

Abschlußbericht des Vorhabens

**Finalisierung der Haupt-Validationsphase und  
Aspekte der Langzeitvalidation von SCIAMACHY  
Datenprodukten**

Förderkennzeichen:  
BMBF 50EE0501 (Uni Heidelberg)  
BMBF 50EE0502 (Uni Bremen)

Laufzeit des Vorhabens:  
01.01.2005 – 31.12.2007

**Autoren:**

Klaus-Peter Heue<sup>1</sup>, Mark Weber<sup>2</sup>, Thomas Wagner<sup>3</sup>, Ulrich Platt<sup>1</sup>, Astrid Bracher<sup>2</sup>, Leonard Amekudzi<sup>2</sup>, und Klaus Bramstedt<sup>2</sup>

- (1) Universität Heidelberg
- (2) Universität Bremen
- (3) MPI Chemie Mainz

**Zuwendungsempfänger:**

Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg  
Institut für Umwelphysik  
Im Neuenheimer Feld 229  
D-69120 Heidelberg

Universität Bremen  
Institut für Umwelphysik  
Otto-Hahn-Allee  
D-28359 Bremen

## Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN	2. Berichtart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) <b>Abschlußbericht</b>
3. Titel <b>Finalisierung der Haupt-Validationsphase und Aspekte der Langzeitvalidation von SCIAMACHY Datenprodukten</b>	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] <b>Heue, Klaus-Peter, Mark Weber, Thomas Wagner, Ulrich Platt, Astrid Bracher, Leonard Amekudzi, und Klaus Bramstedt</b>	5. Abschlussdatum des Vorhabens <b>31.12.2007</b>
	6. Veröffentlichungsdatum
	7. Form der Publikation –
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) <b>Institut für Umweltphysik Universität Heidelberg INF 229 D-69120 Heidelberg  Tel.: 06221 54 6512 Fax.: 06221 54 6404</b>	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
<b>Institut für Umweltphysik Universität Bremen FB1 Postfach 330 440 D-28334 Bremen  Tel. 0421 218 2362 Fax 0421 218 4555</b>	10. Förderkennzeichen *) <b>BMBF 50EE0501 (Heidelberg), BMBF 50EE0502 (Bremen)</b>
	11. Seitenzahl 35
13. Fördernde Institution (Name, Adresse) <b>Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) Königswintererstraße 522-524 53227 Bonn</b>	12. Literaturangaben
	14. Tabellen 2
	15. Abbildungen 17
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum)	
18. Kurzfassung  Für die langfristige Qualitätssicherung der SCIAMACHY Datenprodukte wurden Satelliten Messdaten mit anderen Messungen verglichen. Dabei wurden Daten von vorhandenen Bodeninstrumenten, aus unabhängigen Messkampagnen, sowie von anderen Satelliten mit SCIAMACHY verglichen. Troposphärische Spurenstoffe wie NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCHO und BrO, Gesamtsäulen von NO <sub>2</sub> und Ozon, und die stratosphärische Profile von NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> und OCIO wurden mit anderen Messungen verglichen. Insgesamt zeigen die Ergebnisse dieser Studie, dass die SCIAMACHY Datenprodukte auch 6 Jahre nach dem Beginn der Mission eine hervorragende Qualität haben. Mit Hilfe der Validierungsergebnisse konnte die operationelle sowie wissenschaftliche Auswertung der SCIAMACHY Spurengase kontinuierlich verbessert werden.	
19. Schlagwörter <b>ENVISAT SCIAMACHY Langzeit Validierung</b>	
20. Verlag	21. Preis

## Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN	2. Type of document <b>Final Report</b>
3. Title <b>Finalisation of the SCIAMACHY Main Phase Validation and Long-term Validation Aspects</b>	
4. Authors [Christian Names, Family Names] <b>Heue, Klaus-Peter, Mark Weber, Thomas Wagner, Ulrich Platt, Astrid Bracher, Leonard Amekudzi, and Klaus Bramstedt</b>	5. End of Project <b>31.12.2007</b>
	6. Publication date
	7. Form of Publication
8. Performing Organisation (Name, Address) <b>Institut für Umweltphysik Universität Heidelberg INF 229 D-69120 Heidelberg</b>	9. Originators Report No
<b>Institut für Umweltphysik Universität Bremen FB1 Postfach 330 440 D-28334 Bremen</b>	10. Reference No *) <b>BMBF 50EE0501 (Heidelberg) BMBF 50EE0592 (Bremen)</b>
Tel.: +49 6221 54 6512 Fax.: +49 06221 54 6404	11. No of Pages 38
Tel. +49 421 218 2362 Fax +49 421 218 4555	
13. Sponsoring Agency (Name, Adresse) <b>Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) - German Aerospace Agency Königswintererstraße 522-524 53227 Bonn</b>	12. No of Literature
	14. No of tables 2
	15. No of figures 17
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date)	
18. Abstract  Data retrieved from the SCIAMACHY instrument were compared to other measurements to ensure the high quality of the satellites data products. For this purpose ground based observations from existing stations, results from scientific measurement campaigns as well other satellite instruments were used to validate SCIAMACHY. Tropospheric trace gases like NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , HCHO, and BrO, columns of O <sub>3</sub> , OClO, and NO <sub>2</sub> , and stratospheric trace gas profiles of NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , and BrO from SCIAMACHY were compared to other observations. The overall status of the SCIAMACHY data products after six years of operations is excellent, demonstrating the high quality of SCIAMACHY data for scientific studies. With the results from this study the operational and scientific retrievals of SCIAMACHY trace gases have been continually improved.	
19. Keywords <b>ENVISAT, SCIAMACHY, long term validation, validation</b>	
20. Publisher	21. Price

## Inhalt

I	Zielsetzung des Projekts.....	5
I.1	Aufgabenstellung .....	5
I.2	Planung und Ablauf des Vorhabens .....	5
I.3	Wissenschaftliche und technische Stand zu Beginn des Projektes .....	5
I.4	Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	6
II	Ergebnisse .....	7
II.1	Validationsergebnisse Uni Heidelberg.....	7
II.1.1	Wolkendetektion mittels der Breitbandspektrometer von SCIAMACHY .....	7
II.1.2	Langzeitvalidation von totalen NO <sub>2</sub> Säulendichte über der Antarktis .....	7
II.1.3	Langzeitvalidation von totalen Ozon-Säulendichten über der Antarktis .....	8
II.1.4	Totale NO <sub>2</sub> Säulendichte über Alert (Nord Kanada) .....	9
II.1.5	NO <sub>2</sub> Beobachtungen am Boden zur Validierung der troposphärischen Säule .....	10
II.1.6	Schwefeldioxid Säulendichten am San Cristóbal .....	11
II.1.7	Beobachtung zweidimensionaler Spurenstoff Verteilungen .....	12
II.1.8	SCIAMACHY Validation mit LPMA/DOAS Ballonmessungen .....	13
II.1.9	OCIO Nadir Messungen von SCIAMACHY und GOME .....	14
II.1.10	Vergleich der SCIAMACHY OCIO-Daten mit ClO-Messungen von ODIN und MLS .....	14
II.1.11	Vergleich unterschiedlicher Strahlungstransport-Modelle .....	15
II.1.12	Wissenschaftliche Ergebnisse .....	15
II.2	Validationsergebnisse Uni Bremen .....	16
II.2.1	Übersicht über die SCIAMACHY Validierungsergebnisse in Bremen .....	16
II.2.2	Validierung der Wasserdampfsäulen .....	17
II.2.3	Validierung der Ozonsäulen.....	20
II.2.4	Validierung der NO <sub>2</sub> und Ozon-Limbprofile .....	20
II.2.5	Validierung der BrO Limb-Profile .....	22
II.3	Nutzen bzw. Verwertbarkeit der Ergebnisse .....	23
II.4	Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen .....	23
II.5	Veröffentlichungen.....	24
II.5.1	Begutachtete Veröffentlichungen in internationalen Zeitschriften .....	24
II.5.2	Konferenzberichte und sonstige Vorträge (Auswahl) .....	29
II.5.3	Diplom- und Doktorarbeiten .....	34
II.5.4	Technische Berichte .....	34
III	Erfolgskontrollbericht .....	36
III.1	Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen Zielen .....	36
III.2	Bezug zu nationalen und internationalen Programmen .....	36
III.3	Wissenschaftliche Ziele .....	36
III.4	Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	37
III.5	Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer .....	37
III.6	Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung .....	37
III.7	Verwertungsplan .....	37
III.8	Erfindungen/Patentanmeldungen .....	37
III.9	Mittelverbrauch .....	37
III.9.1	Uni Heidelberg .....	38
III.9.2	Uni Bremen .....	38
IV	Unterschriften .....	38

# I Zielsetzung des Projekts

## I.1 Aufgabenstellung

Nach dem offiziellen Ende der Hauptvalidationsphase für das Satelliten Instrument SCIAMACHY auf ENVISAT war nun das Ziel dieses Vorhabens die in der Hauptvalidierungsphase gesammelten Daten weiter zu verwenden und eine Langzeitvalidation des Instruments so durchzuführen dass auch über das Vorhaben hinaus noch weiter Daten für eine Langzeitvalidation zur Verfügung gestellt werden. Das Hauptziel war und ist, langfristige Trends beim Instrument zu erkennen und zu beobachten. Als Vergleichsmessungen für die Langzeitvalidation sollen vorzugsweise Messungen von Instrumenten am Erdboden als auch von anderen Satelliteninstrumenten verwendet werden. Messungen die im Rahmen einzelner Messkampagnen ohnehin durchgeführt wurden, wurden für die Validierung zeitlich begrenzter SCIAMACHY Messungen verwendet. Das Projekt wurde in enger Zusammenarbeit mit der Universität Bremen durchgeführt. Die Schwerpunkte waren zwischen den einzelnen Instituten aufgeteilt (HD=Heidelberg, HB=Bremen)

Validierung der Nadir UV-vis Spurengase (HD)

- (Delta-)Validation Ozon und NO<sub>2</sub>: operationelle/wissenschaftl. Produkte
- (Delta-)Validation BrO, SO<sub>2</sub>, OCIO, HCHO: wissenschaftl. Produkte
- (Delta-)Validation BrO, SO<sub>2</sub>, OCIO, HCHO: operationelle Produkte

Validation der Nah-Infrarot Spurengase (HD)

- (Delta-)Validation H<sub>2</sub>O, CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O: wissenschaftl. Produkte
- (Delta-)Validation BrO, SO<sub>2</sub>, OCIO, HCHO: operationelle Produkte

Validation der Wolken und Aerosol Produkte (HB)

- (Delta-)Validation der Wolken und Aerosol wissenschaftl. Produkte
- (Delta-)Validation der Wolken und Aerosol operationelle Produkte

Validation der Limb UV-Vis Profile (HB)

- (Delta-)Validation O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, BrO, OCIO: wissenschaftl. Produkte
- (Delta-)Validation O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, BrO, OCIO: operationelle Produkte

Validation der Limb IR Profile (HB)

- Validation H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>(p.T.): wissenschaftl. Produkte
- Validation H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO, CO<sub>2</sub>(p.T.): operationelle Produkte

Nutzung externer Messungen in der Langzeitvalidation

Integration neuer Validationsmessungen (HD)

Satellitenvalidation (HB)

## I.2 Planung und Ablauf des Vorhabens

Das Projekt war darauf ausgelegt zunächst einmal die Daten aus der Hauptvalidationsphase noch vollständig zu verwerten. Anschließend wurden die Daten der Bodenmessstationen zur weiteren Validation verwendet, hierbei sind die in der Hauptphase aufgebauten Bodenstationen, mobile Instrumente die zu gezielten Validationsmesskampagnen eingesetzt wurden und eventuelle Erweiterung des Bodenmessnetz aus anderen Mitteln berücksichtigt worden. Zusätzlich können natürlich bei anderen Kampagnen gewonnenen Messergebnisse für die Validierung des SCIAMACHY Instruments verwendet werden. Ein weiteres Ziel war die Ausweitung der Langzeitvalidierung durch Vergleiche mit anderen Satelliten, um die Qualität der SCIAMACHY Daten über längere Zeiträume festzustellen bzw. die SCIAMACHY Datenauswertung dahingehend weiter zu verbessern.

## I.3 Wissenschaftliche und technische Stand zu Beginn des Projektes

Die Hauptvalidationsphase des SCIAMACHY Instruments war erfolgreich abgeschlossen, in zahlreichen Messflügen mit Flugzeugen oder Ballons sowie Fahrten mit Schiffen hatten gezeigt, dass mit SCIAMACHY richtige Ergebnisse erzielt werden können. Ebenso wurde speziell für die Validation ein globales Messnetz aus DOAS Geräten errichtet, das ebenfalls wichtige Daten für die Hauptvalidationsphase lieferte. Um jedoch langfristige eine gute Datenqualität sicherzustellen ist es wichtig die SCIAMACHY Datenprodukte langfristig zu überprüfen, um eventuelle graduelle Änderung am Instrument mit der Zeit zu beobachten.

Das Heidelberger DOAS Network bestand zu Beginn des Projektes aus den Stationen in Kiruna, Paramaibo und der Neumayer-Station und Arrival Heights. Das Instrument in Paramaibo musste dringend überholt werden, da es nur eingeschränkt funktionsfähig war. Ebenso sind Daten des Kiruna Instruments aufgrund einiger technischer Probleme nicht für Vergleiche mit SCIAMACHY benutzt worden.

Zu Beginn des Projekts existierten nur wenige operationelle Datenprodukte und sie waren im Wesentlichen auf die Nadirprodukte Ozon und  $\text{NO}_2$  beschränkt. Des Weiteren war die operationelle Datenversion gegenüber der für GOME bereits eingeführten Datenversion (Version 4.0) veraltet (äquivalent zur GOME Datenversion 2.8). Die wissenschaftliche Auswertung war bereits weiter fortgeschritten und beinhaltete die üblichen UV/vis Spurengase ( $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ , BrO, OCIO,  $\text{H}_2\text{O}$ ) und die Treibhausgase aus den Nadir-Infrarotdaten ( $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$ ). Erste Ergebnisse der Limbdatenauswertung standen bereits zur Verfügung ( $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , und BrO). Jedoch problematisch war das Pointing, dass die Höhenregistrierung der Limb-Profile mit Fehlern von bis zu 2 km behaftete und somit Ursache von systematischen Fehlern war. Weitere Aktualisierungen der Level-1 Spektraldaten, aus denen die SCIAMACHY Spurengase abgeleitet werden, waren zu der Zeit in Vorbereitung, und haben daher auch einen starken Einfluss auf die Retrievals, was durch weitere Validierungen entsprechend bestätigt werden musste.

#### **I.4 Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Eine naturgemäß sehr gute Zusammenarbeit gab es mit der Satellitengruppe Mainz/Heidelberg (Berufung von Thomas Wagner nach Mainz), die bis 2006 komplett in Heidelberg war. Das Projekt wurde in enger Zusammenarbeit der Universitäten Bremen und Heidelberg beantragt und durchgeführt. Darüber hinaus gab es zahlreiche Kooperationen mit anderen wissenschaftlichen Partnern wie etwa dem Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA), dem Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) oder der Climatology Research Group der University of Witwatersrand, Johannesburg (South Africa), University Saskatchewan, Environment Canada, und Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

## II Ergebnisse

Im Folgenden werden die bei dem Vorhaben erzielten Validationsergebnisse (Kap. II.1) und kurz ausgewählte wissenschaftlichen Ergebnisse (Kap.II.1.12), aus den Heidelberger Beiträgen beschrieben. Kap. II.2 fasst die Bremer Beiträge zur SCIAMACHY Validierung zusammen.

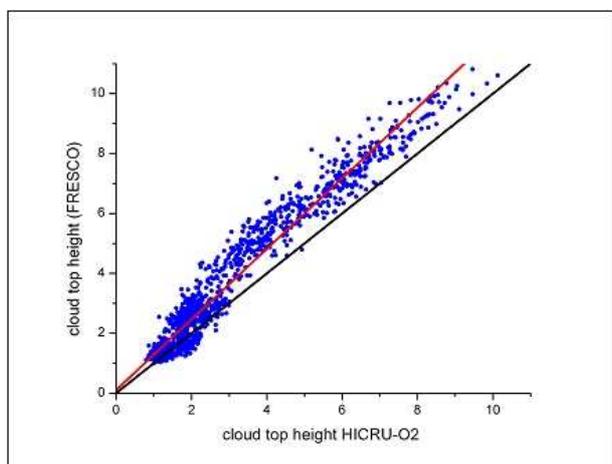
### II.1 Validationsergebnisse Uni Heidelberg

Die Validationsergebnisse dieses Vorhabens umfassen überwiegend wissenschaftlichen Daten der Stufe 1 und Stufe 2 des SCIAMACHY Gerätes.

#### II.1.1 Wolkendetektion mittels der Breitbandspektrometer von SCIAMACHY

Mit dem SCanning Imaging Absorption spectrometer for Atmospheric Chartography (SCIAMACHY) auf dem Europäischen Umweltsatellit ENVISAT können viele unterschiedliche Spurengase (z.B.: NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, HCHO, CO, BrO, H<sub>2</sub>O) in der Atmosphäre beobachtet werden. Hierzu wird die DOAS Methode angewandt, bei der gestreutes oder reflektiertes Sonnenlicht analysiert wird. Die Bestimmung der aktuellen Wolkenbedeckung ist für die Umrechnung in vertikale Säulendichten von enormer Bedeutung. Deshalb wurde der Heidelberg Iterative Cloud Retrieval Utilities (HICRU) sorgfältig validiert. Der schon beim GOME Instrument bewährte HICRU Algorithmus, der die Daten des Polarization Monitoring Devices verwendet um die effektive Wolkenbedeckung zu ermitteln, wurde um einen weiteren Algorithmus erweitert, mit dem nun auch die Wolkenhöhe bestimmt werden kann. Dazu wird die DOAS Auswertung der O<sub>2</sub> und O<sub>4</sub> Säulendichten bei 628 nm mit Strahlungstransportsimulationen (II.1.11) und mit dem HICRU Ergebnissen kombiniert.

Ein Vergleich mit dem bekannten FRESKO (Fast Retrieval Scheme for Cloud Observables [www.temis.nl](http://www.temis.nl)) Algorithmus (Abbildung 1) zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Der Algorithmus wurde mit anderen Wolken Detektions Algorithmen von GOME und SCIAMACHY verglichen und auch mit Wolkeninformationen von anderen Satelliten validiert.

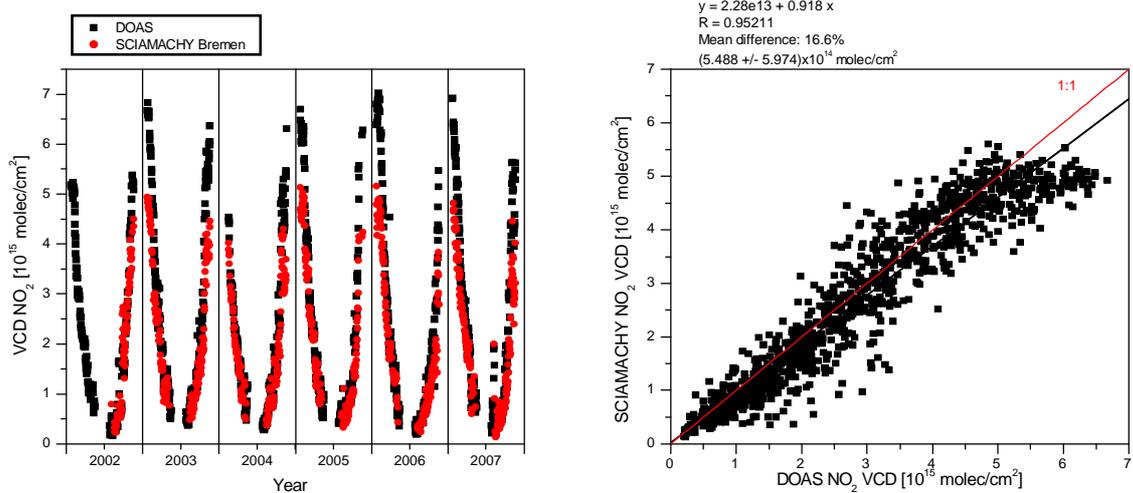


**Abbildung 1: Korrelation zwischen HICRU und FRESKO Wolkenoberkanten (cloud top height). Die schwarze Linie symbolisiert eine 1:1 Korrelation, während in rot die Regressionsgerade gezeigt ist.**

#### II.1.2 Langzeitvalidation von totalen NO<sub>2</sub> Säulendichte über der Antarktis

Das IUP Heidelberg betreibt ununterbrochen seit 2002 ein bodengestütztes DOAS Instrument an der Neumayerstation in der Antarktis. Auf Grund der niedrigen troposphärischen Stickstoffdioxid Belastung in der Antarktis und dem ausgeprägten Jahrgang im Stratosphärischen NO<sub>2</sub> sind diese Messung sehr gut für eine Langzeitvalidation von stratosphärischen NO<sub>2</sub> geeignet. In Abbildung 2 sind die Zeitreihe und die Korrelation der Ergebnisse von DOAS und SCIAMACHY (IUP Bremen) dargestellt. Auch wenn die Korrelation eine Abweichung von ca. 17% aufweist, so stimmt dies doch mit andern Validationsergebnissen (II.1.8) überein. Wichtig für eine Langzeit Validation ist jedoch, dass diese Abweichung in der Zeitreihe (Abbildung 2 links) über den gesamten Zeitraum von 2002 bis 2007 konstant zu sein scheint. Was darauf schließen lässt, dass die Veränderungen, die im Laufe der Zeit an SCIAMACHY aufgetreten sind, gering sind.

