

Organisationseinheit
Atmosphärenprozessoren

Jahresbericht 2002

Impressum

Herausgeber: Organisationseinheit Atmosphärenprozessoren des Instituts für Methodik der Fernerkundung

Inhaltliche Verantwortung: Dr. Tom Rother

Redaktion und Layout: Dr. Tom Rother, Dr. Manfred Gottwald und Brigitte Rüba

Titelbild: Kompositaufnahme des südlichen Mittelmeers, zusammengesetzt aus Daten der Instrumente SCIAMACHY und MERIS auf ENVISAT (der Druck erfolgt mit freundlicher Genehmigung durch die ESA und Brockmann Consult)

Oberpfaffenhofen, Januar 2003

Inhaltsverzeichnis

1.	Vorwort	4
2.	Höhepunkte des Jahres 2002	5
2.1	SCIAMACHY Operations Support	7
2.2	SCIAMACHY Prozessorentwicklung	12
2.3	MIPAS Level 2 Prozessor	18
2.4	Virtuelles Streu- und Strahlungstransferlabor	23
3.	Laufende Projekte und Vorhaben	28
3.1	OZON-SAF	28
3.2	Validation GOME-Datenprozessor Version 3.0	31
3.3	Fernerkundung vulkanischer Schwefeldioxidemissionen	31
3.4	Retrieval-Verfahren	33
3.5	Algorithmenentwicklung für FOCUS-Datenfusion	36
3.6	PyReS: Prototyp eines flexiblen Retrievalsystems	38
3.7	3D-Streuprozesse	40
3.8	Web-Content-Management	42
3.9	Suchmaschine für GOME-Daten	44
4.	Veröffentlichungen, Vorträge und Tagungen	48
4.1	Zeitschriftenartikel	48
4.2	Proceedingsbeiträge	48
4.3	Dokumente	49
4.4	Vorträge und Pressemitteilungen	49
4.5	Besuchte Tagungen	51
4.6	Organisierte Veranstaltungen	51
4.7	Patentanmeldung	51
5.	Abkürzungen und Akronyme	52

1. Vorwort

Nach den außerordentlich positiven Reaktionen auf den Jahresbericht 2001 der Organisationseinheit *Atmosphärenprozessoren* des Instituts für Methodik der Fernerkundung (IMF-AP), sowohl von internen als auch externen Partnern und Freunden, soll mit dem nun vorliegenden Jahresbericht 2002 diese Reihe fortgesetzt werden. Damit verbunden ist unsere Hoffnung, dass sich in Zukunft daraus eine Tradition entwickelt. Es hat sich nämlich gezeigt, dass diese Art der Rückschau nicht nur für die Außendarstellung vorteilhaft ist, sondern ebenso zu einem besseren Verständnis der Kollegen für die vielfältigen Arbeiten innerhalb der Abteilung beiträgt.

Natürlich stand das Jahr 2002 ganz im Zeichen von ENVISAT, dem bisher größten Erderkundungssatelliten der ESA. Die Schaffung geeigneter administrativer Strukturen und die zeitliche Abstimmung mit der ESA im SCIAMACHY Level 2 Offline-Projekt waren eine dringende Notwendigkeit und wichtige Voraussetzung für die Fortführung der Arbeiten bzgl. des Sensors SCIAMACHY. Hier ist insbesondere der Institutsleitung des IMF für ihre Unterstützung zu danken. Aber auch andere wichtige und wissenschaftlich interessante Projekte konnten erfolgreich weiter bearbeitet oder abgeschlossen werden. Erwähnt sei der seit Anfang 2002 laufende Testbetrieb des *Virtuellen Streu- und Strahlungstransferlabors* und die Inbetriebnahme des neuen GOME-Datenprozessors. Entsprechend haben wir die Unterteilung in **Höhepunkte** und **laufende Vorhaben** beibehalten. Da nicht davon auszugehen ist, dass alle Leser des neuen Jahresberichtes auch den vorherigen zur Kenntnis genommen haben, sind die Beiträge zu den einzelnen Projekten und Vorhaben in sich geschlossen und verständlich formuliert, d.h. Wiederholungen im Vergleich zum Jahresbericht 2001 sind beabsichtigt.

Allen Autoren des Jahresberichtes 2002 sei an dieser Stelle für ihre Beiträge, deren Erstellung immer mit einer zusätzlichen Belastung in einem ohnehin schon engen Zeitrahmen einher geht, noch einmal ausdrücklich gedankt.

Dr. Tom Rother

Dr. Manfred Gottwald

2. Höhepunkte des Jahres 2002

Das wichtigste Ereignis für die IMF-AP im Jahr 2002 war zweifellos der Start des europäischen Erdbeobachtungssatelliten ENVISAT. Nach mehr als 10 Jahren Vorbereitungsgzeit zündeten am 1. März 01:07:59 UT in Korou die Triebwerke der ARIANE 5-Rakete und brachten ESA's bisher größten wissenschaftlichen Satelliten in eine Erdumlaufbahn (Abb. 1).



