaufstiege jeweils einen zeitlichen Abstand von 55 Minuten haben, wurde getrennt für die Vormittags- und Abendaufstiege untersucht, wie groß für verschiedene Parameter (auf gleiche Höhen(stufen) bezogen), die Variabilität innerhalb dieser Zeitspanne ist. Ein Plot von "Einzelwerten" (Differenz zweier aufeinanderfolgender Aufstiege) in der Abb. 3 illustriert für die Vormittagsituation eine nicht unerhebliche Bandbreite der Lufttemperaturänderungen innerhalb von 55 Minuten. Allerdings gehen bei einer solchen Auswertung auch die Ungenauigkeit der Höhen- oder Druckbestimmung ein.

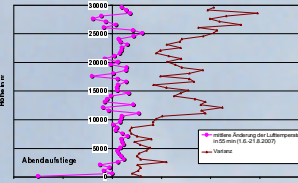


Abb. 4 Mittlere Änderung der Lufttemperatur innerhalb von 55 min für alle Abend-Zusatzaufstiege im Zeitraum 1.6.-21.8.2007 (auf geopotentielle Höhenstufen bezogen) und Varianz der Änderung in den Höhenstufen (N=64)

Vergleichende Profilanalysen

Profilvergleiche sind ein Element der Qualitätssicherung, zeigen aber auch die Stärken bzw. Schwächen der verschiedenen Messsysteme. Als Einzelbeispiel zeigt die Abb. 5 den Vergleich von Radiosondierung und Messung mit Mikrowellenprofil am 27.8.2007. Die kräftige freie Inversion in etwa 2000 m Höhe wird vom MWP nicht aufgelöst. Interessant ist insbesondere das Feuchteprofil. Der Mikrowellenprofil misst den Schwerpunkt hoher Feuchte in eine Schicht um 1000 m, aber Wolkenradar, Radiosonde, Ceilometer und Augenbeobachtung „erkennen“ eine Wolkschicht knapp unter 2000 m. Auch andere Zonen mit höherer Feuchte (bei ca. 4000 m Höhe) werden vom MWP nicht aufgelöst. Dies ist dadurch bedingt, dass MWP-Messungen strenggenommen nur Feuchte-Informationen aus zwei unabhängigen Vertikalschichten liefern können.

Die Datenstrukturen und Parameterbezeichnungen wurden in der Vorbereitungsphase mit dem FMI (Finnish Meteorological Institute) in Sodankylä, einem parallel messenden Partner von EUMETSAT, abgestimmt.

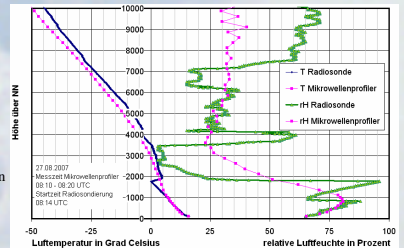


Abb. 5 Mittlere zeitnahe Profile im Vergleich: Radiosonde (Zusatzaufstieg) und Mikrowellenprofil

IPT - Integrated Profiling Technique

Das Ziel der IPT als Methode ist die Kombination vieler Messsensoren, um so die typische Mehrdeutigkeit von einzelnen Fernerkundungsmessungen zu verringern. Zentrales Messsystem ist ein Mikrowellenprofil, welcher Information über die Vertikalstruktur der Temperatur und des Wasserdampf liefert. Um die Anzahl der Freiheitsgrade zu verringern, wurde ein iteratives physikalisch-statistisches

Verfahren (IPT) entwickelt (Löhnert et al., 2004), welches die Messungen des MWP mit den in Ort und Zeit nächstgelegenen Radiosondenmessungen und meteorologischen Standardmessungen (p, T, rh) vor Ort kombiniert.

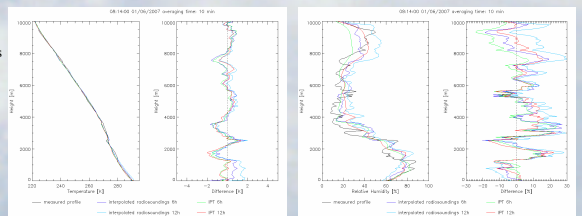


Abb. 6 und 7 Simulierte Profile der Lufttemperatur (Abb. 6 links) und relativen Feuchte (Abb. 7 rechts) für einen Zusatzaufstieg; die Simulation erfolgt mit der IPT und zum Vergleich mit bilinear interpolierten Radiosonden

Lindberger Referenzsonde (FN-Verfahren)

Während der Kampagne wurden dreimal wöchentlich Präzisionsfeuchte-Radiosondierungen mit der Lindberger Referenzsonde (FN-Verfahren) durchgeführt. Das Verfahren wurde für die genauere Feuchtemessung und Qualitätssicherung entwickelt und auch für die Korrektur der über Jahrzehnte weltweit eingesetzten RS-80 (mit A-Humicap) verwendet (Leiter et al. 2005). Es kann auch zur Qualitätskontrolle bzw. -sicherung von RS92-Sondierungen genutzt werden.

Die Abb. 8 zeigt für eine Vergleichsmessung eine gute Übereinstimmung von RS92 und Referenz im Bereich höherer Luftfeuchtigkeit. Bei niedrigen Feuchten ist die RS92 meist "trockener" als die Referenz. Quantitativ ist jedoch die Differenz auch abhängig von verschiedenen Flugbedingungen. So steigen beispielsweise beim Übergang zur stratosphärischen Trockenheit durch eine etwas höhere Trägheit der RS90-Referenz die Differenzwerte auf 7 - 8 % rh an. Perspektivisch ist eine Korrekturformel für RS92-Feuchteprofile vorgesehen.

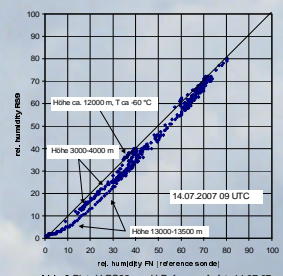


Abb. 8 Plot der RS92 vs. rh Referenz, Aufst. 14.07.07

Literatur

- Leiter, U., H. Dier, D. Nagel, T. Nuebert, D. Althausen, K. Franke, A. Kats, F. Wagner: A Correction Method for RS80-A Humicap Profiles and their Validity by Lidar Backscattering Profiles in Tropical Cirrus Clouds. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology (JTECH), Vol. 22, No. 1, 18-29, 2005.
- Löhnert, U., S. Creweil, and C. Simmer: An Integrated Approach toward Retrieving Physically Consistent Profiles of Temperature, Humidity, and Cloud Liquid Water. J. Appl. Meteorol., 43(9), 2004, 1295-1307.
- Löhnert, U., E. van Meijgaard, H. K. Bahnik, S. Gode, and R. Boers: Accuracy assessment of an integrated profiling technique for operationally deriving profiles of temperature, humidity, and cloud liquid water. J. Geophys. Res., 112, 2007, D04205, doi:10.1029/2006JD007379.