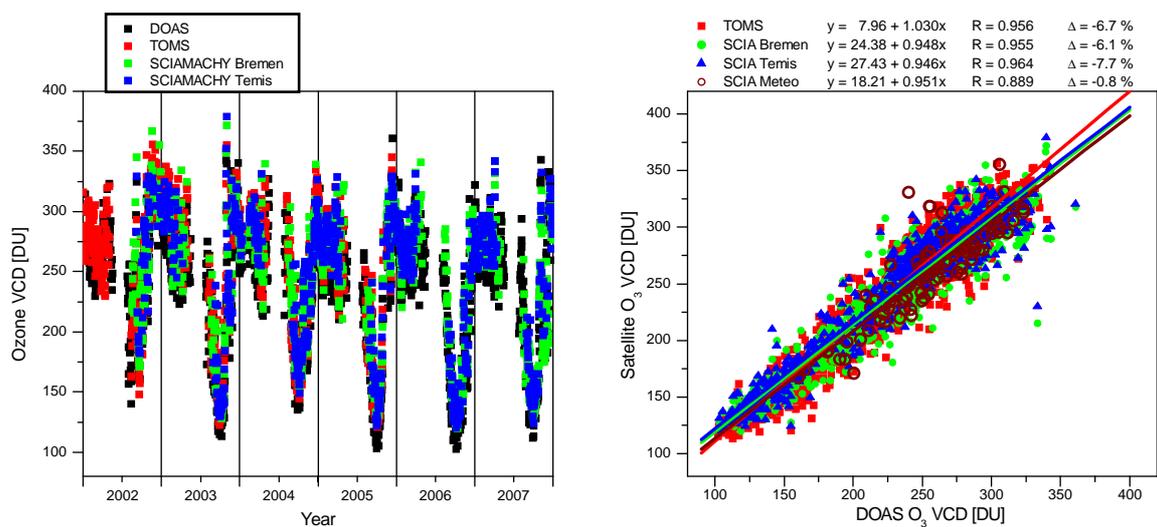
Außerdem weist dies auf eine systematische Differenz hin, die zum Beispiel durch unterschiedliche Annahmen bei der Berechnung der AMF erklärt werden könnte.



**Abbildung 2: Vergleich der Stratosphärischen NO<sub>2</sub> Säulendichten zwischen SCIAMACHY (IUP-Bremen) und dem DOAS Instrument an der Neumayerstation. Links sind die Zeitreihen dargestellt, rechts die direkte Korrelation. Die SCIAMACHY Daten wurden im Umkreis vom 200 km und über den entsprechenden Tag gemittelt. Die Korrelation weist einen Unterschied von 16% auf. Dieser scheint aber zeitlich konstant zu sein (siehe Zeitreihe).**

### II.1.3 Langzeitvalidation von totalen Ozon-Säulendichten über der Antarktis

Das DOAS Instrument an der Neumayerstation wurde analog zu den Vergleichen für NO<sub>2</sub> (II.1.2) auch zur Validation von Ozon Säulendichten verwendet. Die Abweichung (mean difference) ist im Falle der Ozonmessungen mit ca. 7% etwas besser, auffallend ist hierbei die geringe Abweichung (0.8%) des Meteo-Datenprodukts, wobei dieses nur für den kürzeren Zeitraum (bis Mai 2003) berücksichtigt wurde. Neben den Zeitreihen wurden hier auch Korrelationen für die einzelnen Jahre (Tabelle 1) für die Datenprodukte von Bremen und TEMIS betrachtet, eine zeitliche Änderung der Abweichung oder der Korrelationen ist nicht zu erkennen.



**Abbildung 3: Vergleich verschiedener O<sub>3</sub> Satelliten-Datenprodukte mit dem Bodendaten der Neumayerstation. Links sind die Zeitreihen von 2002 bis 2007 dargestellt, in allen Fällen ist in der zweiten Jahreshälfte (Antarktischer Frühling) das Erscheinen des Ozonlochs deutlich zu beobachten. Die Korrelation der Datenreihen mit den DOAS Instrument (rechts) zeigt eine ähnliche Übereinstimmung mit den drei SCIAMACHY Datenprodukten; die Abweichung zu den Bodendaten beträgt ungefähr -7%. Die Regressionsgerade ist in allen Fällen vergleichbar ( $y \sim 20DU + 0.95x$ ).**

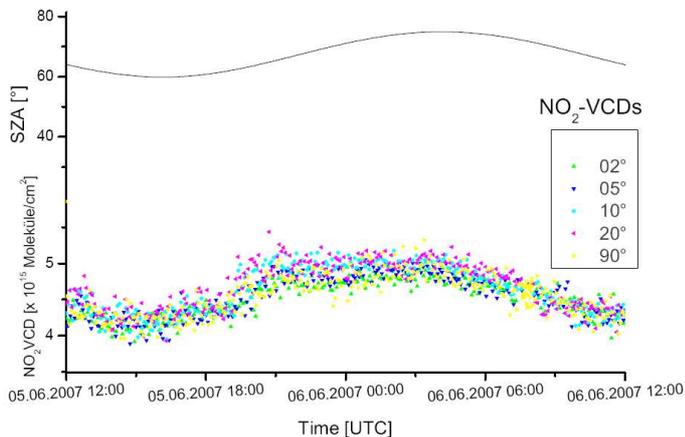
**Tabelle 1: Übersicht der Korrelationsparameter für die einzelnen Jahre. (N Anzahl der Messungen, A, B Achsenabschnitt bzw. Steigung der Korrelationsgeraden, R Korrelationskoeffizient und SD Standard Abweichung in DU). In grün die Daten für das Bremer Datenprodukt und in blau für TEMIS. Für beide Datenprodukte schwanken die Werte um die Langzeit-Mittelwerte, ein Trend ist jedoch nicht zu erkennen.**

	2002&2003		2004		2005		2006		2007	
N	297	172	205	125	226	158	222	149	238	140
y=A+Bx: A	18.6	24.5	11.8	20.5	40.2	38.7	18.7	18.7	27.6	32.6
y=A+Bx: B	0.98	0.97	1.01	0.98	0.89	0.90	0.98	0.98	0.91	0.91
R	0.97	0.98	0.95	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.94	0.95
SD	15.4	13.9	14.2	16.2	17.5	16.1	14.6	12.8	18.4	18.8

#### II.1.4 Totale NO<sub>2</sub> Säulendichte über Alert (Nord Kanada)

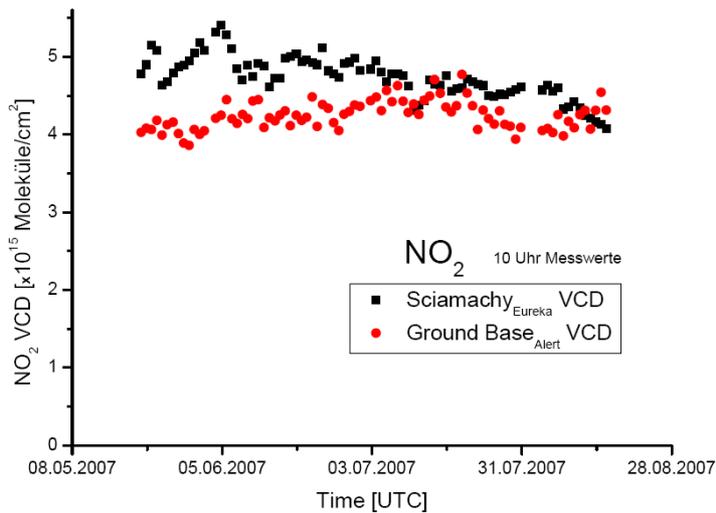
Im Frühjahr 2007 wurde ein neues MAXDOAS Instrument an der GAW Station in Alert (82.5°N, 62.3°W) in Nord Kanada aufgebaut. Neben NO<sub>2</sub> soll hier vor allem BrO, IO, OCIO und O<sub>3</sub> beobachtet werden, um sowohl das troposphärische als auch das stratosphärischen Ozonbudget genauer zu quantifizieren.

Aufgrund der schwankenden Sonneneinstrahlung ergibt sich bekanntermaßen ein Tagesgang der stratosphärischen NO<sub>2</sub> Konzentration. Dieser konnte sehr gut mit dem neuen Bodeninstrument beobachtet werden (Abbildung 4).



**Abbildung 4: Tagesgang der vertikalen NO<sub>2</sub> Säulendichte am 5.6.2007 (unten), Sonnenzenitwinkel oben. Weder in der schrägen noch in den vertikalen Säulendichten ist eine Abhängigkeit vom Elevationswinkel zu erkennen, dies lässt darauf schließen, dass überwiegend das stratosphärische Signal beobachtet wurde.**

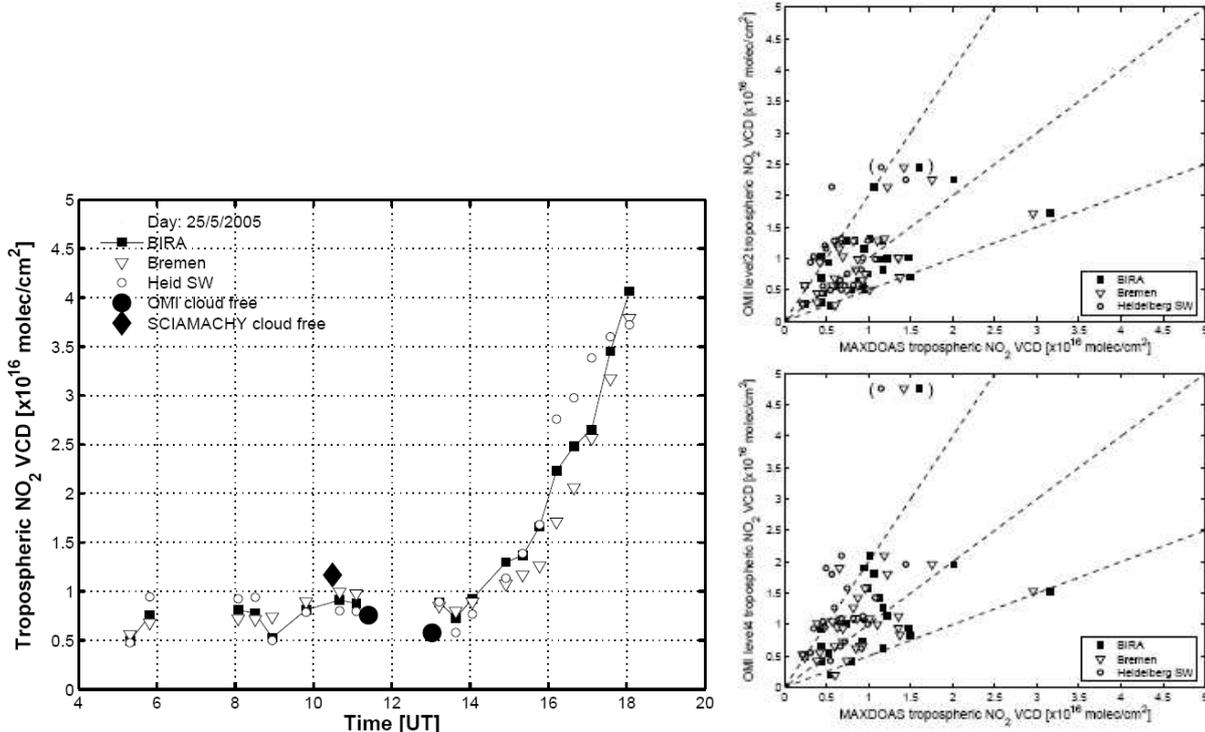
Der erste Vergleich (Abbildung 5) der vertikalen NO<sub>2</sub>-Säulendichten der Bodenmessungen mit SCIAMACHY Daten (IUP Bremen) über der nahe gelegenen Station Eureka (80°N, 86°W) zeigt eine konstante NO<sub>2</sub>-VCD von ca.  $4 \cdot 10^{15}$  Molekülen/cm<sup>2</sup> für die Bodenmessungen, während die Werte von SCIAMACHY von Mitte Mai bis Ende August leicht abnehmen. Trotz der Diskrepanz zwischen Satelliten- und Bodenmessungen in der ersten Hälfte des Messzeitraums stimmen diese quantitativ recht gut überein. Eine detaillierte Analyse der Daten und der beobachteten Abweichung wird noch angestrebt. Hierbei werden vor allem auch die Modellparameter der Airmassfactorsimulation verglichen.



**Abbildung 5: NO<sub>2</sub>-VCDs von SCIAMACHY (Datenprodukt der Universität Bremen) und die lokalen Messungen aus Alert. Die Bodenmessungen sind für die lokale Überflugszeit des Satelliten (10 Uhr) gezeigt. Die SCIAMACHY-Daten sind Overpass-Daten von der in der Nähe von Alert gelegenen Station Eureka (Helmschmidt, 2008).**

### II.1.5 NO<sub>2</sub> Beobachtungen am Boden zur Validierung der troposphärischen Säule

Im Rahmen des DANDELIONS (Dutch Aerosol and Nitrogen Dioxide Experiments for validation of OMI and SCIAMACHY) Projekts wurden zwei Messkampagnen durchgeführt, an denen auch MAXDOAS Instrumente aus Heidelberg, Bremen und dem BIRA beteiligt waren. Das Heidelberger MAXDOAS kann simultan in drei verschiedenen Richtungen messen, hier nach Südwest, Südost und Nordost ausgerichtet, und somit die räumliche Variation der NO<sub>2</sub> Verteilung im Umfeld des Geräts erfassen.



**Abbildung 6 Links: MAXDOAS und Satelliten NO<sub>2</sub> Daten vom 25. May 2006 (Brinksma, et al. 2008). Die troposphärischen vertikalen Säulen wurden mit der geometrischen Näherung des AMF berechnet. OMI (level 2) und SCIAMACHY (TEMIS) Daten wurden im Umkreis (200 km Radius) um Cabauw ausgewertet; die Wolkenbedeckung lag jeweils unter 20%. Rechts: OMI-MAXDOAS Korrelation für troposphärisches NO<sub>2</sub> in Cabauw (Celalier et al. 2007).**

Die beobachteten NO<sub>2</sub> Säulendichten der drei Instrumente stimmen untereinander gut überein. In Abbildung 6 sind zusätzlich zu dem Beispiel von den Messungen aus 2005 auch die Troposphärischen Säulen der Satelliten Instrumente OMI und SCIAMACHY (TEMIS Datenprodukt) eingezeichnet. Da die Empfindlichkeit der MAXDOAS Messungen für flachere Blickwinkel zunimmt, wurden hier die Daten der Messungen bei 3° verwendet.

Ein quantitativer Vergleich der troposphärischen vertikalen Säulendichten der unterschiedlichen Bodenmessungen wurde mittels Korrelationsanalyse durchgeführt. Dabei wurden die NO<sub>2</sub> Säulendichten von BIRA mit denen der beiden anderen Gruppen verglichen. Bei Verwendung des gleichen NO<sub>2</sub> Wirkungsquerschnitts wurde eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Bremen und BIRA (Pearson Korrelationskoeffizient 0.9 und Steigung 1.1) sowie dem nach Südwesten gerichteten Teleskop des Heidelberger Instruments (Korrelationskoeffizient 0.91 und Steigung 0.99) festgestellt.

Die Bedeutung der Teleskopausrichtung für den MAXDOAS-Vergleich weist bereits darauf hin, dass die lokale Variation in der NO<sub>2</sub> Verteilung die Validierung von Satellitendaten teilweise erheblich beeinflussen kann.

Eine Korrelation der vertikalen Säulendichten aus den MAXDOAS Messung mit zeitgleichen OMI Daten ist in Abbildung 6 (rechts) dargestellt. Vergleicht man die aus den Korrelationsanalysen errechneten Parameter, so wird dieser Effekt noch deutlicher. Während für das Südwest Teleskop des Heidelberger Instruments der Korrelationskoeffizient bei 0.45 bzw. 0.39 lag (für OMI L2 bzw. OMI L4 Daten), so steigt er bei einer Mittelung über alle Blickrichtungen auf 0.65 bzw. 0.57. Die Verbesserung in der Steigung fiel etwas schwächer aus, 0.8 bzw. 0.67 für OMI L2 und L4, gegen das Südwest Teleskop, verglichen mit 0.85 und 0.71 wenn wieder über alle Richtungen gemittelt wird.

Insgesamt zeigt sich eine recht gute Übereinstimmung zwischen den Bodendaten und den Satellitenbeobachtungen (OMI Temisdaten).

### II.1.6 Schwefeldioxid Säulendichten am San Cristóbal

Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) ist ein wichtiges Spurengas in der Atmosphäre, so trägt es unter anderem zur Bildung von Aerosolen bei und verändert somit den Strahlungshaushalt der Erde. Sowohl natürliche (z.B. Vulkane) als auch anthropogene (z.B. Verbrennung von Braunkohle) Quellen spielen eine wichtige Rolle bei der Entstehung von atmosphärischem SO<sub>2</sub>.

In einer speziellen Studie wurde die DOAS Auswertung der GOME (ERS-2) Daten erheblich verbessert, so konnten instrumentelle Effekte wie Strukturen durch die Diffusorplatte weitgehend eliminiert werden, indem die Referenz-Sektor-Methode angewandt wurde. Die damit berechneten Jahresmittelwerte der Jahre 1996-2002 zeigten sowohl anthropogene Verschmutzungen und Vulkanische Aktivitäten als auch bis dahin unbekannte Quellen. Diese Zeitreihe wurde durch SO<sub>2</sub> Beobachtungen von SCIAMACHY fortgesetzt. Die feinere räumliche Auflösung ist bei der Bestimmung der Quellen (Position und Stärke) und der Auswirkung der SO<sub>2</sub>-Konzentration auf die Umgebung von besonderem Interesse.

Im Rahmen des NOVAC Projektes (Network for Observation of Volcanic and Atmospheric Change [www.novac-project.eu](http://www.novac-project.eu)) wurden unter anderem auch DOAS Geräte zur Überwachung von vulkanischen Schwefeldioxid Emissionen an einigen ausgewählten Vulkanen weltweit aufgebaut. Erste Messungen am San Cristóbal (Nicaragua) zeigten am 9.12.2006 (zufälliges Datum) schräge Säulendichten von bis zu  $1.7 \cdot 10^{18}$  molek/cm<sup>2</sup>. Die am gleichen Tag mit SCIAMACHY beobachtete Säulendichte (Mainz/Heidelberg) über dem San Cristóbal betrug  $1.6 \cdot 10^{16}$  molek/cm<sup>2</sup>. Auch wenn die Abweichung um einen Faktor 100 auf den ersten Blick überraschend wirkt, sollte man hier verschiedene Punkte berücksichtigen. Es werden schräge Säulendichten von Instrumenten mit sehr verschiedenen Sichtgeometrien und räumlichen Auflösungen verglichen (aus 800 km Höhe von oben, und aus 2 km „Tiefe“ von unten). Diese unterscheiden sich hinsichtlich ihren Empfindlichkeiten und Airmassfaktoren. Selbstverständlich trägt auch hier das unterschiedliche „Sampling Volumen“ (vgl. II.1.4 und II.1.7) zur Diskrepanz bei, insbesondere da die NOVAC Instrumente auf die Fahne ausgerichtet sind und somit den Hintergrund nur schlecht repräsentieren.

## San Cristóbal volcano, Nicaragua

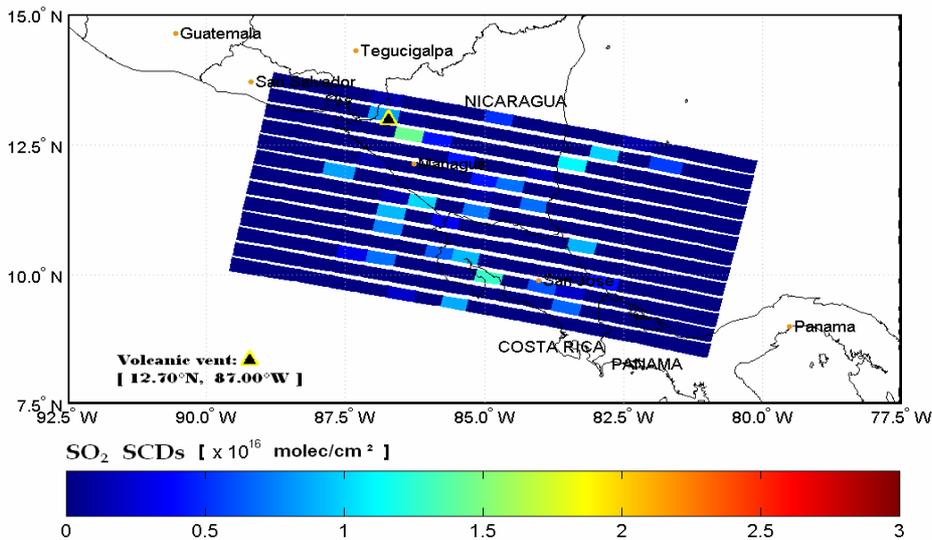


Abbildung 7: Schwefeldioxid Verteilung über Nicaragua am 9. Dezember 2006 von SCIAMACHY (Mainz/Heidelberg). Der San Cristóbal ist als schwarzes Dreieck angedeutet, die schräge Säulendichte beträgt  $1.6 \cdot 10^{16}$  molek/cm<sup>2</sup>.

### II.1.7 Beobachtung zweidimensionaler Spurenstoff Verteilungen

Die lokalen Variationen in der NO<sub>2</sub> Verteilung können Vergleiche anderer Messungen (z.B. MAXDOAS) mit Satelliten-Messungen erheblich beeinflussen (siehe II.1.4). Deshalb wurde ein neues Flugzeug-gestütztes abbildendes DOAS (imaging DOAS) Instrument entwickelt und erfolgreich eingesetzt. Die räumliche Auflösung am Boden hängt von der Flughöhe ab, ist aber in der Größenordnung von 100 x 100 m. Das Sichtfeld des Instruments beträgt 24°, demnach ist der am Boden erfasste Bereich ungefähr so breit wie die halbe Flughöhe (1900 m bei 4500 m Flughöhe über Grund).

