



Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte
FZKA 7242

**Validation of Target
Parameters of ENVISAT
Chemistry Instruments
with Correlative Balloon
Observations Obtained by
MIPAS-B**

G. Zhang

Institut für Meteorologie und Klimaforschung

Juli 2006

Forschungszentrum Karlsruhe

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 7242

**Validation of target parameters of ENVISAT
chemistry instruments with correlative balloon
observations obtained by MIPAS-B^{*}**

Guochang Zhang

Institut für Meteorologie und Klimaforschung

*Von der Fakultät für Physik der Universität Karlsruhe (TH)
genehmigte Dissertation

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

2006

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren (HGF)

ISSN 0947-8620

urn:nbn:de:0005-072421

**Validation of target parameters of ENVISAT
chemistry instruments with correlative balloon
observations obtained by MIPAS-B**

**Validierung von Zielparametern der
Chemieinstrumente auf ENVISAT mit MIPAS-
Ballonmessungen**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER NATURWISSENSCHAFTEN

von der Fakultät für Physik der
Universität Karlsruhe (TH)

genehmigte

DISSERTATION

von

Master of Phys. Guochang Zhang

aus China

Tag der mündlichen Prüfung:
Referent:
Korreferent:

09. Juni 2006
Prof. Dr. H. Fischer
Priv. Doz. Dr. habil. C. E. Blom

Abstract

Mankind is facing the challenges of climate anomaly and air pollution. Pollution control and the understanding of climate anomaly depend on long-term, accurate, and extensive observations of the atmosphere. On 1 March, 2002, the ENVISAT satellite was launched by ESA. It is an advanced polar-orbiting Earth observation satellite with three chemistry instruments for remote sounding of trace gases in the atmosphere. These three instruments are MIPAS, SCIAMACHY, and GOMOS. Since then, they have produced numerous data. For the proper application in scientific research and other fields, these data have to be validated by different approaches. One of them is intercomparison between these data and independent measurements from other instruments.

MIPAS-B is a well-established Fourier transform spectrometer operated onboard balloons. Embedded in the ENVISAT validation programme of the chemical instruments, three balloon flights were carried out with MIPAS-B from Aire sur l'Adour, France, on 24/25 September 2002, from Kiruna, Sweden, on 20/21 March 2003, and again from Kiruna, on 2/3 July 2003. The temperature profiles and the volume mixing ratio (VMR) profiles of H₂O, O₃, HNO₃, CH₄, N₂O, and NO₂ were retrieved carefully from the MIPAS-B spectra measured during these flights.

The quality of coincidence in space and time between MIPAS-B and MIPAS-ENVISAT observations for these three flights is excellent (except for the temporal offset in the third flight), providing the opportunities to check the MIPAS data under favourable conditions. To enhance the statistics of the validation, the trajectory comparison approach was applied. In addition, for the validation of NO₂ which is a chemically active gas, the MIPAS-B NO₂ data were photochemically adjusted with the help of the KASIMA chemical model. The validation of MIPAS off-line data V4.61 was carried out between 356 and 3 hPa (8-39 km), but for NO₂ only between 42 and 3 hPa (22-39 km).

The individual comparisons show that the discrepancies of all target parameters exceed the combined total errors at certain levels of altitude. The statistical results validate the accuracy of MIPAS-ENVISAT data for temperature and the six key gas species—H₂O, O₃, HNO₃, CH₄, N₂O, and NO₂ in the overlapping altitude region. The exception is H₂O in the region of 356-195 hPa (8-12 km). Agreements in the middle stratosphere are better than in the lower stratosphere and upper troposphere. In the altitude region of 123-8 hPa (15-33 km) (for NO₂, the region is 23-8 hPa (26-33 km)), the precision of MIPAS-ENVISAT data for H₂O, O₃, CH₄, NO₂ was validated, which is not the case for HNO₃ and N₂O. As regards temperature, the precision was validated in principle above the altitude of about 17 hPa, but not below this level.