Abb. 1: ENVISAT-Start (Photo: ESA)

Der Einschuß in die Umlaufbahn war sehr genau, weshalb genügend Treibstoff vorhanden blieb, um unter bahnmechanischen Gesichtspunkten eine Verlängerung der Missionsdauer bis zu 10 Jahren zu ermöglichen. Auch die in den Tagen nach dem Start erfolgten kritischen Manöver (z.B. Ausklappen des Solarpanels, sukzessives Einschalten des Satelliten und seiner Instrumente) klappten hervorragend, so dass die nachfolgende Commissioning-Phase wie geplant abgearbeitet werden konnte. Ende des Jahres wurde diese mit einem ersten Validierungs-Review offiziell abgeschlossen.

mittlere Bahnhöhe	800 km
Bahnneigung	98.5°
Exzentrizität	0.0012
mittlere Ortszeit absteigender Knoten	10 Uhr
Umlaufzeit	100.6 min
Anzahl Umläufe pro Tag	14.31
Wiederholungszyklus der Bahnspur	35 Tage

Tabelle 1: Missionsparameter von ENVISAT

Instrument	Typ	Spektralbereich
ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar)	aktiv	5.33 GHz
RA-2 (Radar Altimeter 2)	aktiv	3.2/13.58 GHz
MWR (Microwave Radiometer)	passiv	23.8 GHz/36.5 GHz
DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning by Satellite)	passiv	2.04 GHz, 401.25 MHz
MERIS (Medium resolution Imaging Spectrometer)	passiv	390 nm – 1.04 μ m
AATSR (Advanced Along-Track Scanning Radiometer)	passiv	555 nm – 12 μ m
GOMOS (Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars)	passiv	250 nm – 952 nm
MIPAS (Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding)	passiv	4.2 μ m – 14.6 μ m
SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography)	passiv	240 nm – 2.38 μ m
LRR (Laser Retro-Reflector)	passiv	532/694 nm

Tabelle 2: ENVISAT-Nutzlast

Seit Beginn der Definition des ENVISAT-Bodensegments spielte das DLR mit dem DFD, später einschließlich IMF, eine federführende Rolle. Dies spiegelt sich auch im Aufbau des D-PAC wider, das im ESA-Auftrag die Prozessierung, Archivierung und Verteilung eines signifikanten Teils der von ENVISAT erzeugten Daten übernimmt. Zusätzlich gibt es im D-PAC eine nationale Komponente, die über den ESA-Auftrag hinausgehende Aufgaben, z.B. *Value Adding*, bearbeitet. Sowohl der ESA- als auch der nationale Auftrag beinhaltet Datenverantwortung für die Atmosphärensensoren SCIAMACHY, MIPAS, MERIS und - in Zusammenarbeit mit dem finnischen PAC - für GOMOS.

Die zugrundeliegenden algorithmischen und prozessortechnischen Grundlagen werden für SCIAMACHY (Level 1b und 2, NRT und Offline) und MIPAS (Level 2 Offline) in AP bearbeitet. Dafür agieren Arbeitsgruppen von AP als ENVISAT *Expert Support Lab* (ESL). Eine besondere Stellung besitzt sicherlich das deutsch-niederländische Atmosphäreninstrument SCIAMACHY. Hierfür ist nicht nur das Know-How für die gesamte Prozessierungskette in AP angesiedelt, sondern im Auftrag der nationalen SCIAMACHY-Projektleitung auch die für den Instrumentbetrieb erforderlichen Betriebsunterstützungsfunktionen. Wie die nachfolgenden Beiträge zeigen, hat AP im Startjahr die Grundlagen für eine erfolgreiche ENVISAT-Mission in diesen Bereichen geschaffen. Die kommenden Jahre werden weiterhin intensive Arbeiten erfordern, um die übernommene Verantwortung erfolgreich weiterzuführen mit dem Ziel, der wissenschaftlichen Nutzergemeinde über die gesamte ENVISAT-Missionsdauer einen exzellenten Service bereitzustellen.

Welche Verbesserungen aus ENVISAT-Daten erwartet werden können, lässt das Titelbild erahnen, das bewußt eine ähnliche Thematik und auch geographische Lage wie dasjenige des Jahresberichts 2001 präsentiert. Es zeigt die Möglichkeiten, die sich mit Instrumenten unterschiedlicher Beobachtungsmethoden auf der selben Plattform ergeben. Sowohl die von MERIS im sichtbaren Spektralbereich erstellte Hintergrundaufnahme als auch die aus SCIAMACHY-Nadirmessungen abgeleiteten Säulendichten von atmosphärischen Spurengasen vermitteln ein Gesamtbild, dessen Informationsgehalt weit über denjenigen der ENVISAT-Vorgängermannisionen, z.B. GOME auf ERS-2, hinausgeht.

2.1 SCIAMACHY Operations Support

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

Mit dem Start von ENVISAT am 1. März 2002 begann für den *SCIAMACHY Operations Support* der „Ernstfall“. Nach mehr als 6 Jahren Vorbereitungszeit mußte gezeigt werden, dass die definierten, entwickelten und implementierten Betriebs- und Schnittstellenkonzepte sowie zugehörige Software-Tools den Anforderungen gewachsen waren. Als zusätzliche Herausforderung erwies sich die dem Start anschließende Commissioning-Phase, in dem mehrmonatigen erstem Teil, der Switch-On and Data Acquisition Phase (SODAP), ein detailliertes funktionales Austesten des Instruments geplant war. Außerdem beinhaltete dieser Zeitraum die Durchführung der ersten Kalibrierungs- und Monitoringmessungen. Während des SODAP-Intervalls musste SCIAMACHY deshalb in einer sehr komplexen Art und Weise und unter weitaus schwierigeren Rahmenbedingungen betrieben werden, als später im Routinebetrieb zu erwarten ist.