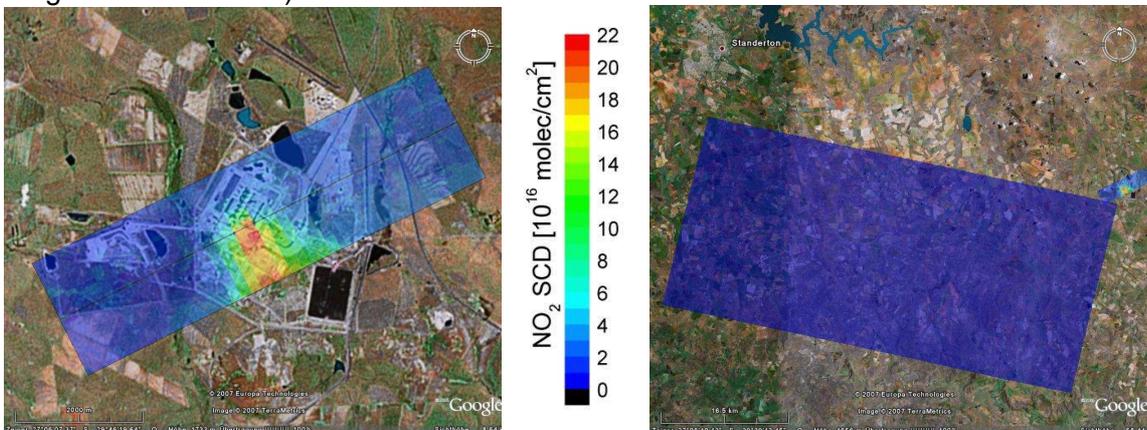
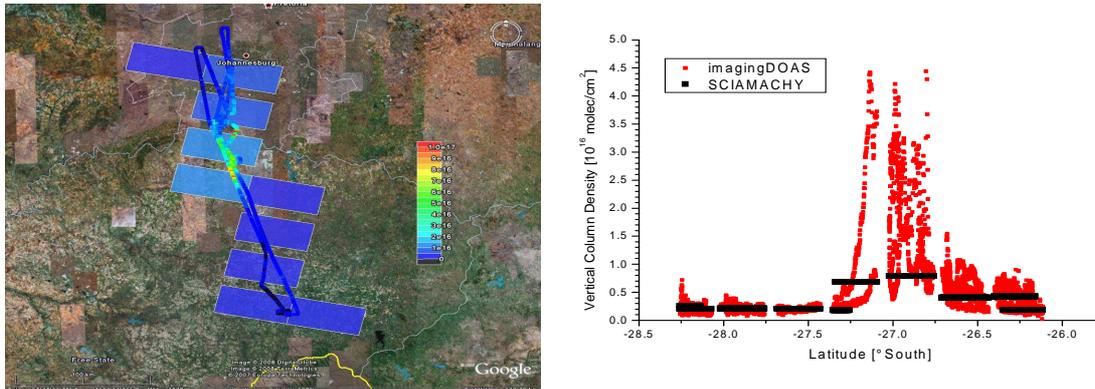


Abbildung 8 Links: NO<sub>2</sub> Säulendichte rings um das Kraftwerk in Majuba (Südafrika) vom 5.10.2006; zum Größenvergleich ist eine skalierte hochaufgelöste Satellitenaufnahme (Google Earth) hinterlegt. Rechts: Zusätzlich ist noch ein SCIAMACHY Pixel eingezeichnet. Da die SCIAMACHY Daten vom folgenden Tag (6.10.) stammen, erlauben sie keinen quantitativen Vergleich.

Erste erfolgreiche Tests wurden im Oktober 2006 im südafrikanischen Highveld durchgeführt. In drei Flügen wurde gezielt die NO<sub>2</sub> Verteilung in der Nähe wichtiger NO<sub>x</sub> Quellen wie Kohlekraftwerke und Petrochemische Werke beobachtet. In Abbildung 8 ist die Säulendichte in der unmittelbaren Umgebung des Kraftwerks Majuba dargestellt. Auffällig sind vor allem die hohen NO<sub>2</sub> Säulendichten im Lee des Kraftwerks. Auch wenn diese kleinskaligen Konzentrationsverteilung nicht vom Satelliten aufgelöst werden können (

Abbildung 8 links), so zeigt der Vergleich der schrägen NO<sub>2</sub> Säulen doch, dass SCIAMACHY (MPI Mainz Produkt) sehr wohl einen Anstieg in der NO<sub>2</sub> Säule registrieren kann (Abbildung 9). Natürlich sind die lokalen Maximalwerte des hochauflösenden imaging DOAS deutlich höher, wie der Vergleich der vertikalen Säule zeigt (Abbildung 9 rechts). Der Vergleich der Satellitendaten mit räumlich hochaufgelösten Validationsmessungen ist von großer Bedeutung für die Interpretation von troposphärischen Satelliten-Datenprodukten. Aufgrund der typischerweise sehr großen räumlichen Ausdehnung der Satellitenmessungen gegenüber einzelnen Emissionsquellen, liegen die Satellitenwerte typischerweise systematisch unter lokal begrenzten Messungen. Das detaillierte Verständnis dieses Effektes ist eine wesentliche Voraussetzung für die Verwendung von Satellitenmessungen für die quantitative Bestimmung von Emissionsquellen (z.B. zur Emissionskontrolle).



**Abbildung 9 Links: Schräge NO<sub>2</sub> Säulendichten von SCIAMACHY und IDOAS vom 6.10.2006. Südlich von Johannesburg in der Industrieregion Sasolburg (Petrochemie) und Vereeniging (Stahl), wird mit beiden Instrumenten ein Anstieg in der Säulendichte beobachtet. Rechts: Nord-Süd Schnitt der vertikalen NO<sub>2</sub> Säulen von SCIAMACHY und Imaging DOAS, die Referenz für das Imaging DOAS wurde hierbei aus den SCIAMACHY Daten bei (27,8° Süd) bestimmt.**

Bei dem vorliegenden Vergleich sollte man allerdings bedenken, dass mit dem Flugzeug gezielt die Quellen angeflogen wurden, weshalb kaum Information über die Säulendichten im Rest des SCIAMACHY Pixels existiert. Außerdem liegen zwischen den Messungen ungefähr 3 Stunden. Weitere Messungen mit dem Imaging DOAS Instrument fanden im September 2007 und März 2008 in der gleichen Region statt. Hierbei wurde besonderer Wert auf die zeitliche und räumliche Abstimmung mit Satelliten-Beobachtungen (SCIAMACHY, OMI, GOME-2) gelegt. Zum Abschluss dieses Projekts lagen leider noch keine verwertbaren Vergleiche vor.

### II.1.8 SCIAMACHY Validation mit LPMA/DOAS Ballonmessungen

Messungen der stratosphärischen O<sub>3</sub> und NO<sub>2</sub> Konzentrationen verschiedener Fernerkundungsmethoden wurden zunächst untereinander verglichen. Ein Konsistenzvergleich zwischen den Absorptionen entlang des Lichtwegs und den vertikalen Spurenstoffprofilen aller Instrumente der LPMA/DOAS (Limb Profile Monitor of the Atmosphere/Differential Optical Absorption Spectroscopy) Ballongondel wurde durchgeführt. Diese Daten wurden aus Messungen solarer Spektren vom Ultravioletten bis hin zum Infraroten Spektralbereich beim Ballonaufstieg, dem -Abstieg und dem Sonnenuntergang abgeleitet und stimmten mit einer Genauigkeit von ±10% für O<sub>3</sub> und ±20% für NO<sub>2</sub> überein.

Der Vergleich der O<sub>3</sub> und NO<sub>2</sub> Profile mit zeitlich und räumlich nahen Satellitenmessungen zeigte ebenfalls eine Abweichung von lediglich ±20% für beide Spurengase zwischen 20 und 30 km, wurde jedoch schlechter für Werte unterhalb 20 km.

Für den Vergleich wurden die SCIAMACHY Datenprodukte aus Heidelberg/Mainz; Bremen und Harvard herangezogen. Ein speziell entwickeltes Vergleichsverfahren berücksichtigt sowohl die räumliche und die zeitliche Abweichung der unterschiedlichen Messungen, als auch die unterschiedlichen photochemischen Bedingungen zum Zeitpunkt der jeweiligen Messungen.

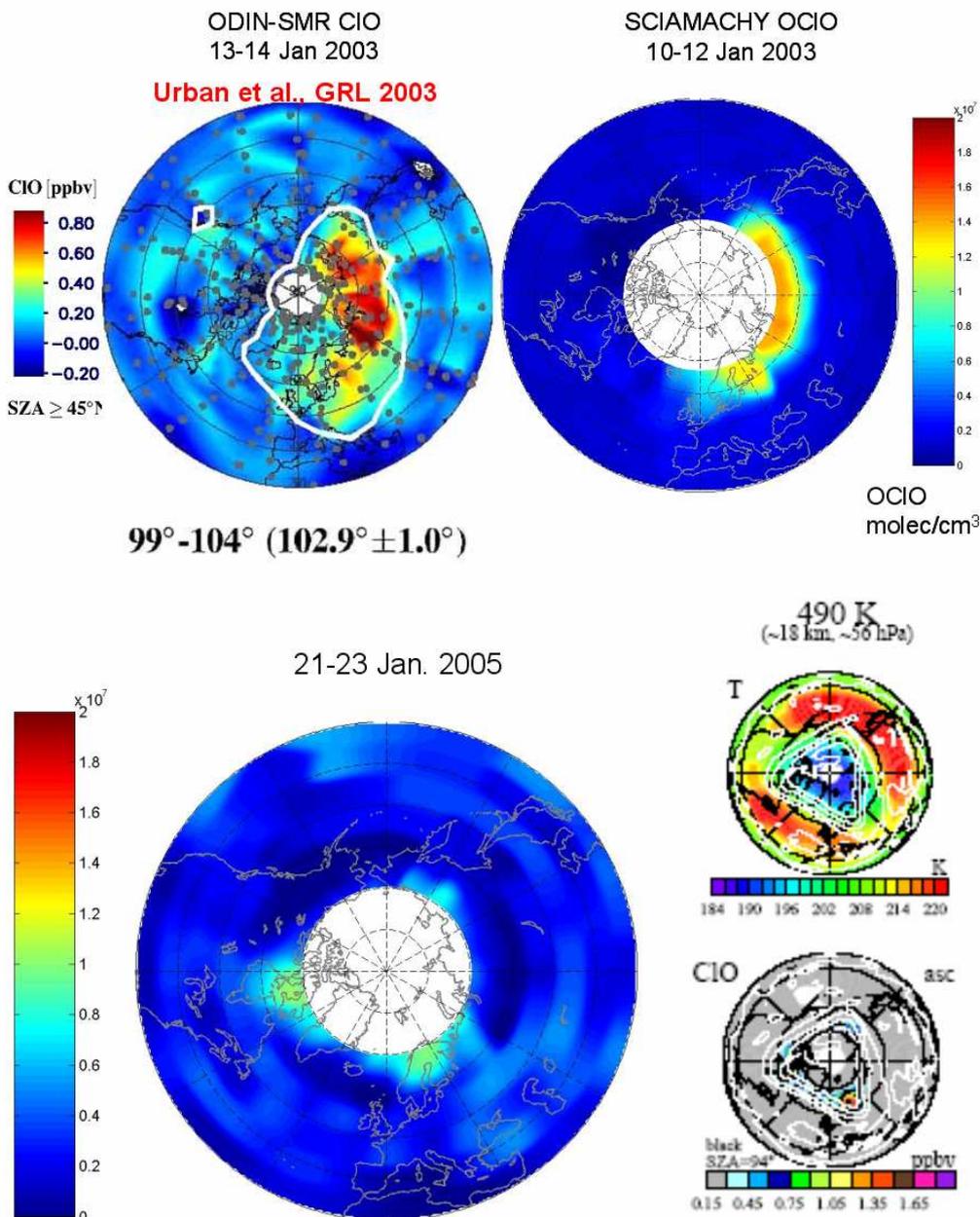
## II.1.9 OCIO Nadir Messungen von SCIAMACHY und GOME

Chlordioxid (OCIO) ist ein wichtiger Indikator für die Stratosphärische Chloraktivierung. Es wird bereits seit 1995 erfolgreich mit GOME (ERS-2) gemessen. Vergleiche mit SCIAMACHY Nadir Beobachtungen zeigen, dass der zeitliche Unterschied von 30 min zwischen ERS-2 und ENVISAT bei dem ausgeprägten Tagesgang von OCIO zu deutlichen Unterschieden in den Säulendichten führt. Diese Unterschiede können für genauere Studien der Photochemischen Prozesse verwendet werden. Die feinere räumliche Auflösung von SCIAMACHY erlaubt außerdem kleinskalige Ereignisse wie Leewellen zu beobachten.

## II.1.10 Vergleich der SCIAMACHY OCIO-Daten mit ClO-Messungen von ODIN und MLS

Im Gegensatz zu Ozon, NO<sub>2</sub> und BrO gibt es für OCIO aktuell noch keine koinzidenten Ballon-Messungen von Vertikal-Profilen zur SCIAMACHY Validation. Da aber OCIO ein Indikator für die Chloraktivierung ist, können qualitative (und bis zu einem gewissen Grade auch quantitative) Vergleiche zu Messungen von ClO gemacht werden. Globale Vertikalprofile von ClO werden zeitgleich (II.1.9) mit den SCIAMACHY Messungen vom MLS-Instrument auf AURA und vom SMR-Instrument auf Odin gemessen.

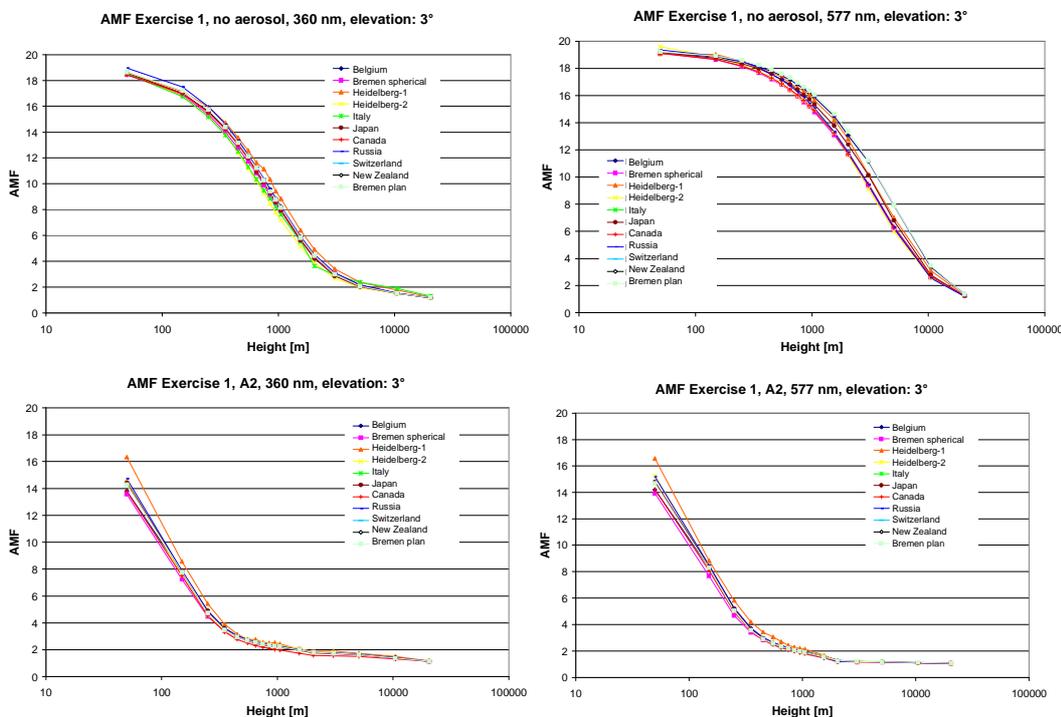
Wie der Vergleich dieser Messungen mit den SCIAMACHY OCIO Messungen zeigt (Abbildung 10), stimmen die Beobachtungen hinsichtlich der Intensität und der räumlichen Verteilung der Chloraktivierung gut überein.



**Abbildung 10 oben: ODIN-SMR CIO (links) und SCIAMACHY OCIO (rechts). Unten: SCIAMACHY OCIO (links) und AURA MLS CIO (rechts unten). In beiden Gegenüberstellungen ist eine gute räumliche Übereinstimmung zu sehen. Außerdem stimmen alle Beobachtungen gut mit den Erwartungen entsprechend den kälteren Temperaturen innerhalb des polaren Wirbels überein.**

### II.1.11 Vergleich unterschiedlicher Strahlungstransport-Modelle

Strahlungstransport-Modelle spielen sowohl für Satelliten Messungen als auch für die meisten Vergleichsmessungen eine wichtige Rolle, deshalb wurde im Sommer 2005 in Heidelberg ein internationaler Strahlungstransport-Workshop ([http://satellite.iup.uni-heidelberg.de/index.php/RTM\\_Workshop/149/0/](http://satellite.iup.uni-heidelberg.de/index.php/RTM_Workshop/149/0/)) durchgeführt. Ziel war es, bestehende Strahlungstransportmodelle zu vergleichen und Unterschiede und Probleme zu identifizieren und zu lösen. Hierzu stellte die durchgeführte intensive Arbeit am Vergleich von Strahlungstransportmodellen einen äußerst wichtigen Beitrag dar (Wagner et al., 2007). Neben den Luftmassenfaktoren wurden auch die berechneten Radianzen verglichen. Diese erlauben eine weit empfindlichere Beurteilung der Modellergebnisse. Im Laufe mehrerer Iterationen konnten auch manche grundlegende und viele Detail-Fehler der beteiligten Modelle identifiziert und korrigiert werden. Aktuell zeigen die Ergebnisse eine sehr gute Übereinstimmung (Abbildung 11).



**Abbildung 11: Vergleich der Ergebnisse verschiedener Strahlungstransportmodelle für verschiedene Wellenlängen und Aerosolszenarien.**

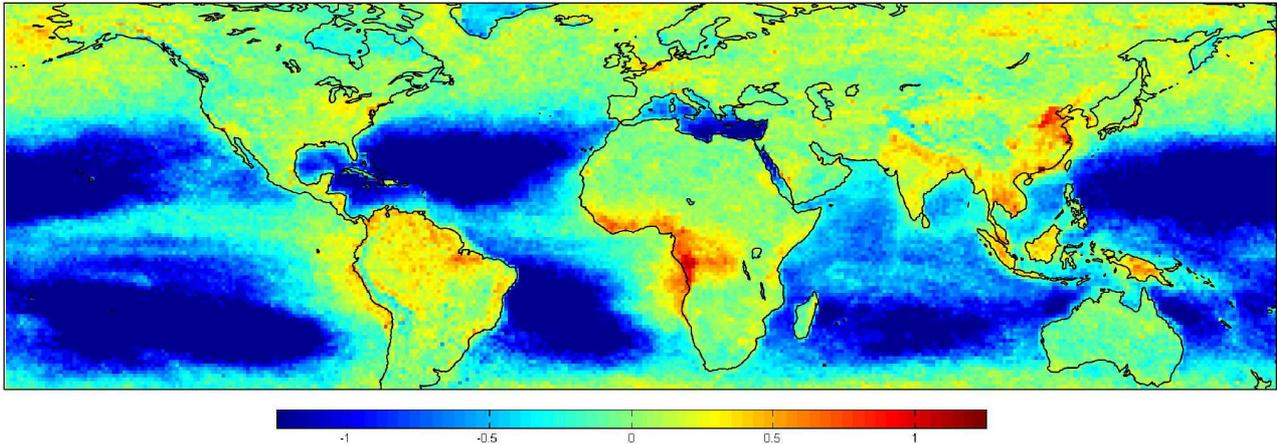
### II.1.12 Wissenschaftliche Ergebnisse

Im Folgenden werden kurz einige wissenschaftliche Ergebnisse vorgestellt, die für zukünftige Validationsvorhaben von Interesse sein könnten.

Die kombinierte Nutzung verschiedener Satellitendaten ist eine viel versprechende Methode um unterschiedliche Quellen differenzieren und quantifizieren zu können. Dabei konnte zum Beispiel über dem brasilianischen Regenwald durch Vergleich der Formaldehyddaten mit Stickstoffdioxid und den ATSR-Firemaps der Regenwald als natürliche Formaldehydquelle (kein  $\text{NO}_2$ ) von der durch Feuer zusätzlich erzeugten Quelle (hohes  $\text{NO}_2$ ) unterschieden werden. Durch Subtraktion der natürlichen Quellstärke kann dann die zusätzliche Quellstärke der Feuer abgeschätzt werden. Der Einfluss von Wolken auf Satellitenmessungen auf troposphärische Spurengase ist ein sehr wichtiger Aspekt, gerade im Hinblick auf die Validation. Deshalb wurden in einer speziellen Studie die Säulendichten mit dem Wolkenbedeckungsgrad und der Lichtintensität gewichtet und für unterschiedliche Regionen und Quellen untersucht. Das Verhältnis der schrägen Säule für den bewölkten Fall zur Teilsäule des wolkenlosen Falls ist ein gutes Maß für den Einfluss der Wolken auf die gesamte Säule. Es zeigt sich allerdings, dass diese Größe stark von der Gesamtsäule

abhängt, was damit erklärt werden kann, dass nah der Quelle hohe  $\text{NO}_2$  Werte auftreten. Die entsprechenden erhöhten Spurenstoff-Konzentrationen befinden sich typischerweise nahe am Boden, somit ist hier der Abschirmungseffekt der Wolken am stärksten.

In den vergangenen Jahren wurden erstmals Messungen von Glyoxal mit SCIAMACHY durchgeführt. Glyoxal ist ein wichtiges Oxidationsprodukt volatiler organischer Verbindungen; es kann somit als Indikator für vermehrte photochemische Aktivität angesehen werden. Abbildung 12 zeigt den Mittelwert der schrägen Glyoxal-Säulendichte für die Jahre 2003-2005. Deutlich sind Zentren anthropogener Verschmutzung (Los Angeles oder Hongkong) zu erkennen. Aber auch über den Regenwäldern sind erhöhte Glyoxalwerte zu beobachten. Ob die Werte vor der Westküste des Südlichen Afrikas eine Folge der VOC Produktion durch Algen ist, ist ein interessanter Aspekt für zukünftige Validationsexperimente.