MIPAS-ENVISAT measurements for H₂O show a positive bias above the altitude of about 20 hPa, though the bias is still within the combined total errors. Besides, the MIPAS-ENVISAT H₂O profiles often reveal strong oscillations. Between about 195 hPa and 80 hPa (12-18 km), MIPAS-ENVISAT measured high values for CH₄ and N₂O. Below the level of about 80 hPa (18 km), CH₄ and N₂O profiles of MIPAS-ENVISAT show strong oscillations, sometimes leading even to unphysical values. Oscillations occasionally occur in the HNO₃ and NO₂ profiles.

The conclusions drawn for the SCIAMACHY O₃ and NO₂ data as analysed with the scientific processor of the IUP/IFE are based on trajectory comparison results. The SCIAMACHY

accuracy for O₃ was validated in the 9-28 km altitude range. Above 26 km, SCIAMACHY data start to show a positive bias that exceeds the combined total errors above 28 km. The accuracy of NO₂ data was validated between 9-39 km with mean differences smaller than 0.52 ppbv or 6.3%.

Only one O₃ profile and one NO₂ profile of GOMOS off-line data V6.01 were compared with MIPAS-B correlative measurements using a coincident comparison approach. Preliminary results show that GOMOS measurements for O₃ and NO₂ agree with MIPAS-B data with respect to their combined errors in general. The O₃ and NO₂ profiles of GOMOS oscillate with large amplitude especially in the upper altitude region. It is impossible to give any statistical conclusion for GOMOS data from the point of MIPAS-B data so far.

Validierung von Zielparametern der Chemieinstrumente auf ENVISAT mit MIPAS- Ballonmessungen

Zusammenfassung

Die größten Herausforderungen, denen der Mensch derzeit gegenübersteht, sind die Klimaänderung und Luftverschmutzung. Um die Schadstoffkonzentration zu überwachen und den Klimawechsel genau zu verstehen bedarf es langfristiger, präziser und umfassender Beobachtungen der Atmosphäre. Am 1. März 2002 startete die ESA den Satelliten ENVISAT. Hierbei handelt es sich um einen hochentwickelten, auf einer polaren Umlaufbahn ausgesetzten Erdbeobachtungssatelliten, der mit drei chemischen Messgeräten für die Fernerkundung von Spurengasen in der Atmosphäre ausgerüstet ist: MIPAS, SCIAMACHY und GOMOS. Mittlerweile haben diese Instrumente eine große Datenmenge produziert. Für die Nutzung in der wissenschaftlichen Forschung und anderen Bereichen müssen diese Daten validiert werden. Dazu werden verschiedene Methoden eingesetzt. Eine davon besteht in einem Vergleich dieser Daten mit unabhängigen Messungen anderer Instrumente.

MIPAS-B ist ein an Bord von Ballons eingesetztes Fourier-Transform-Spektrometer. Im Rahmen des ENVISAT-Validierungsprogramms der chemischen Messgeräte wurden drei Ballonflüge mit MIPAS-B durchgeführt. Diese starteten am 24./25. September 2002 in Aire sur l'Adour, Frankreich, am 20./21. März 2003 in Kiruna, Schweden und am 2./3. Juli 2003 wieder in Kiruna. Auf der Grundlage der während dieser Flüge gemessenen MIPAS-B-Spektren wurden die Temperaturprofile und die Profile für das Volumenmischungsverhältnis von H_2O , O_3 , HNO_3 , CH_4 , N_2O sowie NO_2 bestimmt.

