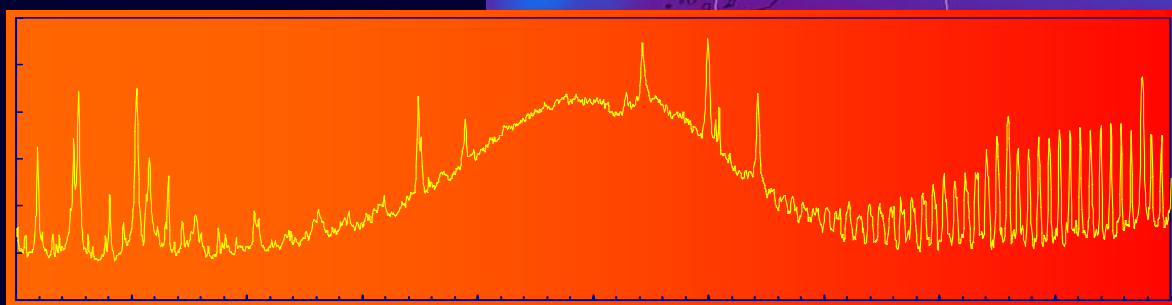
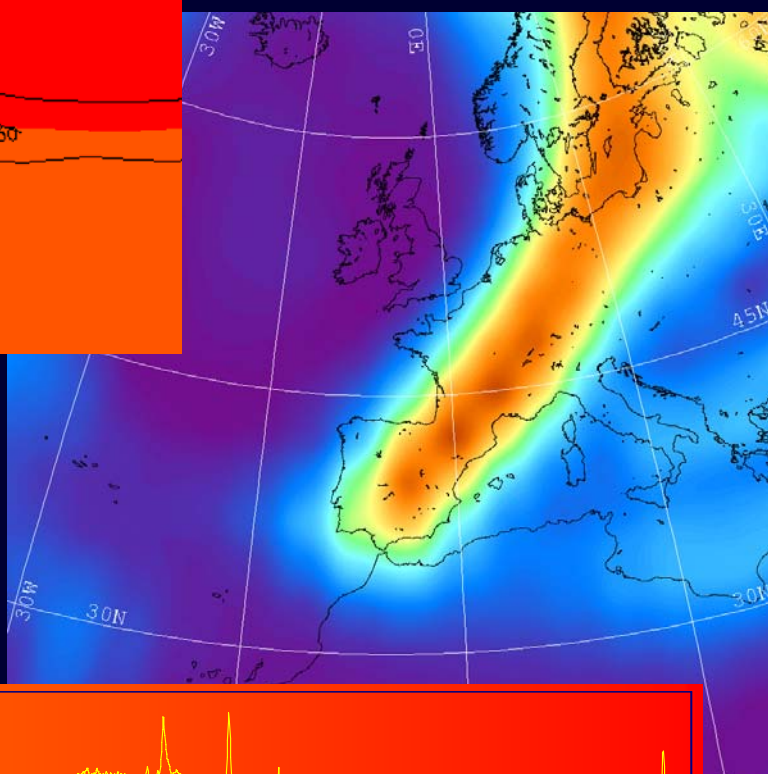
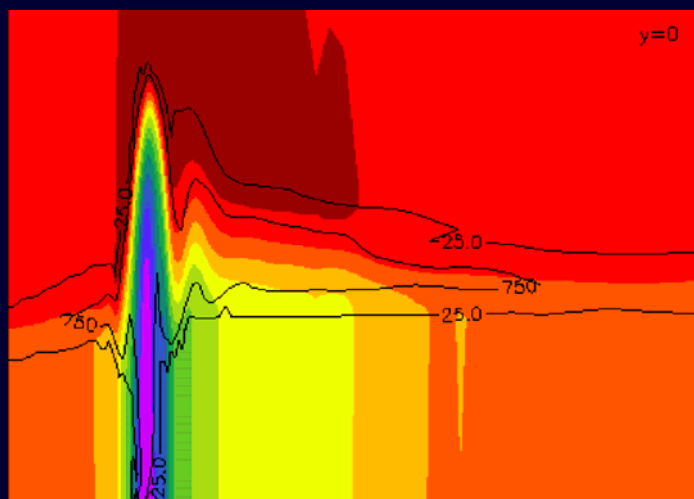




**Organisationseinheit
Atmosphärenprozessoren**

Jahresbericht 2003



Herausgeber: Organisationseinheit Atmosphärenprozessoren
des Instituts für Methodik der Fernerkundung

Inhaltliche Verantwortung: Dr. Thomas Trautmann

Redaktion und Layout: Dr. Thomas Trautmann,
Dr. Manfred Gottwald und Brigitte Rüba

Titelbild:

- Vertikalschnitt durch das Zentrum einer Rauchwolke (siehe Beitrag 3.13)
- Wirbelstärke auf der 330 K Isentropiefläche (siehe Beitrag 3.2)
- breitbandige FCKW-Emission in MIPAS-Spektrum (siehe Beitrag 3.4)

Oberpfaffenhofen, Januar 2004

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort.....	4
2.	Höhepunkte des Jahres 2003.....	5
2.1	SCIAMACHY Datenprozessoren – Ein Jahr operationeller Betrieb und die zukünftige Entwicklung	5
2.2	Modellierung des atmosphärischen Strahlungstransfers und Retrievaltechniken	10
3.	Laufende Projekte und Vorhaben	14
3.1	GOME- Datenprozessor - Version 3.4.....	14
3.2	Wie Extremwetterereignisse die Spurengasverteilung in der Atmosphäre beeinflussen können	16
3.3	SCIAMACHY Operations Support.....	19
3.4	Spurengasretrieval mit MIPAS	20
3.5	Optimierung des DLR MIPAS Level 2-Prozessors	23
3.6	AMIL2DA - Advanced MIPAS Level 2 Data Analysis	25
3.7	COBI / DEKLIM	27
3.8	ADM - die Atmospheric Dynamics Mission	28
3.9	Infrarot-Strahlungstransfer und Streuprozesse.....	29
3.10	Der Einfluß von Aerosol-, Wolken- und Bodenalbedoinhomogenitäten auf das aktinische Strahlungsfeld in der Atmosphäre	31
3.11	Parametrisierung der kurzwelligen Strahlung in dreidimensionalen Wolkenfeldern.....	33
3.12	Modellierung des Strahlungstransports in 3D-inhomogener Bewölkung im Rahmen von 4D-Wolken	34
3.13	Strahlung und Vegetationsbrände im Rahmen von EFEU	35
3.14	Eindimensionaler Strahlungstransport in hochreichender Vegetation	36
3.15	Untersuchungen zur Lichtstreuung an hexagonalen Eissäulen	38
3.16	Virtuelles Labor	39
4.	Veröffentlichungen, Vorträge und Tagungen	41
4.1	Zeitschriftenartikel	41
4.2	Proceedingsbeiträge	42
4.3	Dokumente	42
4.4	Vorträge und Pressemitteilungen	43
4.5	Besuchte Tagungen	45
4.6	Diplom- und Doktorarbeiten	45
4.7	Patentanmeldung.....	46
	Abkürzungen und Akronyme.....	47

1. Vorwort

Auch in seiner Ausgabe für das Jahr 2003 beschreibt der vorliegende Jahresbericht unterschiedliche Arbeiten und Entwicklungen in der Organisationseinheit *Atmosphärenprozessoren* des Instituts für Methodik der Fernerkundung (IMF-AP). Wie in den vorangegangenen beiden Jahresberichten bilden die Kapitel *Höhepunkte* und *Laufende Projekte und Vorhaben* die Kerninhalte dieser Jahreszusammenstellung.

Das Jahr 2003 war durch eine Reihe wichtiger Ereignisse gekennzeichnet. Auf administrativem Gebiet ist sicherlich der Wechsel an der Abteilungsspitze hervorzuheben. Dr. Tom Rother schied Anfang Februar 2003 auf eigenen Wunsch als Abteilungsleiter aus und kehrte in seine Heimatstadt Neustrelitz zurück, wo er sich in der Außenstelle der Organisationseinheit IMF-AP wieder den physikalischen und mathematischen Grundlagen von elektromagnetischer Streutheorie und Strahlungstransport widmen kann. An seine Stelle trat als neuer Abteilungsleiter PD Dr. Thomas Trautmann, der vom Meteorologischen Institut der Universität Leipzig kommend diese Stelle ab Mitte März 2003 übernahm.

Die fachlichen Ereignisse des Jahres 2003 waren in IMF-AP vor allem durch das Ende der Commissioning-Phase für den Erderkundungssatelliten ENVISAT der ESA gekennzeichnet. Mit dem Beginn des Routinebetriebs begann die kontinuierliche Versorgung mit Daten der Atmosphärensensoren, welche in den kommenden Jahren eine der tragenden Säulen für IMF-AP sein werden. Hierbei beschäftigt sich ein Großteil der Prozessorenentwicklung mit dem weiteren Ausbau der Retrievalalgorithmen für unterschiedliche Spurengase bei Nadir- und Limbbeobachtung von SCIAMACHY. Für dieses Instrument beherbergt IMF-AP zusätzlich - gemeinsam mit IUP/IFE Universität Bremen - den nationalen SCIAMACHY Operations Support, der zusammen mit ESA für dessen reibungslosen Betrieb verantwortlich zeichnet. Auch für den SCIAMACHY-Vorläufer GOME war das abgelaufene Jahr recht erfolgreich, da mit den GOME-Datenprozessorversionen 3.0 und 3.4 Reifegrade erreicht wurden, deren Ergebnisse den amerikanischen Resultaten für TOMS praktisch ebenbürtig sind. Ferner sei auf die sehr positive Entwicklung des *Virtuellen Streu- und Strahlungstransferlabors* hingewiesen, welches ab Dezember 2003 eine Förderung für weitere drei Jahre erhält und nun als *Softwareportal des DLR* dem vielfältigen Anwenderfeld in Wissenschaft und Industrie internetbasierte Softwarelösungen anbieten wird.

Wir denken, dass IMF-AP für die Anforderungen der Zukunft - trotz der gegenwärtig manchmal unsicheren finanziellen Situation im Wissenschaftsbereich - gut aufgestellt ist. Die vorhandene Expertise bei instrumentenspezifischen Verfahren, den mathematisch-physikalischen Methoden von Streutheorie, Strahlungstransport und Invertierungsalgorithmen sowie den informationstechnischen Methoden für die Prozessorenentwicklung bildet die Basis, sich auch bei zukünftigen Satellitenmissionen, die für die Post-ENVISAT-Ära langsam Gestalt annehmen, an herausragender Stelle zu beteiligen.

Allen Autoren sei an dieser Stelle für ihre Beiträge im Jahresbericht 2003 herzlich gedankt. Dieser Dank gilt insbesondere für die Mitarbeiter der Strahlungsgruppe am Institut für Meteorologie der Universität Leipzig, deren Kurzberichte für die dort laufenden Projekte die Zusammenarbeit mit dieser Universität dokumentieren sollen.

PD Dr. Thomas Trautmann

Dr. Manfred Gottwald

2. Höhepunkte des Jahres 2003

2.1 SCIAMACHY Datenprozessoren – Ein Jahr operationeller Betrieb und die zukünftige Entwicklung

A. v. Barga, S. Slijkhuis, K. Kretschel, B. Aberle, W. Döhler, A. Doicu, M. Hess, S. Hilgers, D. Huber, S. Hummel, F. Schreier

Die Datenprozessorentwicklung für den Atmosphärensensoren SCIAMACHY auf ENVISAT stand im Jahr 2003 unter der Prämisse, die Anforderungen, welche sich aus der Commissioning-Phase ergeben hatten, in einen Prototypen umsetzen und dafür zu sorgen, dass sie sich ebenso in den industriell umgesetzten Datenprozessoren wiederfinden. Ein wesentlicher Meilenstein war der Abschluss der Entwicklung im Bereich Level 0-1b für den UV/Vis-Spektralbereich, einschließlich der erfolgreichen Verifizierung durch ein externes Gremium. Darüber hinaus wurde durch das Aufsetzen eines eigenen experimentellen Retrievalschemas die Basis für interne Vergleiche mit dem operationellen Level 2-Datenprozessor unter dem Aspekt einer intensiven Fortentwicklung der Limb-Algorithmen vorangetrieben, sowie eine Implementierung von weiteren Verbesserungen in den Level 2-Algorithmen vorgenommen.

Wie sind nun die SCIAMACHY-Datenprozessoren aufgebaut und welche Zuständigkeiten ergeben sich daraus für IMF-AP? Die Datenprozessierung erfolgt, von unkalibrierten Level 0-Daten ausgehend, in einem ersten Schritt zu Level 1b-Produkten, bei dem sowohl die Informationen für die spektrale und radiometrische Kalibrierung gewonnen als auch dem Nutzer Spektren zur Weiterverarbeitung bereitgestellt werden. Im darauffolgenden Schritt nach Level 2 werden aus den Level 1b-Spektraldaten die Säulendichten und Profile für atmosphärische Spurengase wie z.B. Ozon oder Stickstoffdioxid abgeleitet. Eine weitergehende Verarbeitung zu globalen Karten (Level 3 und höher) durch Assimilation oder ähnliche Methoden ist im Rahmen des Payload Data Segment Betriebs (PDS) seitens ESA nicht mehr Aufgabe von IMF-AP. Damit ist der fachliche Rahmen für unsere prozessorrelevanten Arbeiten eindeutig definiert, d.h. Entwicklungstätigkeiten für die Schritte von Level 0 nach Level 2. Der minimale Umfang dafür ist durch die Anforderungen der offiziellen Datenprodukte der ESA in Tabelle 1 beschrieben.

Beobachtungsgeometrie	Spurengas	
	UV/Vis	Infrarot
Nadir	O ₃ , NO ₂ , BrO, OClO, H ₂ CO, SO ₂	N ₂ O, CH ₄ , CO, CO ₂ , H ₂ O
Limb	O ₃ , NO ₂ , (BrO)	CH ₄

Tab. 1: Minimalanforderungen an die SCIAMACHY Level 2-Datenprozessoren

Es sind für die Verarbeitungskette von Level 0 bis Level 2 drei unterschiedliche Datenprozessoren zu unterscheiden:

- SCIAMACHY Level 0-1b Near Real Time (SGP L01 NRT)
- SCIAMACHY Level 1b-2 NRT (SGP L12 NRT)
- SCIAMACHY Level 1b-2 Offline (SGP L12 OFL)

Alle drei Datenprozessoren werden zur Erzeugung offizieller ESA-Produkte im ENVISAT-Bodensegment eingesetzt. IMF-AP hat alle drei Datenprozessoren entwickelt und die Umsetzung des SGP L12 OFL durchgeführt. Leider konnte dieser im Berichtsjahr noch nicht im PDS eingesetzt werden, da von dessen Seite die technischen Voraussetzungen noch nicht vollständig erfüllt waren.

Ausgangssituation

Zu Beginn des Jahres 2003 war, nach erfolgreichem Start von ENVISAT im Jahr 2002, die erste Phase des Missionsbetriebs - die sogenannte Commissioning-Phase – erfolgreich absolviert worden. Dabei wurde neben der instrumentellen Funktionsfähigkeit auch die Verarbeitungskette der Messdaten überprüft. Abgeschlossen wurde diese Phase Ende 2002 mit einem Validationsworkshop. Ziel dieser Veranstaltung war eine erste Würdigung der Datenqualität der Level 1b- und Level 2-Produkte mit Ausblick auf höherwertige Produkte. Den Validationsteams standen dabei die offiziellen Produkte der industriellen implementierten Datenprozessoren SGP 01 NRT und SGP 12 NRT zur Verfügung. Die

Ergebnisse des Workshops, aber auch durch eigene Vergleiche gewonnene Erkenntnisse, gaben wesentliche inhaltliche Ziele für das Jahr 2003 vor:

- Die Ergebnisse der industriell umgesetzten Datenprozessoren wichen trotz eingehender und detaillierter Tests vor dem ENVISAT-Start von denen der Prototypen teilweise erheblich ab. Es ist offensichtlich, die industrielle Implementierung mit Unterstützung der Entwicklungsseite anzupassen. Damit bestätigte sich die bekannte Erfahrung, dass trotz genau spezifizierter Tests im Vorfeld einer Mission die Realität in ihrer Komplexität nur eingeschränkt vorweggenommen werden kann. Diese Art Nachbearbeitung ist also ein typischer Effekt und sollte bei jeder Bodensegmententwicklung berücksichtigt werden.
- Die Kalibrierungsstufe der Datenverarbeitung (Level 0-1b) muß die Instrumenteigenschaften so exakt wie möglich algorithmisch abbilden. Durch die flexible Verknüpfung von Beobachtungsgeometrien (Nadir¹, Limb² und Okkultation³) mit unterschiedlichen Integrations- wie auch Auslesezeiten und Betriebsmodi des Instruments ließ sich dies vollständig nur mit reellen Messdaten austesten.
- Die Leistungsfähigkeit der Detektoren im infraroten Spektralbereich war durch eine Eisschicht, die sich nach dem Start gebildet hatte, reduziert. Deren algorithmische Berücksichtigung stellt eine unvorhergesehene Herausforderung dar.
- Die Auswertung der unter Limb-Bedingungen gemessenen Daten ist ein Novum, da hier - ebenso wie beim IR-Spektralbereich - kein Praxis-Know How vorangegangener Missionen existiert.

Basierend auf den Erfahrungen des Jahres 2002 wurde in Zusammenarbeit mit den Raumfahrtagenturen ESA, DLR und NIVR sowie ausgewählten wissenschaftlichen Einrichtungen (Universität Bremen, SRON, TPD/TNO, KNMI und SAO) zur Verbesserung der administrativen Kontrolle für das Jahr 2003 ein Masterplan mit detaillierten Arbeitspaketen aufgestellt, der Vorarbeiten in Form von Studien durch einige Forschungsinstitute zuließ. Der Masterplan wurde von der deutschen Raumfahrtagentur (DLR) in Bonn geführt. Ein wesentlicher Aspekt des Plans war die Tatsache, die Level 0-1b Verarbeitung sowie den UV/VIS-Spektralbereich mit höchster Priorität zu bearbeiten.

Level 0-1b: Berechnung der Kalibrierungsdaten

Die Berechnung der Kalibrierungsdaten setzt sich zusammen aus verschiedenen algorithmischen Schritten, deren Reihenfolge eine durch die Messphysik definierte Sequenz einhalten muss. Zusätzlich werden diese algorithmischen Schritte auf Messdaten angewandt, welche nach einem komplexen Betriebsschema gewonnen wurden. Hierzu tragen bei:

- drei verschiedene Beobachtungsgeometrien und das Ziel zwei Beobachtungsgeometrien (Nadir und Limb) für bestimmte Messzeiten geographisch in Übereinstimmung zu bringen, so dass durch Vergleich der Auswertungen zwischen den verschiedenen Anteilen der Atmosphäre unterschieden werden kann
- spezielle Messszenarien (*Calibration & Monitoring States*) zur Erfassung bestimmter Instrument- und Kalibrierungseigenschaften
- die Variation der Integrationszeiten in einer Bandbreite von 1/16 s bis 1 s
- das *Clustering* der Detektorkanäle mit unterschiedlichen Integrationszeiten unterteilt, so dass zu verschiedenen Integrationszeiten unterschiedliche Bandbreiten an spektraler Information vorliegen

Vor dem Vorliegen erster reeller Messdaten konnten diese Einflüsse zwar theoretisch korrekt behandelt werden, aber unter echten Messbedingungen und aufgrund unerwarteter instrumenteller Eigenheiten sind immer für Einzelfälle Sonderbehandlungen zu erwarten.

Neben betriebsrelevanten Vorgaben ist der Kalibrierungsalgorithmus abhängig von Instrumenteigenschaften, welche sich über bestimmte Kalibrierungsdaten, sogenannte *Keydaten*, beschreiben lassen. Sie wurden im Rahmen von Phase-C/D-Meßkampagnen von niederländischen Industriepartnern mit dem Flugmodell des Instruments gewonnen und aufbereitet. Da die Erfassung der *Keydaten* noch nicht als konsolidiert angesehen werden konnte, waren im Berichtsjahr weitere

¹ Nadir bedeutet die Beobachtung senkrecht zur Flugrichtung direkt auf die Erdoberfläche „schauend“ Richtung Nadirpunkt.

² Unter Limb versteht man die Beobachtung von Volumina am Horizont (bei SCIAMACHY in Flugrichtung). Der Horizont ist dabei durch den Tangentenpunkt charakterisiert. Durch die Kombination von Messungen mit übereinander liegenden Tangentenpunkten kann ein Höhenprofil von Spurengasen abgeleitet werden.

³ Die Beobachtungsgeometrie Okkultation entspricht der bei Limb, nur dass hier ganz bewusst auf Sonne bzw. Mond als entfernte Lichtquelle, fokussiert wird. Auch hier steht die Informationsgewinnung von Spurengasprofilen im Vordergrund.

Untersuchungen von Projektbeteiligten erforderlich, auch mit der Folge, Korrekturen auf Seiten der Algorithmenentwicklung vorzunehmen.

Ein weiterer Schwerpunkt in der algorithmischen Optimierung des Prozessors war die Behandlung der Polarisierung und die Ableitung der Intensitäten bzw. des Reflexionsgrads. Aufgrund von Keydatenbedingten Eigenheiten ließen sich bisher absolute Intensitäten nicht korrekt bestimmen. Daher wurden Studien zur Problembehebung von externen Partnern vorangetrieben, deren Ergebnisse jedoch noch ausstehen. Des Weiteren konnte der Polarisationsalgorithmus bereinigt werden sowie für einige Kalibrierungsaktivitäten, z.B. Dunkelstromkorrektur, neue Ansätze entwickelt und implementiert werden. Hier erwies sich der direkte Zugang zu instrumentspezifischer Betriebsinformation aufgrund des in IMF-AP installierten SCIAMACHY Operations Support als sehr hilfreich.

Der wesentliche Aufwand war im zurückliegenden Jahr der Abstimmung zwischen dem in IMF-AP entwickelten Prototyp und der industriellen Umsetzung des Datenprozessors vorbehalten. Um zukünftig auf diesem Gebiet effektiv vorangehen zu können, wurden die Kriterien für den Vergleich der damit verbundenen verschiedenen Softwareentwicklungen auf ein sehr hohes Niveau – teilweise bis auf Bit-Ebene – getrieben. Man beachte, dass sich dieser Ansatz auf Produktebene teilweise nicht mehr in signifikanten Differenzen niederschlägt, jedoch künftig auf Entwicklungs- und Prozessierungsseite abweichende Implementierungen und daraus resultierend divergierende Resultate mit großer Wahrscheinlichkeit ausschließen lassen.

Zusammenfassend lauten die im Jahr 2003 erreichten Ziele:

- Abschluss der operationellen Entwicklung der Kalibrierung im sichtbaren und UV-Spektralbereich,
- absolut genaue Anpassung der industriellen Implementierung an den Prototyp und damit die Schaffung einer hervorragenden Basis für Fortentwicklungen
- Fortentwicklung der Algorithmen im Spektralbereich im UV/VIS- und IR- Spektralbereich

Als Herausforderung des Jahres 2004 stehen die Kalibrierung des IR-Spektralbereichs und die korrekte Behandlung der Intensitäten an.

Level 1b-2: Bestimmung von Spurengasdichten und -profilen

Wenn über die Ableitung von Spurengasdichten und -profilen berichtet wird, so sind immer die Prototypen zweier Prozessoren (SGP L12 NRT und SGP L12 OFL) und das operationelle System des Offline Prozessors (SGP L12 OFL) zu berücksichtigen. Auch für diesen Schritt der Verarbeitungskette wurde ein Masterplan erstellt, der unsere Aktivitäten mit denjenigen externer Partner koordiniert mit dem Ziel eines möglichst schnellen Erreichens operationell einsetzbarer Software.

Ähnlich wie im Fall der Kalibrierung (Level 0-1b) war die Anpassung der industriellen Implementierung an den Prototyp eine Notwendigkeit, da sich auch hier bei der Verarbeitung reeller Messdaten in einigen wesentlichen Algorithmenkomponenten Abweichungen zeigten. Insbesondere mußte man bei diesem zeitlich sehr aufwändigen Vergleich auch die Übereinstimmung zwischen den beiden Prototypen sicherstellen, soweit Änderungen in den Quellcodes des NRT-Prototyps⁴ betroffen waren. Beim Vergleich mit den industriellen Entwicklungen wurden darüber hinaus Korrekturen vorgenommen an

- der Interpolation der Temperaturabhängigkeit der Ozonreferenzabsorptionsquerschnitte
- der Ausgabe der Wolkenhöhe⁵ für jedes Messfenster zur kürzesten Integrationszeit eines States
- der Ableitung der Säulendichte im IR (hier führte ein Indizierungsfehler zu einem um mehrere Größenordnungen abweichenden Resultat.)

Zusätzlich zu den Korrekturen inhaltlicher Natur erfolgte, angeregt durch externe Empfehlungen, eine erste Optimierung der Eingangsparameter für die Auswertung der Nadirdaten. Dazu zählt eine Verschiebung des Fitfensters für BrO im UV-Spektralbereich und für eine experimentelle Phase die Einführung einer konstanten Verschiebung der Wellenlänge um 0.017 nm im IR-Spektralbereich. In Letzterem konnten außerdem neue spektrale Fitfenster für zwei der drei Anwendungen eingerichtet werden. Festzuhalten ist, dass sich erst dadurch ein erfolgreicher Ablauf des IR-Retrievals erzielen ließ.

⁴ Änderungen sind nicht unbedingt als Folge einer inhaltlichen Korrektur eines Algorithmus erfolgt, sondern auch um Konformität zwischen Prototyp und industrieller Implementierung auf dem schnellsten Wege herzustellen.

⁵ Bisher handelt es sich im Produkt um eine klimatologische Information, die aber in naher Zukunft durch Erweiterung der Prozessoren auch durch ein abgeleitetes Produkt ersetzt werden kann.

Dies ist als qualitativer Fortschritt zu werten. Bevor quantitativ belastbare Ergebnisse vorliegen müssen im IR-Spektralbereich noch erhebliche Kalibrierungskorrekturen implementiert werden.