**Abbildung 12: Mittlere (2003-2005) schräge Glyoxal-Säulendichte [ $10^{15}$  molek/ $\text{cm}^2$ ] von SCIAMACHY.**

Besonders im roten Spektralbereich spielen Veränderungen der spektralen Albedo eine wichtige Rolle bei der DOAS Auswertung insbesondere von Wasserdampf und  $\text{O}_4$ . Diese Veränderungen werden durch den Jahreszyklus im Pflanzenwachstum hervorgerufen. Durch Einbinden der Reflektionsspektren verschiedener Pflanzentypen (Gras, Laubbäume und Nadelbäume) konnte nicht nur die DOAS Auswertung erheblich verbessert werden, sondern es werden gleichzeitig Informationen über die biologische Aktivität gewonnen, was wiederum für die Interpretation der Formaldehyd- und Glyoxaldaten interessant ist. Die ausgeprägten Wachstumsphasen z.B. in Nordamerika oder Spanien sind in den entsprechenden Daten des GOME Instruments deutlich zu erkennen. Allerdings zeigten die Ozeane saisonale Schwankungen im ‚Nadelbaumbewuchs‘. Dies ist ein starker Hinweis, dass die existierenden Reflektionsspektren die tatsächlichen Albedoeigenschaften nicht hinreichend gut beschreiben. Neben einer zu groben spektralen Auflösung ist auch die spektrale Kalibration der existierenden Referenzspektren offenbar zu ungenau. Arbeiten zur Erzeugung verbesserter Referenzdatensätze werden gegenwärtig durchgeführt. Ähnliche Datensätze sollten auch für Algen erzeugt werden und in die Auswertung mit einbezogen werden.

Im Herbst 2006 wurde das Heidelberger DOAS Netzwerk um zwei neue Messstationen am Hohenpeißenberg und in São Vicente (Cap Verden) erweitert. Während die erste primär den troposphärischen Hintergrund von  $\text{NO}_2$ , HCHO und HONO im dicht besiedelten Süddeutschland bestimmen soll und zur Untersuchung von Aerosolen dient, ist die zweite vorwiegend auf die Langzeitbeobachtungen und Quantifizierung von Halogenemission des subtropischen Atlantiks ausgelegt.

## II.2 Validationsergebnisse Uni Bremen

### II.2.1 Übersicht über die SCIAMACHY Validierungsergebnisse in Bremen

Das Institut für Umweltphysik (IUP-HB) der Universität Bremen betreibt derzeit DOAS Geräte in Ny-Ålesund (Spitzbergen), Bremen, Heraklion (Griechenland), Merida (Venezuela), und Nairobi (Kenia). Diese Stationen sind Bestandteil des BREDOM DOAS Bodennetzwerkes und vervollständigen das Heidelberg DOAS und das Französische SAOZ Netzwerk. In 2003 war das Merida-Instrument zeitweilig auf der Zugspitze (Deutschland) installiert. UV/vis-Spektroskopie mit Blickrichtung in den Zenit liefert unter Verwendung der DOAS-Methode die Gesamtsäulenmengen von  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , BrO und OCIO. Ein MAXDOAS Spektrometer (multi-axis DOAS) wird in Ny-Ålesund

betrieben. Darüber hinaus wurde während der Hauptvalidationsphase ein ähnliches Instrument (AMAXDOAS) an Bord der Falcon betrieben (Heue et al., 2005). Sie liefern zusätzlich zu den Säulendaten vertikale Profilinformaton. FTIR Instrumente arbeiten in Bremen, Ny-Ålesund und an Bord der Polarstern auf Schiffsfahrten von der Arktis zur Antarktis und zurück (Warneke et al., 2005, Dils et al., 2006). Aus Messungen mit Fourier-Transformations-Spektroskopie im UV, sichtbaren und IR-Spektralbereich können Gesamtsäulen und Profile der Teilchendichten von O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO und CH<sub>4</sub> gemessen werden, sowie von anderen Molekülen, die nicht von SCIAMACHY abgedeckt werden. Mikrowelleninstrumente sind in Bremen, Ny-Ålesund und Merida aufgestellt. Mikrowellenradiometer liefern Profile von O<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, and ClO. Wissenschaftliche O<sub>3</sub>-Retrieval aus den SCIAMACHY Limb-Daten sind mit den Bodendaten der Mikrowellengeräte verglichen worden (Palm et al., 2005). Zusätzlich sind Mikrowellendaten der flugzeuggestützten ASUR Messungen für die SCIAMACHY Validation verwendet worden (Kuttipurath et al., 2007). Die IUP-HB hat ebenfalls zu der ballongestützten Validation durch radiometrische Kalibration der DOAS-Nutzlast (SCIAMACHY Irradianz-Validation, Gurlit et al., 2005, Weidner et al., 2005) und durch das Hinzufügen eines durchstimmbaren Diodenlaser-Spektrometers (TDL) zur TRIPLE Gondel zur Messung von H<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> (Gurlitt et al., 2003) beigetragen.

Ein Hauptelement der SCIAMACHY Validation war der Vergleich zu anderen Satelliten. Diese Vergleiche liefern eine globale Abdeckung, und durch die hohe Anzahl an koinzidierenden Messungen erlauben sie uns, eine aussagekräftige statistische Analyse zu gewinnen. Die Säulendichten für Ozon und NO<sub>2</sub> von SCIAMACHY wurden mit GOME, dem Vorgänger von SCIAMACHY, verglichen (Bracher et al., 2004, 2005a, 2007). Limb-Profile von O<sub>3</sub> wurden mit SAGE II, POAM III, HALOE, und ACE-FTS verglichen (Bracher et al., 2006, 2007, Dupuy et al., 2008, Rohen et al., 2008). Eine neuartige Methode zum Vergleich von NO<sub>2</sub> Profilen wurde entwickelt, bei der Ergebnisse aus einem 2D Chemie-Transport-Modell für die photochemische Korrektur verwendet werden, um Unterschiede zwischen koinzidierenden Satellitenmessungen bei Beobachtungen am Tage zu berücksichtigen (Bracher et al. 2005b). Diese Korrekturen wurden erfolgreich für Vergleiche von SCIAMACHY (Bracher et al. 2005b, 2006, 2007) und MIPAS (Payan et al., 2007) angewendet. Unser Institut hat auch zur Validation der MIPAS O<sub>3</sub> Profile beigetragen (Cortesi et al., 2007). Neben den Limb-Profilen, wurden auch die Sonnen- und Mondokkultationsdaten aus SCIAMACHY abgeleitet und validiert (Meyer et al., 2005, Amekudzi et al., 2005, 2007a, 2007b).

Ein ENVISAT Vergleich von O<sub>3</sub> und NO<sub>2</sub> Profilen von MIPAS, GOMOS und SCIAMACHY ist ebenfalls durchgeführt worden (Bracher et al., 2005c, 2006, 2007). Zusätzlich zu den Spurengasprodukten wurde die Datenqualität der SCIAMACHY Level-1 Spektren durch Vergleiche von solaren Irradianzen und Reflektanzen zu anderen Satellitenmessungen untersucht (Skupin et al., 2005a, 2005b, Noel et al., 2006). Eine Zusammenfassung der SCIAMACHY Validation mit anderen unabhängigen Satellitendaten ist in Tabelle 2 zu finden.

In den folgenden Abschnitten werden nur die wichtigsten Ergebnisse, die auf den neueren Datenversionen der SCIAMACHY level-1 Daten (V6.03) und Auswertalgorithmen basieren, zusammengefasst.

## II.2.2 Validierung der Wasserdampfsäulen

Mit dem AMC-DOAS Algorithmus (Air Mass Corrected Differential Optical Absorption Spectroscopy) können Wasserdampfsäulen aus dem sichtbaren Spektralbereich bei 700 nm abgeleitet werden. Das AMC-DOAS Verfahren ist im Detail bei Noel et al. (2005) beschrieben. Wesentliche Eigenschaften des AMC-DOAS Verfahrens sind die Berücksichtigung von Sättigungseffekten und die Nutzung der gleichzeitig gemessenen schrägen O<sub>2</sub> Säule als Airmass-Faktorkorrektur. Der Hauptanteil der gemessenen Wasserdampfsäule kommt aus der Troposphäre (>96%). Nur Messungen unter nahezu wolkenfreien Bedingungen können ausgewertet werden. Für die Auswertung werden keine externen Informationen verwendet. Im Gegensatz hierzu werden die Ergebnisse aus satellitengestützten Mikrowellensensoren, die in meteorologischen Analysen routinemäßig verwendet werden, mit Radiosondendaten kalibriert. Damit stellen die SCIAMACHY Wasserdampfdaten einen unabhängigen Datensatz dar.

Die SCIAMACHY-Wasserdampfsäulen wurden mit GOME (derselbe Algorithmus), ECMWF Analysen, und SSM/I Mikrowellensensor verglichen. Abbildung 12 zeigt den Vergleich mit GOME und SSM/I für das Jahr 2003 (Noel et al., 2007). Die mittlere Abweichung zu GOME beträgt -0.05 g/cm<sup>2</sup> (bei Wasserdampfsäulen bis zu 7 g/cm<sup>2</sup>). Etwas größere Abweichungen findet man bei den

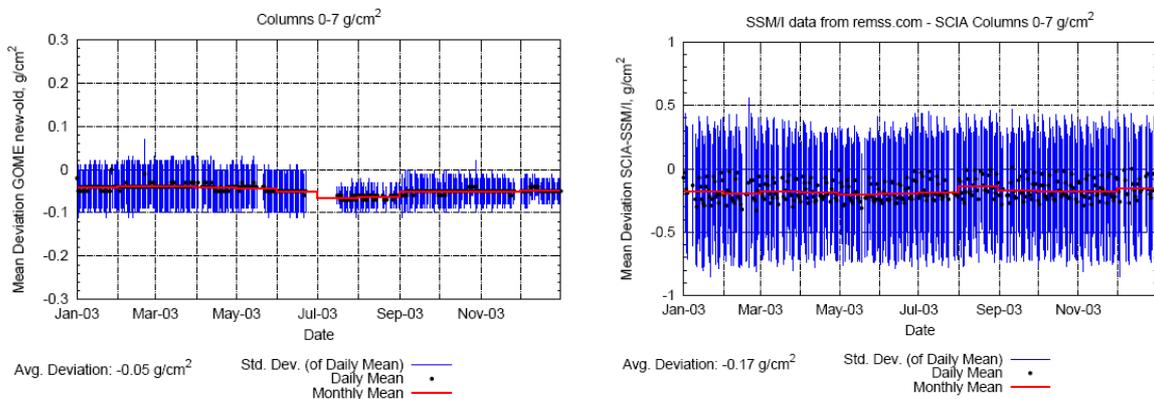
Differenzen zu SSM/I (-0.2 g/cm<sup>2</sup> im Mittel). Die Übereinstimmung mit anderen Daten ist für SCIAMACHY insgesamt sehr gut. Der Algorithmus kann auch auf GOME2 übertragen werden (Noel et al., 2007).

**Tabelle 2: Übersicht über die SCIAMACHY Validierung mit anderen Satellitendaten**

SCIAMACHY trace gas	SCIA Retrieval	DLR/BMBF Project	Satellite Data	Year/ Period	Publication (Presentation if unpublished)
O3 and NO2 Limb	UB, ESA	BMBF 50EE0025	HALOE, SAGE II, POAM III, ACE, GOMOS MIPAS	2003 to 2005	<i>Bracher A. et al.</i> , Global and validation of SCIAMACHY O3 and NO2 profiles from OL3.0 and IUP/IFE retrieval with collocated measurements from ACE-FTS, GOMOS, HALOE, MIPAS, POAM III and SAGE II, Envisat Symposium, ESA SP-636, 2007.
					<i>Bracher A. et al.</i> , Comparisons and validation of SCIAMACHY O3 and NO2 profiles from OL3.0 and IUP/IFE retrieval with ACE-FTS, GOMOS, HALOE, MIPAS, POAM III and SAGE II, Proceedings of the Third Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of Envisat (ACVE-3), 4-7 December 2006, ESRIN, Frascati, Italy, ESA SP-642, February 2007.
O3 and NO2 limb (and nadir)	UB, ESA	BMBF 50EE0025	GOME, HALOE, SAGE II	July 2002	<i>Bracher A. et al.</i> , Validation of GOMOS (GOPR 6.0A) and SCIAMACHY (V5.1/2.1) and NO2 products with GOME (V3.0 and IUP retrievals), HALOE (V19) and SAGE II (6.2), Proc. of the Second Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of Envisat (ACVE-2), ESA SP-562, 2004.
O3 limb	UB, ESA	BMBF 50EE0025	SAGE II, III	With in Jan. 2004 to Feb. 2005	<i>Brinksma E. J. et al.</i> , Geophysical validation of SCIAMACHY limb ozone profiles, Atmos. Chem. Phys., 6, 197-209, 2006
NO2 limb	IUB	BMBF 50EE0025	HALOE, SAGE II	July 2002 and Sept to Oct. 2002	<i>Bracher A. et al.</i> , Using a photochemical model for the validation of NO2 satellite measurements at different solar zenith angles, Atmos. Chem. Phys., 5, 393-408, 2005
NO2 Limb	UB	BMBF 50EE0025	HALOE, SAGE II	Sept and Oct. 2002	<i>von Savigny C. et al.</i> , SCIAMACHY, limb NO2 profile validation, Proc. of the Second Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of Envisat (ACVE-2), ESA SP-562, 2004
O3 limb	UB	BMBF 50EE0025	ACE-FTS	With in Mar-Dec 2004	<i>Dupuy E. et al.</i> , Validation of ozone measurements from the Atmospheric Chemistry Experiment (ACE), Atmos. Chem. Phys. 2007, submitted.
O3 and NO2 limb (and nadir with GOME)	UB	BMBF 50EE0025	POAM III	Aug 2002	<i>Bracher A. et al.</i> , Validation of Envisat trace gas data products by comparison with GOME/ERS-2 and other satellites sensors, Proc. of the Envisat Validation Workshop, ESA SP-531, 2003
O3 mesosphere limb	UB		HALOE	March 2004	<i>Rohen G. J. et al.</i> , Upper stratospheric / lower mesospheric ozone retrieved from SCIAMACHY limb spectra: theory, first validation and ozone depletion at the solar proton event in Oct./Nov. 2003. Adv. Space Res. 37, 2263-2268, 2006.
O3 mesosphere limb	UB		HALOE, MIPAS, MLS, (RAM)	to MIPAS : 2003	<i>Rohen G. J., et al.</i> , Ozone profile retrieval from limb scatter measurements in the Hartley bands: methodology, algorithm description, sensitivity studies, and validation, Atmos. Chem. Phys., 2007, submitted.
O3 mesosphere limb	UB		HALOE, MIPAS		<i>Rohen, G. J.</i> , Retrieval of Upper Stratospheric and Lower Mesospheric Ozone Profiles from SCIAMACHY limb scatter measurements and Observations of the Ozone Depletion During the Solar Proton Event in October and November 2003, Logos Publication, ISBN 978-3-8325-1363-4, Berlin, 2006
O3 and NO2 Solar occultation	UB		SAGE II,	11-17 Sept. 2002	<i>Meyer J. et al.</i> , Solar occultation with SCIAMACHY: algorithm description and first validation, Atmos. Chem. Phys., 5, 1-16, 2005
O3 and NO2 Solar occultation	UB		SAGE II,	11-17 Sept. 2002	<i>Meyer, J.</i> , Solar Occultation Measurements with SCIAMACHY in the UV-visible- IR wavelength region, Logos Publication, Bd. 28, ISBN 3-8325-1130-X, Berlin, 2005
O3, NO2 and NO3 Lunar	UB		HALOE, MIPAS, SAGE II, III and POAM III	2003 to 2004	<i>Amekudzi L. K.</i> , Stratospheric O3, NO2 and NO3 number density profiles from SCIAMACHY lunar occultation spectroscopic measurements: Retrieval, validation and interpretation, Logos Publications, Bd. 29, ISBN 3-8325-1131-8, Berlin, 2005
NO2 Lunar Occultation	UB		HALOE, SAGE II	2003 to 2005	<i>Amekudzi L. K. et al.</i> , SCIAMACHY solar and lunar occultation: validation of ozone, NO2, and NO3 profiles, Proceedings of the Third Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of Envisat (ACVE-3), 4-7 December 2006, ESRIN, Frascati, Italy, ESA SP-642, February 2007.
O3 and NO2 Solar occultation	UB		HALOE and SAGE II	2002 to 2005	<i>Bramstedt K. et al.</i> , SCIAMACHY solar occultation: Ozone and NO2 profiles 2002 – 2005, Proc. of ESA Atmospheric Science Conference, ESA SP-628, 2006
O3 and NO2 Solar occultation	UB		HALOE, SAGE II	August 2002 to Dec. 2006	<i>Bramstedt K. et al.</i> , SCIAMACHY solar occultation: Ozone and NO2 profiles from 2002 – 2006, In Proc. of Envisat Symposium, ESA SP-636, 2007
NO2 Lunar Occultation	UB		HALOE, SAGE II	2003 – 2005	<i>Amekudzi L. K. et al.</i> , Towards validation of SCIAMACHY lunar occultation NO2 vertical profiles, Adv. Space Res., doi: 10.1016/ j.asr.2007.06.055, 2007b
NO2 Lunar Occultation	UB		SAGE III, MIPAS	2003	<i>Amekudzi L. K. et al.</i> , Lunar occultation with SCIAMACHY: First retrieval results, Adv. Space Res., 36, 906-914, 2005

**Tabelle 2 (Fortsetzung):**

O3 Lunar occ.	UB		HALOE, SAGE II and POAM III	2003-2004	<i>Amekudzi L. K. et al.</i> , Validation of ozone profiles retrieved from SCIAMACHY lunar occultation measurements, Proc. Atmospheric Science Conference, ESA SP-628, 2006a
NO2 and NO3 lunar occ	UB		HALOE and Photochemical model	2003	<i>Amekudzi L. K. et al.</i> , Nighttime NOx from SCIAMACHY lunar occultation measurements, Proc. Atmospheric Science Conference, ESA SP-628, 2006b
NO2 and NO3 lunar	UB		HALOE, SAGE II and model	2003 to 2005	<i>Amekudzi L. K. et al.</i> , Current retrieval and inter-comparison results of SCIAMACHY nighttime NOx, Proc. Envisat Symposium, ESA SP-636, 2007c
NO2 nadir	ESA, UB	BMBF 50EE0025	GOME	2003-2004	<i>Bracher, A. et al.</i> , Validation of Envisat trace gas data products by comparison with GOME/ERS-2 and other satellites sensors, Proc. of the Envisat Validation Workshop, ESA SP-531, 2003, <i>Bracher A. et al.</i> , Validation of GOMOS (GOPR 6.0A) and SCIAMACHY (V5.1/2.1) and NO2 products with GOME (V3.0 and IUP retrievals), HALOE (V19) and SAGE II (6.2), Proc. of the Second Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of Envisat (ACVE-2), ESA SP-562, 2004.,
O3 nadir	ESA, UB	BMBF 50EE0025	GOME, OMI	2003-2004	<i>Bracher A. et al.</i> , Validation of Envisat trace gas data products by comparison with GOME/ERS-2 and other satellites sensors, Proc. of the Envisat Validation Workshop, ESA SP-531, 2003.
					<i>Bracher A. et al.</i> , Validation of GOMOS (GOPR 6.0A) and SCIAMACHY (V5.1/2.1) and NO2 products with GOME (V3.0 and IUP retrievals), HALOE (V19) and SAGE II (6.2), Proc. of the Second Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of Envisat (ACVE-2), ESA SP-562, 2004.
					<i>Bracher, A., et al.</i> , Global satellite validation of SCIAMACHY O3 columns with GOME WFDAS, Atmos. Chem. Phys. 5, 2357-2368, 2005
					<i>Bracher, A., et al.</i> , Total O3 columns from SCIAMACHY OL3.0 compared to SCIAMACHY weighting function DOAS (WFDAS), OMI-TOMS, GOME WFDAS. Proceedings of the Third Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of ENVISAT (ACVE-3), 4-7 Dec 2006, ESRIN/ESA, Frascati, Italy, 2006.
					<i>Bracher, A., et al.</i> , Global Comparisons of Total O3 Columns from SCIAMACHY Weighting Function DOAS (WFDAS) and OL3.0 to OMI-TOMS and GOME WFD, Proc. ENVISAT Symposium, ESA SP-636, 2007b.
Solar irradiance	ESA, UB	BMBF 50EE0025	SOLSTICE, SUSIM, SOLSPEC, SIM		<i>J. Skupin, et al.</i> , SCIAMACHY solar irradiance observation in the spectral range from 240 to 2380nm, Adv. Space Res. 35, doi:10.1016/j.asr.2005.03.036, 370-375, 2005.,
					<i>J. Skupin, et al.</i> , GOME and SCIAMACHY solar spectral irradiance and Mg II solar activity proxy indicator, Memorie della Societa Astronomica Italiana, 76, 1038-1041, 2005.
					<i>S. Noel, et al.</i> , SCIAMACHY reflectance and solar irradiance validation, Proc. Atmospheric Chemistry Validation of ENVISAT 3 (ACVE3), Frascati, Italy, 4-7 Dec. 2006 ESA-SP 642. 2007
Reflectance, aerosols: AAI, AOT	UB		MERIS		<i>von Hoyningen-Huene, et al.</i> , 2005, Validation of SCIAMACHY top-of-atmosphere reflectance for aerosol remote sensing using MERIS L1 data, Atmos. Chem. Phys., 7, 97-106, 2007.
Clouds: COT, CTH, CBH	UB		MODIS, AATSR2, MERIS, GOME		<i>A. A. Kokhanovsky, et al.</i> , 2005: The semianalytical cloud retrieval algorithm for SCIAMACHY-I. The validation, Atmos. Chem. Phys., 6, 4129-4136, 2006



**Abbildung 13: Vergleich der SCIAMACHY Wasserdampfsäulen mit GOME (links) und SSM/I (rechts) im Jahr 2003 (Noel et al., 2007).**

### II.2.3 Validierung der Ozonsäulen

Die Re-Prozessierung der neuen operationellen Datenversion OL 3.01 startete im Herbst 2007, so dass eine umfassende Validierung mit der WFDOAS V2 (Weber et al., 2007), beide basierend auf der Spektralversion (Level 1) V6.03, noch nicht möglich war. Die operationelle Version OL3.01 für Nadir-Ozon und  $-\text{NO}_2$  ist nun äquivalent mit der Version 4 von GOME, GDP V4.0 (Roozendaal et al., 2006). Eine der Hauptunterschiede zwischen den operationellen Ozonsäulenauswertungen von GOME und SCIAMACHY sind die unterschiedlichen Wolkenalgorithmen. Bei GOME wird FRESCO (Koelemeijer et al., 2001) verwendet, während SACURA (Kokhanovsky et al., 2006) bei SCIAMACHY angewendet wird. Der Wechsel der Wolkenalgorithmen kann im Mittel zu Abweichungen von +0.7% führen (SACURA mit dem höheren Ergebnis) (Weber et al., 2007).