SOST bildete zusammen mit Vertretern von Astrium (Friedrichshafen) das integrierte nationale SCIAMACHY-Team, welches in enger Zusammenarbeit mit ESA/ESOC und den Wissenschaftlern für den Betrieb von SCIAMACHY verantwortlich war. Innerhalb SOST konnte die Arbeitsteilung wie geplant umgesetzt werden, d.h. Ansiedlung von Missionsplanung, Command & Control sowie systemnahe Überwachungstätigkeiten bei SOST-IMF; SOST-IFE konzentrierte sich auf die wissenschaftliche Anbindung des Betriebs und die spektrale bzw. detektornahen Instrumentüberwachung. SOST-IMF kooperierte insbesonders sehr eng mit Astrium, da gerade im SODAP-Teil der Commissioning-Phase die von Astrium kontrollierten Engineering-Aktivitäten mit den vom Missionsplanungssystem gesteuerten Messungen verzahnt waren und nur durch exakte Abstimmung beider Bereiche eine erfolgreiche Durchführung erreicht werden konnte. Tabelle 3 beinhaltet die wichtigsten Meilensteine, die im Verlauf der Commissioning-Phase erreicht wurden.

Ereignis	Datum	Bemerkung
ENVISAT-Start	1. März, 01:07:59 UT	
ANX Orbit 1	1. März 02:53 UT	
SCIAMACHY Switch-on	11. März (Orbit 147-155)	
erster Betrieb über MPS	17. März (Orbit 238)	
Azimut Cover Release	3. April (Orbit 477)	Limb- und Okkultationsmessungen mit warmen Detektoren
erste Decontamination	9.-13. April (Orbit 570-627)	
SRC Door Release	15. April (Orbit 653)	Limb- und Okkultationsmessungen mit kalten Detektoren
erstes monatliches Mondfenster	22.-28. April	
Elevation Cover Release	20. Juni (Orbit 1594)	alle Mechanismen in Betriebszustand, Nadirmessungen
erste nominelle Decontamination	3.-10. Juli (Orbit 1780-1881)	
Beginn der Validationsphase	18. Juli (Orbit 1989)	
nicht-nominelle Decontamination	25. Juli - 1. August (Orbit 2099-2203)	
quasi-nomineller Betrieb	seit 2. August	

Tabelle 3: SCIAMACHY-Meilensteine in Commissioning-Phase

Missionsplanung und Command & Control

Aufgrund der Arbeitsteilung war SOST-IMF hauptsächlich in den Bereichen Missionplanung und Command & Control aktiv. Die Komplexität der Planungen und der Command & Control-Schnittstellen wird aus Abbildung 2 ersichtlich. Man erkennt darin den Top-Down-Ansatz, der drei Ebenen mit unterschiedlichen Verantwortlichkeiten erkennen lässt. Die oberste Ebene bildeten die Meß- und Testziele (Objectives), die während der Commissioning-Phase erreicht werden sollten. Diese wurden in

den zurückliegenden 2 Jahren mit starker SOST-Beteiligung definiert. Aus den Objectives entstanden, federführend von Astrium wahrgenommen, spezielle States und Timelines. States definieren dabei, entsprechend dem allgemeinen Instrumentbetriebskonzept, die kleinsten funktionalen Aktivitätsblöcke, die an Bord gespeichert sind und bei Ausführung einer Timeline autonom abgearbeitet werden. Die Parameter, welche einzelne States kontrollieren, sind an Bord gespeichert, können aber durch Makrokommandos (MCMD) vom Boden aus neu definiert werden. Timelines werden aus Sequenzen von States gebildet. Sie sind ebenfalls an Bord abgelegt, werden durch ein MCMD gestartet und können bei Bedarf durch MCMD modifiziert werden. Die in SODAP spezifizierten unterschiedlichen Objectives ließen sich somit über einzelne State- und Timelinekonfigurationen verwirklichen. Das dafür erstellte Planungsdokument war der SCIAMACHY On-Board Measurement Plan (SCOMP). Basierend auf dem SCOMP, sowie den State und Timelinedefinitionen, konnte SOST-IMF die von ENVISAT geforderten Planungs- und Command & Control-Inputs erzeugen. Letztere beinhalteten die in annähernd vollständigen MCMD-Code transferierten State-Parametertabellen und Timelines in Form der sogenannten CTI-Dateien. Diese wurden über eine Secure FTP-Schnittstelle an das ENVISAT Flight Operation Control Centre (FOCC) am ESOC gesendet. Hierbei bildeten die Randbedingungen