In Abb. 1 ist ein typisches Auswerteresultat einer Messung aus dem Orbit #2509 über nordafrikanischer Wüstengegend dargestellt. Simultan werden in dieser Auswertung die Spurengase CH_4 , N_2O und H_2O abgeleitet. Angegeben ist das Verhältnis der Radianz zur Irradianz des gemessenen Spektrums (Dreiecke, blau) und des berechneten Spektrums (Quadrate, rot) zusammen mit dem Residuum (Kreise, blau). In weiten Bereichen erkennt man eine zumindest zufriedenstellende Anpassung an die Messwerte. Mit dieser rein quantitativen Auswertung wurden über einem Wüstengebiet bei Wolkenfreiheit Säulendichten im Bereich von $3.0 \times 10^{19} \text{ molec/cm}^2$ für CH_4 und $6.4 \times 10^{18} \text{ molec/cm}^2$ für N_2O abgeleitet. Offensichtlich konnten aber nicht alle Wellenlängen des Fitfensters zur Auswertung herangezogen werden. In den ausgeblendeten Fällen handelt es sich um Bereiche, in denen die Spektralinformationen aufgrund von Detektoreigenheiten verfälscht ist. So funktioniert nicht jedes Detektorelement einwandfrei und muss als *Bad Pixel* ausmaskiert werden. Die vor dem Start abgeleitete Bad Pixel-Maske ist natürlich der Realität im Betrieb anzupassen. Dafür gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder man unterzieht die Kalibrierungsdaten einer detaillierten Analyse, welche auch integrationszeitabhängige Effekte berücksichtigt, oder man identifiziert ungeeignete Pixel anhand des Auswerteverfahrens.

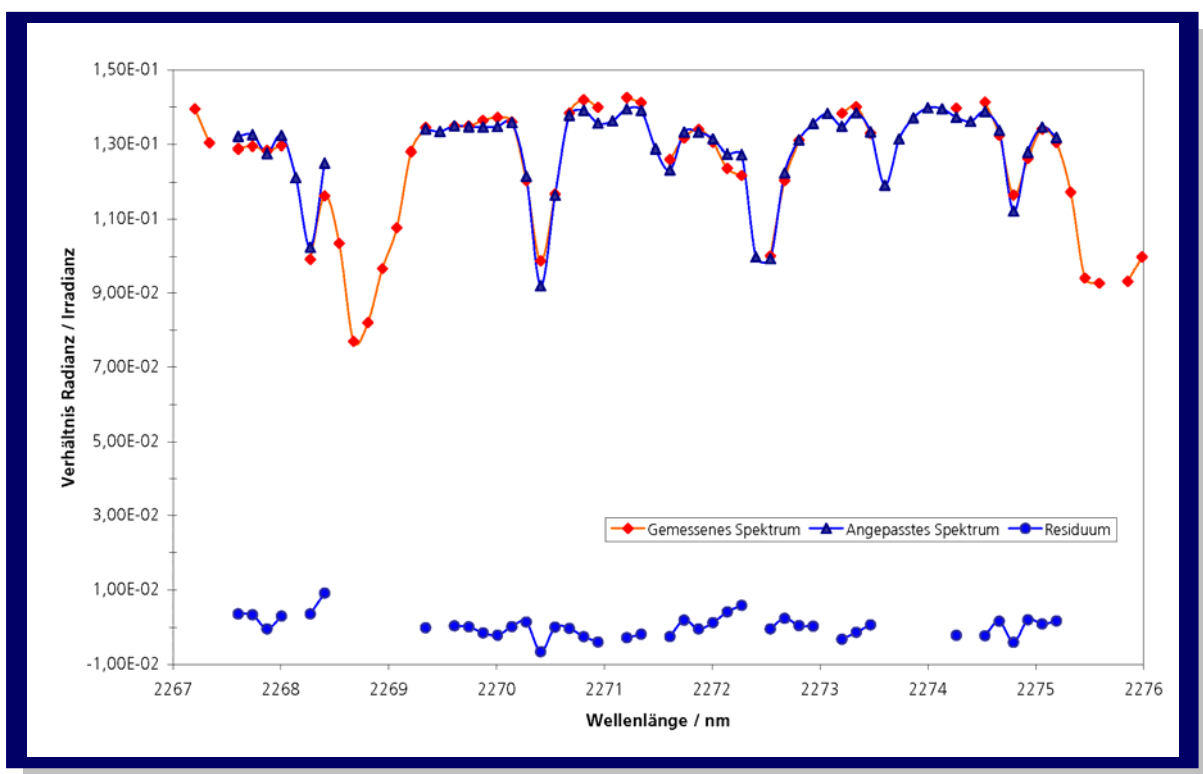


Abb. 1: Simultane Bestimmung der Spurengassäulendichten von CH_4 , N_2O und H_2O im IR-Spektralbereich. Dargestellt ist das gemessene und angepasste Spektrum im Verhältnis der Radianz zu Irradianz und das Residuum zwischen Messung und Auswertung. Näheres siehe Text.

Unabhängig von der Abstimmung der Nadir-Algorithmen wurden auch die Limb-Algorithmen, welche nur im SGP L2 OFL Datenprozessor implementiert sind, weiterentwickelt, insbesondere bzgl. der Retrievalverfahren. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um

- die Möglichkeit, den Zustandsvektor in der von *Flittner, Barthia und Herman* (2000) genannten Form zu behandeln, nämlich indem das Retrieval sich auf drei Punkte im Spektrum (einer am Punkt der größten Absorption, die beiden anderen an den Punkten schwächster Absorption – jeweils einer spektral ober- bzw. unterhalb des ersten) konzentriert, und bei Ozon Messdaten in der Huggins-Bande genutzt werden,
- die Verfeinerung der Retrievalverfahren durch die Möglichkeit eines iterativen regularisierten Gauss-Newton Verfahrens unter Nebenbedingungen für die Variablen
- die automatische Wahl der Regularisierungsparameter durch L-Kurven-Methode und GCV-Verfahren (Generalised Cross Validation).

Die genannten Verfahrensentwicklungen sollen in die nächste Generation des Datenprozessors eingehen. Derzeit befinden sie sich in der Implementierungs- bzw. Testphase. Es ist geplant, im ersten Halbjahr 2004 qualitative wie auch quantitative Aussagen über eine Prozessierung mit Hilfe dieser Methoden treffen zu können. Um die Auswertungsmethode von Flittner, Barthia und Herman für Messungen in Limb-Beobachtungsgeometrie einsetzen zu können, wurde ein Verfahren entwickelt, Messungen aus verschiedenen Clustern zusammenzuführen, wobei sichergestellt sein muss, nur Messungen mit gleichen Integrationszeiten zu kombinieren. Als Nebeneffekt lässt diese Erweiterung nun auch die Auswertung von SO₂-Säulendichten im UV (Nadir) in einem optimierten spektralen Ausschnitt zu.

Ausblick

Mit ESA wurde vereinbart, mit dem erfolgreichen Abschluss der Factory Acceptance Tests (FAT) beider Prozessoren (SGP L2 NRT bestanden im Dezember 2003, SGP L2 OFL steht im Januar 2004 an) beide Prototypen zusammenzulegen. Dann werden Weiterentwicklungen nur noch am Prototyp SGP L2 OFL erfolgen, der somit auch als Prototyp für den SGP L2 NRT dient. Dadurch erzielen wir in Zukunft eine erhebliche Ressourceneinsparung.

Letztendlich spiegelt sich die erfolgreiche Zusammenarbeit mit ESA in der Zusage wider, für die gesamte Betriebsphase dem SCIAMACHY-Datenverarbeitungsteam von IMF-AP den Status eines *Expert Support Laboratory* (ESL) Status zuzuweisen und so Kontinuität in der Algorithmen- und Prozessorentwicklung zu garantieren.

zitierte Literatur:

Flittner, D.E., P.K. Barthia, B.M. Herman: O₃ profiles retrieved from limb scatter measurements: Theory, *Geophysical Research Letters*, Vol. 27 (17), 2601-2604, 2000

2.2 Modellierung des atmosphärischen Strahlungstransfers und Retrievaltechniken

F. Schreier, A. Doicu, G. Schwarz, S. Hilgers, M. Hess

Grundlagen

Die Fernerkundung zählt zu den wichtigsten Werkzeugen der Atmosphären-, Klima- und Umweltforschung. Typische Produkte der atmosphärischen Fernerkundung sind Aussagen zu Zusammensetzung und Eigenschaften der Atmosphäre, insbesondere also Druck, Temperatur, Molekül-Konzentrationen, Aerosol-Konzentrationen und -Eigenschaften. Dabei besteht die Bestimmung geophysikalischer Größen aus atmosphärischen Fernerkundungs-Messdaten im Wesentlichen aus zwei Teilproblemen:

- Vorwärtsproblem: effiziente und genaue Modellierung des Strahlungstransfers in der Atmosphäre: Ziel ist hier aus gegebenen Atmosphäreneigenschaften auf das Absorptions- oder Emissionsspektrum zu schließen.
- Inverses Problem: numerisch stabile Verfahren zur Schätzung der gesuchten geophysikalischen Größen aus den gemessenen Spektren

Der Strahlungstransport in der Atmosphäre wird durch einen grundlegenden funktionalen Zusammenhang zwischen den thermodynamischen Eigenschaften des Mediums (Temperatur, Druck, Dichte und Zusammensetzung etc.), den spektralen optischen Eigenschaften (Absorption, Intensität etc.) sowie den mikrophysikalischen Parametern der beteiligten Spezies bestimmt. Die Modellierung eines Spektrums in der Vorwärtsrechnung $F(x)$ kann immer nur als Näherung aufgefasst werden, da z.B. zur Optimierung der Rechenzeit manche physikalischen Effekte nur vereinfacht beschrieben werden können. Der Zustandsvektor x in Abb. 2 beschreibt nur die gesuchte(n) atmosphärische(n) Größe(n), während der Parametervektor b zusätzliche Atmosphärengrößen (welche bei der aktuellen Inversion nicht mitbestimmt werden sollen, jedoch für eine korrekte Strahlungstransfermodellierung wesentlich sind) sowie sonstige Parameter, z.B. der Instrumenteneigenschaften, umfasst. Für die Inversionsrechnung werden u.U. weitere Parameter benötigt, die formal im Vektor c zusammengefasst werden.

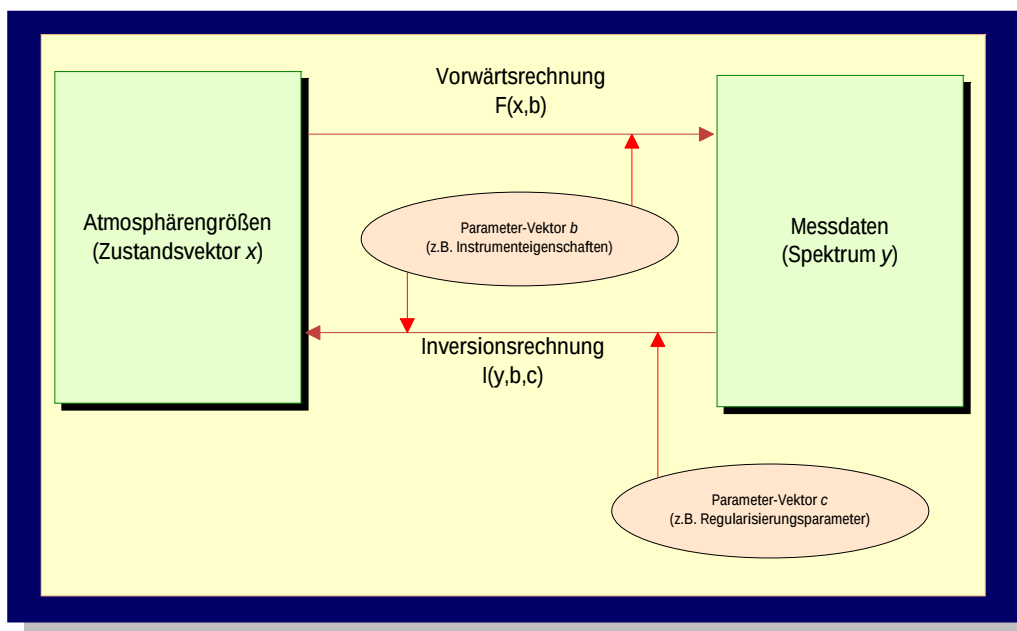


Abb. 2: Zusammenhang zwischen Vorwärtsrechnung und Inversionsrechnung

Die Auswertung der Messungen erfordert meist iterative Rechenverfahren, d.h., ausgehend von einem angenommenen Atmosphärenzustandsvektor x wird durch die Vorwärtsrechnung ein Spektrum simuliert und dieses mit dem gemessenen Spektrum verglichen. Nach geeigneter Anpassung des Zustandsvektors x wird dies solange wiederholt, bis das simulierte und gemessene Spektrum hinreichend genau übereinstimmen.

Leider ist es nun nicht möglich, den Zustand des untersuchten Mediums exakt aus einem gemessenen Spektrum zu rekonstruieren. Einerseits ist die Messgröße in der Regel mit Rauschen behaftet, so dass die Gleichung $y = F(x)$ nur näherungsweise zu verstehen ist; auch wird das gemessene Spektrum meistens

durch weitere systematische Fehler zusätzlich "verzerrt". Bei der gesuchten Größe handelt es sich andererseits üblicherweise um eine kontinuierliche Funktion (z.B. Temperatur als Funktion der Höhe), doch kann die Inversion nur eine diskrete Näherung liefern.

Vorwärtsmodelle

Die Anforderungen an das Strahlungstransfermodell werden weitgehend von den Messbedingungen, also insbesondere Spektralbereich, Messgeometrie, Sensortyp, usw. bestimmt. Die wesentliche Herausforderung im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich (UV/VIS) liegt vor allem in der Modellierung von Mehrfachstreuung als Strahlungsquelle. Für spektral hochauflösende Instrumente im Mikrowellen- und Infrarot-Spektralbereich sind dagegen in der Regel sogenannte *Line-by-Line* (LbL) Strahlungstransportmodelle unabdingbar. Hier kann man andererseits Streuung meist vernachlässigen, schränkt jedoch dadurch die Anwendbarkeit des Vorwärtsmodells auf nahezu wolken- und aerosolfreie Atmosphären ein. Bei reduzierten Anforderungen an die spektrale Auflösung haben sich Banden-Modelle und sogenannte *correlated-k* Modelle bewährt. Neben der Modellierung des eigentlichen atmosphärischen Strahlungstransports muss das Vorwärtsmodell auch in der Lage sein, Modifikationen des Spektrums durch das Instrument zu berücksichtigen, insbesondere den spektralen (*Instrumental Line Shape* - ILS) und räumlichen (*Field of View* - FoV) Einfluss des Sensors. In IMF-AP wurden folgende Themen untersucht:

- effiziente Verfahren zur Berechnung des spektral hochaufgelösten Molekülabsorptions-Querschnitts
- zweidimensionaler bzw. dreidimensionaler Strahlungstransport: Im LbL-IR-Bereich existieren bereits entsprechende Entwicklungen (z.B. MIPAS-Umfeld). Im UV/VIS-Strahlungstransport mit Mehrfachstreuung besteht hier noch ein beträchtlicher Entwicklungsbedarf.
- Strahlungstransport mit Mehrfachstreuung für nichtsphärische Teilchen mit Vorzugsrichtung
- spektroskopische Molekül- und Aerosoldaten: Obwohl nicht Teil des Strahlungstransports im engeren Sinne, soll nicht unerwähnt bleiben, dass alle Bemühungen um eine genauere Modellierung im Zusammenhang mit den zur Verfügung stehenden unvollständigen und teilweise fehlerbehafteten Eingabedaten zu sehen sind. Die enge Zusammenarbeit mit der Streutheorie-Gruppe in Neustrelitz wie auch mit der Molekülspektroskopie-Gruppe der Abteilung IMF-EV sind hier äußerst wertvoll.

Im Zusammenhang mit Inversionsmethoden (siehe unten) sind neben dem eigentlichen Spektrum Ableitungen des Spektrums nach den gesuchten atmosphärischen Größen (*Jacobian, Gewichtsfunktionen*) eine zusätzlich wichtige Ausgabegröße. Bei der Inversion müssen z.B. aufgrund instrumenteller Artefakte oftmals auch Instrumentparameter mit angepasst werden, so dass entsprechende Ableitungen nach diesen Größen ebenfalls erforderlich sind. Da sich die Berechnungen von Ableitungen durch finite Differenzen als zeitaufwändig und fehlerbehaftet erweisen, sind Vorwärtsmodelle, welche simultan analytische Ableitungen erzeugen, als vorteilhaft anzusehen. Bei IMF-AP werden zwei Ansätze verfolgt:

- Manuell kodierte Ableitungen (analytische Differenzierung der Strahlungstransportgleichung nach den gesuchten Parametern und Programmierung der resultierenden Ausdrücke): Dieser Ansatz wird z.B. im LbL-IR-Modell KOPRA des FZK-IMK verwendet, welches im operationellen D-PAC Prozessor für MIPAS zum Einsatz kommt. Auch die Linearisierung des Mehrfachstreuungs-Strahlungstransportmodells DISORT (*Discrete Ordinate Radiative Transfer*) im LIDORT-Modell verwendet letztlich diesen Ansatz.
- Automatische Differenzierung (Algorithmische Ableitungen): Durch eine Art Pre-Compiler wird das Computer-Programm (Fortran, C, C++, ...) des Vorwärtsmodells, das ausschließlich das Spektrum liefert, in ein neues Programm, welches zusätzlich auch die Ableitungen berechnet, transformiert. Diesen Ansatz benutzt das am Institut entwickelte LbL-IR-Modell MIRART.

Inversionsrechnung

Die Inversion bzw. das *Retrieval*, also die Ermittlung der gesuchten atmosphärischen Parameter aus den Fernerkundungs-Messdaten (meist Spektren, idealerweise kalibriert, georeferenziert, usw.) erfolgt vielfach mit numerischen Optimierungsverfahren, d.h. durch Vergleich der Messdaten mit den von einem geeigneten Modell des Messprozesses (Vorwärtsmodell) und einem geschätzten Parameter-Satz simulierten Daten und iterativer Anpassung der gesuchten Parameter. Hierbei finden Anwendung:

- Differentielle Verfahren ohne Vorwärtsmodellierung
- Relaxationsverfahren (Methoden von *Chahine, Smith* und *Twomey*)
- Inversion durch Ausgleichsverfahren (meist im *Least-Squares* Sinne)

Die bei der Inversion von Integralgleichungen - wie z.B. der Strahlungstransfergleichung - auftretenden Probleme werden in der mathematischen Literatur als *schlechtgestelltes Problem* bezeichnet. Allgemein gilt ein Problem als *gutgestellt*, sofern

- für jedes y eine Lösung x existiert
- die Lösung x eindeutig ist
- kleine Störungen in y kleine Störungen in x verursachen

Ist eine der Voraussetzungen nicht erfüllt, so heißt das Problem *schlechtgestellt*. Das wesentliche Hindernis bei der Inversion in der Atmosphärenspektroskopie ist die extreme Sensitivität der Lösung auf kleine Störungen des Messsignals. Erst durch zusätzliches Einbringen von externem Wissen, z.B. durch Glättung oder Klimatologie (= Regularisierung), können realistische Ergebnisse erzeugt werden. Entsprechende Verfahren (*Tikhonov-Regularisierung*, *Optimal Estimation*, statistische Regularisierung, Ungleichheits-Nebenbedingungen wie z.B. Positivität der Lösung) bilden die Grundlage mehrerer bei IMF-AP entwickelter bzw. betriebener Retrieval-Codes. Da die meisten *Inversen Probleme* zudem nichtlinear sind, muss das entstehende verallgemeinerte *Least-Squares Problem* iterativ durch geeignete *Gauss-Newton-* bzw. *Levenberg-Marquardt-Verfahren* gelöst werden. Wesentlich für *Tikhonov-Regularisierung* ist zudem eine optimale Wahl des Regularisierungsparameters (Maß der Glätte), z.B. durch das *L-Kurven-Verfahren*. Beim Retrieval von Profelfunktionen ist zudem eine wesentliche Voraussetzung für alle Verfahren eine geeignete Diskretisierung, z.B. durch Entwicklung nach Basisfunktionen (siehe Abb. 3).

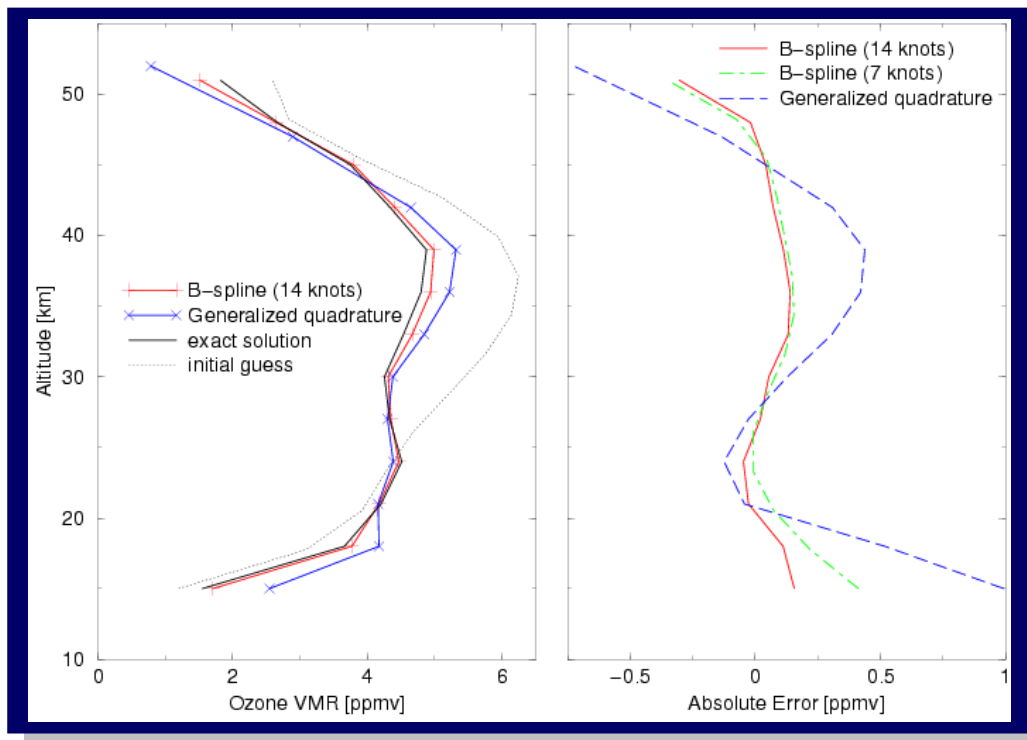


Abb. 3: Vergleich von Diskretisierungs-Methoden für das Retrieval von Ozon aus simulierten MIPAS-ENVISAT Spektren (Blind-Test Daten aus AMIL2DA, vgl. Kapitel 3.6) *Verallgemeinerte Quadratur Methode*: Der Zustandsvektor x besteht aus den Funktions-Werten in verschiedenen Höhen: $x=(\text{VMR}(z_1), \text{VMR}(z_2), \dots, \text{VMR}(z_n))$ *B-Spline*: Das Ozon-Profil wird nach B-Spline Funktionen entwickelt und der Zustandsvektor besteht aus den Entwicklungskoeffizienten.

Neben den *Least-Squares-Verfahren* (ggf. mit Regularisierung) haben sich zudem *Neuronale Netze* bewährt, z.B. bei der GOME-Prozessierung. Grundlage aller heute gängigen Inversions-Verfahren für Limb-Sounder-Daten (z.B. MIPAS und SCIAMACHY) ist der *Global Fit-Ansatz*, d.h. die simultane Auswertung aller Spektren der gesamten Limb-Sequenz.

Bei der Weiterentwicklung der Inversions-Verfahren werden in IMF-AP vor allem folgende Fragestellungen betrachtet:

- Regularisierung bei der Inversion nach mehreren Profilen (automatische Bestimmung mehrerer Regularisierungs-Parameter): Diese Problematik tritt zwangsläufig auf, wenn etwa neben dem eigentlich gesuchten Molekül weitere Störgase oder die Temperatur mitbestimmt werden müssen.
- Automatische Wahl der *Tikhonov-Regularisierungs-Operatoren* bzw. Linearkombinationen von Regularisierungs-Operatoren
- Rahmenbedingungen der Retrievalparameter: Bisher wurden lediglich einfache Schranken - z.B. bzgl. des Wertebereichs der Lösung benutzt - nichtlineare Nebenbedingungen bzw. physikalische Beziehungen zwischen den gesuchten Parametern (z.B. bei NonLTE-Anwendungen) jedoch nicht. Diese sollten in Zukunft in die Inversion mit einbezogen werden.
- Regularisierung mit Ungleichheits-Nebenbedingungen bei Diskretisierung durch Funktions-Entwicklung
- Mehrdimensionales Retrieval für horizontal inhomogene Atmosphären
- Simultane Prozessierung mehrerer Limb-Sequenzen (*Geo-Fit*)
- Profilretrieval mithilfe von Polarisierungseffekten
- Mehrstufiges und/oder inkrementelles Retrieval zur Minimierung des Rechenaufwands

Parameter in der Vorwärts- und Inversionsrechnung

Die meisten Inversionsalgorithmen müssen mit einer Vielzahl von Parametern versehen werden. Neben der Selektion der Messdaten - und gegebenenfalls der Auswahl geeigneter spektraler *Micro-Windows* - sowie der Festlegung der abzuleitenden Größen beinhaltet dies sowohl die Bereitstellung zusätzlicher Parameter für das Inversionsprogramm wie auch für das Strahlungstransport-Programm und beginnt letztlich jedoch bereits beim Design des Inversions-Algorithmus wie z.B. der Auswahl mathematischer Bibliotheksroutinen:

- Bestimmung der Güte der Messdaten (z.B. Effekte durch Wolken)
- Beschreibungsparameter des Instruments
- Klimatologische Referenzdaten sowie weitere geophysikalische und chemische Umfeldparameter
- Verbesserung der Geometrieangaben
- Konvergenz-Kriterien, zu erreichende Gütekriterien und Genauigkeiten
- Schranken für den Rechenaufwand
- Auswahl von spektroskopischen Referenzdaten und zusätzlicher Parameter für den Strahlungstransfer (Schichtungen, *Ray Tracing*, Störgrößen)
- Definition von fallbezogenen Regularisierungsparametern

Ziel unserer Arbeiten ist, für die jeweiligen Vorwärts- und Inversionsverfahren eine optimale Auswahl an Parametern zu finden, um möglichst effiziente und genaue Retrievalabläufe zu gewährleisten.