Basierend auf ausgewählten Daten wurde ein Vergleich zwischen WFDOAS V2, OL 2.01 (beide SCIAMACHY), und OMI-TOMS (Kroon et al., 2008) für ausgewählte Orbits durchgeführt. Für den Vergleich mit OMI (toms.gsfc.nasa.gov) wurden die SCIAMACHY-Säulen eines Tages in  $1 \times 1^\circ$  Gitter gemittelt und die zonalen Mittel verglichen. Abbildung 13 zeigt die Ergebnisse für vier ausgewählte Tage. Im Mittel weichen die OL2.01 etwa 1-2% von OMI ab, während bei WFDOAS die Differenzen bei 0-1% liegen. Innerhalb der Fehler der Ozonauswertung (Coldewey-Egbers et al., 2005) ist die Übereinstimmung sehr gut. Eine ausführliche Validierung mit Zeitreihen war innerhalb der Projektzeit nicht mehr möglich.

### II.2.4 Validierung der $\text{NO}_2$ und Ozon-Limbprofile

Eine vorläufige Validierung der reprozessierten SCIAMACHY Limbdaten (Version OL 3.01) konnte erst gegen Ende 2007 durchgeführt werden. Parallel dazu wurde die wissenschaftliche Auswertung (Stratozone 2.0 für Ozon und SCIATRAN 2.0 für  $\text{NO}_2$ ) mit der Level-1 Version V6.03 aktualisiert. Mit der neuen Level-1 Version muss die Tangentenhöhe nicht mehr korrigiert werden. Für die Validierung der Limbprofile wurden HALOE and SAGE II Daten verwendet. Für  $\text{NO}_2$  muss zusätzlich eine photochemische Korrektur angewendet werden, um die kollokierten Daten bei verschiedenen Sonnenzenitwinkel gemessen, vergleichbar zu machen (Bracher et al., 2005).

Die Bedingungen, um als Vergleichsmessungen am gleichen Ort und Zeit zu gelten, sind Abstände von weniger als 200 km und eine Zeitdifferenz von unter 12 Stunden zwischen den Paarmessungen. Für die Jahre 2003 bis 2005 ergaben sich 4614 Kollokationen der OL 3.01 mit HALOE und 2897 mit SAGE II. Einige OL 3.01 Profile wurden wegen ungewöhnlicher Werte aussortiert (etwa 2-3% der kollokierten Profile).

Für die Stratozone 2.0 Profile weichen die Kriterien etwas ab, da gegenüber der OL3.01 Version, Wellenlängen aus dem UV sowie dem sichtbaren Spektralbereich kombiniert werden. Dadurch erweitert sich die Obergrenze des Höhenbereichs von 45 km auf bis zu 70 km aus. Wegen der UV Wellenlängen erweitert sich auch die horizontale Dimension der Limbprofile und daher wurde bei gleicher Zeitdifferenz, der Kollokationsradius auf 400 km erhöht. Es ergaben sich somit 5657 Kollokationen mit HALOE und 3582 mit SAGE II. Keine der Stratozone-Profile musste aussortiert werden.

Der Vergleich aller kollokierten Profile von Stratozone 2.0 und SAGE für das Jahr 2003 werden in Abb. 14 gezeigt. Oberhalb 20 km ist die Übereinstimmung sehr gut (<5%) bei einer Streuung von weniger als 15%. Ähnliche Resultate ergeben sich durch den Vergleich mit HALOE. Insgesamt ist die Übereinstimmung für Stratozone 2.0 mit sehr gut zu bewerten. Die nächste Abbildung (Abb. 15) zeigt den Vergleich zwischen SCIAMACHY OL3.01 mit HALOE Ozon für alle Kollokationen der Jahre 2002-2005. Hier sind die Abweichungen größer (bis zu 20%). Deutlich erkennbar ist, dass die Ozonmaxima der OL 3.01 Profile um 1 bis 2 km höher liegen als bei HALOE.

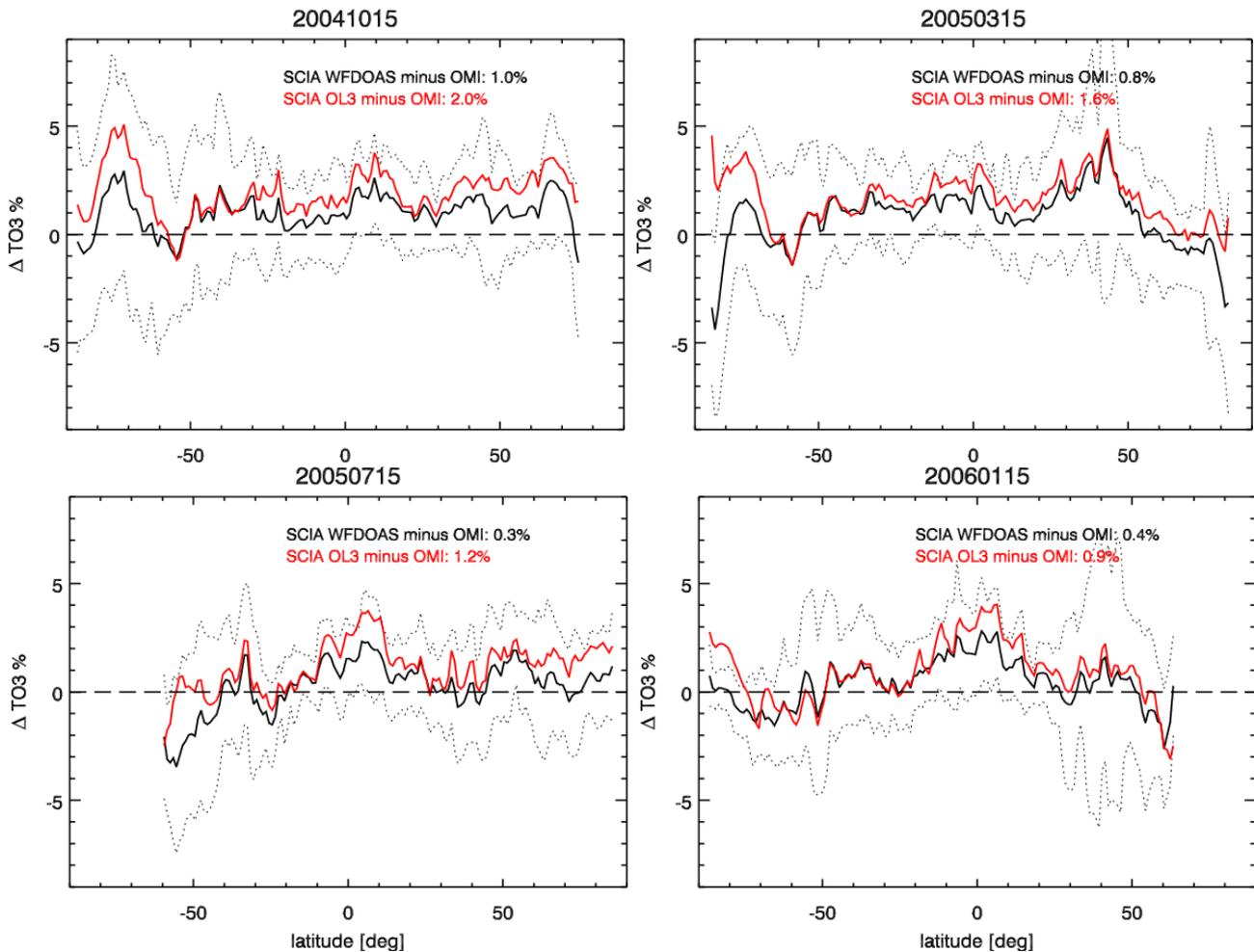


Abbildung 13: Vergleich der WFDOAS V2 und OL3.01 SCIAMACHY Ozonsäulen mit OMI. Die gepunktet Linien geben die 2- $\sigma$ -Standardabweichung der zonal gemittelten Differenz für die gegrideten SCIAMACHY Daten wieder

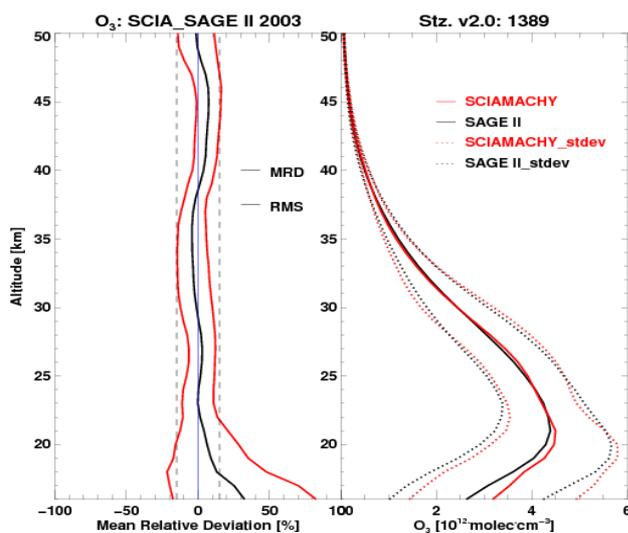
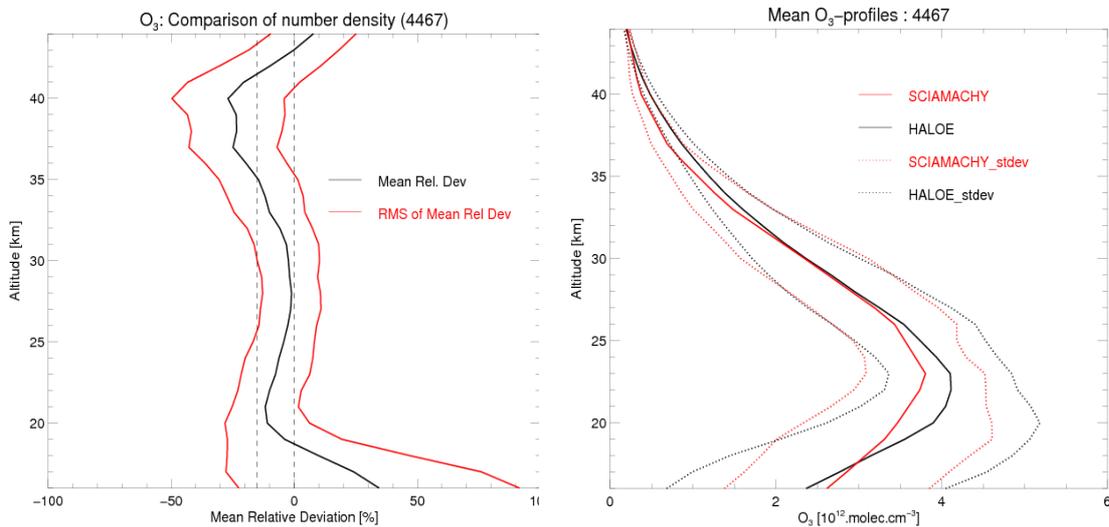
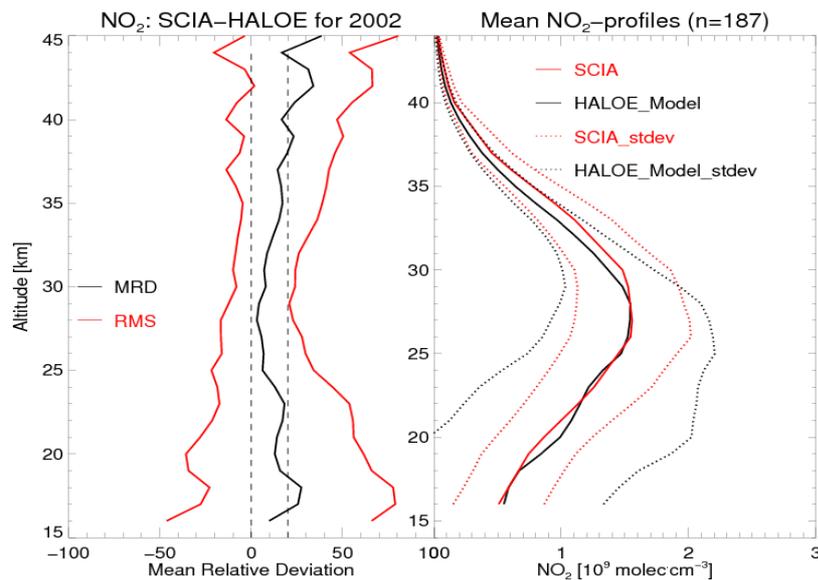


Abbildung 14: Vergleich der SCIAMACHY Ozonprofile (Stratozone 2.0) mit SAGE II im Jahr 2003. Links: Mittelwert und 1- $\sigma$  Streuung und Mittelwert der Abweichungen zwischen SCIAMACHY und SAGE II. Rechts: mittlere Profile aller kollozierten Profile eines Instruments.



**Abbildung 15: Vergleich der SCIAMACHY OL3.01 Ozonprofile mit HALOE für die Jahre 2002 bis 2005**



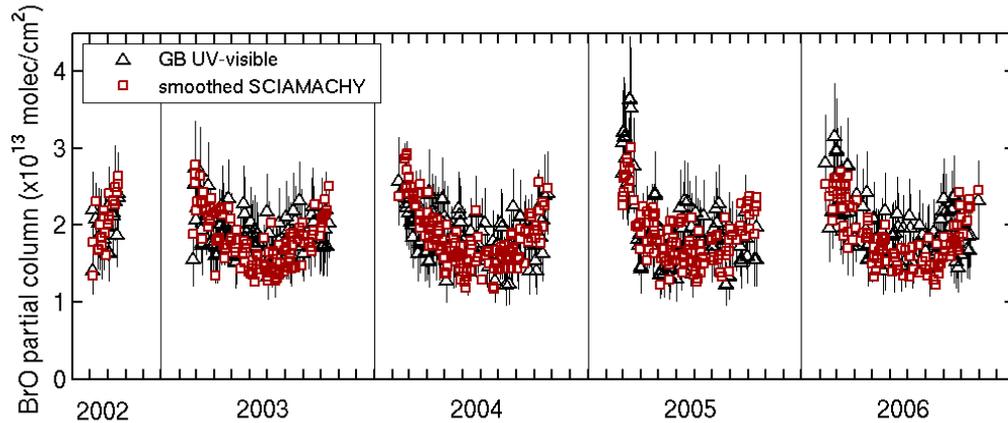
**Abbildung 16: Vergleich der SCIAMACHY OL3.01 NO<sub>2</sub> Limbprofile mit HALOE für ausgewählte Profile in 2002**

Abbildung 16 zeigt Vergleiche der NO<sub>2</sub> Limbprofile, hier OL3.01 mit HALOE. Wie bereits erwähnt wurden vor dem direkten Vergleich die HALOE Profile auf die Sonnenzenitwinkel der SCIAMACHY Messungen mit einem 2D Model photochemisch korrigiert (Bracher et al. 2005, Amekudzi et al., 2007). Wegen der aufwändigen Rechenzeit für die Modelrechnungen, sind in der Projektlaufzeit nur relativ wenige Profile verglichen worden (187 Profile). Der Vergleich mit HALOE zeigt, dass SCIAMACHY NO<sub>2</sub> einen positiven Bias von fünf bis 20 Prozent hat. Ähnlich wie bei den OL3.01 Ozonprofilen scheint das NO<sub>2</sub> Maximum um wenige Kilometer höher zu sein als bei HALOE. Hier sind jedoch noch weitere Vergleiche vorzunehmen.

## II.2.5 Validierung der BrO Limb-Profile

Neben Ozon und NO<sub>2</sub>, werden in Bremen routinemäßig BrO Profile aus den SCIAMACHY Limbdaten abgeleitet. Die BrO Messungen spielen bei der Abschätzung des stratosphärischen Halogengehalts und deren Einfluss auf die Ozonzerstörung eine wichtige Rolle. In der Abb. 17 werden Vergleiche von Teilsäulendichten der BrO Profile mit Bodendaten aus Harestua (60°N, 11°E) gezeigt, die von BIRA aus UV Zenit-DOAS Messungen gewonnen wurden. Die jahreszeitlichen Änderungen stimmen bei den SCIAMACHY und Bodendaten gut überein. Auffällig sind die hohen BrO Werte in beiden Datensätzen im späten Winter 2005, die einen Hinweis auf die

gleichzeitige Brom- und Chloraktivierung im Polarwirbel geben und im Zusammenhang mit den hohen Verlusten im polaren Ozon im Winter 2004/2005 stehen.



**Abbildung 17: Teilsäulendichten von BrO aus SCIAMACHY Limb-Profilen und UV Zenith-Messungen über Harestua (60°N).**

### **II.3 Nutzen bzw. Verwertbarkeit der Ergebnisse**

Die Ergebnisse sind in erster Linie von wissenschaftlichem Interesse. Die einzelnen Vergleiche zeigen dass SCIAMACHY weiterhin zuverlässig misst. Somit ist der Nutzen des Projektes durch die Nutzung der SCIAMACHY Daten gegeben.

Abgesehen von davon wurden noch einige zusätzliche Messungen durchgeführt deren Ergebnisse Teilweise schon in entsprechenden Fachzeitschriften oder auf Konferenzen veröffentlicht wurden oder noch werden. Somit tragen die Ergebnisse ebenso wie die zukünftigen SCIAMACHY Messungen zur allgemeinen wissenschaftlichen Diskussion bei.

### **II.4 Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen**

Ein Austausch von Ergebnissen mit anderen wissenschaftlichen Gruppen auf dem Gebiet der Satellitenbeobachtungen und -validation war immer gegeben. Insbesondere für Folgevorhaben sind die neueren wissenschaftlichen Ergebnisse beinahe ebenso wichtig wie die Validationsergebnisse, hierzu zählt zum Beispiel die Messung weitere Spurenstoffe mit Satellitenbeobachtungen (Iodoxid, s. Schönhardt et al. (2007), oder Glyoxal, s. Wittrock et al., 2007) und bei der Einführung neuer Produkte, z.B. Wasserdampf-Limbprofile.