- Definition sekundengenauer Ausführungszeiten in einer dynamischen Planungsumgebung
- Schnittstellenbetrieb auf sehr kurzen Zeitskalen, vor allem im Falle von kurzfristigen Neuplanungen
- häufiger Schnittstellenbetrieb als Folge der zahlreichen geplanten Umkonfigurationen des Instruments
- Berücksichtigung der Anforderungen von ENVISAT bzw. anderen Instrumenten
- Synchronisation mit den Engineering-Aktivitäten

in den ersten Monaten nach dem Start eine besondere Erschwernis. Die Spezifikation der orbitabhängigen Timelinessequenzen geschieht im Planungskonzept über eine weitere Schnittstelle zwischen SOST-IMF und dem ROP Generation Tool (RGT) in ESTEC, das die übergeordnete ENVISAT-Missionsplanung bereitstellt. Die dafür benötigten Orbit Sequence Definition Files (OSDF) wurden von SOST-IMF entsprechend der State- und Timelinekonfigurationen sowie der damit verbundenen Timelines erzeugt. SCIAMACHY's erster Orbit, in dem der Betrieb derart über das Missionsplanungssystem (MPS) gesteuert wurde, ist in Abb. 3 gezeigt.

Tabelle 4 enthält die Betriebsstatistik der Commissioning-Phase. Sie vermittelt einen Überblick über die hohe Anzahl der während der Commissioning-Phase von SOST-IMF erzeugten und an ENVISAT übermittelten State-Parameterfiles, Timelines und OSDFs.

	Anzahl
erzeugte State-Parameterfiles	7900
erzeugte Timelines	630
erzeugte OSDFs	30
ausgeführte MCMDs	21300
Instrumentkonfigurationen	110

Tabelle 4: SCIAMACHY-Betriebsstatistik in der Commissioning-Phase

Trotz einer Periode häufiger Instrumentabschaltungen zwischen Mitte Mai und Mitte Juni, ausgelöst entweder durch einen inzwischen behobenen Fehler in SCIAMACHY's Instrument Control Unit bzw. eines generellen Switch-Offs der Nutzlast seitens ENVISAT, konnte die Commissioning-Phase erfolgreich durchgeführt werden. Keine der geplanten Messungen ging durch inkorrekt definierte States, Timelines oder OSDFs verloren. Die Command & Control- sowie Missionsplanungsschnittstellen zwischen SOST-IMF und ENVISAT arbeiteten fehlerfrei und bewiesen damit ihre operationelle Einsatzfähigkeit für den nach der Commissioning-Phase anstehenden SCIAMACHY-Routinebetrieb.