Ausblick

Wenn man die oben aufgeführten Weiterentwicklungen der Inversions-Techniken vom Gesichtspunkt des jeweiligen Anwendungspotenzials her betrachtet, ergeben sich eine Reihe von wesentlichen Aspekten für die atmosphärische Fernerkundung, insbesondere:

- gleichzeitiges Retrieval von physikalischen, chemischen und meteorologischen Parametern
- Retrieval durch Kombination verschiedener Messdatenquellen, z.B. Bildsensor und Spektrometer („Datenfusion“)
- Retrieval in der Troposphäre (zeitlich und/oder örtlich aufgelöst, Tagesgang)
- Retrieval schwach oder überlagert emittierender Spezies
- Bestimmung von speziellen Wolken- und Aerosoleigenschaften, Streueffekte
- Bestimmung der Luftqualität, UV- und Schmutzbelastung
- Hochgenaues Retrieval als Basis für den Emissionshandel und Konventionsmonitoring
- Bestimmung der Strahlungsbilanz

Die Anwendung der beschriebenen theoretischen Arbeiten auf tatsächliche Messungen war im Berichtszeitraum ein wichtiger Aspekt unserer Tätigkeiten sowie eine wesentliche Motivation für die Weiterentwicklung der Retrievalverfahren. Eine detaillierte Beschreibung, welche aktuellen Atmosphärenmissionen durch uns unterstützt wurden, würde über den Rahmen dieses Beitrags hinausgehen. Hierzu wird der Leser auf die Einzelberichte in Kapitel 3 (*Laufende Projekte und Vorhaben*) verwiesen.

3. Laufende Projekte und Vorhaben

3.1 GOME- Datenprozessor - Version 3.4

W. Thomas, D. Loyola, Y. Livschitz

Im Rahmen des Projekts *Ozone Monitoring SAF* wurde eine neue Version V3.4 des GOME-Datenprozessors (GDP) basierend auf der derzeit operationellen Version GDP V3.0 erstellt. Im Vordergrund stand hierbei trotz der erfolgreichen Δ -Validation im Jahr 2002 die Verbesserung der Ozonergebnisse, wobei besonderes Gewicht auf die Verringerung von saisonalen Trends und eine Verringerung der Abhängigkeit vom Sonnenzenitwinkel in hohen Breiten gelegt wurde.

Parallel dazu wurden die aufgeführten Verbesserungen sukzessive in ein im Entstehen begriffenes operationelles System (*UPAS – Universal Processor for Atmospheric Spectrometers*) für den GOME-2 Sensor umgesetzt. Dieser Prozessor wird in einer ersten Version GOME/ERS-2 und GOME-2/METOP Daten verarbeiten können. Erste Ergebnisse beider Systeme sind trotz des unterschiedlichen softwaretechnischen Aufbaus und unterschiedlicher mathematischer Bibliotheken innerhalb weniger Promille identisch.

Wesentliche Neuerungen umfassen ein modifiziertes neuronales Netzwerk zur Bestimmung von Air Mass-Faktoren für Ozon, eine Parametrisierung des sogenannten molekularen Ring-Effektes (Raman-Streuung), eine stabilere Version der nichtlinearen Bestimmung atmosphärischer Spurenstoffe (Schrägsäulen) und die Implementierung einer neuen globalen Datenbasis für die Bodenalbbedo.

Die Vernachlässigung des molekularen Ring-Effektes (Verringerung der Absorptionstiefe der Gasabsorptionsbanden durch Raman-Streuung) hatte eine jahreszeitenabhängige sonnenzenitwinkelabhängige systematische Unterschätzung der Ozongesamtsäulen zur Folge und konnte nun durch eine geeignete Parametrisierung entsprechend berücksichtigt werden. Die ebenfalls implementierte globale Datenbasis der Bodenalbbedo ist aus mehrjährigen GOME-Messungen abgeleitet und stellt vor allem in hohen Breiten durch die Berücksichtigung der jahreszeitlichen Änderung der Eisbedeckung in Küstengebieten und Küstengewässern eine deutliche Verbesserung dar. Unterhalb von 380 nm ändert sich die Bodenalbbedo im UV-Spektralbereich beim Übergang von Wasser zu schneebedeckten Landoberflächen von ca. 5% auf über 90% und bedingt dadurch eine Änderung der abgeleiteten Ozongesamtsäulen in der Größenordnung von 5%.

Im Vergleich mit bodengebundenen Messungen zeigen sich mit der neuen Version GDP V3.4 deutlich geringere saisonale Schwankungen (Abb. 4). In beiden Hemisphären konnte zudem der Trend zu geringeren GOME-Ozonsäulen beseitigt werden, der vor allem in der Südhemisphäre deutlich erkennbar war (Abb. 4, rechtes Bild, rote Kreise).

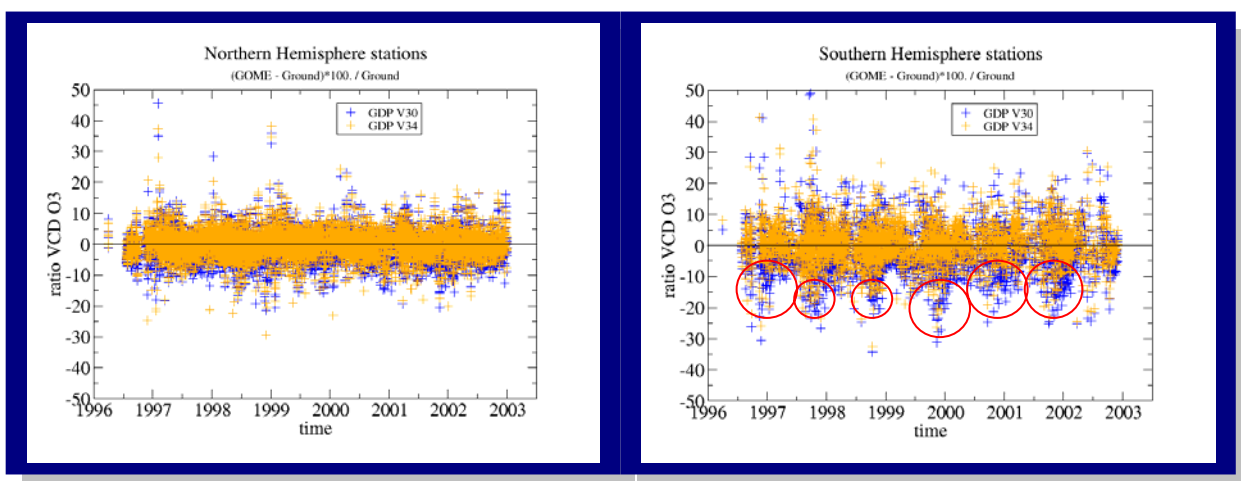


Abb. 4: Prozentuale Abweichung der Ozongesamtsäulen aus GOME-Messungen und Bodenmessungen für GDP V3.0 (blau) und GDP V3.4 (orange) für die Nordhemisphäre (links) und die Südhemisphäre (rechts) als Funktion der Zeit. Die vor allem auf der Südhalbkugel periodisch auftretenden niedrigeren GOME-Ozonwerte in Version GDP V3.0 (blau) sind mit roten Kreisen gekennzeichnet.

Speziell in hohen Breiten konnten saisonale Schwankungen und der Trend zu geringeren aus GOME abgeleiteten Ozonwerten deutlich verringert werden, wie anhand der nachstehenden Abbildung exemplarisch für die Station Sodankylä in Nordfinnland gezeigt ist.

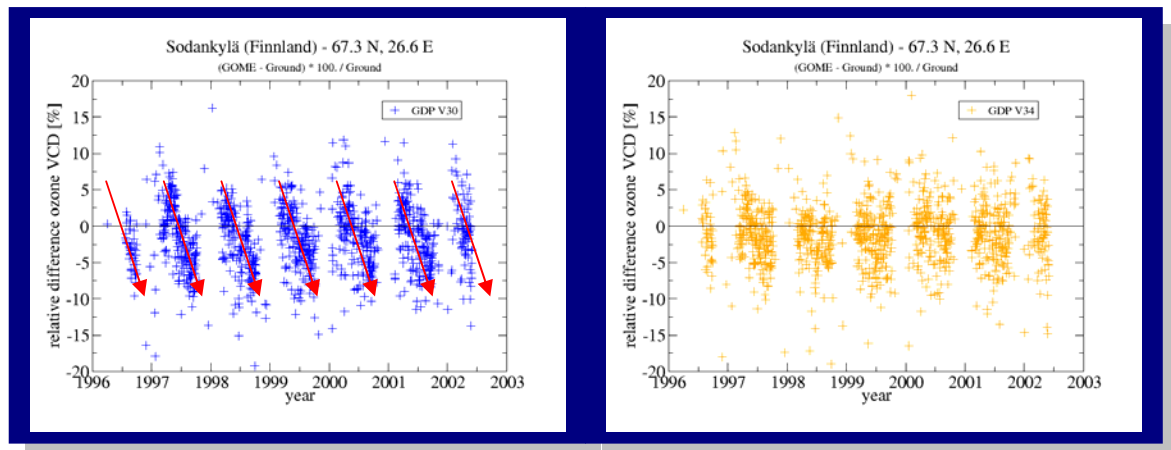


Abb. 5: Prozentuale Abweichungen der Ozongesamtsäulen aus Bodenmessungen und Satellitenmessungen für GDP V3.0 (links) und GDP V3.4 (rechts). Die systematische Überschätzung im Frühjahr und die deutlichere Unterschätzung der Gesamtsäulen im Herbst (linkes Bild, rote Pfeile) konnten im rechten Bild weitgehend behoben werden.

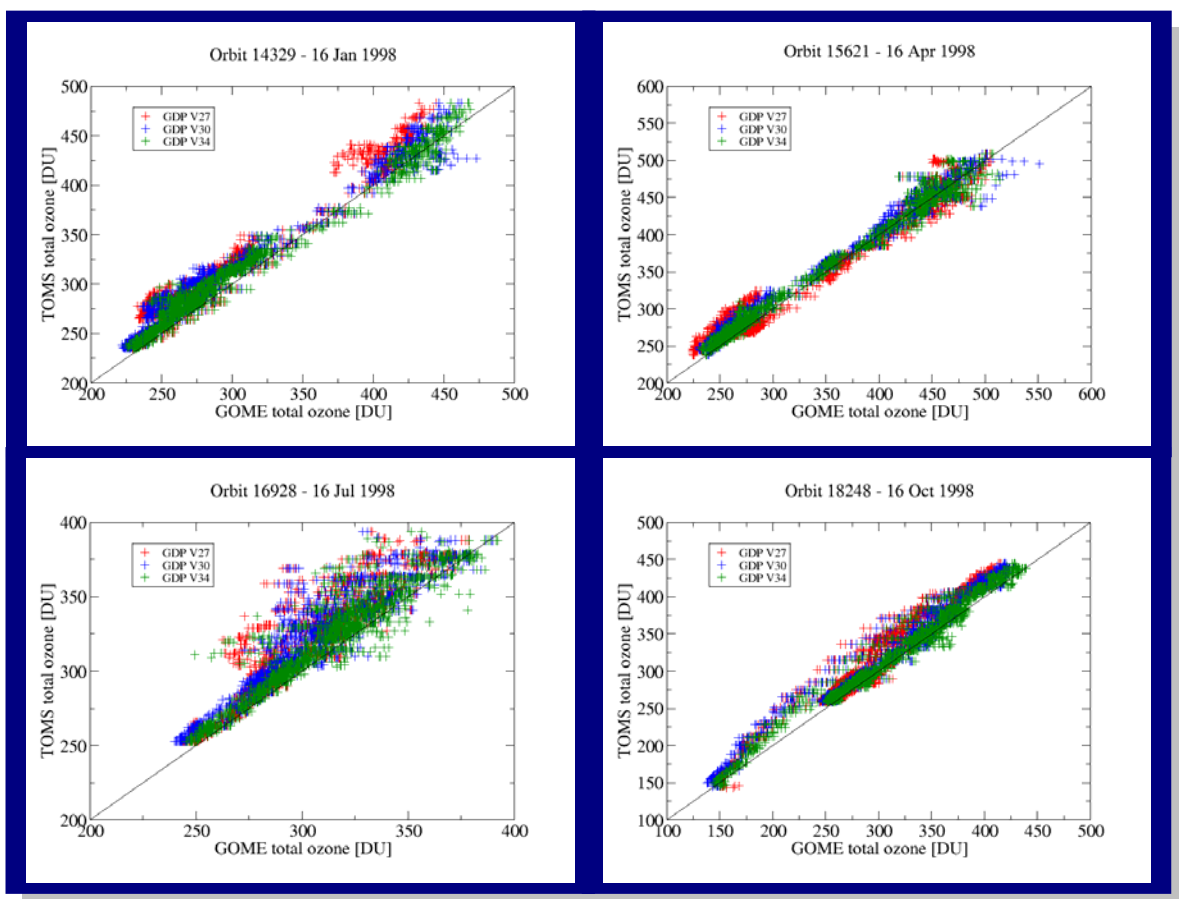


Abb. 6: Vergleich von GOME- und TOMS- Ozongesamtsäulen für vier GOME/ERS-2 Orbits repräsentativ für vier Jahreszeiten. Zur Illustration der bisher erfolgten Verbesserungen des GOME-Datenprozessors sind die Ergebnisse der GDP Versionen V2.7 (rot), V3.0 (blau) und V3.4 (grün) eingezeichnet. Die deutlich geringere Streuung der GOME-Ergebnisse und die entsprechend geringeren Abweichungen zu den TOMS- Ergebnissen für GDP V3.4 sind klar erkennbar.

Im Vergleich mit Messungen des TOMS-Sensors ergeben sich wesentlich geringere Differenzen zwischen TOMS- und GOME-Ozonwerten (Abb. 6). Es ist jedoch zu beachten, dass TOMS-Daten (von EP-TOMS) auf der Südhalbkugel systematisch um ca. 2% zu hoch sind (im Vergleich mit bodengebundenen Messungen), mithin niedrigere GOME-Ozonwerte quantitativ besser sind als die entsprechenden TOMS-Ozonwerte.

weiterführende Literatur:

Koelemeijer, R., J.F. de Haan, P. Stammes: A database of spectral surface reflectivity in the range 335-772 nm derived from 5.5 years of GOME observations, *J. Geophys. Res.*, 108, 4070, doi: 10.1029/2002JD0024, 2003

Lambert, J.C., C. Zehner, D.S. Balis, C. Fayt, P. Gerard, J.F. Gleason, J. Granville, G. Hansen, G. Labow, D. Loyola, V. Soebijanta, W. Thomas, J.H.G. van Geffen, R.F. van Oss, M. van Roozendaal, C.S. Zerefos: ERS-2 GOME GDP 3.0 Implementation and Delta Validation, ERSE-DTEX-EOD-TN-02-0006, 2002

Spurr, R., W. Balzer, D. Loyola, W. Thomas, E. Mikusch, T. Ruppert, M. van Roozendaal, J.-C. Lambert, V. Soebijanta: GOME Level 1-to-2 Data Processor Version 3.0: A major upgrade of the GOME/ERS-2 total ozone retrieval algorithm, submitted to *Applied Optics*, 2003

3.2 Wie Extremwetterereignisse die Spurengasverteilung in der Atmosphäre beeinflussen können

W. Thomas, F. Baier (DFD-KA), T. Erbertseder (DFD-KA), M. Kästner (DFD-KA)

Im Zeitraum vom 9. November 2001 bis 11. November 2001 wurde die nordafrikanische Küstenregion und der westliche Mittelmeerraum von einem Extremwetterereignis betroffen, das mit Stürmen und Starkniederschlägen zu den massivsten Erscheinungen in dieser Region in den vergangenen 100 Jahren zu zählen ist. In der Katastrophe *el hemla* verloren nach lokalen Nachrichten ca. 750 Bewohner der Region ihr Leben.

Die Extremwetterlage war charakterisiert durch ein Hochdruckgebiet, das vom Nordatlantik kommend hochreichende Kaltluftmassen nach Nordeuropa transportierte. Die Hochdrucklage ging einher mit einem sogenannten Ozone *Mini-hole*, einem Gebiet mit geringem Ozongehalt, das vorwiegend dynamisch durch die Einmischung subtropischer und tropischer Luftmassen mit geringen Ozonsäulendichten entstanden war (Abb. 7a). Auf der Vorderseite des Hochdruckgebietes wurden ozonreiche arktische Luftmassen zum Absteigen nach Süden gezwungen und innerhalb von 24 Stunden erreichten diese kalten Luftmassen den Mittelmeerraum (Abb. 7c). Sie führten in Zentralspanien zu einem Temperatursturz um ca. 25° C innerhalb von 12 Stunden. Hier trafen sie auf feuchte und instabile subtropische Luft über dem immer noch erwärmten westlichen Mittelmeer und es entstand ein lokales Tiefdruckgebiet (*cut-off low*) sehr starker Intensität. Von Gewittern begleitete Starkniederschläge entlang der Küste von Marokko und Algerien, zusätzlich verstärkt durch orographische Einflüsse des küstennahen Atlasgebirges, mit bis zu 136 Litern in 6 Stunden, sorgten für großräumige Überschwemmungen und Schlammlawinen.

Der starke meridionale Transport ist sowohl in der atmosphärischen Wirbelstärke (*Potential Vorticity*) als auch in den Ozonsäulendichten gut erkennbar (Abb. 7c,d). Letztere stiegen über dem westlichen Mittelmeer um ca. 100 Dobson Units (DU) in 24 Stunden und erreichten damit einen sowohl für den Breitengürtel als auch die Jahreszeit untypisch hohen Wert von ca. 380 DU (Abb. 8c). Das Tropopausenniveau senkte sich auf bis zu 3 km über Grund ab und stratosphärische Luftmassen wurden in troposphärisches Niveau transportiert. Die ungewöhnliche Ozonverteilung konnte mit dem GOME-Sensor an Bord des ERS-2 registriert werden. Seine Rohdaten wurden schließlich mit dem GOME-Datenprozessor (V3.0) verarbeitet.

Neben den stark angestiegenen Ozonwerten fiel auch ein zeitversetzter (späterer) extremer Anstieg des Stickstoffdioxidgehalts (NO₂) in der Atmosphäre zwischen dem spanischen Festland und den Balearen auf (Abb. 8 links). Entsprechende GOME-Ergebnisse ergaben 2-3-fach höhere NO₂-Säulendichten als üblich. In winterlichen arktischen Breiten ist der Stickstoffdioxidgehalt der Atmosphäre jedoch gering, so dass der beobachtete Anstieg nicht durch meridionalen Transport, ähnlich wie für Ozon, erklärt werden konnte. Eine eingehende Analyse der meteorologischen Situation mit Hilfe von Trajektorienmodellen

ergab, dass Vertikaltransport NO_2 -reicher Luftmassen aus der planetaren Grenzschicht und lokal durch Blitze erzeugtes Stickstoffdioxid für die erhöhten Werte verantwortlich sind (Abb. 8 rechts).

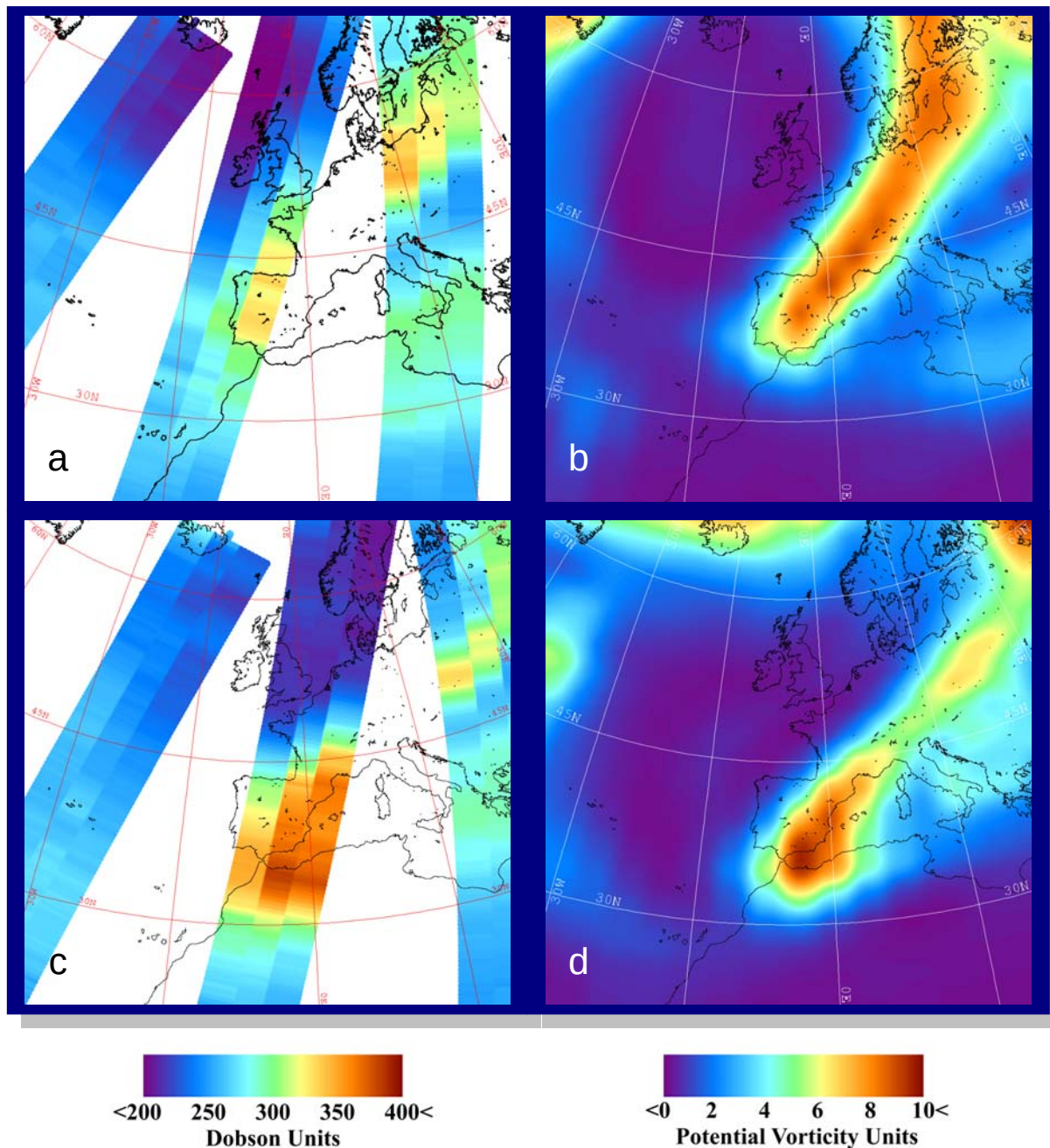


Abb. 7: Ozonverteilung am 9. November 2001 (a) und 10. November 2001 (c) sowie Wirbelstärke (Potential Vorticity) auf der 330 K Isentropiefläche, abgeleitet aus Analysedaten des britischen UK Meteorological Office an den gleichen Tagen um 12:00 UTC (b,d). Deutlich erkennbar ist ein Gebiet geringer Ozonsäulendichten (*Mini-hole*) mit Ozonwerten um 200 DU über dem Nordatlantik am 9. November 2001 (a), das sich in östlicher Richtung bewegt (c) und den Transport ozonreicher Luftmassen nach Süden erzwingt. Dieser Prozess hatte bereits am 8. November begonnen und deutet sich in den schon erhöhten Ozonwerten am 9. November 2001 (a) über Mittel- und Südeuropa an.

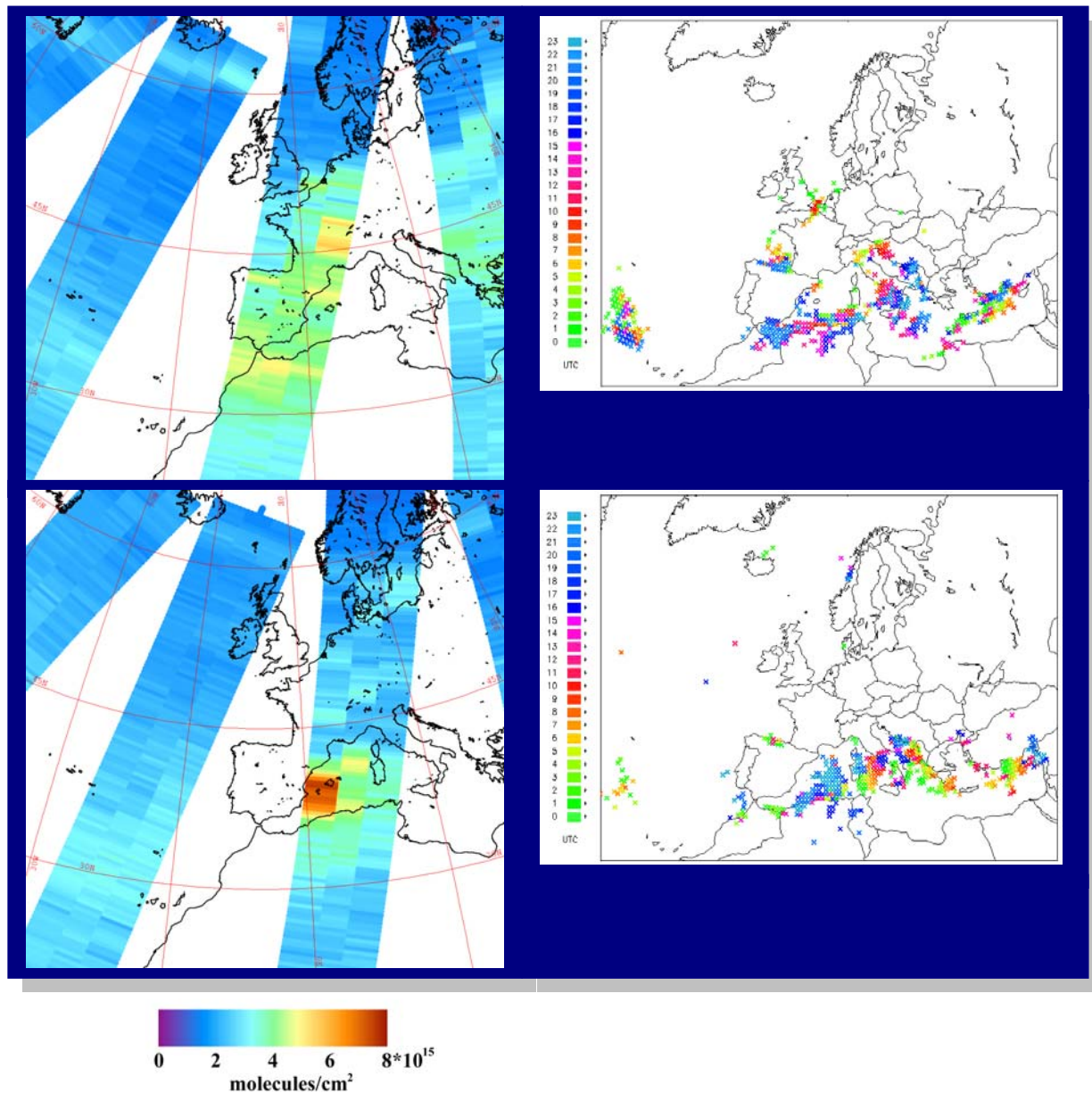


Abb. 8: Aus GOME-Rohdaten abgeleitete Stickstoffdioxidkonzentration für den 10./11. November 2001 (linke Bildhälfte) sowie die zeitliche und räumliche Häufigkeitsverteilung von Blitzen am 9./10. November 2001 über Europa (rechte Bildhälfte, <http://www.wetterzentrale.de>). Erhöhte Gewittertätigkeit über den Azoren, der Straße von Gibraltar und der spanischen Nordküste (Kantabrien) am 9. November 2001 gehen einher mit erhöhten NO₂-Säulendichten am 10. November 2001. Die stark erhöhten Stickstoffdioxidkonzentrationen am 11. November 2001 sind jedoch nur teilweise durch lokale Gewittertätigkeit erklärbar (siehe Text).