## II.5 Veröffentlichungen

### II.5.1 Begutachtete Veröffentlichungen in internationalen Zeitschriften

#### 2005

- Amekudzi, L.K., Bracher A., Meyer J., Rozanov A., Bovensmann H., Burrows J.P., Lunar occultation with SCIAMACHY: First retrieval results. *Advances in Space Research* 36(5): 906-914, 2005.
- Butz, A., Bösch, H., Camy-Peyret, C., Chipperfield, M., Dorf, M., Dufour, G., Grunow, K., Jeseck, P., Köhl, S., Payan, S., Pepin, I., Pukite, J., Rozanov, A., von Savigny, C., Sioris, C., Wagner, T., Weidner, F., and Pfeilsticker, K.: Inter-comparison of stratospheric O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> abundances retrieved from balloon borne direct sun observations and Envisat/SCIAMACHY limb measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 1293-1314, 2006.
- Bracher A., Sinnhuber M., Rozanov A., Burrows J.P. (2005) Using a photochemical model for the validation of NO<sub>2</sub> satellite measurements at different solar zenith angles. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5: 393-408.
- Bracher A., Bovensmann H., Bramstedt K., Burrows J. P., von Clarmann T., Eichmann K.-U., Fischer H., Funke B., Gil-López S., Glatthor N., Grabowski U., Höpfner M., Kaufmann M., Kellmann S., Kiefer M., Koukouli M. E., Linden A., López-Puertas M., Mengistu Tsidu G., Milz M., Noël S., Rohen G., Rozanov A., Rozanov V.V., von Savigny C., Skupin J., Sinnhuber M., Steck T., Stiller G. P., Wang D.-Y., Weber M., Wuttke M. W. (2005) Cross comparisons of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles measured by the atmospheric ENVISAT instruments GOMOS, MIPAS, and SCIAMACHY. *Advances in Space Research* 36(5): 855-867.
- Dils, B., et al., Comparisons between SCIAMACHY and ground-based FTIR data for total columns of CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 1953-1976, 2006.
- Fix, A., Ehret, G., Flentje, H., Poberaj, G., Gottwald, M., Finkenzeller, H., Bremer, H., Bruns, M., Burrows, J. P., Kleinböhl, A., Küllmann, H., Kuttippurath, J., Richter, A., Wang, P., Heue, K.-P., Platt, U., Pundt, I., Wagner, T., SCIAMACHY validation by aircraft remote sensing: design, execution, and first measurement results of the SCIA-VALUE mission, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1273-1289, 2005.
- Frankenberg, C., J. F. Meirink, M. van Weele, U. Platt, and T. Wagner. Assessing methane emissions from global space-borne observations. *Science*, 308, 1010-1014, 2005.
- Frankenberg, C., U. Platt, and T. Wagner, Iterative maximum a posteriori (IMAP)-DOAS for trace gas retrieval of strong absorbers: Model studies for CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> retrieval from near infrared spectra of SCIAMACHY onboard ENVISAT, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 5, pp 9-22, 2005.
- Frankenberg, C., Platt, U. and Wagner, T., Retrieval of CO from SCIAMACHY onboard ENVISAT: detection of strongly polluted areas and seasonal patterns in global CO abundances *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 5, pp 1639-1644, 2005.
- von Friedeburg, C., I. Pundt, K.-U. Mettendorf, T. Wagner and U. Platt, Multi-Axis-(MAX) DOAS Measurements of NO<sub>2</sub> During the BAB II Motorway Emission Campaign, *Atmos. Environ.* 39 (5), 977-985, 2005.
- Gurlit, W., et al., The UV-A and visible solar irradiance spectrum: Inter-comparison of absolutely calibrated, spectrally medium resolved solar irradiance spectra from balloon-, and satellite-borne measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1879–1890, 2005.
- Heue, K.-P., A. Richter, T. Wagner, M. Bruns, J. P. Burrows, C. v. Friedeburg, W. D. Lee, U. Platt, I. Pundt, P. Wang, Validation of SCIAMACHY tropospheric NO<sub>2</sub>-columns with AMAXDOAS measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1039-1051, 2005.
- von Hoyningen-Huene, W., A. A. Kokhanovsky, M. Wuttke, M. Buchwitz, S. Noel, K. Gerilowski, J. P. Burrows, B. Latter, R. Siddans, B. J. Kerridge, 2005: Validation of SCIAMACHY top-of-atmosphere reflectance for aerosol remote sensing using MERIS L1 data, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 97-106.
- Khokhar, M. F., C. Frankenberg, M. Van Roozendaal, S. Beirle, S. Köhl, A. Richter, U. Platt and T. Wagner, Satellite Observations of Atmospheric SO<sub>2</sub> from Volcanic Eruptions during the Time Period of 1996 to 2002, *Advances in Space Res.* 36 (5), 879-887, 2005.
- Kokhanovsky, A. A., W. von Hoyningen-Huene, S. Noel, K. Gerilowski, H. Bovensmann, K. Bramstedt, M. Buchwitz, J. P. Burrows, 2006a: The semianalytical cloud retrieval algorithm for SCIAMACHY: I. The validation, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 1905-1911.

- Kokhanovsky, A. A., W. von Hoyningen-Huene, S. Noel, K. Gerilowski, H. Bovensmann, K. Bramstedt, M. Buchwitz, J. P. Burrows, 2006b: The semianalytical cloud retrieval algorithm for SCIAMACHY: II. The application to MERIS and SCIAMACHY data, *Atmos. Chem. Phys.* 6, 4129-4136.
- Irie, H., K. Sudo, H. Akimoto, A. Richter, J.P. Burrows, T. Wagner, M. Wenig, S. Beirle, Y. Kondo, V.P. Sinyakov, and F. Goutail, Evaluation of long-term tropospheric NO<sub>2</sub> data obtained by GOME over East Asia in 1996-2002, *Geophys. Res. Lett.* 32, L11810, doi:10.1029/2005GL022770, 2005.
- Meyer J., Bracher A., Rozanov A., Schlesier A. C., Bovensmann H., Burrows J.P. (2005) Solar occultation with SCIAMACHY: algorithm description and first validation. *Atmospheric Chemistry and Physics* 5: 1589-1604.
- Noël, S., M. Buchwitz, H. Bovensmann, and J. P. Burrows, Validation of SCIAMACHY AMC-DOAS water vapour columns, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 1835-1841, 2005.
- Palm, M., C. von Savigny, T. Warneke, V. Velasco, J. Notholt, and K. Künzi, Comparison of O<sub>3</sub> profiles gained by SCIAMACHY and ground-based microwave measurements, *Atmosph. Chem. Phys.*, 5, 2091 - 2098, 2005.
- Richter, A., F. Wittrock, M. Weber, S. Beirle, S. Köhl, U. Platt, T. Wagner, W. Wilms-Grabe, and J. P. Burrows, GOME observations of stratospheric trace gas distributions during the splitting vortex event in the Antarctic winter 2002 Part I: Measurements, *J. Atmos. Sci.*, 62 (3), 778-785, 2005.
- Rohen G. J., von Savigny C., Llewellyn E. J., Kaiser J. W., Eichmann K.-U., Bracher A., Bovensmann H., Burrows J. P. (2006) Upper stratospheric / lower mesospheric ozone retrieved from SCIAMACHY limb spectra: theory, first validation and ozone depletion at the solar proton event in Oct./Nov. 2003. *Advances in Space Research* 37(12): 2263-2268.
- Rozanov A., Bovensmann H., Bracher A., Hrechanyy S., Rozanov V., Sinnhuber M., Stroh F., Burrows J.P. (2005) NO<sub>2</sub> and BrO vertical profile retrieval from SCIAMACHY limb measurements: sensitivity studies. *Advances in Space Research* 36(5): 846-854
- von Savigny, C., J. W. Kaiser, H. Bovensmann, J. P. Burrows, I. S. McDermid, T. Leblanc (2005a) Spatial and temporal characterization of SCIAMACHY limb pointing errors during the first three years of the mission. *Atmos. Chem. Phys.*, 5: 2593-2602.
- Sinreich, R., U. Frieß, T. Wagner, and U. Platt, Multi Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) of Gas and Aerosol Distributions, *Faraday Discussions*, 153-164, 2005.
- Skupin, J., S. Noel, M. W. Wuttke, M. Gottwald, H. Bovensmann, M. Weber, J. P. Burrows (2005a) SCIAMACHY solar irradiance observation in the spectral range from 240 to 2380nm, *Adv. Space Res.* 35 : doi:10.1016/j.asr.2005.03.036, 370-375.
- Skupin J., Weber M., Noël S., Bovensmann H., Burrows J. P. (2005b) GOME and SCIAMACHY solar measurements: Spectral solar irradiance and Mg II solar activity proxy indicator. In: *Proceedings of the Solar Variability and Earth Climate conference*, *Memorie della Società Astronomica Italiana* 76: 1038-1041.
- Vandaele, A.C., C. Fayt, F. Hendrick, C. Hermans, F. Humbled, M. Van Roozendael, M. Gil, M. Navarro, O. Puentedura, M. Yela, G. Braathen, K. Stebel, K. Tørnkvist, P. Johnston, K. Kreher, F. Goutail, A. Mieville, J.-P. Pommereau, S. Khaikine, A. Richter, H. Oetjen, F. Wittrock, S. Bugarski, U. Frieß, K. Pfeilsticker, R. Sinreich, T. Wagner, G. Corlett, and R. Leigh, An intercomparison campaign of ground-based UV-visible measurements of NO<sub>2</sub>, BrO, and OClO slant columns: Methods of analysis and results for NO<sub>2</sub>, *JGR*, 110, doi:10.1029/2004JD005423, 2005.
- Wagner, T., S. Beirle, M. Grzegorski, S. Sanghavi, U. Platt, El-Niño induced anomalies in global data sets of water vapour and cloud cover derived from GOME on ERS-2, *J. Geophys. Res.* 110, D15104, doi:10.1029/2005JD005972, 2005.
- Wang, P., A. Richter, M. Bruns, V. V. Rozanov, J. P. Burrows, K.-P. Heue, T. Wagner, I. Pundt, U. Platt, Measurements of tropospheric NO<sub>2</sub> with an airborne multi-axis DOAS instrument, *Atmos. Chem. Phys.*, 5, 337-343, 2005.
- Weidner, F., H. Bösch, H. Bovensmann, J. P. Burrows, A. Butz, C. Camy-Peyret, M. Dorf, K. Gerilowski, W. Gurlit, U. Platt, C. von Friedeburg, T. Wagner, K. Pfeilsticker, Balloon-borne limb profiling of UV/vis skylight radiances, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, and BrO: technical set-up and validation of the method, *Atmos. Chem. Phys.*, 1409-1422. 2005.
- Williams, J., G. Eerdeken, T. Klüpfel, J. Curtius, F. Drewnick, S.S. Hings and T. Wagner. Firework emissions for satellite validation?, *Environmental Chemistry* 2, 94-95, doi: 10.1071/EN05022, 2005

## 2006

- Butz, A., H. Bösch, C. Camy-Peyret, M. Chipperfield, M. Dorf, G. Dufour, K. Grunow, P. Jeseck, S. Köhl, S. Payan, I. Pepin, J. Pukite, A. Rozanov, C. von Savigny, C. Sioris, T. Wagner, F. Weidner and K. Pfeilsticker, Inter-comparison of stratospheric O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> abundances retrieved from balloon borne direct sun observations and Envisat/SCIAMACHY limb measurements, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 6, 1293-1314, 2006.
- Brinksma E.J., Bracher A., Lolkema D.E., Segers A.J., Boyd I.S., Bramstedt K., Claude H., Godin-Beekmann S., Hansen G., Koop G., Leblanc T., McDermid I.S., Meijer Y.J., Nakane H., Parrish A., von Savigny C., Swart D.P., J., Taha G., PETERS A.J.M. (2006) Geophysical Validation of SCIAMACHY Limb Ozone Profiles. *Atmospheric Chemistry and Physics* 6: 197-209.
- Bruns, M., S. A. Buehler, J. P. Burrows, A. Richter, A. Rozanov, P. Wang, K.-P. Heue, U. Platt, I. Pundt, and T. Wagner, NO<sub>2</sub> Profile Retrieval using airborne multi axis UV-visible skylight absorption measurements over central Europe, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 3049-3058, 2006.
- Beirle, S. N. Spichtinger, A. Stohl, K. L. Cummins, T. Turner, D. Boccippio, O. R. Cooper, M. Wenig, M. Grzegorski, U. Platt, and T. Wagner, Estimating the NO<sub>x</sub> produced by lightning from GOME and NLDN data: a case study in the Gulf of Mexico, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 1075-1089, 2006
- Dils, B., M. De Mazière, T. Blumenstock, M. Buchwitz, R. de Beek, P. Demoulin, P. Duchatelet, H. Fast, C. Frankenberg, A. Gloudemans, D. Griffith, N. Jones, T. Kerzenmacher, I. Kramer, E. Mahieu, J. Mellqvist, R. L. Mittermeier, J. Notholt, C. P. Rinsland, H. Schrijver, D. Smale, A. Strandberg, A. G. Straume, W. Stremme, K. Strong, R. Sussmann, J. Taylor, M. van den Broek, T. Wagner, T. Warneke, A. Wiacek, S. Wood, Comparisons between SCIAMACHY and ground-based FTIR data for total columns of CO, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O, *Atmospheric Chemistry and Physics*, Vol. 6, pp 1953-1976, 2006.
- Frankenberg, C., J. F. Meirink, P. Bergamaschi, A. P. H. Goede, M. Heimann, S. Körner, U. Platt, M. van Weele, and T. Wagner, Satellite cartography of atmospheric methane from SCIAMACHY on board ENVISAT: Analysis of the years 2003 and 2004, *J. Geophys. Res.*, 111, D07303, doi:10.1029/2005JD006235, 2006
- Frieß, U., P. S. Monks, J. J. Remedios, A. Rozanov, R. Sinreich, T. Wagner, and U. Platt, MAX-DOAS O<sub>4</sub> measurements: A new technique to derive information on atmospheric aerosols. (II) Modelling studies, *J. Geophys. Res.*, 111, D14203, doi:10.1029/2005JD006618, 2006.
- Frins, E., N. Bobrowski, U. Platt, and T. Wagner, Tomographic MAX-DOAS observations of sun illuminated targets: a new technique providing well defined absorption paths in the boundary layer, *Applied Optics*, 45, 6227-6240, 2006.
- Grzegorski, M., M. Wenig, U. Platt, P. Stammes, N. Fournier, and T. Wagner, The Heidelberg iterative cloud retrieval utilities (HICRU) and its application to GOME data, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 4461-4476, 2006.
- Hendrick, F., M. Van Roozendaal, A. Kylling, A. Petritoli, A. Rozanov, S. Sanghavi, R. Schofield, C. von Friedeburg, T. Wagner, F. Wittrock, D. Fonteyn, and M. De Mazière, Intercomparison exercise between different radiative transfer models used for the interpretation of groundbased zenith-sky and multi-axis DOAS observations, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 93-108, 2006.
- Kokhanovsky, A. A., W. von Hoyningen-Huene, S. Noel, K. Gerilowski, H. Bovensmann, K. Bramstedt, M. Buchwitz, J. P. Burrows, 2006a: The semianalytical cloud retrieval algorithm for SCIAMACHY: I. The validation, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 1905-1911.
- Kokhanovsky, A. A., W. von Hoyningen-Huene, S. Noel, K. Gerilowski, H. Bovensmann, K. Bramstedt, M. Buchwitz, J. P. Burrows, 2006b: The semianalytical cloud retrieval algorithm for SCIAMACHY: II. The application to MERIS and SCIAMACHY data, *Atmos. Chem. Phys.* 6, 4129-4136.
- Kühl, S., Wilms-Grabe, W., Frankenberg, C., Grzegorski, M., Platt, U. and Wagner, T., Comparison of OCIO Nadir Measurements from SCIAMACHY and GOME, , *Adv. Space Res.* 37, 2247-2253, 2006.
- Loyola, D., P. Valks, T. Ruppert, A. Richter, T. Wagner, W. Thomas, R. van der A, and R. Meisner, The 1997 El Niño impact on clouds, water vapour, aerosols and reactive trace gases in the troposphere, as measured by the Global Ozone Monitoring Experiment, *Advances in Geosciences*, 6, 267 – 272, 2006.
- Rohen G. J., von Savigny C., Llewellyn E. J., Kaiser J. W., Eichmann K.-U., Bracher A., Bovensmann H., Burrows J. P. (2006) Upper stratospheric / lower mesospheric ozone retrieved from SCIAMACHY limb spectra: theory, first validation and ozone depletion at the solar proton event in Oct./Nov. 2003. *Advances in Space Research* 37(12): 2263-2268.

- Toenges-Schuller N., O. Stein, F. Rohrer, A. Wahner, A. Richter, J. P. Burrows, S. Beirle, T. Wagner, U. Platt, C. D. Elvidge, Global distribution pattern of anthropogenic nitrogen oxide emissions: Correlation analysis of satellite measurements and model calculations, *J. Geophys. Res.*, 111, D05312, doi:10.1029/2005JD006068, 2006.
- Wagner, T., S. Beirle, M. Grzegorski, and U. Platt, Global trends (1996 to 2003) of total column precipitable water observed by GOME on ERS-2 and their relation to surface temperature, *J. Geophys. Res.*, 111, D12102, doi:10.1029/2005JD006523, 2006a
- Wang, P., A. Richter, M. Bruns, J. P. Burrows, W. Junkermann, K.-P. Heue, T. Wagner, U. Platt, and I. Pundt, Airborne multi-axis DOAS measurements of tropospheric SO<sub>2</sub> plumes in the Po-valley, Italy, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 329–338, 2006.
- Wittrock, F., A. Richter, H. Oetjen, J. P. Burrows, M. Kanakidou, S. Myriokefalitakis, R. Volkamer, S. Beirle, U. Platt, and T. Wagner, Simultaneous global observations of glyoxal and formaldehyde from space, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L16804, doi:10.1029/2006GL026310, 2006.

## 2007-2008

- Amekudzi, L.K. Bracher A., Bramstedt K. Rozanov A., Bovensmann H, and Burrows J. P. , Towards validation of SCIAMACHY lunar occultation NO<sub>2</sub> vertical profiles, *Adv. Space Res.*, doi: 10.1016/j.asr.2007.06.055, 2007.
- Amekudzi, L. K., Bracher A., Bramstedt K, Rozanov A., Bovensmann H., and Burrows J. P, Towards validation of SCIAMACHY lunar occultation NO<sub>2</sub> vertical profiles, *Adv. Space Res.*,doi: 10.1016/j.asr.2007.06055, 2007a.
- Brinksma, E.J. G. Pinardi, R. Braak, H. Volten, A. Richter, A. Schönhardt, M. van Roozendael, C. Fayt, C. Hermans, R. J. Dirksen, T. Vlemmix, A. J. C. Berkhout, D. P. J. Swart, H. Ötjen, F. Wittrock, T. Wagner, O. W. Ibrahim, G. de Leeuw, M. Moerman, R. L. Curier, E. A. Celarier, W. H. Knap, J. P. Veefkind, H. J. Eskes, M. Allaart, R. Rothe, A. J. M. Piters, and P. F. Levelt, The 2005 and 2006 DANDELIONS NO<sub>2</sub> and Aerosol Validation Campaigns, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2007JD008808 2008
- Bergamaschi P., Frankenberg C., Meirink J.F., Krol M., Dentener F., Wagner T., Platt U., Kaplan J.O., Körner S., Heimann M. and Goede A.: Satellite cartography of atmospheric methane from SCIAMACHY on board ENVISAT: 2. Evaluation based on inverse model simulations, *J. Geophys. Res.* 112, D02304, doi:10.1029/2006JD007268, 2007
- Burrows, J., H. Fischer, K. F. Künzi, K. Pfeilsticker, U. Platt, A. Richter, M. Riese, G. Stiller, and T. Wagner: Atmosphärische Spurenstoffe und ihre Sondierung. *Chemie in unserer Zeit* 41, 3, 170-191, doi: 10.1002/ciuz.200700426 (2007).
- Celarier, E.A., E. J. Brinksma, J. F. Gleason, J. P. Veefkind, A. Cede, J. R. Herman D. Ionov F. Goutail, J-P. Pommereau, J-C. Lambert, M. van Roosendael G. Pinardi A. Richter T. Wagner B. Bojkov G. Mount E. Spinei C. M. Chen T. J. Pongetti S. P. Sander E. J. Bucsela, M. O. Wenig D. P. J. Swart H. Volten M. Kroon and P. F. Levelt, Validation of Ozone Monitoring Instrument Nitrogen Dioxide Columns, *J. Geophys. Res.*, 113, D15S15, doi:10.1029/2007JD008908, 2008.
- Cortesi U., Lambert J.-C., De Clercq C., Bianchini G., Blumenstock T., Bracher A., Castelli E., Catoire V., Chance K. V., De Maziere M., Demoulin P., Godin-Beekman S., Jones N., Jucks K., Keim C., Kerzenmacher T., Kuellmann H., J. Kuttippurath J., Iarlori M., Liu Y., McDermid I. S., Meijer Y., Mencaraglia F., Oelhaf H., Piccolo C., Pirre M., Raspollini P., Ravegnani F., Reburn W. J., Redaelli G., Sembhi H., Smale D., Steck T., Taddei A., Varotsos K., Vigouroux C., Waterfall A., Wetzel G., Wood S. (2007) Geophysical validation of MIPAS-ENVISAT operational ozone data. *Atmos.Chem. Phys.* 7,4807-4867.
- Doicu, S. Hilgers, A. von Bargaen, A. Rozanov, K.-U. Eichmann, C. von Savigny, and J. P. Burrows, Information operator approach and iterative regularization for atmospheric remote sensing, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 103, 340 – 350, 2007.
- Dupuy E., Walker K.A.; Kar J., Boone C.D., McElroy C.T., Bernath P.F., Drummond J.R., Skelton R., McLeod S.D., Hughes R.C., Nowlan C.R., Dufour D.G.; Zou J., Nichitui F., Strong K., Baron P., Bevilacqua R.M., Blumenstock T., Bodeker G.E., Borsdorff T., Bourassa A. E., Bovensmann H., Boyd I.S., Bracher A., Brogniez C., Burrows J.P., Catoire V., Ceccherini S., Chabrillat S., Christensen T., Coffey M. T., Cortesi U., Davies J., De Clercq C., Degenstein D. A., De Mazière M., Demoulin P., Dodion J., Firanski B., Fischer H., Forbes G., Froidevaux L., Fussen D., Gerard P., Godin-Beekman S., Goutail F., Granville J., Griffith D., Haley C. S., Hannigan J. W., Höpfner M., Jin J. J., Jones A.,