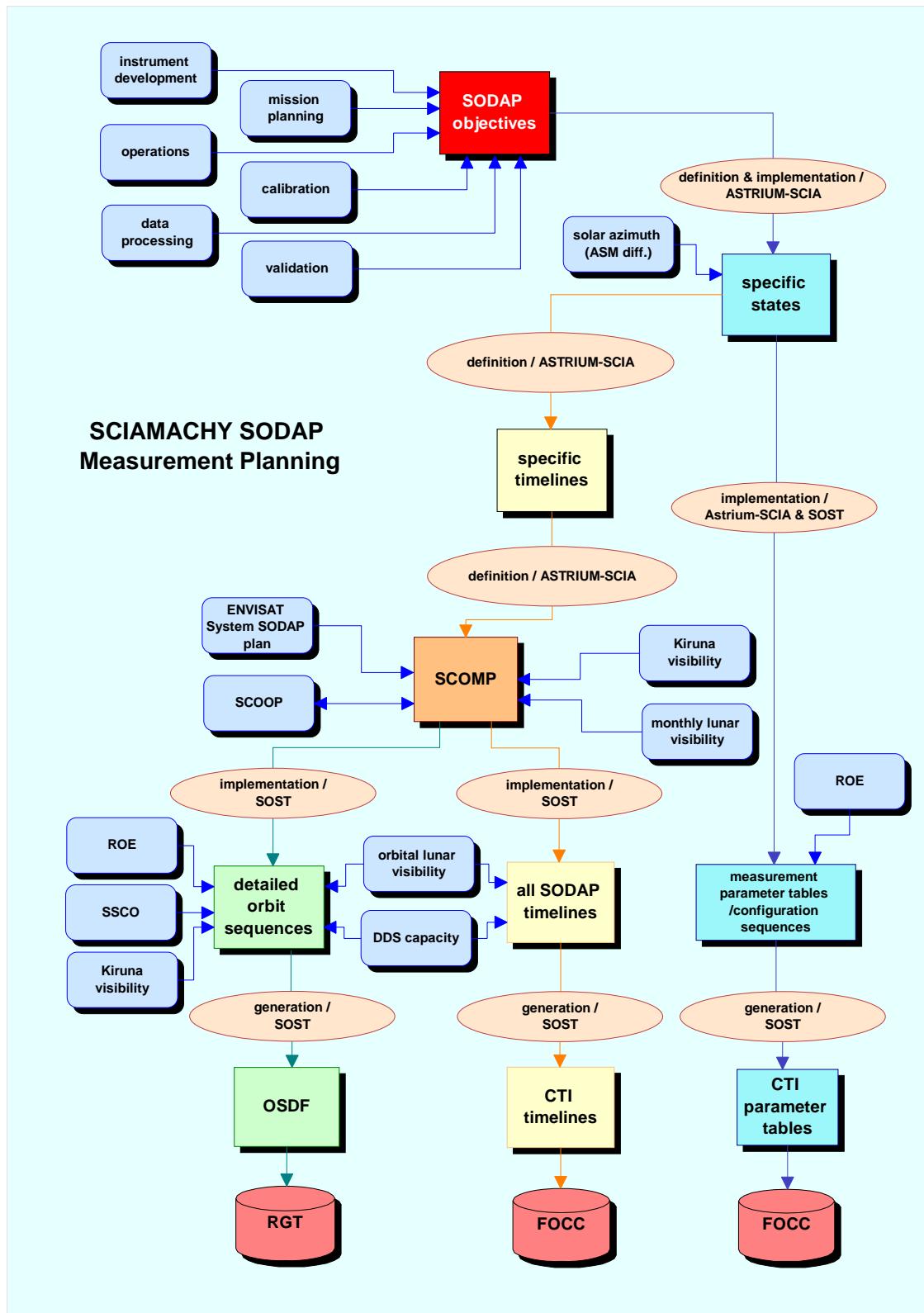


Abb. 2: SCIAMACHY-Planungskonzept für SODAP

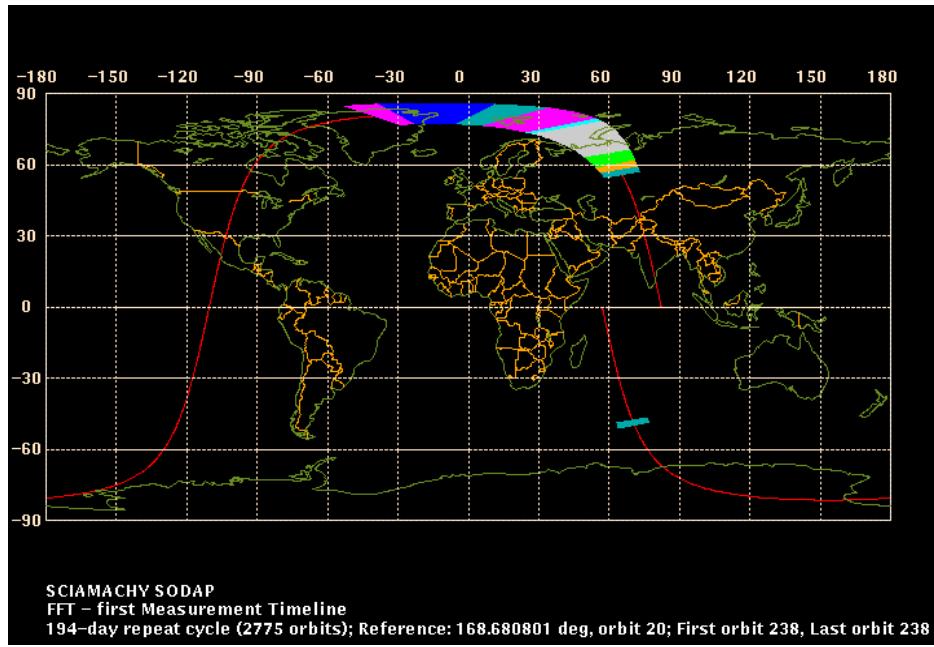


Abb. 3: Erste über das MPS gesteuerte SCIAMACHY-Messung in Orbit 238. Die entsprechende Timeline startete über Asien und endete über Grönland.

Daten- und Telemetrieauswertung

Die operationelle Langzeitüberwachung des systemnahen Instrumentzustandes war in der Commissioning-Phase z.T. nicht erforderlich, da die grundlegenden Anforderungen und Prozeduren hierzu erst im Laufe von SODAP seitens der Industrie erarbeitet wurden. Dies betraf insbesondere das Thermalverhalten der Detektoren und der Optischen Bank. Außerdem entsprach die Lieferung der Level 0-Meßdaten in der Commissioning-Phase nicht der für den Routinebetrieb spezifizierten Anforderung, d.h. kontinuierliche Bereitstellung von konsolidierten Level 0-Datenprodukten. SOST-IMF nutzte deshalb die Zeit nach dem Start, um die eigenen Monitoring-S/W-Tools, z.B. Level 0-Screener und HK Telemetrie-Tool, zu optimieren und für den operationellen Einsatz vorzubereiten. Die Anbindung des Level 0-Screeners an die DIMS-Umgebung wurde erfolgreich abgeschlossen, so dass zukünftig die am ENVISAT D-PAC archivierten und nach DIMS transferierten SCIAMACHY Level 0-Daten im Routinebetrieb automatisch das Screening jedes Orbits anstoßen. Im HK-Telemetriebereich war es möglich, die für eine regelmäßige Überwachung relevanten Instrumentparameter zu reduzieren. Ein automatisches HK-Analysetool wurde spezifiziert und befindet sich in Entwicklung, welches mit Beginn des Routinebetriebs die operationelle Telemetrieanalyse durchführen wird.