3.3 SCIAMACHY Operations Support

M. Gottwald, E. Krieg, W. Döhler, K. Reissig (IBR), J. How (DFD-IT)

Nachdem SCIAMACHY im letzten Jahr im Rahmen der Commissioning-Phase einer eingehenden Überprüfung unterzogen worden war, in die das *SCIAMACHY Operations Support Team* (SOST) zusammen mit der verantwortlichen Industrie eine integrierte Mannschaft bildete, stand mit Beginn des Jahres 2003 der Übergang in den Routinebetrieb an. Diese Phase beinhaltete ein ca. zweimonatiges Intervall, innerhalb dessen sich *Astrium* schrittweise aus den Instrumentverantwortlichkeiten zurückzog und diese auf SOST übergaben. Nur noch bei schwerwiegenden Anomalien soll *Astrium* zukünftig im Auftrag der Projektleitung tätig werden. Nach Ende der Übergangszeit war SOST eigenverantwortlich für den Betrieb - Planung, Konfiguration und Überwachung - von SCIAMACHY.

Missionsplanung, Instrumentbetrieb und Operation Change Requests

Der Messablauf seit Januar 2003 umfasst zum weitaus größten Teil nominelle Messungen in der Final Flight-Konfiguration, welche Mitte Dezember 2002 an Bord implementiert wurde. Dabei war die Erfolgsquote des Instruments erfreulich hoch. Weit mehr als 95% der Orbits konnten für Messungen genutzt werden, wobei innerhalb eines Orbits wiederum mehr als 90% der Umlaufzeit abgedeckt war. In einigen Fällen war es erforderlich, das Instrument unter speziellen Konfigurationen zu betreiben, um Kalibrierungsaspekte zu untersuchen. Dazu, und um die Optimierung des Routinebetriebs zu ermöglichen, wurde der *Operations Change Request* (OCR) Prozess eingeführt. Er erlaubt es, Änderungen an der Final Flight Definition - sowohl bei Missionsszenarien, States und Timelines - in einer konfigurationskontrollierten Weise vorzunehmen. Trotz der Komplexität der Schnittstellen in den Bodensegmenten konnten die Bearbeitungszeiten der OCRs kurz gehalten werden, was gewährleistete, sinnvolle Änderungen so schnell wie möglich umzusetzen.

Instrumentüberwachung

Die Übernahme von bisher bei *Astrium* angesiedelten Aufgaben umfasste hauptsächlich Aspekte der Instrumentüberwachung, welche über die Inhalte des Tagesbetriebs am ESOC hinausgehen. Insbesondere zählen hierzu die regelmäßige wöchentliche Überwachung von

- Detektortemperaturen (siehe Abb. 9)
- OBM-Temperaturen
- PMD-Parametern
- Instrumentanomalien

Die erforderliche S/W wurde entweder im Rahmen des Projekts SCIAMACHY Betriebsunterstützung erstellt oder von *Astrium* übernommen und an die DLR-Umgebung adaptiert. Aufgrund der nicht verfügbaren konsolidierten Level 0-Messdaten wurde das gesamte Überwachungskonzept auf Housekeeping-Telemetrie umgestellt. Zusätzlich konnten Aspekte des Thermalverhaltens in operationelle Monitoringabläufe integriert werden. Dazu zählt sowohl die Einhaltung der erlaubten Temperaturbereiche als auch die Umsetzung des neuen Konzepts zur nichtnominellen Dekontamination, die durch Erreichen erhöhter Temperaturwerte eine Verringerung der Eisbelastung in den Kanälen 7 und 8 erwarten lässt. Die Resultate der Überwachungsaufgaben wurden entsprechend aufgearbeitet und über die SOST-Webseite der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Schnittstellenbetrieb

Der Schnittstellenbetrieb zu ESOC, ESTEC und ESRIN verlief weitgehend wie geplant. Im Missionsplanungsbereich wurde die Verbindung zum *ROP Generation Tool* nach ESTEC durch ein äquivalentes Interface nach ESRIN erfolgreich ersetzt, behielt jedoch die Funktionalität bei. Eine deutliche Erweiterung erfuhr dagegen die Schnittstelle zum FOCC. So nutzt SOST nun die Gesamtheit der Telemetrieinformation, d.h. Parameter und Reports, um die von *Astrium* erhaltenen S/W-Pakete weiterhin über den FOCC-Server mit Daten zu versorgen. Außerdem konnte mit dem S/W-Tool SPEVAL ein direkter Zugang zur Telemetriedatenbank am ESOC eingerichtet werden. Mit Beginn des Jahres 2003 wurde zusätzlich die sogenannte *ROP Checklist* regelmäßig erstellt und nach ESOC transferiert. Sie erlaubt, die Vielzahl von SCIAMACHY CTI-Tabellen am ESOC zu verwalten.

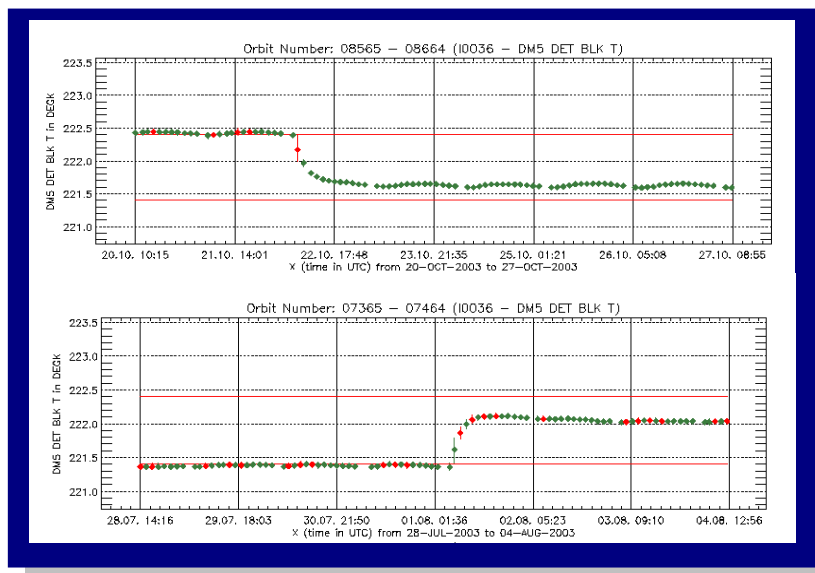


Abb. 9: Beispiel für die wöchentliche Detektor-Temperaturüberwachung für Kanal 5 mit Justierung der Trim-Heizer, nachdem das untere bzw. obere Limit des erlaubten Temperaturbereichs erreicht war

Für die Planung spezieller SCIAMACHY-Betriebsabläufe, z.B. nicht-nominelle Dekontamination, Justieren der Trim-Heizer, kommen *SCIAMACHY Operations Requests (SOR)* zum Einsatz. Damit spezifiziert SOST die erforderlichen Instrument-Settings, übermittelt die SORs an ESOC, wo sie schließlich in SCIAMACHY-Prozeduren umgesetzt werden.

Problematisch war weiterhin die Lieferung von Messdaten aus dem Payload Data Segment. SOST-IMF konzentrierte sich dabei auf Level 0-Daten, sowohl unkonsolidiert (NRT) als auch konsolidiert (offline). Während der Betrieb des Satellitenlinks zum Transfer der NRT-Produkte wie geplant funktionierte, ist der Zugang zu konsolidierten Daten weiterhin mit Unzulänglichkeiten behaftet. Dies führte dazu, dass das eigentlich vorgesehene Level 0 Master-Archiv noch nicht zum Einsatz kommen konnte. Alle Level 0-Produkte wurden deshalb weiterhin im inzwischen im IMF-AP auf 6 PCs ausgebauten Interimsarchiv gespeichert.

WWW-Präsentation

Die SOST-Aktivitäten wurden in gewohnter Weise auf den SOST-Webseiten (<http://atmos.af.op.dlr.de/projects/scops/>) präsentiert. Diese Seiten erfuhren einen weiteren Ausbau mit dem Ziel, die neuen SOST-Aufgaben entsprechend darzustellen. Die Resonanz auf die Webseiten war wiederum sehr positiv. Insbesondere zeigte sich, dass mit der Internet-Präsenz von SOST eine einheitliche Darstellung des aktuellen Betriebszustands sowohl der gesamten Nutzergemeinde als auch dem Betriebspersonal zugänglich ist. Darüber hinaus findet man Information zum Instrumentzustand und den Betriebsabläufen der Vergangenheit seit dem Start und die Vorschau auf den kommenden Planungszyklus.

3.4 Spurengasretrieval mit MIPAS

G. Schwarz, S. Hilgers

Nachdem die wesentlichen Software-Entwicklungen für den MIPAS Level 2 Offline-Prozessor des DLR bereits abgeschlossen waren, wurden im Berichtsjahr die Schwerpunkte auf abschließende Performance-Vergleiche mit den Codes anderer Institutionen sowie auf das Retrieval weiterer Spurengase (EU-Projekt AMIL2DA, HGF-Vernetzungsfonds), Berechnungen im Rahmen eines ESL-Auftrags der ESA und Verbesserungen im Detail wie z.B. dem Finden geeigneter Startwerte und der kontinuierlichen Überwachung der benötigten Regularisierungsstärken, gelegt.

Die Ergebnisvergleiche mit anderen Institutionen sind inzwischen zur Veröffentlichung akzeptiert (Clarmann et al., 2003b; Steck et al., 2003) oder eingereicht. Daher soll an dieser Stelle vor allem über die Fortschritte beim Retrieval von Vertikalprofilen weiterer Spurengase berichtet werden.

Die routinemäßig bei der Level 2 Prozessierung von MIPAS abgeleiteten Spurengasprofile sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Das Retrieval dieser Spurengasprofile beruht im Wesentlichen auf der iterativen Anpassung von gemessenen Spektren an simulierte ("vorwärtsmodellerte") Daten, wobei zum Vergleich in der Regel signifikante Emissionslinien der jeweiligen Spezies in ausgewählten und höhenabhängigen Spektralbereichen (*Microwindows*) verwendet werden.

Spurengas	
Druck und Temperatur	
Wasserdampf	H ₂ O
Ozon	O ₃
Methan	CH ₄
Salpetersäure	HNO ₃
Lachgas	N ₂ O
Stickstoffdioxid	NO ₂

Tabelle 2: Mit MIPAS routinemäßig retrievede Vertikalprofile

Da die in Tabelle 2 aufgeführten Spezies in nahezu allen Höhenbereichen ausreichend starke Emissionslinien aufweisen, kann beim Retrieval auf spezies-spezifische Retrievalverfahren verzichtet werden. Allein durch die entsprechende Auswahl verschiedener speziesabhängiger Retrievalparameter sowie von klimatologischen Hilfsdaten gelingt es hier, Vertikalprofile mit ausreichender Güte abzuleiten.

Im Gegensatz dazu sind bei schwach bzw. breitbandig emittierenden Spurengasen folgende Schwierigkeiten zu berücksichtigen:

- schwere Moleküle zeigen meist keine scharf begrenzten Emissionslinien, sondern breitere Emissionsbereiche, welche manchmal von Emissionslinien anderer Spezies überlagert werden
- das Retrieval schwacher Emissionen benötigt oft zusätzliche Kenntnis über die Kontinuumsanteile sowie ein gemeinsames Retrieval mit - eventuell mehreren - überlagernden "Störgasen"
- durch Ko-Addition von Spektren kann man nur dann ein besseres Signal-/Rauschverhältnis erreichen, wenn tatsächlich vergleichbare Messungen vorliegen (vergleichbare Chemie, nahezu identische Tangentenhöhen etc.)
- eine Ko-Addition retrieveder Profile setzt ein dominantes Zufallsrauschen (*random noise*) voraus; ansonsten besteht die Gefahr, dass a priori Profile sichtbar werden

Wie sich gezeigt hat, gibt es bei MIPAS eine ganze Reihe von Spurengasen, die man mit kleineren speziesabhängigen Anpassungen bei der Prozessierung stabil ableiten kann. Typische Beispiele sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass verschiedene andere Institutionen darüber hinaus eine Vielzahl weiterer Spezies auf ihre Retrievelbarkeit untersucht und dabei z.B. auch die Zunahme von SF₆ in der Erdatmosphäre seit dem Start des Satelliten ENVISAT analysiert haben.

Spurengas	
Chlor-Fluor-Kohlenstoff CFC-11	CFCl ₃
Chlor-Fluor-Kohlenstoff CFC-12	CF ₂ Cl ₂
Chlornitrat	ClONO ₂
Schwefelhexafluorid	SF ₆

Tabelle 3: Typische Beispiele für zusätzlich retrievelbare Gase

Die nachfolgenden Abbildungen geben einen Überblick über das Retrieval eines Profils des Spurengases CFC-11.

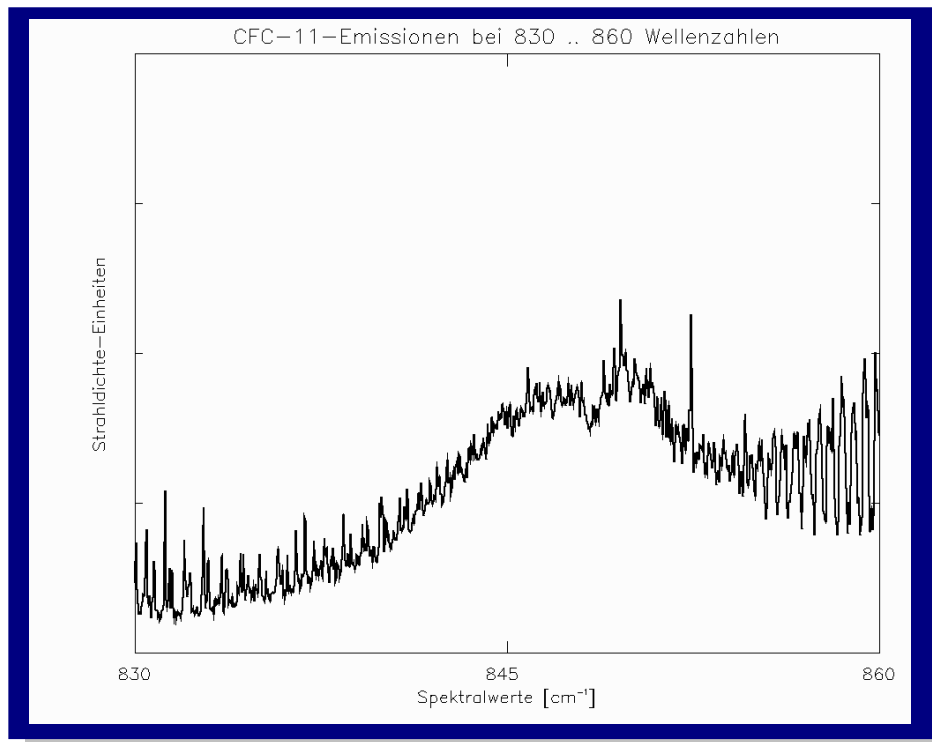


Abb. 10: Breitbandige FCKW-Emissionen

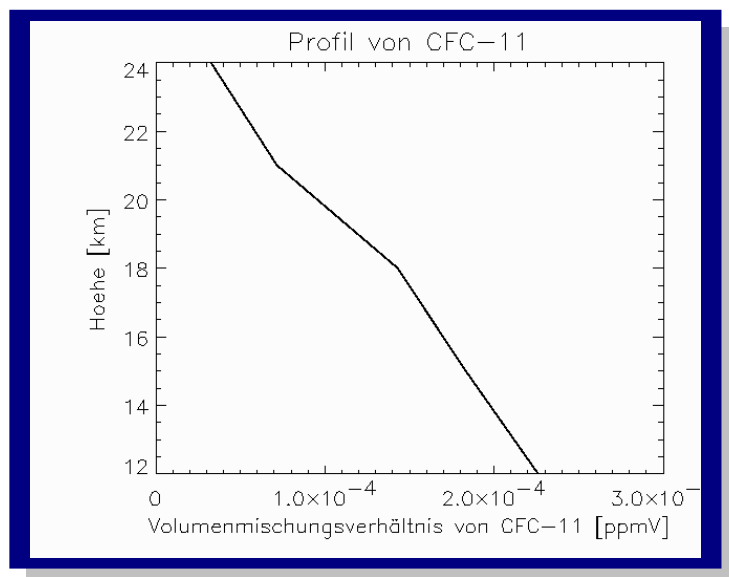


Abb. 11: Retrieveltes CFC-11-Profil

zitierter Literatur:

Steck, T., et al.: Intercomparison of atmospheric state parameters retrieved from limb emission spectra, in Vorbereitung, 2003

3.5 Optimierung des DLR MIPAS Level 2-Prozessors

J. Steinwagner (ab August 2003 DFD-KA)

Seit einigen Jahren befindet sich im DLR in enger Zusammenarbeit mit dem IMK ein MIPAS Level-2-Prozessor in Entwicklung und Betrieb. Im Rahmen einer in diesem Jahr fertiggestellten Dissertation konnten an diesem Prozessor zahlreiche Verbesserungen umgesetzt werden.

Der MIPAS-Prozessor ist ein außerordentlich komplexes System hochentwickelter Software, die es ermöglicht, aus den Messungen von Infrarotspektren, welche MIPAS seit der ersten Jahreshälfte 2002 kontinuierlich registriert, Spurengas-, Temperatur- und Druckprofile abzuleiten. Dabei kommt ein auf dem Vergleich von simulierten (Vorwärtsmodell) und realen Messungen basierender iterativer Ansatz zur Anwendung. Die schrittweise Verbesserung der Parametrisierung des Atmosphärenzustandes erlaubt es, sukzessive zu einem Ergebnis zu gelangen, das den Gegebenheiten der Natur möglichst nahe kommt.

Die Inversionsrechnung ist derjenige Teil des Prozessors, der aus den Messungen die Spurengasprofile ermittelt. Dabei besteht der zentrale Bestandteil in einer Iterationsformel, welche den Zusammenhang zwischen Profilen und Messung herstellt (Abb. 12). Die verwendeten Größen haben folgende Bedeutungen

- Profilvektor, der für die nächste Iteration verwendet wird: $\vec{x}_{k+1}$,
- Eingangsprofilvektor für das Vorwärtsmodell: $\vec{x}_k$,
- vom Vorwärtsmodell berechnete Gewichtungsmatrizen: K_k ,
- Regularisierungsterm: $S_{\text{Pr ofil}}^{-1}$,
- Kovarianzmatrix der Messung, ggf. inklusive systematischer Fehler: S_{ε}^{-1} ,
- vom Vorwärtsmodell simulierte Spektren: $\vec{F}(\vec{x}_k)$
- Messungen: $\vec{y}$

Bei allen Größen, außer $\vec{x}_{k+1}$, $\vec{x}_k$, $\vec{F}(\vec{x}_k)$ und $\vec{y}$, handelt es sich um Matrizen mit einer Besetzung wie in Abbildung 12 schematisch angedeutet. Bewegt man sich darin zeilenweise von oben nach unten, so erkennt man, wie sich die komplexen Ausdrücke zu dem - jeweils gegenüber der vorherigen Iteration verbesserten - Ergebnisprofil verjüngen. Ziel der Dissertation war, ausgewählte Techniken zu erarbeiten und zu verfeinern, um die Anforderung möglichst exakter MIPAS-Produkte erfüllen zu können.

Es wurde deshalb ein Verfahren fertig gestellt, mittels dessen sich der zentrale Bedeutung besitzende Regularisierungsterm $S_{\text{Pr ofil}}^{-1}$ optimal bestimmen lässt. Gerade eine optimale Auswahl gestattet es, aus rechnerisch richtigen Lösungen die physikalisch sinnvollen zu extrahieren. Der speziell konstruierte Term stellt dabei eine Hybridlösung aus zwei Verfahren dar. Es wird Vorwissen über die zu erwartenden Profile benutzt, um einen Operator zu gewichten, der aus einer Linearkombination von *Thikonov*-Operatoren besteht. Das fertig gestellte Verfahren trägt den Namen *HoMa*. Vorteile von *HoMa* gegenüber etablierten Verfahren ergeben sich aus einer verbesserten Höhenauflösung der erhaltenen Profile und einem zum Teil höheren Informationsgehalt. Das Verfahren reagiert sehr robust auf Parametrisierungsfehler, ist einfach zu realisieren und vielfältigen Analysen durch speziell angefertigte Schnittstellen zugänglich.

An ebenfalls im Berichtszeitraum abgeschlossenen Verbesserungen des MIPAS-Prozessors sind weiterhin zu nennen:

- Umsetzung eines Maximum Entropie-Verfahrens in einer speziellen Variante, dem *Max-Ent-2-Verfahren*:

Dieses Verfahren war bisher nicht für die Gewinnung von Spurengasprofilen eingesetzt worden und zeigt sich hinsichtlich seiner stark glättenden Wirkung als ausgesprochen vielversprechend. Zudem ist es unabhängig von Vorwissen und gehört zur seltenen Kategorie der adaptiven Regularisierungsverfahren.