- Jones N. B., Jucks K., Kagawa A., Kasai Y., Kerzenmacher T. E., Kleinböhl A., Klekociuk A. R., Kramer I., Küllmann H., Kuttippurath J., Kyrölä E., Lambert J.-C., Livesey N. J., Llewellyn E. J., Lloyd N. D., Mahieu E., Manney G. L., Marshall B. T., McConnell J. C., McCormick M. P., McDermid I. S., McHugh M., McLinden C. A., Mellqvist J., Mizutani K., Murayama Y., Murtagh D. P., Oelhaf H., Parrish A., Petelina S. V., Piccolo C., Pommereau J.-P., Randall C. E., Robert C., Roth C., Schneider M., Senten C., Steck T., Strandberg A., Strawbridge K. B., Sussmann R., Swart D. P. J., Tarasick D. W., Taylor J. R., Tétard C., Thomason L. W., Thompson A. M., Tully M. B., Urban J., Vanhellefont F., von Clarmann T., von der Gathen P., von Savigny C., Waters J. W., Witte J. C., Wolff M., Zawodny J. M. Validation of ozone measurements from the Atmospheric Chemistry Experiment (ACE). (2008), *Atmos. Chem. Phys. Disc.* 8: 2513-2656.
- Jourdan, O., A. A. Kokhanovsky, J. P. Burrows, 2007: Calibration of SCIAMACHY using AATSR top-of-atmosphere reflectance over a hurricane, *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens., Letters*, 4, 8-12.
- Kuttippurath, J., A. Kleinböhl, H. Bremer, C. von Savigny, M. Sinnhuber, H. Küllmann, J. Notholt, K. Künzi, J. Urban, M. Milz, S. Petelina, G. Stiller, N. Lautie, J. de La Nöe, D. Murtagh, E. Le Flochmoen, and P. Ricaud, Intercomparison of ASUR ozone measurements with data retrieved from space-borne limb sensors SCIAMACHY, MIPAS, OSIRIS, and SMR, *J. Geophys. Res.*, 112, DO9311, doi:10.1029/2006JDO07830, 2007.
- Kokhanovsky, A. A., K. Bramstedt, W. von Hoyningen-Huene, J. P. Burrows, 2007: The intercomparison of top-of-atmosphere reflectivity measured by MERIS and SCIAMACHY in the spectral range of 443-865nm, *IEEE Trans. Geosci. Rem. Sens., Letters*, 4, 293-296.
- Kühl, S., J. Pukite, T. Deutschmann, U. Platt, T. Wagner, SCIAMACHY Limb Measurements of NO<sub>2</sub>, BrO and OClO Retrieval of vertical profiles: Algorithm, first results, sensitivity and comparison studies, *Adv. Space Res.*, doi:10.1016/j.asr.2007.10.022 2007.
- Lamsal L.N., Weber M., Labow G., Burrows J.P. (2007) Influence of ozone and temperature climatology on the accuracy of satellite total ozone retrieval, *J. Geophys. Res.* 112(D2): D02302, doi: 10.1029/2005JD006865.
- Olinger, H. Fischer, H. Oelhaf, G. Wetzel, G. Zhang, A. Bracher, A. Rozanov, C. von Savigny, K. Grunow, Intercomparison of stratospheric O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> vertical profiles as measured by SCIAMACHY, MIPAS-B and MIPAS-E with the help of trajectory matching, to be submitted to *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 2008.
- Payan S., Camy-Peyret C., Oelhaf H., Wetzel G., Maucher G., Kleim C., Pirre M., Huret N., Engel A., Volk M. C., Kuellmann H., Kuttippurath J., Cortesi U., Bianchini G., Mencaraglia F., Raspollini P., Redaelli G., Vigouroux C., De Maziere M., Mikuteit S., Blumenstock T., Velazco V., Notholt J., Mahieu M., Duchatelet P., Smale D., Wood S., Jones N., Piccolo C., Payne V., Bracher A., Glatthor N., Stiller G., Grunow K., Jeseck P., Te Y., Pfeilsticker K., Butz A. Validation and data characteristics of methane and nitrous oxide profiles observed by MIPAS and processed with Version 4.61 algorithm. *Atmos. Chem. Phys. Disc.* 7, 18043-18111, 2007.
- Pukite, J., Kühl, S., Deutschmann, T., Platt, U., and Wagner, T., Accounting for the effect of horizontal gradients in limb measurements of scattered sunlight, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 7, 16155-16183, 2007.
- Rohen, G. J., Savigny, C. v., Kaiser, J. W., Llewellyn, E. J., Froidevaux, L., López-Puertas, M., Steck, T., Palm, M., Winkler, H., Sinnhuber, M., Bovensmann, H., and Burrows, J. P.: Ozone profile retrieval from limb scatter measurements in the HARTLEY bands: further retrieval details and profile comparisons, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 2509-2517, 2008.
- Rozanov, A., Eichmann, K.-U., von Savigny, C., Bovensmann, H., Burrows, J. P., von Bargaen, A., Doicu, A., Hilgers, S., Godin-Beekmann, S., Leblanc, T., and McDermid, I. S.: Comparison of the inversion algorithms applied to the ozone vertical profile retrieval from SCIAMACHY limb measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 4763-4779, 2007.
- Simpson, W. R., R. von Glasow, K. Riedel, P. Anderson, P. Ariya, J. Bottenheim, J. Burrows, L. Carpenter, U. Frieß, M. E. Goodsite, D. Heard, M. Hutterli, H.-W. Jacobi, L. Kaleschke, B. Neff, J. Plane, U. Platt, A. Richter, H. Roscoe, R. Sander, P. Shepson, J. Sodeau, A. Steffen, T. Wagner and E. Wolff; Halogens and their role in polar boundary-layer ozone depletion, *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 4375-4418, 2007.
- Sinreich, R., R. Volkamer, F. Filsinger, U. Frieß, C. Kern, U. Platt, O. Sebastián, and T. Wagner, MAX-DOAS detection of glyoxal during ICARTT 2004, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 7, 1293-1303, 2007.
- Wagner, T., J. P. Burrows, T. Deutschmann, B. Dix, C. von Friedeburg, U. Frieß, F. Hendrick, K.-P. Heue, H. Irie, H. Iwabuchi, Y. Kanaya, J. Keller, C. A. McLinden, H. Oetjen, E. Palazzi, A. Petritoli, U. Platt, O.

Postylyakov, J. Pukite, A. Richter, M. van Roozendael, A. Rozanov, V. Rozanov, R. Sinreich, S. Sanghavi, F. Wittrock, Comparison of Box-Air-Mass-Factors and Radiances for Multiple-Axis Differential Optical Absorption Spectroscopy (MAX-DOAS) Geometries calculated from different UV/visible Radiative Transfer Models, Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 1809-1833, 2007.

Wagner, T., S. Beirle, M. Grzegorski and U. Platt, Satellite monitoring of different vegetation types by differential optical absorption spectroscopy (DOAS) in the red spectral range, Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 69-79, 2007.

Wagner, T., O. Ibrahim, R. Sinreich, U. Frieß, R. von Glasow, and U. Platt, Enhanced tropospheric BrO over Antarctic sea ice in mid winter observed by MAX-DOAS on board the research vessel Polarstern, Atmospheric Chemistry and Physics, 7, 3129-3142, 2007.

Wagner, T., S. Beirle, T. Deutschmann, M. Grzegorski, and U. Platt, Dependence of cloud fraction and cloud top height on surface temperature derived from spectrally resolved UV/vis satellite observations, Atmos. Chem. Phys. Discuss., 7, 17117-17146, 2007.

Wetzel G., Bracher A., Funke B., Goutail F., Hendrick F., Lambert J.-C., Mikuteit S., Piccolo C., Pirre M., Bazureau A., Belotti C., Blumenstock T., De Maziere M., Fischer H., Huret N., Ionov D., Lopez-Puertas M., Maucher G., Oelhaf H., Ruhnke R., Sinnhuber M., Stiller G., Van Roozendael M. and Zhang G. (2007) Validation of MIPAS-ENVISAT NO<sub>2</sub> operational data. Atmos. Chem. Phys. 7: 3261-3284

## II.5.2 Konferenzberichte und sonstige Vorträge (Auswahl)

### AURA Science meeting, August 2005, The Hague, Netherlands

S. Beirle, U.Platt, M. Wenig and T. Wagner: Potential of monitoring Nitrogen Oxides with satellite instruments.

S. Kühl, J. Pukite, W. Wilms-Grabe, U. Platt and T. Wagner: SCIAMACHY Limb Measurements of NO<sub>2</sub>, BrO and OCIO.

### ACCENT-symposium, September 2005, Urbino, Italy

M. Grzegorski, S. Beirle, C. Frankenberg, U. Platt, S. Sanghavi and T.Wagner :Application of the HICRU cloud algorithm to SCIAMACHY and GOME: design and intercomparison.

S. Beirle, N. Spichtinger, A. Stohl, U. Platt, and T. Wagner: Estimating the lifetime of boundary layer NO<sub>x</sub> for different polluted regions using GOME and SCIAMACHY data.

Marbach T., Beirle S., Khokhar F., Platt U., and Wagner T.: Identification of tropospheric emissions sources from satellite observations: Synergistic use of HCHO, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> trace gas measurements. **Best poster price**

### 2nd SCIAMACHY Science Advisory Group, Delft, and SCIAValig meeting, Utrecht, October 2005

Butz, A., H. Bösch, C. Camy-Peyret, M. Chipperfield, M. Dorf, G. Dufour, K. Grunow, P. Jeseck, S. Kühl, S. Payan, I. Pepin, J. Pukite, A. Rozanov, C. von Savigny, C. Sioris, T. Wagner, F. Weidner, and K. Pfeilsticker: LPMA/DOAS: Balloon based SCIAMACHY validation. **Invited talk**

### AGU fall meeting, December 2005, San Francisco, USA

Marbach Thierry, Beirle Steffen, Khokhar Fahim, Platt Ulrich, and Wagner Thomas: Identification of tropospheric emissions sources from satellite observations: Synergistic use of HCHO, NO<sub>2</sub>, and SO<sub>2</sub> trace gas measurements.

Frankenberg C., Meirink J., Bergamaschi P., Koerner S., Heimann M., Platt U., and Wagner T.: Satellite Cartography of Atmospheric Methane from SCIAMACHY onboard ENVISAT.

### ESA Atmospheric Sciences Conference, 08-12 May 2006, Frascati, Italy

Proceedings of the 2006 ESA Atmospheric Science Conference, 8-11 May 2006, Frascati, Italy  
<http://earth.esa.int/atmos2006/programme.html>

Amekudzi L., Bracher A., Bramstedt K., Rozanov A., Meyer J., Bovensmann H., Burrows J.P. (2006a) Validation of ozone profiles retrieved from SCIAMACHY lunar occultation measurements.

- Amekudzi L., Bracher A., Bramstedt K., Bovensmann H., Burrows J.P. (2006b) Nighttime NO<sub>x</sub> from SCIAMACHY lunar occultation measurements.
- Beirle, S., R. Volkamer, F. Wittrock, A. Richter, J. P. Burrows, U. Platt, and T. Wagner: DOAS Retrieval of OF Glyoxal from space.
- Bracher A., Lamsal L. N., Weber M., Burrows J. P. (2006B) Global comparisons of total O<sub>3</sub> columns from SCIAMACHY weighting function DOAS (WFD) algorithm to OMI-TOMS, GOME WFD and groundbased measurements.
- Bramstedt K., Bracher A., Meyer J., Rozanov A., Bovensmann H., Burrows J. P. (2006) SCIAMACHY solar occultation: Ozone and NO<sub>2</sub> profiles 2003-2005.
- Dorf, M., H. Bösch, A. Butz, C. Camy-Peyret, M. P. Chipperfield, K. Gerilowski, K. Grunow, W. Gurlit, H. Harder, S. Köhl, L. Kritten, A. Lindner, S. Payan, A. Rozanov, C. von Savigny, B. Simmes, C. Sioris, F. Weidner, and K. Pfeilsticker: Validation of SCIAMACHY Level-1 and Level-2 Products by Balloon-Borne Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS).
- Frankenberg C., J.F. Meirink, P. Bergamaschi, U. Platt, and T. Wagner: Satellite Cartography of Atmospheric Methane and carbon monoxide from SCIAMACHY onboard ENVISAT.
- Grzegorski, M., Deutschmann, T., Frankenberg, C., Platt, U., Sanghavi, S. and Wagner, T.: Retrieval of Cloud Top Height from SCIAMACHY using Broad Band Spectrometers and Absorptions of O<sub>2</sub> and O<sub>4</sub>, (Presentation only)
- Hendrick, F., M. Van Roozendael, M. De Mazière, A. Richter, A. Rozanov, C. Sioris, M. Dorf, S. Köhl, J. Pukite, T. Wagner, and F. Goutail: BrO Profiling from Ground-based DOAS Observations: New Tool for the ENVISAT/SCIAMACHY Validation.
- Khokhar F., S. Beirle, U. Platt and T. Wagner: Spatial analysis of Anthropogenic SO<sub>2</sub> emissions monitored by GOME on board ERS-2 (Presentation only).
- Kühl S., J. Pukite, U. Platt and T. Wagner: SCIAMACHY Limb Measurements of NO<sub>2</sub>, BrO and OCIO. (Presentation only).
- Lerot C., Van Roozendael M., Van Geffen J., Fayt C., Spurr R., Eskes H., Van der A R., Bracher A., Lamsal L. N., Weber M., Schroeder T., Kretschel K., Von Barga A. (2006) Intercomparison of Global Total Ozone Measurements Retrieved from ENVISAT/SCIAMACHY Using Different State-of-the-art Algorithms.
- Noël S., H. Bovensmann, K. Bramstedt, J. P. Burrows, M. Gottwald, and E. Krieg (2006a) SCIAMACHY light path monitoring results.
- Pukite, J., S. Köhl, W. Wilms-Grabe, C. Friedeburg, T. Deutschmann, U. Platt and T. Wagner: Retrieval of Stratospheric Trace Gases from SCIAMACHY Limb Measurements.
- Rozanov A., Köhl S., Sioris C. Bovensmann H., Burrows J. P., et al. (2006b) Retrieval of BrO vertical distributions from SCIAMACHY limb measurements: Data quality assessment and algorithm improvements.
- Wagner T., Beirle S., Grzegorski M. and. Platt U: Characterisation of vegetation type using DOAS satellite retrievals.
- Wagner T., Beirle S., Deutschmann T., Grzegorski M., Sanghavi, S., and. Platt U: Probing internal cloud properties from space.

### 3<sup>rd</sup> Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of ENVISAT (ACVE-3), 4.-7. Dezember 2006, Frascati, Italy

In: Proceedings of the Third Workshop on the Atmospheric Chemistry Validation of ENVISAT (ACVE-3), 4-7 Dec 2006,. <http://envisat.esa.int/workshops/acve3/>

- Amekudzi L., Bramstedt K., Bracher A., Rozanov A., Bovensmann H., J.P. Burrows (2006) SCIAMACHY solar and lunar occultation: Validation of O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and NO<sub>3</sub> profiles.
- Bracher A., Amekudzi L., Bramstedt K., Eichmann K.-U., Rozanov A., von Savigny C., Steinwagner J., J.P. Burrows (2006) Comparisons and Validation of SCIAMACHY O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles from OL3.0 and IUP/IFE retrieval with ACE-FTS, GOMOS, HALOE, MIPAS, POAM III and SAGE II.

- Bracher A., Weber M., Bramstedt K., Lamsal L. N., J.P. Burrows (2006) Total O<sub>3</sub> columns from SCIAMACHY OL3.0 compared to SCIAMACHY weighting function DOAS (WFDOAS), OMI-TOMS, GOME WFDOAS.
- Buchwitz M., Khlystova I., Schneising, O., Bovensmann H., Burrows J. P. (2006) SCIAMACHY/WFM-DOAS tropospheric CO, CH<sub>4</sub>, and CO<sub>2</sub> scientific data products: Validation and recent developments.
- De Clercq C., Lambert J.-C., C. von Savigny (2006) Geophysical consistency of SCIAMACHY ozone profile data with Global Atmosphere Watch pole-to-pole network measurements.
- Dils B., De Mazière M.; Blumenstock T., Hase F., Kramer I., Mahieu E., Demoulin P., Duchatelet P., Mellqvist J., Strandberg A., Buchwitz M., Khlystova I., Schneising O., Velasco V., Notholt J., Sussmann R., Stremme W. (2006) Validation of WFM-DOAS v0.6 CO and v1.0 CH<sub>4</sub> scientific products using European ground-based FTIR measurements.
- Grzegorski, M., Deutschmann, T., Platt, U. and Wagner, T.: Retrieval of Cloud Top Height from SCIAMACHY using Broad Band Spectrometers and Absorptions of O<sub>2</sub> and O<sub>4</sub>, (Presentation only)
- Kokhanovsky A., J.P. Burrows (2006c) SCIAMACHY cloud product validation.
- Kühl, S., J. Pukite, T. Deutschmann, M. Dorf, F. Hendrick, U. Platt and T. Wagner: Stratospheric profiles of OClO and BrO analysed from Sciamachy Limb observations.
- Lahoz W., Geer A., von Savigny C., et al. (2006) Validation of Envisat atmospheric chemistry data using data assimilation.
- Meijer Y.J., Baray J.-L., Bodeker G.E., Claude H, Gathen P. von der, Godin-Beekmann S., Hansen G, Leblanc T, Marchand M, McDermid I.S., Nakane H., Pal S., Quel E.J., Snoeij P., Swart D.P.J., Savigny C. von (2006) Pole-to-pole validation of Sciamachy ozone profiles by the Envisat Quality Assessment with Lidar (EQUAL) project.
- Noël S., Kokhanovsky A., Jourdan O., Gerilowski K., Pfeilsticker K., Weber M., Bovensmann H., J. P. Burrows (2006b) SCIAMACHY reflectance and solar irradiance validation.
- Noël S., Mieruch S., J. P. Burrows (2006c) Verification of SCIAMACHY Level 1 Data by AMC-DOAS Water Vapour Retrieval.
- Oetjen H., Bovensmann H., Medeke T., Richter A., Sheode N., Sinnhuber B. M., Wittrock F., Burrows J. P. (2006) Comparison of modelled and measured chlorine dioxide slant columns for the arctic winter 2004/2005.
- Pfeilsticker K., Butz A., Rozanov A., et al. (2006) Validation of SCIAMACHY Level-1 and Level-2 Products by Balloon-Borne Differential Optical Absorption Spectroscopy (DOAS)
- Rohen G., von Savigny C., Kaiser J.W., Llewellyn E.J., Steck T., Palm M. Bracher A., Bovensmann H., J.P. Burrows (2006) Validation of mesospheric ozone profiles retrieved from SCIAMACHY limb scatter spectra.
- Rozanov A., Bovensmann H., Burrows J.P., Dorf M., Hendrick F., von Hobe M., Hrechanyy S., Kuehl S., Pfeilsticker K., Pukite J., Van Roozendaal M., Sioris C., Stroh F., Wagner T. (2006) BrO vertical profiles from SCIAMACHY limb measurements: Validation of the scientific product using balloon-borne and ground-based measurements.
- Richter, A., Bovensmann, H., Buchwitz M., Burrows J. P., Heckel A., Noël S., Schoenhardt A., Weber M. (2006) Verification of SCIAMACHY V6.02 nadir lv1 spectra through application of DOAS retrievals.
- Sussmann R., Stremme W., Burrows J.P.; Richter A., Seiler W., Rettinger M. (2006a) Retrieval of Tropospheric NO<sub>2</sub> by Synergistic Use of Scientific SCIAMACHY Data and Ground-Based FTIR Measurements at the Zugspitze.
- Sussmann R., Stremme W., Buchwitz M., De Beek R. (2006b) Validation of SCIAMACHY Columnar Methane by Solar FTIR Spectrometry at the Permanent Ground-Truthing Facility Zugspitze/Garmisch.
- Wittrock F., Brinksma E., Oetjen H., Richter A., Schoenhardt A., Burrows J. P. (2006) Satellite validation of tropospheric trace gases with MAX-DOAS measurements during the DANDELIONS field campaigns in 2005 and 2006.

### ENVISAT Symposium in Montreux (Schweiz) 23-27. April 2007

In Proceedings: ENVISAT Symposium, ESA SP-636, 2007,  
<http://earth.esa.int/workshops/envisatsymposium>

- Amekudzi L. K., Bramstedt K., Bracher A., Rozanov A., Bovensmann H., Burrows J. P., Current Retrieval and Inter-Comparisons Results of SCIAMACHY Nighttime NO<sub>x</sub>.
- Beirle, S., Deutschmann, T., Grzegorski, M., Platt, U. and Wagner, T.: Impact of clouds on tropospheric trace gas retrievals.
- Bracher A., Amekudzi L., Bramstedt K., Eichmann K.-U., Rozanov A., von Savigny C., J.P. Burrows (2007) Global and Validation of SCIAMACHY O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles from OL3.0 and IUP/IFE retrieval with collocated measurements from ACE-FTS, GOMOS, HALOE, MIPAS, POAM III and SAGE II.
- Bracher A., M. Weber, K. Bramstedt, Global Comparisons of Total O<sub>3</sub> Columns from SCIAMACHY Weighting Function DOAS (WFDOAS) and OL3.0 to OMI-TOMS and GOME WFD.
- Bramstedt, K., Amekudzi, L.K., Bracher et al., SCIAMACHY Solar Occultation: Ozone and NO<sub>2</sub> Profiles 2002-2006.
- Gottwald, M., E. Krieg, C. von Savigny, S. Noël, H. Bovensmann, and K. Bramstedt, Determination of SCIAMACHY line-of-sight misalignments.
- Grzegorski, M., Deutschmann, T., Platt, U. and Wagner, T.: Retrieval of Cloud Top Height from SCIAMACHY using Broad Band Spectrometers and Absorptions of O<sub>2</sub> and O<sub>4</sub>, (Presentation only)
- Marbach, T., Beirle, S., Frankenberg, C., Platt, U. and Wagner T.: Identification of tropospheric trace gas sources: synergistic use of satellite observations.
- Rozanov, A., F. Hendrick, M. Van Roozendael, C. Sioris, H. Bovensmann, and J.P. Burrows, F. Goutail, A large-scale intercomparison of stratospheric vertical distributions of NO<sub>2</sub> and BrO retrieved from the SCIAMACHY limb measurements and ground based twilight observations.
- Rozanov, A., K.-U. Eichmann, C. von Savigny, H. Bovensmann, J. P. Burrows, A. von Bargaen, A. Doicu, S. Hilgers, S. Godin-Beekmann, T. Leblanc, and I. S. McDermid, Comparison of the inversion algorithms applied to the ozone vertical profile retrieval from SCIAMACHY limb measurements
- Rozanov, A., S. Kühl, B.-M. Sinnhuber, C. Sioris, H. Bovensmann, J. P. Burrows, M. Dorf, F. Goutail, F. Hendrick, M. von Hobe, S. Hrechanyy, C. McLinden, K. Pfeilsticker, J. Pukite, M. Van Roozendael, F. Stroh, and T. Wagner, Global stratospheric BrO observations by the SCIAMACHY instrument
- von Savigny, C., H. Bovensmann, M. Gottwald, S. Noël, A. Rozanov, S. Slijkhuis, and J. P. Burrows, Studying Envisat attitude with SCIAMACHY limb-scatter measurements.
- Wagner, T., Beirle, S., Grzegorski, M., Deutschmann, T. and Platt, U.: Global Distribution of Atmospheric Photon Path Lengths Derived from GOME and SCIAMACHY.
- Wagner, T., Beirle, S., Grzegorski, M. and Platt, U.: Global Trends (1996-2007) of Total Column Precipitable Water Derived from GOME and SCIAMACHY Observations and their Relation to Surface-Near Temperature.
- Weber, M., L.N. Lamsal, and J.P. Burrows, Improved SCIAMACHY WFDOAS Total Ozone Retrieval: Steps Towards Homogenising Long-Term Total Ozone Datasets from GOME, SCIAMACHY, and GOME2.