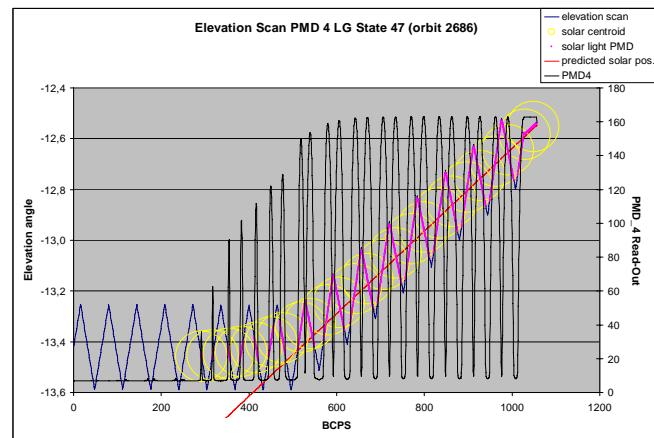


Abb. 4: Elevationsscan in Okkultationsstate mit Sonnenfolgerkontrolle

SOST-IMF besaß die Verantwortung für eine Reihe von spezifischen SODAP-Messungen, womit vor allem scanner- und sonnenfolgerbezogene Funktionalitäten nachgewiesen wurden. Zur Datenanalyse wurde hier ein von Astrium übernommenes S/W-Tool, *SCIAMACHY Offline Graphics* (SOG), eingesetzt, dessen Module teilweise aus einer Weiterentwicklung des Level 0-Screeners stammen. Das SOG-Tool erlaubt detaillierte Untersuchungen basierend auf Level 0-Daten. Abb. 4 zeigt beispielhaft die SOG-Analyse des Elevationsscannerverhaltens eines Sonnenokkultationsstates.

Unterstützung Validierungskampagnen

Mitte Juli 2002 begannen externe Messkampagnen zur Validierung von SCIAMACHY-Datenprodukten. Diese beinhalteten bodengestützte Messungen, Ballonflüge, Flugzeugkampagnen (z.B. DLR-Falcon) und Forschungsschiffe (z.B. Polarstern). Die Planung und Durchführung derartiger Kampagnen wird enorm erleichtert, wenn die von SCIAMACHY entweder im Nadir- oder Limb-Modus beobachteten Geolokationen der Atmosphärenvolumina bekannt sind. SOST-IMF hatte deshalb die eigenen Missionplanungstools derart erweitert, dass der Planungsvorgang automatisch die von den Validierungswissenschaftlern benötigten Informationen wie z.B. in Abb. 5 dargestellt, erzeugte. Zusätzlich wurden in den Geolokationskarten die Routen von Flugzeug- oder Ballonkampagnen eingefügt, wodurch die Planung zur Optimierung zeitlich korrelierter Unterflüge deutlich verbessert wurde. Damit konnten auch kurzfristige Kampagnen-Umplanungen effizient durchgeführt werden.

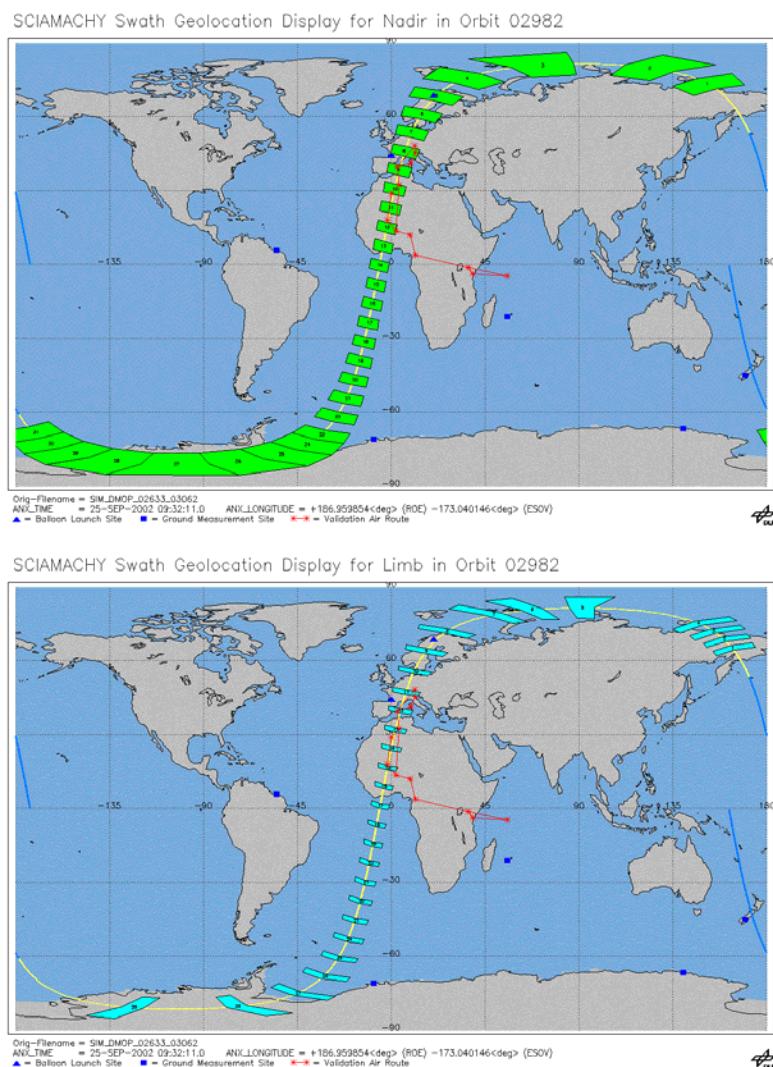


Abb. 5: Nadir- und Limb-Geolokation im Orbit 2982 mit eingezeichneter Falcon-Südroute