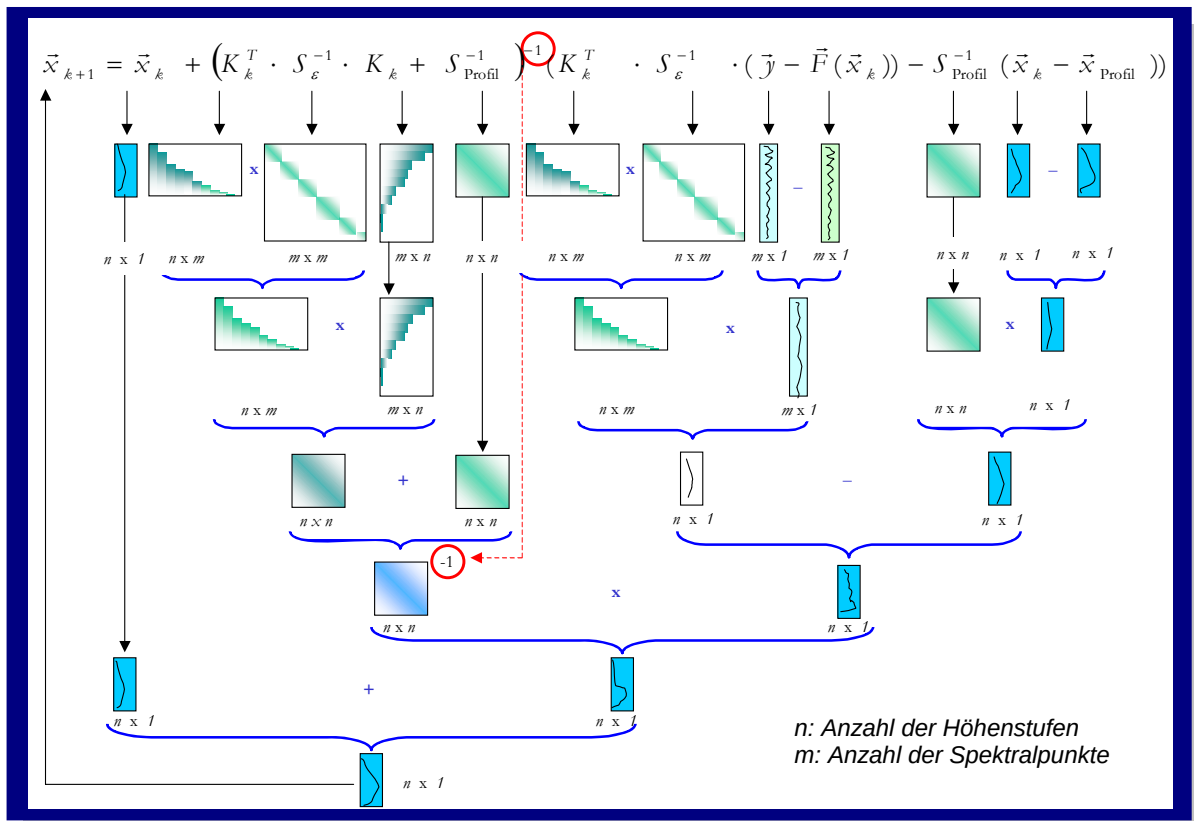


Abb. 12: Schematischer Ablauf der zentralen Iterationsformel innerhalb der Inversionsrechnung

- Behandlung von bestimmten systematischen Fehlern:**
 Dabei wurde auf Grundlage einer theoretischen Vorarbeit (Clarmann et al., 2001) ein Verfahren implementiert, das es ermöglicht, in der oben beschriebenen Iterationsformel auf systematische Beeinflussungen durch Temperatur zu reagieren. Die Temperatur ist im infraroten Strahlungstransfer ein Schlüsselparameter, der unweigerlich zu falschen Ergebnissen bei der Berechnung von Spurengasen führt, sofern er nicht möglichst genau bekannt ist. Das umgesetzte Verfahren führt in Simulationen zu hervorragenden Ergebnissen bei der Berücksichtigung systematischer Temperaturabweichungen.
- Berücksichtigung von wolkenbedeckten oder teilbedeckten Sichtfeldern des Instruments:**
 MIPAS ist ein *Limb Sounder* und der Ort, an dem der Sensor Messungen durchführt, der sogenannte Tangentenpunkt, liegt etwa 3000 km vom Instrument entfernt am Erdhorizont. Dadurch ergeben sich erhebliche Anforderungen an die Genauigkeit, mit der die Sichtlinie bekannt sein muss. Zudem hat der Sichtbereich des Instruments am Tangentenpunkt eine vertikale Ausdehnung von ca. 3 km. Da die jeweils untersten Messungen von MIPAS bei etwa 6 km liegen, beeinträchtigen Wolken potenziell solche Beobachtungen bei niedrigen Höhen. Gerade diese sind für die Atmosphärenforschung u. U. besonders wertvoll, weshalb der Frage, wie sich Szenen mit teilweiser von solchen mit voller Wolkenbedeckung unterscheiden, besondere Bedeutung zukommt. Für derartige Zwecke konnte ein Kontrastverhältnis definiert und implementiert werden. In Simulationen ließen sich unterschiedliche Grade der Wolkenbedeckung erfolgreich untersuchen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde deshalb das entwickelte Verfahren in den operationellen Einsatz übergeführt.

zitierte Literatur:

Clarmann, v. T., U. Grabowski, M. Kiefer: On the role of non-random errors in inverse problems in radiative transfer and other applications, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 71: 39-46, 2001

3.6 AMIL2DA - Advanced MIPAS Level 2 Data Analysis

F. Schreier, G. Schwarz, A. Doicu, S. Hilgers

MIPAS auf ENVISAT ist ein Fourier-Transformspektrometer, welches die von der Erdatmosphäre emittierte Infrarotstrahlung in horizontal-sondierender Geometrie beobachtet und damit eine Bestimmung der vertikalen Verteilung atmosphärischer Spurengase (insbesondere O₃, H₂O, HNO₃, N₂O, CH₄ und NO₂) sowie Druck und Temperatur ermöglicht. Die Ableitung dieser geophysikalischen Parameter (Level 2 Daten) aus kalibrierten, geographisch zugeordneten Spektren (Level 1 Daten) erfolgt durch Optimierungsverfahren, d.h. durch Vergleich (*Least Squares*) der gemessenen Spektren mit den von einem hochauflösenden Strahlungstransportmodell (*Vorwärtsmodell*) berechneten Spektren und iterativer Anpassung der gesuchten Parameter.

Neben dem im Auftrag der ESA entwickelten Near-Real-Time Prozessor (*OFM = Optimized Forward Model*, *ORM = Optimized Retrieval Model*) sowie einem an der Oxford University entwickelten Referenz-Prozessor (*RFM = Reference Forward Model*, *OPTIMO = Oxford Processor To Invert MIPAS Observations*) stehen einige weitere, an verschiedenen europäischen Instituten entwickelte Codes zur Verfügung, insbesondere

- das am FZK-IMK (Karlsruhe) entwickelte Strahlungstransport-Modell KOPRA mit der dazugehörigen Inversions-Software
- die FM2D- und Ret2D-Codes des Rutherford-Appleton Laboratory (RAL) für ein- und zwei-dimensionale Modellierung und Inversion
- der am DFD/IMF entwickelte D-PAC Prozessor (mit KOPRA als Vorwärtsmodell)
- ein am IMF entwickelter Prototyp-Retrieval-Code mit dem Vorwärtsmodell MIRART

Aufgrund von Unterschieden der verschiedenen Prozessoren (z.B. physikalische Modellannahmen und Parametrisierungen oder numerische Näherungsverfahren) sind die gewonnenen Level-2 Daten allerdings unter Umständen nur schwer miteinander vergleichbar. Ziel des von der EU im 5. Rahmenprogramm geförderten Projektes AMIL2DA war daher ein gründlicher Vergleich der in den Level-2 Prozessoren verwendeten Vorwärtsmodelle und Optimierungs-Algorithmen. Es war dabei jedoch nicht beabsichtigt, einen "optimalen" Prozessor zu finden oder einen solchen zu erstellen. Vielmehr soll damit die Konsistenz und Zuverlässigkeit der gewonnenen Level-2 Datenprodukte sicher gestellt werden, um so schließlich die Akzeptanz und weitergehende Auswertung von MIPAS-Datenprodukten zu fördern.

AMIL2DA gliederte sich im Wesentlichen in vier Arbeitspakete:

- Vergleich der Strahlungstransportmodelle:
Hochauflösende Linie-für-Linie (*LbL*) Strahlungstransportmodelle sind ein wesentlicher Bestandteil der Level-2 Prozessoren. Sie dienen einerseits der Berechnung synthetischer Spektren (welche im Retrieval-Algorithmus mit den gemessenen Spektren verglichen werden), andererseits wird die Berechnung der Ableitungen dieser Spektren nach den gesuchten Parametern ("Gewichtsfunktionen") benötigt, um die optimale Anpassung dieser Parameter zu bestimmen.
Alle zwischen den einzelnen Modellen zu beobachtenden Unterschiede von maximal einigen Prozent konnten auf die verschiedenen Modellannahmen oder Näherungsverfahren zurückgeführt werden. Eine ausführlichere Diskussion hierzu findet man im Jahresbericht 2001.
- Vergleich der Analyse-Algorithmen an simulierten MIPAS-Spektren:
Ziel dieses *Blind-Test-Retrievals* auf der Basis simulierter MIPAS-Spektren war es, die Fähigkeit der von den beteiligten Gruppen erstellten Level-2 Prozessoren zu testen, den Zustand der Atmosphäre aus den Spektraldaten zu rekonstruieren. Trotz der Unterschiede in den benutzten Auswerte-Algorithmen (Regularisierungs-Methode, spektrale Microwindow(s), Diskretisierung, usw. sowie Parametrisierungen und Näherungen des verwendeten Vorwärtsmodells) ergab der Vergleich der abgeleiteten Profile (z.B. O₃, H₂O, CH₄, sowie Temperatur) mit den wahren Profilen insgesamt eine überraschend gute Übereinstimmung (siehe ebenfalls den Jahresbericht 2001).
- Vergleich der Analyse-Algorithmen an realen MIPAS-Daten:
Für den Vergleich wurden mehrere Scans des Orbits 2081 (24. Juli 2002) ausgewählt, welche frei oder fast frei von Wolkenbedeckung waren und einen repräsentativen Querschnitt verschiedener Atmosphärenzustände abdecken: polarer Sommer und Winter, Tag und Nacht in mittleren Breiten,

sowie äquatoriale Atmosphäre. Der Vergleich wurde wiederum wie beim *Blind Test* auf Druck, Temperatur und die 6 Schlüsselspezies beschränkt.

Speziell wurden folgende Beobachtungen gemacht:

- Temperatur: Die retrieveden Temperatur-Profile zeigen im Allgemeinen eine gute Übereinstimmung mit Abweichungen von typischerweise nur wenigen Grad. Allerdings sind die Ergebnisse sensitiv auf die genaue Vorgehensweise bei der Inversion, insbesondere bzgl. der Berücksichtigung von Unterschieden zwischen realen und nominalen Tangentenhöhen sowie weiterer instrumenteller Effekte wie Spektralverschiebungen. Etwas größere Abweichungen des vom Prototyp-DLR-Codes geschätzten Temperaturprofils, insbesondere in der unteren Atmosphäre, sind auf die Verwendung der nominalen Tangentenhöhen bei der Inversion zurückzuführen.
 - O₃: Die Profile wurden ohne signifikante Diskrepanzen von den beteiligten Gruppen abgeleitet. Beide DLR-Prozessoren ermitteln relativ glatte Ozonverteilungen und unterschätzen das Maximum des Ozons in der mittleren Stratosphäre nur geringfügig.
 - HNO₃: Auch diese Profile zeigen insgesamt eine weitgehende Übereinstimmung, allerdings unterschätzen die beiden DLR-Prozessoren etwas den Wert des HNO₃-Maximums in der mittleren Stratosphäre, während der IMK-Code diesen etwas überschätzt. Eine deutliche Verbesserung ergab sich nach einer Reprozessierung mit neueren spektroskopischen Daten (*J.M. Flaud et al., J. Atmos. Oceanic Optics, 16, 172-182, 2003*).
 - H₂O: Der generelle Verlauf des Wasser-Profils in der unteren und mittleren Atmosphäre wird von allen beteiligten Gruppen ähnlich ermittelt. Besonders gilt dies für den starken Abfall des Mischungsverhältnisses in der Troposphäre, jedoch zeigten sich größere Abweichungen in der oberen Atmosphäre.
 - CH₄: Auch Methan wird von den verschiedenen Prozessoren konsistent geschätzt, das vom D-PAC-Prozessor ermittelte Methan liegt jedoch in der unteren Stratosphäre ca. 0.2 ppm unter den entsprechenden Werten der anderen Gruppen.
 - N₂O: Die Profile zeigen eine gute Übereinstimmung in der mittleren und oberen Atmosphäre ($p < 10\text{mb}$). Wie bei den meisten anderen Gasen weist auch hier der OPTIMO-Prozessor die stärksten Oszillationen auf, während der Prototyp-DLR-Code ein relativ glattes Profil liefert.
 - NO₂: Die größten Diskrepanzen liefert das Retrieval von Stickstoffdioxid, wobei die beiden DLR-Prozessoren bemerkenswert nahe beieinander liegen. Wie beim *Blind-Test-Retrieval* von NO₂ und N₂O erweist sich auch hier die Verwendung von Schranken (Positivitäts-Forderung) im Prototyp-DLR-Code als vorteilhaft, negative NO₂-Konzentrationen - wie von anderen Codes in großen Höhen teilweise abgeleitet - werden so explizit verhindert.
- Vergleich der MIPAS Ergebnisse mit anderen Sensoren:
Die *Cross Validation* von O₃ und NO₂ MIPAS-Daten mit Ergebnissen der "wissenschaftlichen" Produkte der SCIAMACHY-Limb Produkte der Universität Bremen ergab für die untersuchten Fälle eine gute bis zufriedenstellende Übereinstimmung bei Ozon, jedoch zeigten sich starke Abweichungen bei NO₂. Ähnliche Resultate lieferte auch der Vergleich von MIPAS-Produkten mit GOMOS-Produkten.

3.7 COBI / DEKLIM

G. Schwarz, A. Drescher

Im Rahmen des vom BMBF finanzierten und über einen Projektträger beim DLR in Bonn administrierten Deutschen Klimaforschungsprogramms DEKLIM (<http://www.deklim.de>), das den Zeitrahmen von 2001 bis 2006 überdeckt, ist im Bereich *Klimavariabilität und Vorhersagbarkeit* das Projekt COBI definiert. COBI ("Cold Bias in Modellen der Allgemeinen Atmosphärischen Zirkulation") versucht, ein seit mehreren Jahren bekanntes Problem von globalen rechnergestützten Klimamodellen zu lösen. Die Modelle zeigen im Bereich der extra-tropischen Tropopause systematisch um mehrere Grad zu niedrig simulierte Temperaturen. Dieser als *Cold Bias* bezeichnete Temperaturfehler ist der zur Zeit größte bekannte systematische Fehler in Modellen der Allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre, wie z.B. auch in dem beim DLR-Institut für Physik der Atmosphäre betriebenen Modell ECHAM4. Das wesentliche Ziel des Projekts COBI ist, die bisher in der Fachwelt kontrovers diskutierten Ursachen des *Cold Bias* zweifelsfrei zu identifizieren und Methoden zur Behebung dieses Temperaturfehlers zu entwickeln.

Das DLR stellt bei COBI den Projektkoordinator (Prof. Dr. R. Sausen vom Institut für Physik der Atmosphäre). Projektpartner sind drei Einrichtungen des DLR (Institut für Physik der Atmosphäre IPA, Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum DFD und Institut für Methodik der Fernerkundung IMF) sowie das Meteorologische Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München.

Um mit COBI erfolgreich zu sein, wurden zur Lösung der allgemeinen Problemstellung eine Reihe von konkreten technischen Zielen und Vorgehensweisen im Einzelnen festgelegt (siehe auch im Internet (<http://www.pa.op.dlr.de/cobi>); dort finden sich auch Hinweise auf weitere Details zu COBI). Diese beinhalten die

- Erzeugung bzw. Anpassung von Beobachtungsdatensätzen zur Evaluierung der betrachteten Modellversionen (neben üblichen meteorologischen Datensätzen wie die ECMWF Re-Analysen handelt es sich hierbei um Datensätze des Wasserdampfs in der unteren Stratosphäre/oberen Troposphäre und der Wolken)
- Entwicklung und Anwendung spezieller Werkzeuge zur Modelldiagnostik
- Beschreibung der Charakteristika des *Cold Bias* und Erforschung seiner Ursachen
- Entwicklung und das Testen von Parametrisierungen physikalischer Prozesse
- Umsetzung von Modellmodifikationen (z.B. unterschiedliche vertikale Auflösungen, Lagrangescher Transport aktiver Tracer, modifizierter konvektiver Transport)
- Validierung neuer Modellversionen im Hinblick auf den *Cold Bias*

Besondere Bedeutung kommt dabei der Bereitstellung klimatologischer Wasserdampfprofile zu, wie sie vom ENVISAT-Instrument MIPAS geliefert werden. Mit diesen – im Vergleich zu bisher verfügbaren – besonders genauen Daten hoffen wir, den Einfluss der Wasserdampfklimatologie auf die von ECHAM4 berechneten Temperaturen genauer bestimmen zu können. Ergebnisse von ersten Simulationsrechnungen, welche bereits mit Hilfe von HALOE-Daten generiert wurden (vgl. Ponater et al., 2003), zeigen, dass gerade Wasserdampf einen deutlichen Einfluss auf die Temperaturfehler hat. Zusätzlich gibt es eine Reihe weiterer Effekte, die ebenfalls potenziell zum beobachteten Verhalten beitragen. Hierzu zählen durch Wolken verursachte Phänomene oder numerische Besonderheiten bei der Prozess-Simulation auf Digitalrechnern. Es wird daher zu klären sein, welche Kombination von Ursachen und Effekten zusammen den *Cold Bias* bestimmen.

Aufgabe von IMF-AP innerhalb COBI ist es, benötigte klimatologische Profile von Wasserdampf, die einen ausreichenden Höhenbereich abdecken, aus MIPAS-Daten zur Verfügung zu stellen. Dies setzt natürlich konsolidierte Prozessierungsketten und eine Freigabe der entsprechenden Daten durch die ESA voraus. Im Berichtszeitraum ging es vor allem darum, die Voraussetzungen für die Bereitstellung konsolidierter Daten zu schaffen. Dazu gehörten die Vereinbarung von Datenformaten und die Bereitstellung erster Simulationsdaten, welche in den vereinbarten Formaten vorliegen. Eine offizielle Freigabe der entsprechenden MIPAS-Daten ist bis Ende 2003 zu erwarten.

Abbildung 13 zeigt beispielhaft, wie variabel Wasserdampf in Abhängigkeit von Jahreszeit und Breitenzone ist. Die hier gezeigten (von uns logarithmisch skalierten) Daten stammen von der Universität Leicester und werden bei der Prozessierung von MIPAS-Daten als Startwerte für die in Iterationsschleifen ablaufenden Bestimmungen von Wasserdampfprofilen verwendet. Wir beabsichtigen, aktuell retrievede

Daten und Klimatologien in diese Profile einzubetten, sofern die aktuellen Daten aufgrund von Wolkenbedeckung oder des aktuellen Betriebsmodes des Instruments nicht im gesamten Höhenbereich vorliegen. Die Abbildungen vermitteln einen anschaulichen Eindruck über die klimatologische Variabilität von Wasserdampf und zeigen deutlich, dass eine ungenaue Kenntnis der tatsächlichen Profile die Ermittlung idealer Simulationsergebnisse bei atmosphärischen Modellierungen - auch auf noch so leistungsstarken Rechnern - verhindern kann.

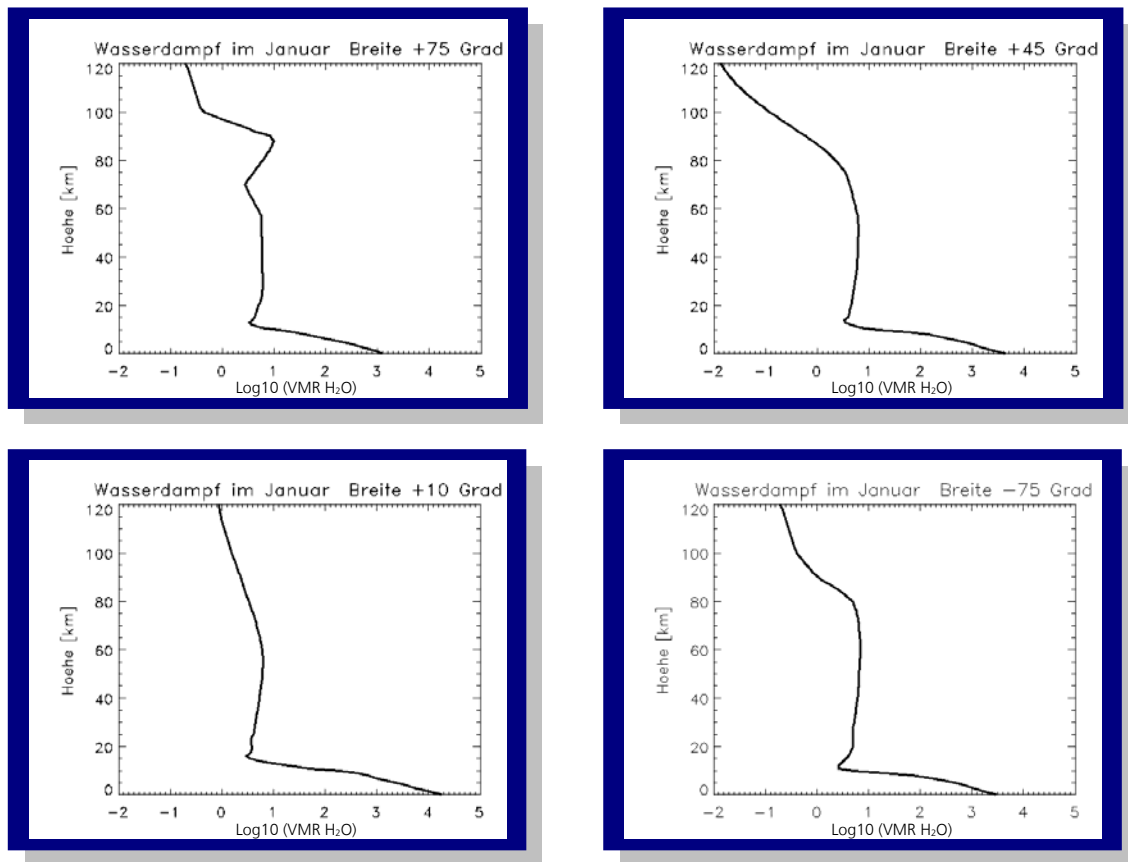


Abb. 13: Klimatologische Variabilität von Wasserdampf (Quelle: Universität Leicester)

3.8 ADM - die Atmospheric Dynamics Mission

D. Huber

ADM wurde im Oktober 1999 als eine von zwei *Earth Explorer Core Missions* der ESA ausgewählt. Hauptziel dieser Mission ist der Ausgleich der Defizite im globalen Beobachtungsnetz der Windfelder. Die Kenntnis globaler Windfelder trägt entscheidend zum Verständnis und zur Quantifizierung globaler Kreisläufe von Energie, Wasser, Aerosolen oder Spurenstoffen bei. Das Windfeld der Troposphäre ist eine Basisgröße, die die numerische Wettervorhersage und Klimamodellierung beeinflusst. Erstmalig soll hier ein satellitengetragenes Doppler-Wind-Lidar (DWL) System zur kontinuierlichen Messung von Höhenprofilen des Windfeldes mit globaler Überdeckung zum Einsatz kommen.

Als technologisches Konzept wurde von der ESA ein *Direct-Detection-Doppler-Lidar (D3L)* ausgewählt, welches bei 355 nm arbeitet. Damit wird ADM zu *AEOLUS (Atmospheric Explorer for Observations with Lidar in Ultraviolet from Space)*, siehe Abb. 14). Ein polarumlaufender Satellit auf einer sonnensynchronen Umlaufbahn in 400 km Höhe ist als Plattform vorgesehen. Der Laserstrahl soll unter einem Nadirwinkel von 35 Grad senkrecht zur Bahnbewegung ausgesandt werden und damit die Komponente des Windes in Richtung des ausgesandten Strahls in einer vertikalen Auflösung von 0.5 bis 2.0 km erfassen. Das Instrument nutzt dabei die zurückgestreuten Signale von Molekülen und Aerosolen, welche in einem Rayleigh- und Mie-Kanal detektiert werden.

ADM im DLR:

In der derzeit laufenden ersten Phase des ADM-Projektes im DLR liegt der Schwerpunkt in der Demonstration der Machbarkeit des technologischen Konzeptes. Hierzu wurden ein virtuelles Instrument des geplanten D3L entwickelt, Studien zur Untersuchung des Einflusses der Plattformkompensation durch Regelkreise, der Erkennung des Bodenechos und der Entwicklung geeigneter Signalverarbeitungsstrategien angefertigt sowie ein Doppler-Lidar System in eine Flugzeugumgebung integriert. IMF-AP war hieran mit dem Entwurf eines Daten- und Nutzungskonzeptes für eine quasi-operationelle Nahe-Echtzeit-Prozessierung mit Qualitätssicherung beteiligt.

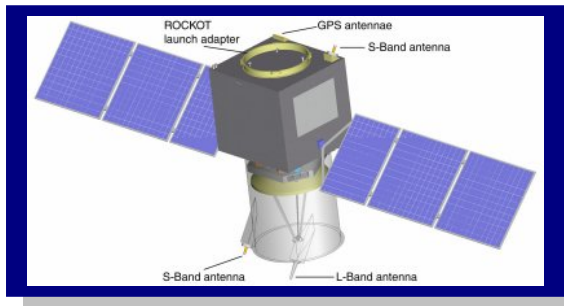


Abb. 14: AEOLUS-Plattform (Bild:ESA)

ESA-Studie zur Vorbereitung der Level 1b-Prozessierung :

IMF-AP ist in der ADM-Vorbereitungsphase für die Ausarbeitung einer ESA-Studie verantwortlich, die die Entwicklung eines industriell gefertigten Simulators und Level 1b-Prozessors beinhaltet. Dabei arbeiten wir eng mit dem Institut Physik der Atmosphäre (IPA), dem Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), Meteo France und dem niederländischen Wetterdienst (KNMI) zusammen. Die Studie umfasst folgende Schwerpunkte:

- Überarbeitung der Definition von Datenprodukten und Signalverarbeitungsalgorithmen
- Analyse von Architekturentwurf, Interface Beschreibungen und Teststrategien des Simulators und Level 1b-Prozessors
- Prototyping und Funktionsüberprüfung von kritischen Modulen der Signalverarbeitung
- Definition von Testszenarien und Bereitstellung von synthetischen Testprodukten
- Definition von zusätzlichen geophysikalischen Level 2a-Datenprodukten (Wolken, Aerosole, etc.), Entwicklung von Prozessierungsalgorithmen und Bau eines quasi-operationellen Prototyps zur Level 2a-Prozessierung.

3.9 Infrarot-Strahlungstransfer und Streuprozesse

J. Mendrok, F. Schreier

Aufgabe der Abteilung IMF-AP ist die Entwicklung operationeller Prozessoren zur Auswertung von Atmosphärenspektrometer-Messungen, d.h. der Ableitung von Produkten wie z.B. Profilen von Atmosphäreninhaltsstoffen (Gase und Aerosole) und Atmosphäreigenschaften (Temperatur, Druck). Wesentliche Grundlage derartiger Prozessoren ist die Modellierung der Messdaten, d.h. von Strahlungsintensitäten bzw. Strahlungsflüssen oder der Transmission, insbesondere in Abhängigkeit der abzuleitenden Größen.

Im Berichtsjahr 2003 wurden, teilweise im Rahmen einer Dissertation, die Fähigkeiten des bei der Modellierung des Strahlungstransfers im thermischen Infrarot u.a. verwendeten S/W-Pakets MIRART (*Modular InfraRed Atmospheric Radiative Transfer*) erweitert. MIRART umfasst die Berechnung von Absorptionsquerschnitten und -koeffizienten auf Basis von Line-by-Line-Methoden, die Simulation von Spektren für alle möglichen Sichtgeometrien (Integration thermischer Emissionen entlang des Sichtweges und Anwendung des Beerschen Gesetzes) unter optionaler Einbeziehung von Refraktion sowie Modellierung des Instrumenteneinflusses auf die Mess-Spektren (Faltung der Atmosphärenspektren mit Instrumentenfunktion).

- Berechnung von Ableitungen:

Die Möglichkeit, innerhalb von MIRART neben simulierten Messspektren auch Ableitungen der Intensitäten nach gewissen Atmosphärenparametern (Temperatur, Druck, Gaskonzentrationen) zu

berechnen, konnte realisiert werden. Die Differenziation erfolgt dabei automatisch durch eine Art Pre-Compiler (ADIFOR), welcher auf der Überlegung basiert, dass die der Modellierung zugrunde liegenden mathematischen Terme in nach einfachen Regeln abzuleitende Operationen zerlegt und per Kettenregel vollständig differenziert werden können. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass man exakte Ableitungen bei relativ geringem Arbeitsaufwand (das Modellierungsprogramm muss "ADIFOR-kompatibel" gestaltet sein) erhält.