## 2<sup>nd</sup> ACCENT Symposium in Urbino (Italy), 23-27. July 2007

- Wagner, S. Beirle, T. Deutschmann, M. Grzegorski, and U. Platt, Relation of atmospheric humidity and cloud properties to surface-near temperatures derived from GOME satellite observations, proceedings.

## Sonstige Vorträge

- Bracher A., Amekudzi L., Bramstedt K., Rozanov A., von Savigny C., Sinnhuber M. (2005) Cross validation of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles measured by MIPAS (IMK and 4.61) and SCIAMACHY (IUP and v2.8). Presentation at the SACADA Final Meeting, 27 Oct 2005, Rheinisches Institut für Umweltforschung an der Universität zu Köln, Köln, Germany.
- Bovensmann, H., A. Bracher, A. Doicu, K.U. Eichmann, S. Hilgers, S. Slijkhuis, A. Rozanov, A. von Bargaen, C. von Savigny (2006a), Verification of the impact of TH corrections in L1 on Limb O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> Profiles of DLR-IMF Implementation using the IUP-IFE scientific retrievals and independent satellite measurements. SCIAMACHY Limb L2 Verification Meeting, DLR Bonn
- Bovensmann, H., W. Lotz, M. Vountas, V. Rozanov, A. Kokhanovsky, A. v. Bargaen, T. Schröder, K. Kretschel, M. Hess (2006b), Verification of Sacura-NG Cloud Top Heights/Cloud Optical Thickness of DLR-IMF Implementation using the IUP-IFE Scientific Prototype. SCIAMACHY Limb L2 Verification Meeting, DLR Bonn

- Bovensmann, H., L. Lamsal, T. Schröder, A. von Bargaen, M. Weber (2006c), Verification of O<sub>3</sub> SDOAS with GOME O<sub>3</sub> WFDOAS. SCIAMACHY Limb L2 Verification Meeting, DLR Bonn
- Bracher A., Bramstedt K. (2005) Validation of SCIAMACHY-Offline O<sub>3</sub> profiles v2.4/2.5 with SAGE II (v6.2). Presentation at the SADDU Meeting, 17 Feb 2005, DLR Oberpfaffenhofen, Wessling, Germany.
- Bracher A., Bramstedt K. (2005) Validation of SCIAMACHY-Offline O<sub>3</sub> profiles (v2.8) from May 2005 with HALOE (v19) and SAGE II (v6.2). Presentation at the "Verification Meeting for SCIAMACHY L2 processor upgrade for limb products", 16 June 2005, IUP/IFE, University of Bremen, Bremen, Germany.
- Bracher A., Bramstedt K. (2006) Validation of SCIAMACHY-Offline O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles v5.04, 6.0A and 6.0B from Feb 2006 with HALOE (v19) and SAGE II (v6.2). Presentation at the "Verification Meeting for SCIAMACHY L2 processor upgrade", 7 Feb 2006, DLR Bonn, Bonn, Germany.
- Bracher A., Bramstedt K., Bovensmann H., Eichmann K.-U., Rozanov A., von Savigny C. (2005e) Validation and Verification of SCIAMACHY-Offline ozone and NO<sub>2</sub> profiles (v3.0=v5.04) from Nov 2005 with HALOE (v19), SAGE II (v6.2) and scientific SCIAMACHY-IUP products. Presentation at the "Verification Meeting for SCIAMACHY L2 processor upgrade for limb products", 14 Dec 2005, DLR Oberpfaffenhofen, Wessling, Germany.
- Bracher A., Lamsal L. N., Weber M., J.P. Burrows (2006A) "Global comparisons of total O<sub>3</sub> columns from SCIAMACHY retrieved with weighting function DOAS (WFDOAS) algorithm to OMI-TOMS, GOME WFDOAS and groundbased measurements", Poster: 3<sup>rd</sup> EGU General Assembly 2006, Vienna, Austria
- Eichmann K.-U., Rozanov A., von Savigny C., Doicu A., Hilgers S., A. von Bargaen (2005) Comparison ("Verification") of the OL processor results of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> with scientific algorithms from IUP Bremen. Presentation at the "Verification Meeting for SCIAMACHY L2 processor upgrade for limb products", 16 June 2005, IUP/IFE, University of Bremen, Bremen, Germany.
- Eichmann K.-U., Rozanov A., von Savigny C. (2006) Verification of SCIAMACHY-Offline O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles v5.04, 6.0A and 6.0B from Feb 2006 with independent scientific algorithms. Presentation at the "Verification Meeting for SCIAMACHY L2 processor upgrade for limb products", 16 June 2005, IUP/IFE, University of Bremen, Bremen, Germany. Presentation at the "Verification Meeting for SCIAMACHY L2 processor upgrade", 7 Feb 2006, DLR Bonn, Bonn, Germany.
- Lamsal, L. N., Weber M., Bracher A., Burrows J. P. (2006) Retrieval and Validation of WFDOAS Total Ozone from SCIAMACHY. In: Proceedings of the Third International DOAS Workshop, 20-22 March 2006 University of Bremen, Germany
- Noël, S., S. Mieruch, H. Bovensmann, and J. P. Burrows, A combined GOME and SCIAMACHY global water vapour data set, Proc. ENVISAT Symposium, Montreux, Switzerland, 23–27 April 2007 (ESA SP-636), 2007.
- Rozanov A., Bracher A., Heckel A., Sheode N., Sinnhuber B.-M., Bovensmann H., Bramstedt K. (2006a) Overview of limb NO<sub>2</sub>, BrO and OCIO retrievals. Presentation at the SADDU Meeting, 12-13 Jan 2006, IUP/IFE, Universität Bremen.
- Rozanov, A., H. Bovensmann, A. Bracher, K.-U. Eichmann, A. Heckel, C. von Savigny, M. Scharringhausen, N. Sheode, B.-M. Sinnhuber, M. Sinnhuber, and J.P. Burrows (2006b) Monitoring of atmospheric species with SCIAMACHY limb measurements: recent developments at the University of Bremen. Talk: Third International Limb Workshop, 22-25 April 2006, Montreal, Canada; Talk: International Symposium on Atmospheric Radiation, 27-30 June 2006, St. Petersburg, Russia.
- Rozanov, A., K.-U. Eichmann, A. Doicu, C. von Savigny, H. Bovensmann, and G. Lichtenberg, Limb O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> evolution, SQWG Meeting, Utrecht, Netherlands, 26-27 November, 2007.
- Richter A., Wittrock F., Heckel A., Burrows J. P. (2005) SCIAMACHY lv1 Verification using UV/VIS DOAS Retrievals. Presentation at the Verification Meeting, July 14, 2005, DLR Oberpfaffenhofen, Germany.
- von Savigny C., Rozanov A., Eichmann K.-U. (2005b) Comparison of SCIAMACHY-Offline O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> profiles v2.4/2.5 with scientific IUP algorithms. Presentation at the SADDU Meeting, 17 Feb 2005, DLR Oberpfaffenhofen, Wessling, Germany
- von Savigny, C., A. Rozanov, J. Steinwagner, and H. Bovensmann, Update on SCIAMACHY pointing, SCIAMACHY Quality Working Group Meeting, January 22-23, IUP Bremen, 2007a.
- von Savigny, C., et al., SCIAMACHY pointing progress report, 35<sup>th</sup> SCIAMACHY Science Advisory Group Meeting, February 27-27, SRON, 2007b.

von Savigny, C., B. Aberle, S. Slijkhuis, and A. von Bargaen, Verification of the extra misalignment correction in the prototype processor, SCIAMACHY Quality Working Group Meeting, March 20-21, IUP Bremen, 2007c.

### II.5.3 Diplom- und Doktorarbeiten

#### 2005

Oluyemi Temitayo Afe, Retrieval and observations of atmospheric BrO from SCIAMACHY nadir measurements, Universität Bremen, Doktorarbeit, 2005.

Leonard Amekudzi, Stratospheric O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> and NO<sub>3</sub> number density profiles from SCIAMACHY lunar occultation spectroscopic measurements, Retrieval, validation and interpretation, Doktorarbeit Universität Bremen, 2005.

Retrival, validation and interpretation Christian Frankenberg, Retrieval of methane and carbon monoxide using near infrared spectra recorded by SCIAMACHY onboard ENVISAT: Algorithm Development and data analysis, Universität Heidelberg, Doktorarbeit, 2005.

Sven Köhl, Quantifying Stratospheric Chlorine Chemistry by the Satellite Spectrometers GOME and SCIAMACHY, Universität Heidelberg, Doktorarbeit, 2005.

Klaus-Peter Heue, Airborne Multi AXis DOAS instrument and measurements of two-dimensional tropospheric trace gas distributions, Universität Heidelberg, Doktorarbeit, 2005.

Hendrik Nüss, Verbesserungen des troposphärischen NO<sub>2</sub>-Retrievals aus GOME- und SCIAMACHY-Daten, Universität Bremen, Doktorarbeit, 2005.

#### 2006

M. Fahim Khokhar, Retrieval and Interpretation of Tropospheric SO<sub>2</sub> from UV/VIS Satellites Instruments, Doktorarbeit, 2006.

L. Lamsal, Advanced total column ozone retrieval from hyperspectral UV satellite instruments, Universität Bremen, Doktorarbeit 2006

#### 2007

Michael Hayn, Statistical analysis of spatio-temporal patterns in global NO<sub>2</sub> satellite data, Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 2007

Jessica Balbo, Langzeit-Messungen von Spurengasen und Aerosolen mittels Multi-Axis-DOAS auf dem Hohenpeißenberg und den Kapverdischen Inseln, Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 2007

#### 2008

Jessica Helmschmid, Spektroskopische Messung von Spurengasen in der arktischen Atmosphäre, Diplomarbeit, Universität Heidelberg, 2008

### II.5.4 Technische Berichte

Bracher A., Amekudzi L., Bovensmann H., Bramstedt K., Buchwitz M., Eichmann K.U., Heckel A., von Hoyningen-Huene W., Kokhanovsky A., Mieruch S., Noël S., Richter A., Rozanov A., von Savigny C., Schönhardt A., Steinwagner J., Weber M., Burrows J. P. (2006) Verification and Validation of the new operational SCIAMACHY data set of level-1 v6.02 and level-2 v3.0 products by the IUP using IUP-IFE scientific retrievals and independent measurements. Technical Note, Institute of Environmental Physics, University of Bremen, Bremen, Germany

Gottwald, M., E. Krieg, C. von Savigny, S. Noël, and K. Bramstedt, SCIAMACHY extra misalignment model, SCIAMACHY Technical Note, PO-TN-DLR-SH-0016, 2007.

Noël S. (2005a) Verification of SCIAMACHY Irradiances (PCR 4). Technical note to ESA from the Institute of Environmental Physics (IUP).

- Noël, S. (2005b) Determination of correction factors for SCIAMACHY radiances and irradiances (version 5.2), Tech. Rep. IFE-SCIA-SN-20050203\_IrrRadCorrection, IFE/IUP.
- von Savigny, C., A. Dehn, H. Bovensmann, and J. Steinwagner, Verification of the extra misalignment correction in the SCIAMACHY IPF 6.03 processor, SCIAMACHY Technical Note, TN-IUP/IFE-2007-cvs-02, available upon request from csavigny@iup.physik.uni-bremen.de, 2007.
- Weber M., and L.N. Lamsal, Recommendations of ozone-cross-sections for SCIAMACHY ozone retrieval in the 325-335 nm spectral window, Technical Note, University of Bremen, 2005.

### **III Erfolgskontrollbericht**

Die umfassende Validierung verschiedener Spurengase abgeleitet aus SCIAMACHY Beobachtungen haben gezeigt, dass SCIAMACHY zuverlässige mehrjährige Datenreihen liefert. Mit den Fehlerangaben können die Nutzer die Daten in ihren wissenschaftlichen Studien sinnvoll interpretieren. Neben den Säulendichten und Profilen, die aus den verschiedenen Beobachtungsgeometrien direkt abgeleitet wurden, wurden auch sekundäre Daten aus den vorgenannten Daten bestimmt und validiert. Als Beispiel sind hier die troposphärischen Säulendichten zu nennen. Die Validierungsergebnisse sind in Fachpublikationen und Konferenzberichte veröffentlicht und für die Wissenschaftsgemeinde verfügbar.

#### **III.1 Beitrag der Ergebnisse zu förderpolitischen Zielen**

Das SCIAMACHY Instrument wurde von deutscher Seite mit erheblichen Finanzbeiträgen gefördert. Das betraf die Entwicklung und Bau des Instruments sowie der Betrieb im Weltraum. Eine optimale Nutzung der Wissenschaftsdaten, die aus den SCIAMACHY Messungen gewonnen werden, ist nur möglich wenn die Daten eine ausreichend hohe Qualität haben. Mit Hilfe der Validierung im Rahmen dieser Studie, konnten zum einen der Qualitätsnachweis geführt werden, und darüber hinaus die Datenprodukte durch Aktualisierung der Retrievalalgorithmen (operationell und wissenschaftliche Retrievals) kontinuierlich verbessert werden.

#### **III.2 Bezug zu nationalen und internationalen Programmen**

Ein enger inhaltlicher Zusammenhang besteht zu den Vorläuferprojekten 50 EE 9908 und 50 EE 9909 so wie zu dem beantragten Nachfolgerprojekt (ENVIVaL-Life). Das Projekt war eingebunden in das internationale Validierungsprojekt SCIAVALIG (Zusammenarbeit mit Niederlande und Belgien) und dem von ESA/DLR geförderten SCIAMACHY Quality Working Group. Ergebnisse wurden regelmäßig bei der ESA Science Advisory Group präsentiert.

Der Ausbau des Bodennetzwerkes diente sowohl der Erforschung der Halogen-Chemie in verschiedenen Klimaregionen (Cap-Verden und Alert) als auch dem genaueren Verständnis der Bildung sekundärer Aerosole (Hohenpeißenberg). Die Flugzeugmessungen in Südafrika wurden für die Satelliten-Validation ebenso geplant und durchgeführt wie auch für Emissionsbestimmungen bei lokalen Kraftwerken.

Weitere Kooperationen mit andern Projekten waren (Auswahl):

- DANDELIONS II.1.5
- NOVAC II.1.6
- EU ACCENT Network
- EU SCOUT-O3 Integrated Project
- EU Quantify Integrated Project

#### **III.3 Wissenschaftliche Ziele**

Wesentliches Ziel dieses Projekts war der Nachweis der hohen Qualität der wissenschaftlich und operationell ausgewerteten Spurengasdaten aus SCIAMACHY Daten. Durch die Validierung mit vielfältigen Vergleichsmessungen kann nun eine sinnvolle Fehlerabschätzung der Daten gemacht werden. Das ist eine wichtige Voraussetzung für die Interpretation der Daten in wissenschaftlichen Studien, die Eingang in internationale Assessment-Studien finden, z.B. IPCC Klimabericht und WMO Ozonbericht. Des Weiteren konnte durch die Validierung wichtige Hinweise für weitere Verbesserung der SCIAMACHY Level-1 Kalibrierung sowie in der Spurengasdatenauswertung (Level-2) erzielt werden.

Neben den Zielen der ENVISAT Validierung (II.1 und II.2) wurden unter anderem folgende wissenschaftlichen Ziele innerhalb des Vorhabens verfolgt:

- Erforschung der BrO und IO Konzentrationen in der polaren Troposphäre und des troposphärischen Ozon Verlusts.
- Entwicklung eines abbildenden flugzeuggestützten Messinstruments zur Untersuchung der Spurenstoffvariation innerhalb eines Bodenpixels.
- Erforschung der polaren OCIO Konzentration und ihrer Auswirkungen auf das Ozonloch.
- Der Einfluss der Wolkenbedeckung auf die Satellitenbeobachtung troposphärischer Spurengase.
- Schwefeldioxid in der Atmosphäre, natürliche und anthropogene Quellen

- Beobachtung verschiedener Vegetationstypen und ihrer natürlichen wie menschlich verursachten Änderungen.
- Abschätzung natürlicher und anthropogener Formaldehydquellen durch Vergleich verschiedener Satellitenbeobachtungen
- Verteilung von Wasserdampf in der Atmosphäre

### **III.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Die bodengestützten DOAS Messungen im nahen Infrarot waren leider weniger erfolgreich als zu Beginn des Projektes zu erwarten war. Deshalb konnten keine Validationsmessungen für die SCIAMACHY Datenprodukte (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>) durchgeführt werden. Ein Vergleich von FTIR Messungen mit SCIAMACHY [Dils, et al., 2006] kam zu dem Ergebnis das die Auswertung zu diesem Zeitpunkt noch verbesserungswürdig war.

Bisher wurden weder operationell (DLR/ESA) noch wissenschaftlich die Nah-Infrarot Limbdaten (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, CO) systematisch ausgewertet und daher ist eine Validierung nicht möglich. Der Grund sind die noch mit großen Fehlern behafteten Level-1 Spektren. Erste viel versprechende Ergebnisse zum Retrieval von Wasserdampfprofilen bei 1,4 µm wurden erzielt (Uni Bremen), aber eine Validierung war in der Projektlaufzeit nicht mehr möglich.

### **III.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer**

Die Ergebnisse des Projektes wurden auf zahlreichen Konferenzen präsentiert. Nutzer des Projektes sind die Kollegen die SCIAMACHY Daten prozessieren, sowie auch Anwender der SCIAMACHY Daten. Diese Anwendungen beinhalten sowohl wissenschaftliche Fragestellungen als auch gesellschaftspolitische Aspekte (Artikel in Tageszeitungen oder Journalen). Insbesondere wenn die aus den Daten gewonnen Erkenntnisse in Berichten wie z.B. IPCC Klimabericht oder WMO Ozonbericht einfließen, werden sie für politische Entscheidungsträger relevant.

### **III.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung**

Alle Arbeiten wurden in dem vereinbarten finanziellen und zeitlichen Rahmen durchgeführt.

### **III.7 Verwertungsplan**

Im Rahmen unseres Projektes wurde vornehmlich verschiedene Datenprodukte des ENVISAT SCIAMACHY Instruments mit anderen Messungen verglichen. Die Validationsergebnisse wurden, soweit von wissenschaftlichem Interesse, in anerkannten Fachzeitschriften veröffentlicht. Damit kann der Nutzer der Daten eine vernünftige Fehlerabschätzung in verschiedenen wissenschaftlichen Studien vornehmen. Die gewonnen Validationsdaten (außer Satellitendaten) wurden bzw. werden der Gemeinschaft zu weiteren Vergleichen zur Verfügung gestellt (auf der NILU Datenbank), sobald sie dazu freigegeben werden können (nach einer Veröffentlichung). Die Fortschritte auf dem Gebiet der Strahlungstransportsimulation sind für die weiteren Satellitenbeobachtungen von großem Interesse und werden zu einer Verbesserung der Satellitendatenprodukte und Satellitenvalidation führen.

Die technische Entwicklung bezog sich vor allem auf Methoden und Techniken wie sie bei spektroskopischen Messungen wesentlich sind. Hierbei wurden technische Verbesserung beim Bau und Betrieb bodengestützter DOAS-Instrumente erreicht und ein neues flugzeuggestütztes Instrument entwickelt. Die Weiterentwicklung dieser Techniken ist insbesondere für weitere Forschungsvorhaben und Satellitenvalidationen von Bedeutung.

### **III.8 Erfindungen/Patentanmeldungen**

Es gibt keine Erfindungen und Patentanmeldungen.

### **III.9 Mittelverbrauch**

### III.9.1 Uni Heidelberg

#### Personaleinsatz

Folgendes Personal wurde in dem Vorhaben beschäftigt:

##### **wissenschaftliche Angestellte**

<b>Stelle</b>	<b>Name</b>	<b>Vorname</b>	<b>Von</b>	<b>Bis</b>
BATIIa 50%	Kirchhoff	Berit	1.1.2005	31.03.2005
BATIIa 50%	Marbach	Thierry	1.1.2005	31.07.2005
BATIIa 25%	Peters	Christina	1.4.2005	31.07.2005
BATIIa 50%	Bobrowski	Nicole	1.1.2006	31.01.2006
BATIIa 50%	Khokhar	M. Fahim	1.1.2006	31.12.2006
BATIIa 50%	Grzegorski	Michael	1.2.2006	28.02.2006
BATIIa 100%	Heue	Klaus-Peter	1.10.2006	31.12.2007

#### Anschaffungen

Im Rahmen dieses Projektes wurden keine Anschaffungen getätigt.

### III.9.2 Uni Bremen

#### Personaleinsatz

Folgendes Personal wurde in dem Vorhaben beschäftigt:

##### **wissenschaftliche Angestellte**

<b>Stelle</b>	<b>Name</b>	<b>Vorname</b>	<b>Von</b>	<b>Bis</b>
BATIIa 50%	Bramstedt	Klaus	1.01.2005	31.04.2006
BATIIa 100% / 50%	Bracher	Astrid	1.05.2005	30.11.2005
BATIIa 50%	Meyer	Jerome	1.01.2006	30.06.2006
BATIIa 100%	Amekudzi	Leonard	1.01.2006	31.12.2007
BATIIb 100%	Weber	Mark	1.12.2007	31.12.2007

#### Anschaffungen

Im Rahmen dieses Projektes wurden keine Anschaffungen getätigt.

## **IV Unterschriften**

Heidelberg, den 31.7.2008

Bremen, den 31.7.2008

(Klaus-Peter Heue, Uni Heidelberg)

(Mark Weber, Uni Bremen)