WWW-Präsentation

Rechtzeitig zum Start wurden die von SOST-IMF entwickelten WWW-Seiten (<http://atmos.af.op.dlr.de/projects/scops/>) freigeschaltet, über die das SCIAMACHY-Betriebspersonal sowie Wissenschaft und Agenturen jederzeit über den aktuellen Betriebszustand des Instruments und die bevorstehenden Messungen informiert werden. Diese Seiten enthalten alle wichtigen Inhalte aus den Bereichen Missionsplanung, Command & Control und Langzeitüberwachung. Es werden nicht nur dynamische Informationen bereitgestellt, sondern auch die zugrundeliegenden Konzepte erläutert. Während SODAP nutzte Atrium diese Seiten, um über die unter Industrieverantwortung fallenden Betriebsgrößen zu berichten. Die SOST WWW-Seiten sind derart strukturiert, dass sie über die gesamte Missionsdauer regelmäßig über den SCIAMACHY-Betrieb und –Zustand berichten werden. Die damit verbundene Pflege ist anspruchsvoll, die bisherige Resonanz in der SCIAMACHY-Nutzergemeinde rechtfertigt jedoch nicht nur den Aufwand sondern zeigt, dass die Veröffentlichung der SCIAMACHY-Betriebsdaten unbedingt erforderlich ist.

2.2 SCIAMACHY Prozessorentwicklung

A. v. Bargen, W. Balzer, B. Aberle, A. Doicu, D. Huber, S. Hummel, K. Kretschel, S. Slijkhuis

Die Meßdaten von SCIAMACHY werden in der Betriebsphase in einer definierten Ablaufkette zu Produkten auf unterschiedlichen Stufen (*Level*) innerhalb des ENVISAT-Datenbodensegments verarbeitet. Die Ergebnisse dieser Prozessierungsschritte sind offizielle Produkte der ESA. Bis zur Erstellung der Level 2-Stufe ist IMF-AP am Entwurf, der Entwicklung und der Implementierung der entsprechenden Datenprozessoren in unterschiedlichem Maße beteiligt.

Eine detaillierte Beschreibung des Instruments und seiner Produkte ist in *Bovensmann et al.*, 1999 enthalten. SCIAMACHY ist ein abbildendes Spektrometer für den UV/VIS/NIR-Spektralbereich. Gemessen wird die von der Erdoberfläche reflektierte Strahlung in verschiedenen Beobachtungsgeometrien. Ziel ist die Ableitung von Spurengas-Säulendichten und -Profilen aus der spektralen Information. Spektralbereiche mit den dazugehörigen Spurengasen sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Beobachtungsgeometrie	UV / VIS-Spektralbereich	NIR-Spektralbereich
Nadir	O ₃ , NO ₂ , BrO, OCIO, H ₂ CO, SO ₂	N ₂ O, CH ₄ , CO, CO ₂ , H ₂ O
Limb	O ₃ , NO ₂ , (BrO)	CH ₄

Tabelle 5: Spektralbereiche und Spurengase für operationelle SCIAMACHY-Datenverarbeitung

Es sind drei Prozessoren in der Verarbeitungskette von Level 0 über Level 1 zu Level 2 zu unterscheiden: SCIAMACHY Level 1 Near Realtime (SGP 01 NRT), SCIAMACHY Level 2 NRT (SGP 12 NRT) und SCIAMACHY Level 2 Offline Prozessor (SGP 12 OFL). NRT-Prozessoren unterliegen strengen Zeitkriterien für die Verarbeitung und Bereitstellung der Daten, daher steht hier die schnelle Prozessierung als eine maßgebliche Randbedingung im Vordergrund. Im Fall des SGP 12 NRT hat man sich daher auf die Prozessierung von Daten, die in Nadir¹-Beobachtungsgeometrie gemessen werden, beschränkt. Der SGP 12 OFL wird in seiner ersten Ausbaustufe die Verarbeitung der Nadir- und Limb-Messdaten ermöglichen. Die ebenfalls mit SCIAMACHY im Okkultationsmodus gewonnenen Beobachtungen werden dann in einer späteren Ausbaustufe prozessiert werden. Im Fall der Level 0-nach-1 Prozessierung ist eine Differenzierung zwischen NRT und OFL nicht erforderlich, so dass die Verarbeitung der Daten im Bodensegment dort auf einem einzigen Prozessor, dem SGP 01 NRT, beruht.

¹ Unter dem Begriff *Nadir* wird die Beobachtung in senkrechter Richtung herab auf die Erdoberfläche vom Satelliten aus verstanden, auch *down-looking* genannt. Im Unterschied dazu wird die Beobachtung der Erdatmosphäre am Horizont *Limb* genannt. Beobachtet man in Richtung der Strahlungsquelle (Sonne, Mond oder Sterne), spricht man von *Okkultation*.

Die Entwicklung der NRT-Prozessoren geschah im Auftrag der ESA, wobei die endgültige Implementierung der Prozessoren durch industrielle Partner vorgenommen wurde. Ihr Betrieb erfolgt am LRAC in Kiruna/Schweden. Der OFL-Prozessor wurde dagegen als nationales Projekt innerhalb des DLR durchgeführt und anschließend in das deutsche *Processing and Archiving Center* (D-PAC) integriert, wo er schließlich im Auftrag der ESA betrieben wird.