- Einbau von Einfachstreuung:

Der Einfluss von Aerosolen und ähnlicher Partikel wird bei Strahlungstransportmodellierungen im thermalen Infrarot im allgemeinen vernachlässigt. Bewegt man sich jedoch in den kurzwelligeren Bereich um etwa $4\mu\text{m}$ - in dem MIPAS beispielsweise noch misst- so erreichen die Störeinflüsse durch eingestreutes Sonnenlicht Werte von mehreren Prozent der gemessenen Strahlung. Daneben existieren Teilchen (z.B. vulkanischen Ursprungs), die groß genug sind, auch IR-Strahlung in hohem Maß zu streuen. Beide Effekte dürfen bei hochgenauer Modellierung nicht vernachlässigt werden. Die Erweiterung von MIRART um einfache Streuvorgänge soll hier Korrekturen ermöglichen. Damit erhält man die Möglichkeit, MIRART mit seinen gut getesteten Line-by-Line-Algorithmen auch als Grundlage für die Auswertung von SCIAMACHY-Spektren zu benutzen.

Aerosoleigenschaften wie Schichtung, Absorptions- und Streukoeffizienten, Phasenfunktion werden mit Hilfe von des S/W-Pakets OPAC (Optical Properties of Aerosols and Clouds) erstellt. Hier wird angestrebt, diese Datenbasis zu erweitern - insbesondere umfangreichere Information für freie Troposphäre und Stratosphäre bereitzustellen, zusätzliche Partikeltypen (z.B. vulkanisches Aerosol, BiomassBurning-Aerosole, Desert Dust, PSC, Meteoric Dust) einzubinden.

Überlappung solarer und thermaler Strahlung

Im Zuge der Atmosphärenbeobachtung durch die ENVISAT-Instrumente SCIAMACHY und MIPAS gewinnt die Modellierung des Strahlungstransfers im Bereich von $2000 - 4000\text{ cm}^{-1}$, dort wo sich solare und thermische Strahlung überlappen, an Bedeutung. Um den Einfluss der jeweiligen Quellen (Emission durch Erde und Atmosphäre, einfach gestreutes Sonnenlicht, mehrfach gestreute Strahlung) abschätzen zu können, wurden Testszenarien mit Hilfe von MODTRAN berechnet (Abb. 15). Es zeigt sich insbesondere im Bereich zwischen 2300 und 3300 cm^{-1} eine signifikante Überlagerung der thermalen und einfach gestreuten Komponente. Zwar spielt Mehrfachstreuung eine untergeordnete Rolle, doch kann sie nicht in jedem Falle vernachlässigt werden. Für die sinnvolle Auswertung von SCIAMACHY- und MIPAS-Spektren im Überlappbereich scheinen demnach Modelle angebracht, die sowohl die im solaren Bereich dominante Streuung als auch die im thermalen Bereich bestimmende Emission ausreichend genau berücksichtigen.

Die erwähnte Dissertation beinhaltet die Entwicklung eines solchen Strahlungstransportmodells. Das Modell arbeitet weitgehend sphärisch, wobei die Terme, welche thermische Emission und Einfachstreuung solarer Strahlung beschreiben, vollständig unter Beachtung der Sphärizität der Atmosphäre berechnet werden. Schwächung des Sonnenlichts bis hin zum Streupunkt und aller Strahlung vom jeweiligen "Quellpunkt" bis zum Beobachter erfolgt durch eine sphärische Atmosphäre. Lediglich der Quellterm, der die Mehrfachstreuung beschreibt, wird auf Basis eines Strahlungsfeldes ermittelt, welches aus planparallelen oder pseudosphärischen Modellen gewonnen wurde. Dieser Ansatz folgt der Annahme, dass die Atmosphäre lokal genähert planparallel ist.

Das Modell stützt sich soweit wie möglich auf bereits vorhandene Grundbausteine. Zur Berechnung der Absorptionskoeffizienten der Atmosphärgase werden MIRART-Module genutzt. OPAC-Vorberechnungen liefern die optischen Eigenschaften der Aerosole, wobei eine spätere Integration von Mie-Algorithmen beabsichtigt ist. Das Strahlungsfeld für den Mehrfachstreuterm wird mit Hilfe eines Modells wie DISORT erzeugt. Bis Ende des Jahres 2003 wurden thermale Emission und solare Einfachstreuung in das Modell eingearbeitet und erste Testszenarien definiert.

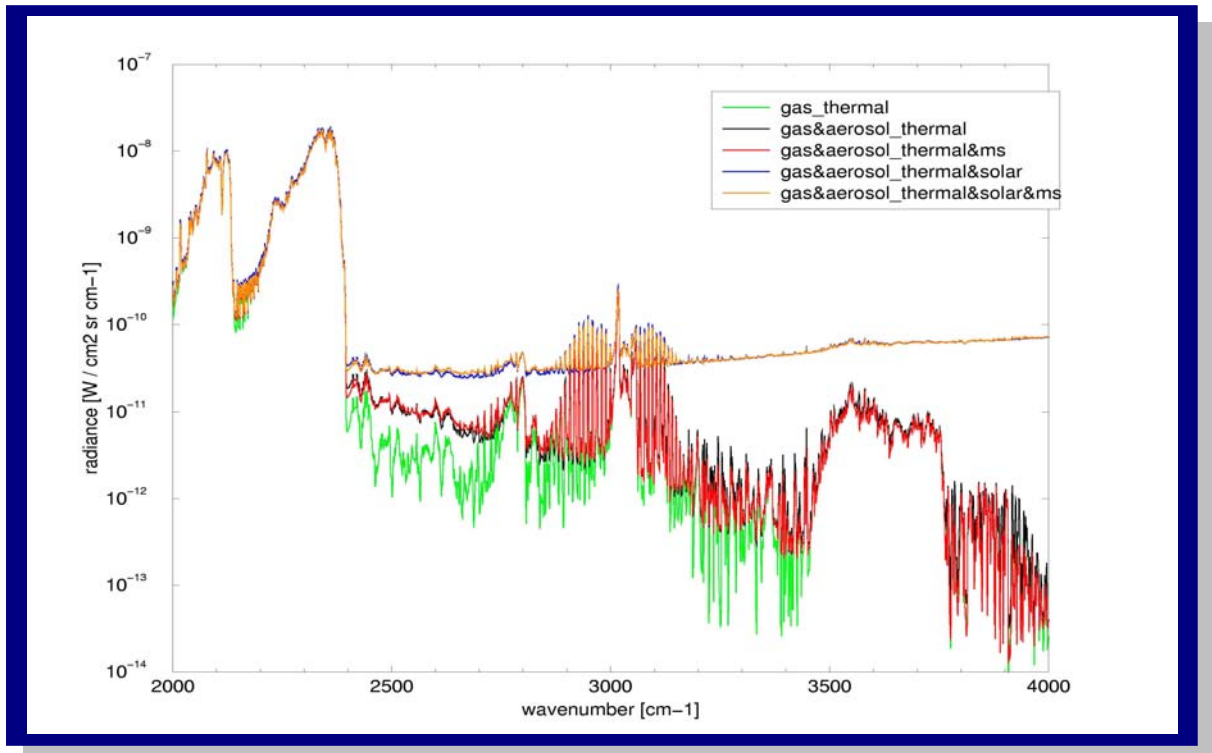


Abb. 15: Einfluss verschiedener Atmosphärenzusammensetzungen (mit und ohne Aerosole) und Quellterme im Überlappbereich von thermaler und solarer Strahlung (Limbweg mit Tangentenhöhe 50 km, Einfachstreuwinkel 61.5°)

3.10 Der Einfluß von Aerosol-, Wolken- und Bodenbedinginhomogenitäten auf das aktinische Strahlungsfeld in der Atmosphäre

A. Kniffka (Universität Leipzig), T. Trautmann

Das Ziel dieses von der DFG geförderten Projektes ist die Untersuchung von Wolken-, Bodenbeding- und Aerosolinhomogenitäten mittels Modellsimulationen unter Verwendung von Feldmessungen für spezielle atmosphärische Bedingungen. Betrachtet wird hierbei der Einfluss der Inhomogenitäten auf das aktinische (aktinisch = photochemisch relevant) Strahlungsfeld in der Atmosphäre. Die räumliche Struktur des Strahlungsfeldes ist vor allem in photochemischer Hinsicht von Interesse. Zur Entwicklung und Validierung der Modelle werden Messdaten verwendet, welche bei der ersten von zwei Messkampagnen - die im Rahmen des EU-Projektes INSPECTRO im Jahr 2002 in England stattfand - gewonnen wurden. Die Messungen, sowohl flugzeug- als auch bodengestützt, stammen vom Kooperationspartner Institut für Troposphärenforschung e.V. (IfT/Leipzig). Dabei wurden neben den atmosphärischen Grundgrößen wie z. B. Temperatur und Druck auch mikrophysikalische Daten in Form von Tropfengrößenverteilungen und Flüssigwassergehalt oder dem effektiven Tropfenradius der Wolke registriert. Ebenso wurden Größenverteilungen und Gesamtkonzentrationen des Aerosols entlang des Flugweges gemessen sowie simultan die spektrale aktinische Strahlung mit dem *Actinic Flux Density Meter* (AFDM) des IfT an Bord des Flugzeuges.

Im Rahmen einer Dissertation sollen mit Hilfe der Daten zur Wolkenmikrophysik und den Aerosolgrößen räumlich aufgelöste Felder aller zur Charakterisierung notwendigen optischen Eigenschaften der atmosphärischen Streuzentren rekonstruiert werden. Hierzu wurde ein S/W-Programmpaket entwickelt, welches in der Lage ist, gemessene Eingangsdaten verschiedenster Art zu kombinieren. Beispielsweise ist im Falle von Aerosolpartikeln die Streuung an einzelnen Teilchen einer bestimmten chemischen Standardzusammensetzung mittels der Mie-Theorie wellenlängenabhängig zu berechnen. Anschließend erstellt man Größenverteilungen sowie den Extinktionskoeffizienten und die Phasenfunktion des Ensembles. In dieser Weise wird für jeden Punkt des Simulationsfeldes verfahren. Im Falle von

Wolkentropfen bedient man sich eines ähnlichen Ansatzes. Sollten Informationen über die Hintergrundatmosphäre, z. B. Temperatur und Druckprofil, fehlen, so können sie mit Standardwerten (McClatchey *et al.*, 1971) ergänzt werden.

Das gesamte dreidimensionale Feld der optischen Eigenschaften der Modellatmosphäre lässt sich durch Überlagerung der Größen der einzelnen Streupopulationen erstellen. Anschließend werden die Strahlungstransportsimulationen mit SHDOM (Evans, 1998), DISORT (Stamnes *et al.*, 1988) oder LMCM (Gimeno García und Trautmann, 2003) durchgeführt. Das Ergebnis einer solchen Rekonstruktion ist in Abb. 16 dargestellt. Die Daten wurden in Norwich, East Anglia (UK), am 14. September 2002 gemessen. Durchflogen wurde eine stratiforme Wolkenschicht, die durchschnittlich im Höhenbereich zwischen 600 m und 1100 m lag. Zu sehen sind die Profile des konstruierten Extinktionsfeldes (links) und der mit SHDOM simulierten und gemessenen aktinischen Strahlung (rechts). Wie man sieht, gibt die Simulation mit den rekonstruierten Eingangsdaten die direkte Messung der aktinischen Strahlung sehr gut wieder.

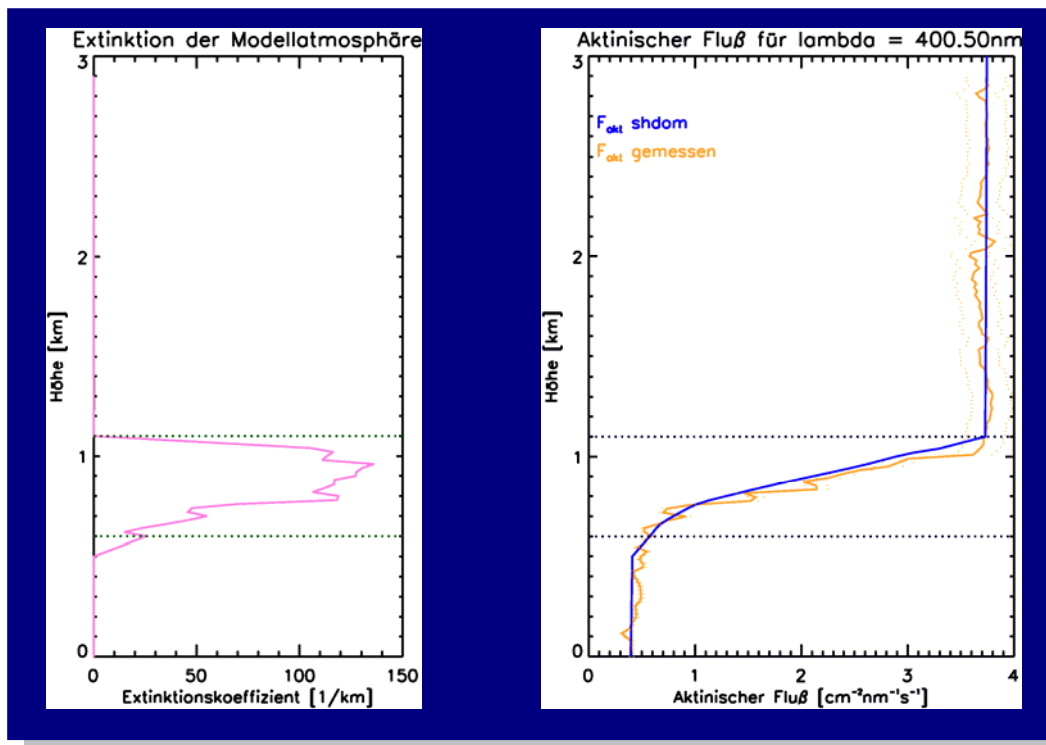


Abb. 16: links - Vertikalprofil des Extinktionskoeffizienten für die Wellenlänge 400.5 nm in einer Stratuswolke, gemessen bei der INSPECTRO-Kampagne am 14. September 2002. Rechts - gemessener (orange) und mit SHDOM simulierter (blau) aktinischer Fluss (Wellenlänge 400.5 nm) in dieser Wolke. Die orange gepunkteten Kurven geben eine Fehlerabschätzung für die spektralen Messungen an.

zitierte Literatur:

Evans, K.F.: The spherical harmonic discrete ordinate method for three-dimensional atmospheric radiative transfer, *J. Atmos. Sci.*, 55, 429-446, 1998.

McClatchey, R.A., R. W. Fenn, J. E. A. Selby, F. E. Volz, J. S. Garing: Optical Properties of the Atmosphere, AFCRL-71-0279, *Environmental Research Papers*, Nr. 354, 1971.

Stamnes, K., S. Tsay, W. Wiscombe, K. Jayaweera: Numerically stable algorithm for discrete-ordinate-method radiative transfer in multiple scattering and emitting layered media, *Appl. Opt.*, 27, 2502-2509, 1988.

3.11 Parametrisierung der kurzwelligen Strahlung in dreidimensionalen Wolkenfeldern

M. Jerg (Universität Leipzig), T. Trautmann

Die Inhalte dieser Dissertation sind Teil des Projekts 4DWOLKEN aus dem AtmosphärenForschungsprogramm 2000 (AFO2000) des BMBF. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung von Parametrisierungsverfahren, die sowohl die dreidimensionalen Einflüsse von Wolken auf das Strahlungsfeld berücksichtigen, als auch präzise und effizient genug sind, um in operationellen Wetter- und Klimavorhersagemodellen implementiert werden zu können. Die hierfür bisher zur Verfügung stehenden Verfahren tragen meist der inhomogenen Struktur der Wolken nicht genügend Rechnung, z. B. durch die Anwendung der planparallelen Approximation, oder sind durch ihren Rechenaufwand nicht für die Implementierung in numerischen Wettervorhersagemodellen geeignet, z.B. bei exakten Monte-Carlo-Modellen.

Verwendete Methode

Grundlage des benutzten Verfahrens ist die Strahlungsstörungstheorie. Hierbei wird zusätzlich zur eindimensionalen Strahlungstransportgleichung die zu dieser gehörende adjungierte Transportgleichung ebenfalls für einen mittleren Atmosphärenzustand gelöst. Der tatsächliche vom Mittelwert abweichende Zustand der optischen Parameter wird durch einen Störoperator erfasst. Mit dessen Hilfe lässt sich der untersuchte Strahlungseffekt, z. B. die Nettoflussdichte der Strahlung, in eine Reihe entwickeln, welche aus dem Effekt des Grundzustandes (Mittelwert) und einem Störungsintegral besteht. Dieses Störungsintegral beinhaltet neben dem Störoperator nur die Strahlungsgrößen des mittleren Atmosphärenzustandes. Daraus wird sofort der Vorteil dieses Verfahrens ersichtlich: sind die mittleren Strahlungswerte einmal berechnet, ergeben sich für Abweichungen vom mittleren Zustand die Lösungen nur noch aus der schnellen Berechnung des Störintegrals, und die Strahlungstransportgleichung muss nicht mehr für jeden veränderten Zustand erneut vollständig gelöst werden. Es wurde daher das oben beschriebene Verfahren in das Strahlungstransportmodell DISORT implementiert. Erste Ergebnisse liegen bereits vor (siehe Tabelle 4). Als zu berechnender Effekt wurde die Nettostrahlungsflussdichte an allen Schichtgrenzen des Modells gewählt. Als Störungen wurden Schwankungen im Absorptions- und Streukoeffizient angenommen.

Erste Ergebnisse

- Nettostrahlungsflussdichte am Unterrand des Mediums: Medium und Störung seien vertikal homogen. Der Asymmetrieparameter der Phasenfunktion beträgt 0.8, der Kosinus des Sonnenzenitwinkels ist 1.0. Dabei wurden 5 Schichten behandelt, die optische Dicke beträgt 1.0 und am Oberrand des Mediums tritt die solare Einheitsflussdichte als direktes Licht ein.

σ_s (m^{-1})	σ_a (m^{-1})	$\Delta\sigma_s$ (m^{-1})	$\Delta\sigma_a$ (m^{-1})	$E_0(W/m^2)$	ΔE_0 (W/m^2)	E_{PERT} (W/m^2)	E_{DISORT} (W/m^2)	Fehler (%)
0.04	0.000	0.004	0.000	0.93998	6.554E-3	0.93343	0.93345	0.0021
0.00	0.004	0.000	0.004	0.36788	3.679E-2	0.33109	0.33287	0.5347
0.04	0.004	0.040	0.004	0.31735	3.836E-2	0.27899	0.28109	0.7471
0.04	0.000	0.040	0.000	0.93998	6.554E-2	0.87444	0.87283	0.1845

Tab. 4: Ausgewählte Ergebnisse für die Nettostrahlungsflussdichte am Unterrand einer Schicht für unterschiedliche Störungen. Die Größen σ_s und σ_a geben den Volumenstreu- bzw. den Absorptionskoeffizienten an.

Es zeigt sich, dass die Übereinstimmung der Ergebnisse der Störungsrechnung (E_{PERT}) mit der exakten Berechnung durch DISORT (E_{DISORT}) zufriedenstellend ist. Falls die Störung nur bezüglich der Streuung erfolgt, kann man erkennen, dass der Fehler sehr klein bleibt, sogar für den Fall, dass der Streukoeffizient durch die Störung verdoppelt wird. Etwas größere Fehler sind dann zu verzeichnen, wenn die Atmosphäre Absorption beinhaltet bzw. der Absorptionskoeffizient gestört wird, ein Phänomen, das sicherlich bei der Auswahl geeigneter Grundzustände (siehe unten) zu berücksichtigen ist.

- Störung im Streukoeffizienten: Hier wurde eine optische Dicke von 1.2 verwendet, eine Einfachstreueralbedo von 1.0 und ein Kosinus des Sonnenzenitwinkels von 1. Der Streukoeffizient ist

schrittweise um bis zu 100% des Grundzustandes erhöht. Auch hier ist der Fehler sehr klein, selbst die 100%-ige Störung wird gut wiedergegeben, wie in Abb. 17 zu erkennen ist.

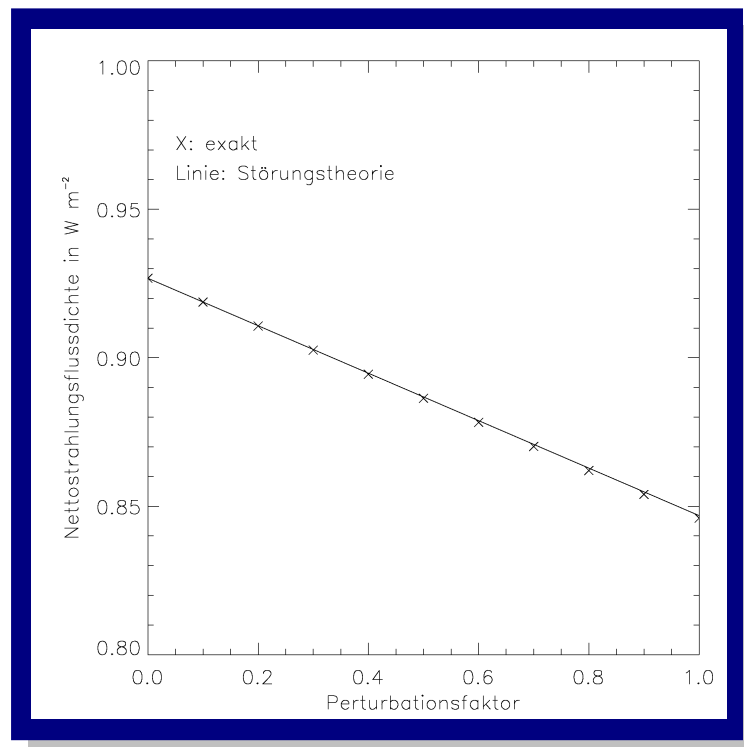


Abb. 17: Vergleich zwischen exakter Berechnung und linearer Störungstheorie für ein konservatives Medium, andere Parameter siehe Text.

3.12 Modellierung des Strahlungstransports in 3D-inhomogener Bewölkung im Rahmen von 4D-Wolken

S. Gimeno García (Universität Leipzig), T. Trautmann

Wolken spielen eine Hauptrolle bei den Austauschprozessen zwischen der Erdoberfläche und der Atmosphäre. Dennoch ist die Betrachtung des Strahlungstransports sowohl in dynamischen Modellen als auch in Fernerkundungsalgorithmen grundsätzlich eindimensional, d.h. es werden nur horizontal homogene Wolkenschichten in einer statischen Vertikalstruktur betrachtet. Diese Idealisierung des atmosphärischen Aufbaus führt beispielsweise zu einer systematischen Überschätzung der Wolkenalbedo und einer entsprechenden Unterschätzung der Transmission unterhalb der Wolke. Darüber hinaus weisen viele experimentelle Befunde darauf hin, dass die gemessene Absorption in realistischen Szenarien größer sein könnte als die mit vereinfachten Modellen berechnete Absorption.

Die Untersuchung der Einflüsse von Wolkeninhomogenitäten auf den Strahlungstransport und dessen Parametrisierung bei den in dynamischen Atmosphärenmodellen betrachteten Transport- und Austauschprozessen bilden die wichtigsten Forschungsschwerpunkte des vom BMBF innerhalb AFO2000 geförderten Projekts 4DWOLKEN. Um diese Ziele zu erreichen, sind die Messkampagnen BBC1 im September 2001 und die Messkampagne BBC2 im Mai 2003 in Cabauw (Niederlande) durchgeführt worden. Ferner kommen 3D-Strahlungstransportmodelle zum Einsatz, um die Strahlungsflussdichten sowie die Strahldichten in einer bewölkten Atmosphäre zu simulieren.

Innerhalb des Leipziger Teilprojekts werden mit Hilfe von den 3D-Strahlungstransportmodellen SHDOM und dem Leipziger Monte Carlo Modell (LMCM) spektral fein aufgelöste Simulationen für gemessene und mit statistischen Methoden generierte Wolkenfelder durchgeführt. In Zusammenarbeit mit anderen 4DWOLKEN-Projektpartnern lassen sich die simulierten Strahlungsflussdichten für Wolkenfelder, abgeleitet aus Radar- und Mikrowellenbeobachtungen, mit solchen aus in-situ Messungen vergleichen.

Ebenso sollen Strahlungstransportsimulationen durchgeführt werden, um einen im Rahmen von 4DWOLKEN entwickelten Wolkengenerator zu validieren.

Die folgende Abbildung zeigt die mit dem LMCM simulierten Albedofelder für eine aus Messdaten generierte *Large Eddy Simulation (LES)* Wolke und ihre *Iterative Amplitude Adapted Fourier Transform (IAAFT)* Ersatzwolke (Venema et al., 2003). Die beiden Wolkenfelder haben eine Reihe von identischen statistischen Eigenschaften, z.B. dieselben gebietsgemittelten Werte für Flüssigwassergehalt, dasselbe Powerspektrum und identische Wolkenober- und -untergrenzen. Wie man erkennen kann, hat die Surrogatwolke allerdings eine unterschiedliche räumliche Verteilung dieser Größen. Dies ist auch die Ursache für die sehr unterschiedlichen Strahlungsfelder. Die Gebietsmittelwerte der reflektierten und transmittierten Strahlungsflüsse stimmen dagegen bei beiden Wolken besser als 1% überein.