Die räumliche und zeitliche Übereinstimmung der MIPAS-B- und MIPAS-ENVISAT-Beobachtungen ist für diese drei Flüge hervorragend (mit Ausnahme des zeitlichen Unterschieds beim 3. Flug). Damit ist eine Überprüfung der MIPAS-Daten sehr gut möglich. Um die statistische Grundlage für die Validierung zu erweitern, wurde außerdem die Methode des Trajektorienvergleichs eingesetzt. Für die Validierung der Werte für NO_2 , ein chemisch aktives Gas, wurden die MIPAS-B-Daten für NO_2 mit Hilfe des chemischen Modells KASIMA photochemisch angepasst. Die MIPAS-Offline-Daten V4.61 konnten zwischen 356 und 3 hPa (8 – 39 km) validiert werden, für NO_2 konnte nur der Bereich zwischen 42 und 3 hPa (22 – 39 km) verglichen werden.

Die Vergleiche zeigen, dass die Abweichungen aller Zielparameter in bestimmten Höhen den kombinierten Gesamtfehler überschreiten. Die statistischen Ergebnisse bestätigen die Genauigkeit der MIPAS-ENVISAT-Daten für die Temperatur und die 6 wichtigsten Gasverbindungen H_2O , O_3 , HNO_3 , CH_4 , N_2O und NO_2 im überlappenden Höhenbereich. Eine Ausnahme ist H_2O im Bereich zwischen 356 und 195 hPa (8 – 12 km). Die Werte zeigen in der mittleren Stratosphäre eine bessere Übereinstimmung als in der unteren Stratosphäre und der oberen Troposphäre. Im Höhenbereich von 123 – 8 hPa (15 – 33 km) (für NO_2 zwischen 23 und 8 hPa (26 – 33 km)) wurde die sog. Präzision der MIPAS-ENVISAT-Daten für H_2O , O_3 , CH_4 und NO_2 validiert; für HNO_3 und N_2O war dies nicht der Fall. Die Präzision der

Temperaturbestimmung konnte generell in Höhen über etwa 17 hPa, nicht aber unterhalb davon validiert werden.

Die MIPAS-ENVISAT-Messungen für H₂O zeigen eine positive Abweichung in Höhen oberhalb von etwa 20 hPa, die aber immer noch im Rahmen des Gesamtfehlers liegt. Darüber hinaus zeigen die H₂O-Profile von MIPAS-ENVISAT oft starke Schwankungen. Zwischen etwa 195 hPa und 80 hPa (12 – 18 km) wurden von MIPAS-ENVISAT hohe Werte für CH₄ und N₂O gemessen. In Höhen unterhalb von etwa 80 hPa (18 km) weisen die CH₄- und N₂O-Profile von MIPAS-ENVISAT starke Schwankungen, manchmal sogar physikalisch nicht erklärbare Werte auf. Die HNO₃- und NO₂-Profile zeigen dagegen nur gelegentlich Schwankungen.

Die von SCIAMACHY mit Hilfe des Prozessors der IUP/IFE gemessenen O₃- und NO₂-Werte wurden einem Trajektorienvergleich unterzogen. Damit ließ sich die Genauigkeit des SCIAMACHY-Messinstruments für O₃ im Höhenbereich von 9 – 28 km validieren. Oberhalb von 26 km zeigen die SCIAMACHY-Daten eine positive Abweichung. Oberhalb von 28 km liegt diese über dem Gesamtfehler. Die Genauigkeit der NO₂-Daten wurde zwischen 9 und 39 km validiert. Die mittleren Abweichungen betragen unter 0,52 ppbv oder 6,3 %.

Lediglich ein O₃-Profil und ein NO₂-Profil der GOMOS-Offline-Daten V6.01 wurden mit Hilfe der Koinzidenzmethode mit den MIPAS-B-Messungen verglichen. Vorläufige Ergebnisse zeigen, dass die GOMOS-Messungen für O₃ und NO₂ hinsichtlich ihrer Gesamtfehler mit den MIPAS-B-Daten übereinstimmen. Die O₃- und NO₂-Profile von GOMOS schwanken mit einer größeren Amplitude, insbesondere im oberen Höhenbereich. Statistische Schlussfolgerungen für die GOMOS-Daten im Vergleich zu den MIPAS-B-Daten können jedoch noch nicht gezogen werden.