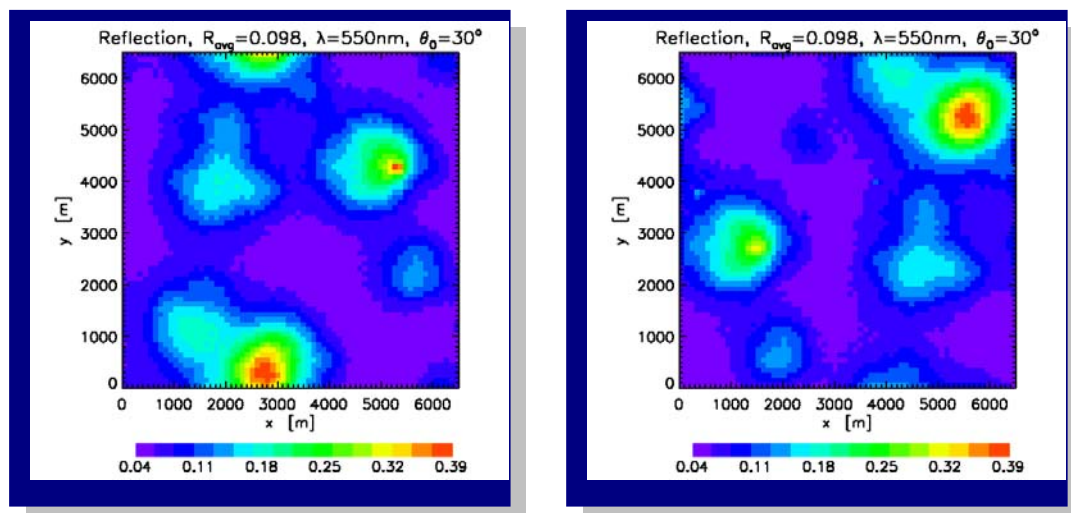


Abb. 18: Albedofelder für eine LES-modellierte Wolke (links) und für ihre IAAFT-generierte Surrogatwolke (rechts), berechnet für einen Sonnenzenitwinkel von 30° und eine Wellenlänge von 550 nm

zitierte Literatur:

Venema, V., S. Meyer, S. Gimeno García, C. Simmer, S. Crewell, U. Löhnert, A. Macke, T. Trautmann: Iterative Amplitude Adapted Fourier Transform (IAAFT) surrogate cloud fields, submitted, 2003

3.13 Strahlung und Vegetationsbrände im Rahmen von EFEU

K. Hungershofer (Universität Leipzig), T. Trautmann

Vegetationsfeuer stellen eine signifikante Quelle für atmosphärische Spurengase und Aerosolpartikel dar. Bei den Spurengasen handelt es sich sowohl um Treibhausgase als auch um photochemisch aktive Spezies, die eine troposphärische Ozonproduktion bewirken. Die Aerosolpartikel beeinflussen den Strahlungshaushalt direkt durch Streuung und Absorption bzw. indirekt, da sie als Wolkenkondensationskerne dienen können. Da mögliche Auswirkungen dieser Effekte auf unser Klima momentan noch nicht in ausreichendem Maße bekannt sind, bilden Untersuchungen zu Vegetationsfeuern einen aktuellen Forschungsschwerpunkt. In Deutschland beschäftigt sich u.a. das im Rahmen des Atmosphärenforschungsprogramms AFO2000 vom BMBF geförderte Projekt EFEU (Einfluss von Vegetationsfeuern auf die Zusammensetzung der Atmosphäre) mit diesem Themenkomplex. Dabei bedient man sich einer Kombination aus Laborexperimenten und Modellstudien.

Bei dem am Leipziger Institut für Meteorologie (LIM) ansässigen EFEU-Teilprojekt stehen im Rahmen einer Dissertation die Simulationen der optischen Eigenschaften des Biomassenaerosols und die Entwicklung eines effizienten Strahlungstransportcodes für Prozessstudien im Vordergrund. Zur genaueren Charakterisierung des Verbrennungsaerosols werden von unseren Projektpartnern verschiedene Vegetationstypen unter Laborbedingungen verbrannt und die emittierten Gase und Partikel analysiert. Die dabei gemessene Anzahlgrößenverteilung und die größen aufgelöste chemische Zusammensetzung der Partikel werden als Eingangsparameter für Mie-Rechnungen verwendet. Der ebenfalls benötigte komplexe Brechungsindex läßt sich unter Annahme eines Zwei-Komponentensystems

aus organischem und schwarzem Kohlenstoff aus Literaturwerten berechnen. Abschließend werden die resultierenden Streu- und Absorptionskoeffizienten sowie die Einfachstreueralbedo mit den gemessenen optischen Größen verglichen.

Als Beispiel für den direkten Einfluss des Biomassenaerosols auf die Strahlung soll Abbildung 19 dienen. Sie zeigt die Änderung des aktinischen Flusses im Bereich einer Rauchwolke bei einer Wellenlänge von 320 nm im Vergleich zu einer Rayleigh-Atmosphäre ohne Aerosol. Die Konturlinien geben die simulierte Aerosolkonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nach *Trentmann et al. (2002)* an, um die räumliche Ausdehnung der Rauchwolke zu veranschaulichen.

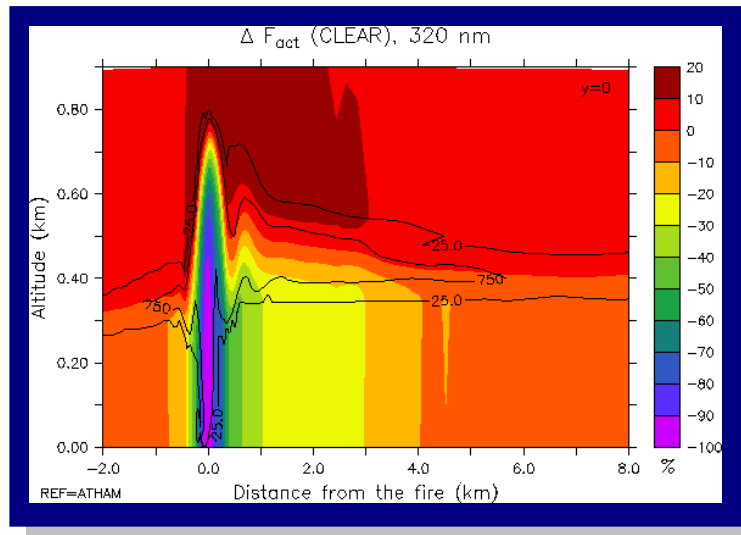


Abb. 19: Vertikalschnitt durch das Zentrum einer Rauchwolke 100 Minuten nach der Entzündung

Die Abbildung zeigt eine Erhöhung des aktinischen Flusses oberhalb der Rauchwolke von bis zu 20 %. Dies ist auf die Rückstreuung des Sonnenlichts durch die Aerosolpartikel zurückzuführen. Innerhalb und unter der Wolke führt die Aerosolextinktion dagegen zu einer Abnahme des aktinischen Flusses im Vergleich zum Rayleigh-Fall.

zitierter Literatur:

Trentmann, J., M. O. Andreae, H.-F. Graf, P. V. Hobbs, R. D. Ottmar, T. Trautmann: Simulation of a biomass-burning plume: Comparison of model results with observations, J. Geophys. Res., 107(D2), 4013, doi:10.1029/2001JD000410, 2002

3.14 Eindimensionaler Strahlungstransport in hochreichender Vegetation

S. Otto (Universität Leipzig), T. Trautmann

Der Strahlungstransport in Vegetation kann mit Hilfe der Strahlungstransporttheorie analytisch beschrieben werden. Durch die Verwendung von Zweistrom-Strahlungstransportmodellen ist es möglich, den Rechenaufwand zur Simulation des spektralen aktinischen Flusses relativ gering zu halten. Unter Vorgabe von optischen Eigenschaften der Vegetationselemente können verschiedene Zweistrom-Verfahren definiert werden, mit deren Hilfe der Strahlungstransport innerhalb der Vegetation höhenaufgelöst modelliert werden kann.

Zur mathematischen Beschreibung dieser Vorgänge in Vegetation werden allgemeine Größen wie Extinktionskoeffizient, Streufunktion und Phasenfunktion etc. entsprechend den Vegetationseigenschaften definiert. Wichtige Parameter sind z.B. die Blattnormalenverteilung (BNV, Wahrscheinlichkeitsaussage über die lokalzeitliche Orientierung der Blätter), die Blattstreueigenschaften (spektrale Transmittanz und Reflektanz von einzelnen Blättern) und die Blattflächendichte (BFD, Wahrscheinlichkeitsaussage über die lokalzeitliche Existenz und einseitige Blattfläche pro Volumen), deren Vertikalintegral als der sogenannte Blattflächenindex *Leaf Area Index (LAI)* bezeichnet wird. Der

LAI wird bei der Herleitung der Zweistrom-Gleichungen als freie Vertikalkoordinate analog zur optischen Dicke in der Atmosphäre eingeführt.

Unter weiterer Annahme horizontaler Homogenität (eindimensionaler Strahlungstransport) der Vegetation können die erhaltenen Zweistrom-Gleichungen analytisch gelöst werden. Dabei fließt der sogenannte Geometrieparameter in die Betrachtung ein, der als ein Integral aus der angenommenen BNV hervorgeht. Da einerseits die horizontale Homogenität der Vegetation eine idealisierte Annahme darstellt, und andererseits die Messung des LAI stets fehlerbehaftet sein wird, wurde ein Parametrisierungsfaktor entwickelt, der mit Hilfe von Messungen des spektralen aktinischen Flusses gewonnen wurde und die Extinktionswirkung der Blätter im Bestand näherungsweise beschreiben kann. Dieser vom Sonnenzenitwinkel abhängige Parametrisierungsfaktor konnte im Rahmen des ECHO-Projekts des Forschungszentrums Jülich mit Hilfe eines Datensatzes für den in einem Laubwald am Boden gemessenen spektralen aktinischen Fluß abgeleitet werden. Einzelheiten zu dieser Parametrisierung findet man in *Otto (2003)*.

Abb. 20 zeigt das spektrale Verhalten der entwickelten Strahlungstransportmodelle für die Vegetation mit verschiedenen BNV (U-uniform, H-horizontal, V-vertikal) und nach *Dickinson (1983, "D")*, jeweils mit (rechts) und ohne (links) Parametrisierungsfaktor. Da an zwei Positionen - nämlich in der Lichtung ("L") und im Wald um diese Lichtung ("W") - gemessen wurde, müssen diese auch in der Abbildung unterschieden werden. In den zu verschiedenen Tageszeiten gemessenen Spektren sind durch Vegetationslücken hervorgerufene Strahlungsspitzen, in welchen das direkte Sonnenlicht mehr oder weniger ungeschwächt bis zum Boden durch dringt, vernachlässigt, d.h. man betrachtet somit nur den Rumpf eines jeden spektralen Tagesganges ohne diese Spitzen. Es sollte nicht unerwähnt bleiben, dass die Zweistrom-Strahlungstransportmodelle die Interaktion der Vegetation mit der darüber liegenden Atmosphäre voll umfassen. Der Strahlungstransport in der Atmosphäre wird durch das Zweistrom-Modell PIFM nach *Zdunkowski et al. (1980)* simuliert. Zum Beispiel bezieht sich in Abb. 20 die Bezeichnung PIFMV-V auf das Modell PIFM mit Vegetation unter Annahme der idealisierten vertikalen BNV (rein horizontal ausgerichtete Blätter).

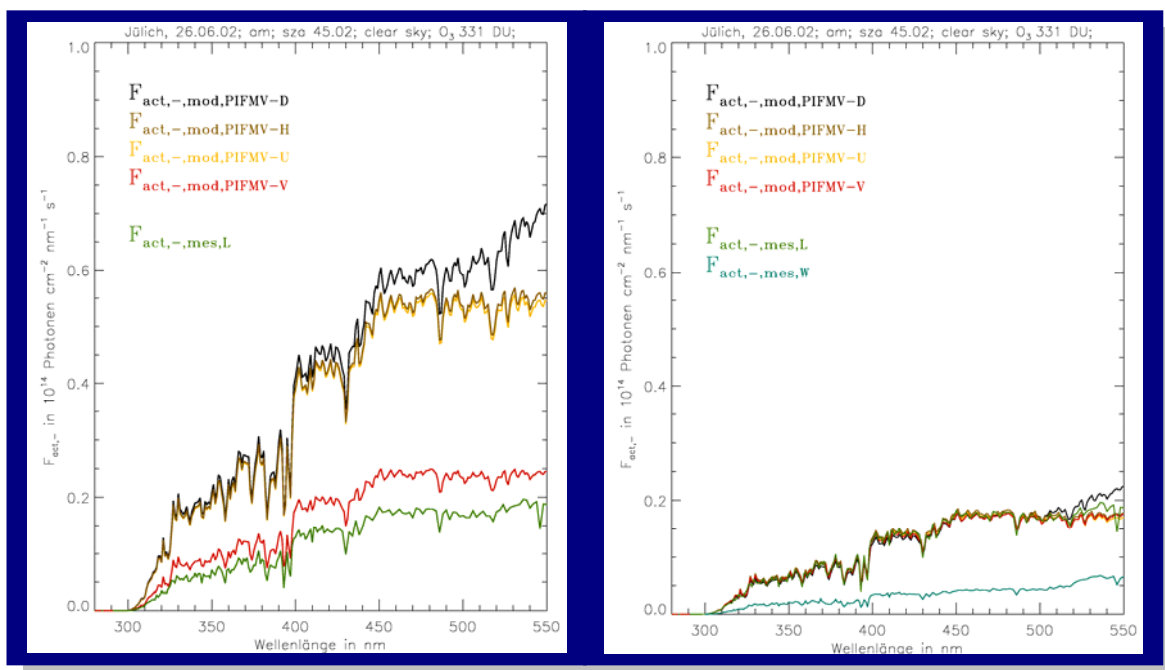


Abb. 20: Für den 26. Juni 2002 in einem Jülicher Laubwald simulierte und gemessene Spektren des aktinischen Flusses. Links ohne Parametrisierungsfaktor, rechts mit Parametrisierungsfaktor. Der Vergleich bezieht sich auf die Messungen in der Lichtung.

Abb. 20 verdeutlicht, wie sich mit Hilfe der vorgeschlagenen Parametrisierung die horizontale Inhomogenität am Standort innerhalb des Waldes ein fehlerhaft gemessener LAI und eine reale BNV angemessen berücksichtigen lässt, so dass der AF zufriedenstellend gut modelliert werden kann. Allerdings ist eine solche Parametrisierung vom Standort und vom phänologischen Zustand der lokalen

Vegetationselemente abhängig. Aus entsprechenden Strahlungsmessungen ließe sich jedoch eine zeitabhängige Parametrisierung mit der vorgeschlagenen Methode mit sehr geringem Aufwand erstellen.

zitierter Literatur:

Dickinson, R.E.: Land Surface Processes and Climate-Surface Albedos and Energy Balance, *Advances in Geophysics*, 25, 305-353, 1983

Otto, S.: Modellierung des eindimensionalen Strahlungstransports in hochreichender Vegetation mit Zweistrom-Methoden. Diplomarbeit, Univ. Leipzig, 2003

Zdunkowski, W.G., R.M. Welch and G. Korb: An investigation of the structure of typical two-stream-methods for the calculation of solar fluxes and heating rates in clouds, *Beiträge zur Physik der Atmosphäre*, 53, Nr. 2, 147-166, 1980

3.15 Untersuchungen zur Lichtstreuung an hexagonalen Eissäulen

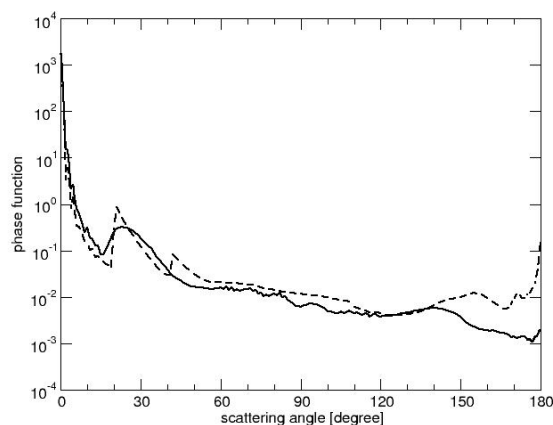
K. Schmidt, M. Hess, T. Rother

Hexagonale Eissäulen und Plättchen stellen Grundstrukturen komplexer Kristallformen in Zirruswolken dar. Die genaue Kenntnis des Streuverhaltens dieser Teilchen ist wichtig für das Verständnis und die Modellierung der optischen Eigenschaften von Zirren.

In IMF-AP existieren zwei unterschiedliche Programme (CYL und SPEX), die die Streueigenschaften von hexagonalen Eissäulen berechnen können. Das Programm CYL basiert auf einer strengen Lösung des Streuproblems für den unendlich langen, hexagonalen Zylinder in Kombination mit dem Huygens-Prinzip, wobei die Beiträge der Deckelflächen des Zylinders vernachlässigt werden. CYL kann Teilchen mit einem Größenparameter vom Rayleigh- über den Resonanzbereich bis an den Gültigkeitsbereich der geometrischen Optik (GO) heran behandeln. Das Programm SPEX beruht neben Beugungskorrekturen auf den Prinzipien der Strahlenoptik und ist somit nur auf sehr große Teilchen im Vergleich zur betrachteten Wellenlänge anwendbar. Beide Programme sind über das VL unter der URL <http://vl.nz.dlr.de> zu erreichen.

Im Berichtszeitraum erfolgten umfangreiche Konvergenzuntersuchungen zum in CYL implementierten Verfahren für verschiedene hexagonale Zylinder. Darüber hinaus wurden zahlreiche Vergleichsrechnungen mit CYL und SPEX im Übergangsbereich vom Resonanz- zum GO-Gebiet durchgeführt, um die Anwendungsbereiche beider Modelle abzuschätzen. Das Ergebnis einer solchen Vergleichsrechnung zeigt die Abbildung 21. Die relativ gute Übereinstimmung bei dem verwendeten Größenparameter von 100 und dem Aspektverhältnis von 3 demonstriert, daß das Verfahren in CYL den Anschluß an den Gültigkeitsbereich der GO für zylindrische Teilchen findet. Abweichungen im Rückstreubereich sowie das Nichtvorhandensein des 46°-Halos liegen in der verwendeten Näherung von CYL, d.h., in der Vernachlässigung der Beiträge der Deckelflächen begründet. Dieses verdeutlicht Abbildung 22 sehr anschaulich.

Abb. 21: Vergleich der Phasenfunktionen einer beliebig orientierten hexagonalen Eissäule mit einer Seitenlänge von $25.5 \mu\text{m}$, einer Zylinderlänge von $152.8 \mu\text{m}$ und einem Brechungsindex von $(1.289 + 3.54\text{E-}4 i)$ bei einer Wellenlänge von $1.6 \mu\text{m}$ (durchgezogene Linie: Rechnung mit CYL; gestrichelte Linie: Rechnung mit SPEX).



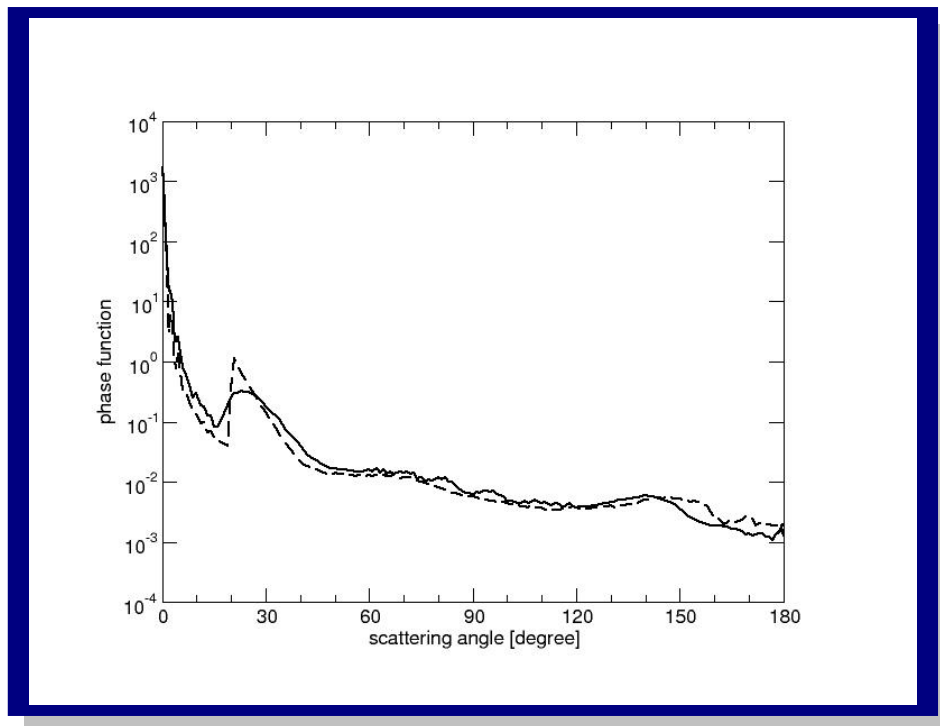


Abb. 22: Eissäuleneigenschaften wie in Abbildung 21. Die Rechnung mit SPEX erfolgte jedoch ebenfalls bei Vernachlässigung der Beiträge der Deckelflächen des Zylinders.

3.16 Virtuelles Labor

J. Wauer, T. Rother, T. Ernst (FhG-FIRST), F. Schreier

Mit dem virtuellen Labor wurde in den letzten Jahren ein Demonstrator für die Web-basierte Nutzung von wissenschaftlicher Software entwickelt und erfolgreich im Testbetrieb erprobt. Ziel des virtuellen Labors ist es, wissenschaftliche Software internen und externen Interessenten aus Forschung, Entwicklung, Ausbildung und Lehre auf einfache Art über das Internet für eine Onlinenutzung zur Verfügung zu stellen (siehe Abb. 23). Das virtuelle Labor wird durch den Bereich *Innovationsmanagement und Technologiemarketing* des DLR gefördert.

Grundlage des virtuellen Labors bildet eine generische Softwareplattform, welche standardisierte Schnittstellen zu Fachlaboren sowie zu den Nutzern besitzt. Die Fachlabore enthalten wissenschaftliche Anwendungen eines speziellen Fachgebiets.

Fachlabore

Gegenwärtig bestehen folgende zwei Fachlabore:

- *Streulabor*: Enthält Software zur Lichtstreuung an Teilchen. Wesentliche Anwendungen sind die Programme MIESCHKA, CYL und SPEX. MIESCHKA berechnet die Streueigenschaften rotationssymmetrischer Teilchen durch exakte Lösung der Maxwellschen Gleichungen, CYL liefert näherungsweise Streueigenschaften für langgestreckte Teilchen (z.B. hexagonale Eissäulen) und SPEX ist ein GO-Programm zur Berechnung von Eiskristallen.
- *Strahlungstransferlabor*: Enthält z.B. Eingabemasken zu den bekannten Strahlungstransferprogrammen MODTRAN und FASCODE sowie MIRART, einem im DLR entwickelten Strahlungstransportprogramm für den Infrarotbereich

Nutzung

Das virtuelle Labor wird zur Zeit von über 40 Wissenschaftlern aus 16 Ländern genutzt. Zusätzlich wurde es in einer Lehrveranstaltung zur Aerosolphysik von der Universität Leipzig und in den Projekten PAZI

sowie CLOUDMAP2 erfolgreich eingesetzt. Darüber hinaus erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik (FhG-FIRST) eine Testimplementation des virtuellen Labors, über die sich ein Analyse- und Managementsystem schadstoffbedingter Umweltrisiken (ERAMAS) erfolgreich auf der CeBit präsentieren ließ.

Home
Member Login
Component Database
Conditions of use
Registration
Info for authors
Administration

The DLR-IMF Virtual Laboratory
 A REPOSITORY OF ONLINE-EXECUTABLE SCIENTIFIC SOFTWARE

Research **VirtualLab** **Application**

P1 → C1
 P2 → C2
 P3 → C3
 ... → ...

VL infrastructure

← A1
 ← A2
 ← A3
 ...

INTERNET

This site offers scientific software together with background documentation for direct, web-based online use. Its generic soft/hardware infrastructure allows to integrate scientific components easily, without changing their internals. [More information...](#)

Fresh off the press: [DLR's Virtual Lab - Scientific Software Just A Mouse Click Away](#) [PDF](#)
 Published in Computing in Science & Engineering magazine, vol. 5, no. 1, Jan./Feb. 2003. Copyright IEEE.

CLICK HERE TO VIEW DEMO!
 (DEMO REQUIRES JAVA-ENABLED BROWSER)
 non-JavaScript version

contact: virtual-lab-nz@dlr.de

Abb. 23: Startseite des „Virtuellen Labors“ (<http://vl.nz.dlr.de>)

Perspektive

Nach dem erfolgreichen Testbetrieb des Demonstrators wurde durch den Vorstand des DLR im Berichtsjahr entschieden, das virtuelle Labor zu einem in- und extern nutzbaren operationellen System weiterzuentwickeln und als Basissoftware für ein wissenschaftliches Softwareportal des DLR einzusetzen. Diese Aktivitäten wurden außerdem als einer von drei Schwerpunkten für die Standortentwicklung Neustrelitz in der Zusammenarbeit des DLR mit dem Land Mecklenburg-Vorpommern ausgewählt.

4. Veröffentlichungen, Vorträge und Tagungen

4.1 Zeitschriftenartikel

Bramstedt, K., J. Gleason, D. Loyola, W. Thomas, A. Bracher, M. Weber, J.P. Burrows: Comparison of total ozone from the satellite instruments GOME and TOMS with measurements from the Dobson network 1996-2000, *Atmos. Chem. Phys.*, 3, 1409-1419, 2003

Clarmann, von T., M. Höpfner, B. Funke, M. López-Puertas, A. Dudhia, V. Jay, F. Schreier, M. Ridolfi, S. Ceccherini, B.J. Kerridge, J. Reburn, R. Siddans: Modeling of atmospheric mid-infrared radiative transfer: The AMIL2DA algorithm intercomparison experiment. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 78: 381-407, 2003a

Clarmann, von T., S. Ceccherini, A. Doicu, A. Dudhia, B. Funke, U. Grabowski, S. Hilgers, V. Jay, A. Linden, M. López-Puertas, F.-J. Martín-Torres, V. Payne, J. Reburn, M. Ridolfi, F. Schreier, G. Schwarz, R. Siddans, T. Steck: A blind test retrieval experiment for infrared limb emission spectrometry. *J. Geophys. Res.*, 2003b, im Druck

Doicu, A.: Null-field method to electromagnetic scattering from uniaxial anisotropic particles, *Optics Communications*, 218, 11-17, 2003

Doicu, A., F. Schreier, M. Hess: Iteratively regularized Gauss-Newton method for bound-constraint problems in atmospheric remote sensing, *Comp. Phys. Comm.*, 153(1), 59-65, 2003

Doicu, A., F. Schreier, M. Hess: Iterative regularization methods for atmospheric remote sensing. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 83:47-61, 2004

Eckstein, E., D. Perner, Ch. Brühl, T. Trautmann: A new actinic flux 4π -spectroradiometer: instrument design and application to clear sky and broken cloud conditions. *Atmos. Chem. Phys.*, 3, 1965-1979, 2003

Ernst, T., T. Rother, F. Schreier, J. Wauer, W. Balzer: DLR's Virtual Lab: Scientific software just a mouse click away. *Computing in Science & Engineering*, 5(1):70-79, Jan/Feb 2003

Früh, B. E. Eckstein, T. Trautmann, M. Wendisch, M. Fiebig, U. Feister: Ground-based measured and calculated spectra of actinic flux density and downward UV irradiance in cloudless conditions and their sensitivity to aerosol microphysical properties. *JGR*, 108, doi:10.1029/2002JD002933, 2003

Gimeno García, S., T. Trautmann: Radiative transfer modelling in inhomogeneous clouds by means of the Monte Carlo method. *Wiss. Mitt. Inst. f. Meteorol. Univ. Leipzig*, 30, 29-43, 2003

Gottwald, M.: Multispektrale Beobachtung der Erde mit ENVISAT - in Die Erde, Der Planet, auf dem wir leben, *Sterne und Weltraum Dossier*, Oktober, 38-48, 2003

Hungershofer, K., T. Trautmann: Investigations into the impact of the lower boundary condition on the reflected solar radiance field, *Wiss. Mitt. Inst. f. Meteorol. Univ. Leipzig* 30, 1-12, 2003

Kniffka, A., T. Trautmann: Vergleich zweier numerischer Verfahren zur Impulsadvektion in einem dreidimensionalen mikroskaligen Strömungsmodell, *Wiss. Mitt. Inst. f. Meteorol. Univ. Leipzig*, 30, 13-28, 2003

Loyola, D.: Monitoring the Ozone Hole Using Neural Networks and the Mixture-of-Experts Model, ASME Press, New York, accepted, 2003

Mueller, M.D., A.K. Kaifel, M. Weber, S. Tellmann, J.P. Burrows, D. Loyola: Ozone profile retrieval from GOME data using a neural network approach (NNORSY), *J. Geophys. Res.*, in press, 2003

Qin, Y., M.A. Box, T. Trautmann: Higher-order radiative perturbation theory. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 84, 105-114, 2004

Rinsland, C.P., J.-M. Flaud, A. Perrin, M. Birk, G. Wagner, A. Goldman, A. Barbe, M.-R. De Backer-Barilly, S.N. Mikhailenko, V.G. Tyuterev, M.A.H. Smith, V. Malathy Devi, D.C. Benner, F. Schreier, K.V. Chance, J. Orphal, T.M. Stephen: Spectroscopic parameters for ozone and its isotopes: recent

measurements, outstanding issues, and prospects for improvements to HITRAN. *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, 82:207-218, 2003

Rother, T., M. Kahnert, A. Doicu, J. Wauer: Surface Green's Function of the Helmholtz Equation in Spherical Coordinates. *Progress in Electromagnetic Research*, 38, 47-95, 2003

Schreier, F., U. Böttger: MIRART, a line-by-line code for infrared atmospheric radiation computations incl. derivatives, *Atmos. Oceanic Optics*, 16, 262-268, 2003

Thomas, W., F. Baier, T. Erbetseder, and M. Kästner: Analysis of the Algerian severe weather event in November 2001 and its impact on ozone and nitrogen dioxide distributions, *TELLUS B*, 55, 993-1006, 2003

Trentmann, J., B. Früh, O. Boucher, T. Trautmann, M.O. Andreae: Three-dimensional solar radiation effects on the actinic flux field in a biomass-burning plume. *J. Geophys. Res.*, 108(D17), 4558, doi:10.1029/2003JD003422, 2003

4.2 Proceedingsbeiträge

Ponater, M., M. Mech, R. Meerkötter, G. Schwarz, R. Sausen, U. Burkhardt, J. Egger, C. Fichter, G. Gesell, B. Hildenbrand, and C.W. König: COBI: The Cold Bias in Atmosphere General Circulation Models, *Proc. DEKLIM Status Seminar*, Bad Münstereifel, pp. 437-443, 2003

Rother, T., T. Ernst, J. Wauer, F. Schreier, U. Böttger, K. Schmidt: The Virtual Lab for Light Scattering Analysis and Radiative Transfer. *SPIE Proceedings* 5059, 2003

Schmidt, K., J. Wauer, T. Rother: Application of the Separation of Variables Method to plane wave scattering on non-axisymmetric dielectric particles. *SPIE Proceedings* 5059, 2003

4.3 Dokumente

Clarmann, von T., A. Doicu, S. Hilgers, F. Schreier, G. Schwarz, et al.: AMIL2DA - Final Report EC Research Project, EVG1-CT-1999-00015, October 2003

Kniffka, A., T. Trautmann: DFG Project Tr 315/3-1 und Tr 315/3-2 (Einfluss von Aerosol-, Wolken- und Bodenaltbedoinhomogenitäten auf das dreidimensionale aktinische Strahlungsfeld in der Atmosphäre) – Progress Report, August 29, 2003

Krieg, E.: SCIAMACHY Operations Concept III. Instrument States and Onboard Tables (PFM), PO-TN-DLR-SH-0001/3, Issue 4, Rev. 0, March 20, 2003

M. Milz, M., H. Bovensmann, A. Bracher, T. von Clarmann, A. Dudhia, B. Funke, S. Gil, N. Glatthor, S. Hilgers, V. Jay, Sylvia Kellmann, V. Payne, J. Reburn, A. Rozanov, Ch. v. Savigny, G. Schwarz, R. Siddans, T. Steck, G. Stiller D.Y. Wang: Comparison of AMIL2DA results for MIPAS-ENVISAT data with external data (D64, D66, D67, D69, D71, D72), June 27, 2003

Schreier, F., K. Beier, M. Hess, V. Tank, B. Zhukov, D. Oertel: FOCUS Data Fusion Algorithm Development - Final Report ESA CR (P)4384, Contract 14728/00/NL/JSC November 2002

Schreier, F., K. Beier, M. Hess, V. Tank, B. Zhukov, D. Oertel: FOCUS Data Fusion Algorithm Development - Algorithm Theoretical Basis Document, ESA CR (P)4384, Contract 14728/00/NL/JSC November 2002

Schreier, F., K. Beier, M. Hess, V. Tank, B. Zhukov, D. Oertel: FOCUS Data Fusion Algorithm Development - Technical Note 2, ESA CR (P)4384, Contract 14728/00/NL/JSC November 2002

Schwarz, G.: ESTEC Contract No. 16150/02/NL/FF, Technical Note No. 2, Intercomparison of MIPAS/ENVISAT Measurements with Simulations and Co-located Measurements, August 01, 2003

Schwarz, G.: ESTEC Contract No. 16150/02/NL/FF, Technical Note No. 3, Results of Enhanced MIPAS Retrievals, DLR-IMF, December 15, 2003

Schwarz, G.: ESTEC Contract No. 12012 96 NL GS, Final Report, MIPAS Level 2 Offline Functionalities, November 01, 2003

Thomas, W., D. Loyola, GOME-2 total ozone and trace gases, In: Ozone SAF Report on CDR Scientific Prototyping Report, edited by Finnish Meteorological Institute (FMI), SAF/O3/FMI/ALG/RP/001 (rev.1.2), 2003

Thomas, W., Y. Livschitz, D. Loyola, Ozone SAF Databases for the GOME-2 Universal Processor for Atmospheric Spectrometers, SAF/O3M/DLR/TN/001 (rev.1.0), 2003

4.4 Vorträge und Pressemitteilungen

Clarmann, von T., A. Doicu, S. Hilgers, F. Schreier, G. Schwarz, et al.: Advanced MIPAS level-2 Data Analysis (AMIL2DA), Poster, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nizza, 6.-11. April 2003

Clarmann, von T., M. Birk, H. Bovensmann, A. Burgess, S. Ceccherini, A. Doicu, A. Dudhia, J.-M. Flaud, B. Funke, S. Hilgers, M. Höpfner, V. Jay, B.J. Kerridge, E. Kyrölä, A. Linden, M. Lopez-Puertas, F.J. Martin-Torrez, Gizaw Mengistu Tsidu, V. Payne, C. Piccolo, J. Reburn, M. Ridolfi, F. Schreier, G. Schwarz, R. Siddans, T. Steck, and D.Y. Wang: AMIL2DA Advanced MIPAS level 2 data analysis, Poster, EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Nizza, 6.-11. April 2003

Clarmann, von T., M. Birk, H. Bovensmann, A. Burgess, S. Ceccherini, A. Doicu, A. Dudhia, J.-M. Flaud, B. Funke, S. Hilgers, M. Höpfner, V. Jay, B.J. Kerridge, E. Kyrölä, A. Linden, M. Lopez-Puertas, F.J. Martin-Torrez, Gizaw Mengistu Tsidu, V. Payne, C. Piccolo, J. Reburn, M. Ridolfi, F. Schreier, G. Schwarz, R. Siddans, T. Steck, and D.Y. Wang: AMIL2DA Advanced MIPAS level 2 data analysis, Poster, ASSFTS 11, Bad Wildbad, 8.-10. Oktober 2003

Doicu, A., F. Schreier, M. Hess: Iteratively regularized Gauss-Newton methods for quadratic and bound constraint problems in atmospheric remote sensing (Poster), ASSFTS 11 - Atmospheric Science from Space using Fourier Transform Spectrometry, Bad Wildbad, 8.-10. Oktober 2003

Doicu, A. und F. Schreier: Inverse Probleme in der Atmosphärischen Infrarot-Fernerkundung, Universität Potsdam, 4. Februar 2003

Doicu, A., F. Schreier, T. Trautmann: Hybrid finite element method for the two-dimensional atmospheric radiative transfer, Workshop on Numerical Methods for Multidimensional Radiative Transfer Problems, Universität Heidelberg, 24.-26. September 2003

Doicu, A., F. Schreier, T. Trautmann, M. Hess: Hybrid Finite Element Method for the Two-Dimensional Atmospheric Radiative Transfer, Workshop on Numerical Methods for Multidimensional Radiative Transfer Problems, Universität Heidelberg, 24.-26. September 2003

Gimeno García, S., T. Trautmann, M. Wendisch, J. Meywerk, V. Venema: 3D effects on radiative transfer simulations for cloud fields measured in the BBC campaign. Presented at the EGS-AGU-EUG Joint Assembly Conference, Nizza, 6.-11. April 2003

Gimeno García, S., T. Trautmann: Three-dimensional solar radiative transfer effects on scales from decametres to several kilometres, Lokal Modell (LM) User Workshop des Deutschen Wetterdienstes, Bildungs- und Tagungszentrum Langen, Langen, 31. März – 2. April 2003

Gimeno García, S., T. Trautmann, U. Löhnert, S. Schmidt, M. Wendisch: Comparison of radiative transfer simulations for measured cloud fields with in situ measurements. Presented at BBC2 Workshop, Bonn, 8.-10. Oktober 2003

Gottwald, M.: Die ENVISAT Mission - Hintergründe, Entwicklung und Ergebnisse, eingeladener Vortrag, Symposium *200 Jahre Christian Doppler*, Salzburg, 2.-5. Oktober 2003

Gottwald, M.: SCIAMACHY Operations Support - eine Brücke zwischen ENVISAT-System und Wissenschaft, GSOC-Kolloquium, DLR, Oberpfaffenhofen, 4. Dezember 2003

Hilgers, S., G. Schwarz: Cost/Performance Comparisons of Joint Temperature and Water Vapour Retrievals from MIPAS Data, Poster, EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Nizza, 6.-11. April 2003

Hungershöfer, K., T. Trautmann, J. Trentmann: Effect of the Optical Properties on the Heating Rates in a Biomass Burning Plume, EGS-AGU-EUG Joint Assembly, Nizza, 6.-11. April 2003

Hungershöfer, K., T. Trautmann, Jörg Trentmann: Radiative Transfer in a Biomass Burning Plume. 1st ENVISAT Data Assimilation Summer School, Frascati, 18.-29. August 2003

Kniffka, A., J. Eichhorn, T. Trautmann: Sensitivity studies and evaluation of the microscale flow model MISCAM: The effect of momentum advection, 5th International Conference on Urban Climate, International Association for Urban Climate (IAUC), Lodz, 3. September 2003

Rother, T.: Lösung elliptischer partieller Differentialgleichungen bei Vorlage nichtseparabler Randbedingungen, eingeladener Vortrag in der Sektion Mathematik der Ludwig-Maximilians-Universität München, Januar 2003

Rother, T.: Lichtstreuanalyse an nichtsphärischen Teilchen und deren Anwendung in der Atmosphärenfernerkundung, eingeladener Vortrag am Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik (INP) Greifswald, Juni 2003

Sausen, R., M. Bittner, J. Egger, R. Meerkötter, M. Ponater, G. Schwarz: COBI - Der Cold Bias in Modellen der allgemeinen atmosphärischen Zirkulation, Poster, DEKLIM Status Seminar, Bad Münstereifel, 6.-8. Oktober 2003

Schreier, F.: Implementation of Weighting Functions in MIRART - Problems and Solutions. IRTMW03 - Fifth International Radiative Transfer Workshop, Bredbeck, 7.-10. Juli 2003

Schreier, F.: Analyse von Hochtemperatur-Ereignissen. in: CCG-Seminar SE 1.12 Infrarottechnik: Entwicklungen/Trends in Detektion, Erkennung, Analyse. Oberpfaffenhofen, 20.-21. Mai 2003

Schreier, F.: Analyse von atmosphärischen IR-Fernmessungen. in: CCG-Seminar SE 1.02 Infrarottechnik: Grundlagen und moderne Anwendungen. Oberpfaffenhofen, 10.-14. November 2003

Schreier, F.: MIRART - Ein hochauflösendes Line-by-Line Atmosphärisches Strahlungstransportmodell mit algorithmischen Ableitungen. Meeting *Modellierung und Simulation*. OPTEC BB/IFV OTVR Berlin, 3. September 2003

Schwarz, G., S. Hilgers: Retrieval of Heavy Molecule Profiles from MIPAS Data Using a Multi-Scale Approach, Poster, EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Nizza, 6.-11. April 2003

Schwarz, G.: Validierung von MIPAS-Profilen, Seminar zur Fernerkundung, Oberpfaffenhofen, 14. Mai 2003

Schwarz, G.: COBI - Wasserdampf-Beobachtungsdaten, Poster, DEKLIM Status Seminar, Bad Münstereifel, 6.-8. Oktober 2003

Thomas, W.: Status of ozone and trace gas total column retrieval, 10th Ozone Monitoring SAF project Team Meeting, DLR, Oberpfaffenhofen, 31. Januar 2003

Thomas, W.: Analysis of the Algerian Severe Weather Event, Seminar des Clusters Angewandte Fernerkundung, DLR, Oberpfaffenhofen, 19. März 2003

Thomas, W.: Status of Ozone and Trace Gas Total Column Retrieval, 1st Ozone Monitoring SAF Algorithm Forum, EUMETSAT, Darmstadt, 23. April 2003

Thomas: Status of Level 1-2 Processing, 11th Ozone Monitoring SAF Project Team Meeting, METEO-FRANCE, Toulouse, 8. Oktober 2003

Thomas, W.: Status of Level 1-2 Processing, 2nd Ozone Monitoring SAF Algorithm Forum, KNMI, DeBilt, 23. Oktober 2003

Thomas, W.: On the Potential Use of AVHRR Cloud Products for GOME-2 level 1-2 Processing, 2nd Ozone Monitoring SAF Algorithm Forum, KNMI, DeBilt, 24. Oktober 2003

Trautmann, T.: Overview of the 4D-Clouds Project, Lokal Modell (LM) User Workshop des Deutschen Wetterdienstes, Bildungs- und Tagungszentrum Langen, Langen, 31. März – 2. April 2003

Trautmann, T., T. Rother, A. Doicu, M. Hess, D. Loyola: Scattering, Virtual Lab, radiative transfer, retrieval methods and neural networks, Meeting *Modellierung und Simulation*, OPTEC BB/IFV OTVR Berlin, 3. September 2003

Trautmann, T., M. Jerg: Parameterization of radiative transfer through structured clouds. Presented at BBC2 Workshop, Bonn, 8.-10. Oktober 2003

4.5 Besuchte Tagungen

10th Ozone Sub-Group Meeting, 30.-31. Januar 2003, DLR, Oberpfaffenhofen

Lokal Modell (LM) User Workshop des Deutschen Wetterdienstes, Bildungs- und Tagungszentrum Langen, 31. März – 2. April 2003, Langen

EGS-AGU-EUG Joint Assembly Conference, 6.-11. April 2003, Nizza, Frankreich

Ozone Monitoring SAF Algorithm Forum 23.-24. April 2003, EUMETSAT, Darmstadt

Final Troposat Workshop, 7. Mai 2003, ESA/ESRIN, Frascati, Italien

Fifth International Radiative Transfer Workshop (IRTMW03), 7.-10. Juli 2003, Bredbeck

1st ENVISAT Data Assimilation Summer School, 18.-29. August 2003, ESA/ESRIN, Frascati, Italien,

5th International Conference on Urban Climate, International Association for Urban Climate (IAUC), 3. September 2003, Lodz, Polen

Meeting *Modellierung und Simulation*, 3. September 2003, OPTEC BB / IFV OTVR, Berlin

Workshop on Numerical Methods for Multidimensional Radiative Transfer Problems, Universität Heidelberg, 24.-26. September 2003, Heidelberg

Symposium *200 Jahre Christian Doppler*, 2.-5. Oktober, Salzburg, Österreich

11th Ozone Sub-group Meeting, 8.-9. Oktober 2003, Meteo-France, Toulouse, Frankreich

Atmospheric Science from Space using Fourier Transform Spectrometry (ASSFTS 11), 8.-10. Oktober 2003, Bad Wildbad

Baltex Bridge Campaign 2 (BBC2) Workshop, Bonn, 8.-10. Oktober 2003, Bonn

2nd Ozone Monitoring SAF Algorithm Forum, 23.10.-24.10.03, KNMI, DeBilt, Niederlande

4.6 Diplom- und Doktorarbeiten

Gimeno García, S.: Modellierung des solaren Strahlungstransports in 3D-inhomogener Bewölkung und Vergleich mit spektroradiometrischen Messungen. Dissertation, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Universität Leipzig. (Betreuer: PD Dr. Thomas Trautmann)

Hungershofer, K.: Simulation des Strahlungstransports zur Rolle der Biomassenverbrennung für Chemie und Dynamik in der regionalen und globalen Skala. Dissertation, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Universität Leipzig. (Betreuer: PD Dr. Thomas Trautmann)

Jerg, M.: Parametrisierung des solaren Strahlungstransports in realistischer dreidimensionaler Bewölkung. Dissertation, Universität Leipzig. (Betreuer: PD Dr. Thomas Trautmann)

Kniffka, A.: Einfluß von Aerosol-, Wolken-, und Bodenalbedoinhomogenitäten auf das dreidimensionale aktinische Strahlungsfeld in der Atmosphäre. Dissertation, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Universität Leipzig. (Betreuer: PD Dr. Thomas Trautmann)

Mendrok, J.: Infrarot-Strahlungstransfer und Streuprozesse. Dissertation, Freie Universität Berlin. (Betreuer: Prof. Dr. J. Fischer, Institut für Weltraumwissenschaften, Freie Universität Berlin und Dr. F. Schreier, IMF-AP)

Otto, S.: Modellierung des eindimensionalen Strahlungstransports in hochreichender Vegetation mit Zweistrom-Methoden. Diplomarbeit, Abgabe September 2003, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Universität Leipzig. (Betreuer: PD Dr. Thomas Trautmann)

Steinwagner, J.: Optimierung der Parameterauswahl für ein operationelles Off-Line-Retrieval von Spurengas-Vertikalprofilen aus MIPAS-Daten. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München. (Betreuer: Prof. Dr. H. Quenzel, Meteorologisches Institut, Ludwig-Maximilians-Universität München und G. Schwarz, IMF-AP)

4.7 Patentanmeldung

Beier, K., P. Fuchs, B. Schimpf, F. Schreier: Verfahren und Einrichtung zur optischen Fernmessung von Feuerszenen mittels IR-Sensoren. Deutsches Patent-Nr. 10113330, April 2003

Lindermeir, E., P. Haschberger, B. Schimpf, F. Schreier, V. Tank: Verfahren zur quantitativen Analyse von Gas-Volumina, insbesondere von Abgasen aus Verbrennungseinrichtungen oder -anlagen, sowie Einrichtungen zur Durchführung der Verfahren. Europäisches Patent Nr. 0959341, Januar 2003

Abkürzungen und Akronyme

4DWOLKEN	4D Bewölkung der unteren Atmosphäre
ADIFOR	Automatic Differentiation of Fortran
ADM	Atmospheric Dynamics Mission
AEOLUS	Atmospheric Explorer for Observations with Lidar in Ultraviolet from Space
AF	aktinischer Fluss
AFDM	Actinic Flux Density Meter
AFO2000	BMBF-Förderschwerpunkt <i>Atmosphärenforschung 2000</i>
AMIL2DA	Advanced MIPAS Level 2 Data Analysis
AP	Atmosphärenprozessoren
BALTEX	The Baltic Sea Experiment
BBC1	BALTEX Bridge Campaign 1
BBC2	BALTEX Bridge Campaign 2
BFD	Blattflächendichte
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BNV	Blattnormalenverteilung
CFC	Chlorofluorocarbon
CLOUDMAP2	Cloud Mapping Project 2
COBI	Cold Bias in Modellen der Allgemeinen Atmosphärischen Zirkulation
CTI	Configurable Transfer Item
D3L	Direct Detection Doppler Lidar
DEKLIM	Deutsches Klimaforschungsprogramm
DFD	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DISORT	Discrete Ordinate Radiative Transfer
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DOAS	Differentielle Optische Absorptions Spektroskopie
D-PAC	Deutsches Processing and Archiving Centre
DU	Dobson Unit
DWL	Doppler Wind Lidar
ECHAM4	GCM based on ECMWF forecast models, modified and extended in Hamburg, Version 4
ECHO	Emission und Chemische Umwandlung biogener flüchtiger Organischer Verbindungen: Untersuchungen in und über einem Mischwaldbestand
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EFEU	Einfluss von Vegetationsfeuern auf die Zusammensetzung der Atmosphäre
ENVISAT	Environmental Satellite
EP-TOMS	Earth Probe TOMS
ERAMAS	Environmental Risk Analysis und Management System
ERS	European Remote Sensing Satellite
ESA	European Space Agency
ESL	Expert Support Lab
ESOC	European Space Operation Centre
ESRIN	European Space Research Institute
ESTEC	European Space Technology Centre
EU	European Union
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
EV	Experimentelle Verfahren
FASCODE	Fast Atmospheric Signature Code
FAT	Factory Acceptance Test

FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff
FhG-FIRST	Fraunhofer-Institut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik
FM2D	RAL 2-D forward model
FOCC	Flight Operation Control Centre
FoV	Field of View
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe
GCV	Generalised Cross Validation
GDP	GOME Data Processor
GO	geometrische Optik
GOME	Global Ozone Monitoring Experiment
GOMOS	Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars
HALOE	Halogen Occultation Experiment
HGF	Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren
IAAFT	Iterative Amplitude Adapted Fourier Transform
IFE	Institut für Fernerkundung
IfT	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V., Leipzig
ILS	Instrument Line Shape
IMF	Institut für Methodik der Fernerkundung
IMK	Institut für Meteorologie- und Klimaforschung
INSPECTRO	Influence of Clouds on the Spectral Actinic Flux in the Lower Troposphere
IPA	Institut Physik der Atmosphäre
IR	Infrarot
IPSL	Institut Pierre-Simon Laplace
IUP	Institut für Umweltphysik
KA	Klima- und Atmosphärenprodukte
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
KOPRA	The Karlsruhe Optimized and Precise Radiative Transfer Algorithm
LbL	Line-by-Line
LAI	Leaf Area Index
LES	Large Eddy Simulation
LIDORT	Linearized Discrete Ordinate Radiative Transfer
LIM	Leipziger Institut für Meteorologie
LMCM	Leipziger Monte Carlo Modell
LTE	Local Thermal Equilibrium
METOP	Meteorological Operational polar satellites of EUMETSAT
MIPAS	Michelson Interferometer
MIRART	Modular Infrared Atmospheric Radiative Transfer
MODTRAN	Moderate Transmittance Code
NIVR	Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart
NRT	Near Realtime
OBM	Optical Bench Module
OCR	Operation Change Request
OFL	Offline
OFM	Optimized Forward Model
OPAC	Optical Properties of Aerosols and Clouds
OPTIMO	Oxford Processor to Invert MIPAS Observations
ORM	Optimized Retrieval Model
PD	Privatdozent
PAZI	Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr Einfluss auf Kondensstreifen, Zirruswolken und Klima
PDS	Payload Data Segment
PIFM	Practical Improved Flux Method
PMD	Polarization Measurement Device
PSC	Polar Stratospheric Cloud
RAL	Rutherford Appleton Laboratory

Ret2D	RAL Retrieval Processor 2D
RFM	Reference Forward Model
ROP	Reference Operation Plan
SAF	Satellite Application Facility
SAO	Smithsonian Astrophysical Observatory
SCIAMACHY	Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography
SGP	SCIAMACHY Ground Processor
SHDOM	Spherical Harmonic Discrete Ordinate Method
SOR	SCIAMACHY Operations Request
SOST	SCIAMACHY Operations Support Team
SPEVAL	Spacecraft Evaluation
SRON	Stichting Ruimteonderzoek Nederland
S/W	Software
TOMS	Total Ozone Mapping Spectrometer
TPD/TNO	Technisch Fysische Dienst / Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek
UK	United Kingdom
UPAS	Universal Processor for Atmospheric Spectrometers
UV	Ultraviolet
VIS	Visible
VL	Virtual Lab
VMR	Volume Mixing Ratio