Die Aufgaben von IMF-AP lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Near Realtime (NRT): Definition des Designs, Entwicklung eines Prototyps, Generierung von Testdaten und Erstellung von Referenzdokumenten für die industrielle Implementierung.
- Offline (OFL): Definition der Architektur und des Designs, Entwicklung des Prozessors, Implementierung des Prozessors, Aufsetzen eines Testsystems, Erstellen der Dokumentation und Überführung in die Betriebsumgebung einschließlich des Anschlusses an die vorgegebene Schnittstelle.

Darüber hinaus nimmt IMF-AP die Funktion eines ESL für die NRT-Prozessoren im ESA-Auftrag wahr. Aufgaben in dieser Funktion betreffen im wesentlichen die Algorithmenverifikation und die Überarbeitung von einzelnen Prozessorteilien. In Zukunft werden dazu auch den Prozessor ergänzende Neuentwicklungen zählen.

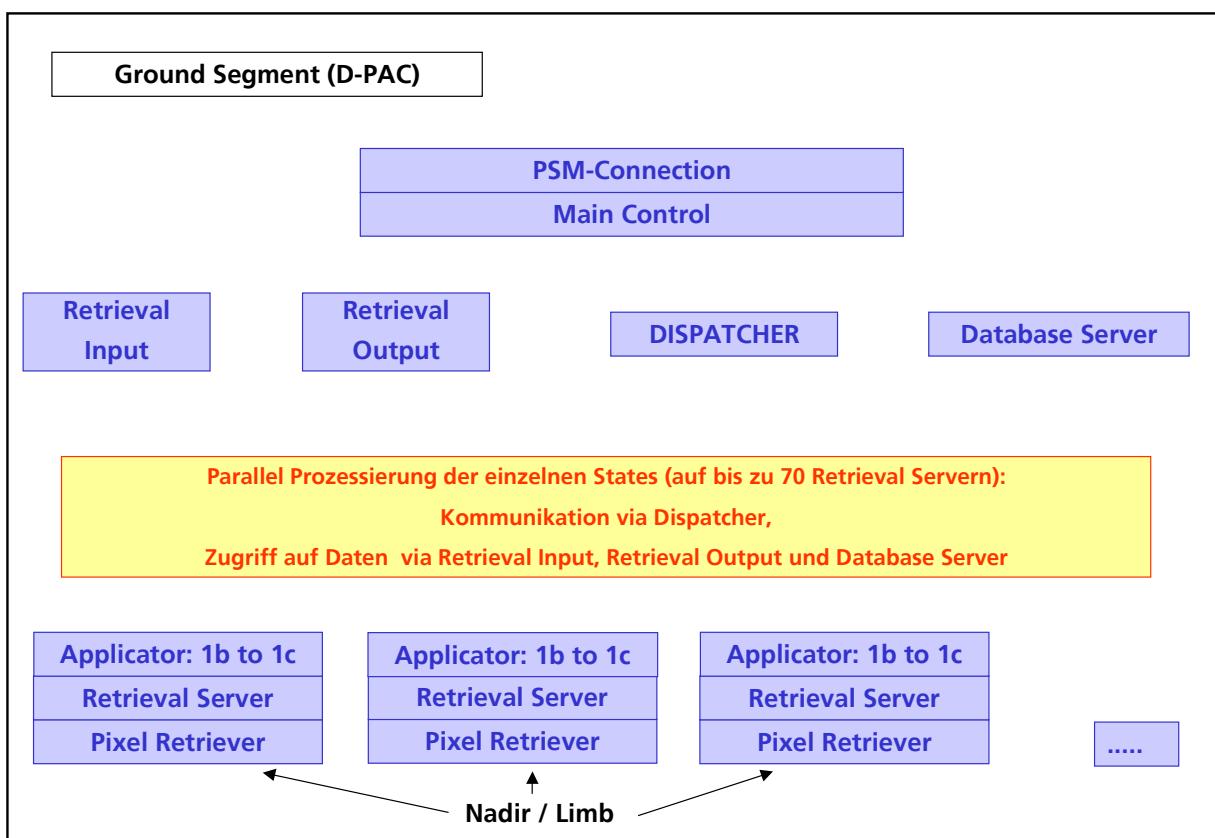


Abb. 6: Architektur des SGP 12 OFL Datenprozessors. Die Anbindung an das D-PAC ist durch den obersten weiße Kasten angedeutet. Das Verbindungsglied im Prozessor ist die PSM-Anbindung und der Anstoß zur Prozessierung durch *Main Control*. Dort werden die Daten in einzelne States aufgetrennt und auf die einzelnen Prozesse (blau) verteilt. Die algorithmische Prozessierung der einzelnen States erfolgt durch die Prozesse in der unteren Reihe, die je nach Beobachtungsgeometrie (Nadir oder Limb) unterschiedlich aufgebaut sind. Es können von diesen Prozessen derzeit bis zu 70 parallel aufgerufen werden. Eine Erweiterung ist durch Aufrüstung der Hardware möglich.

Der im folgenden vorgestellte Prozessorstatus verdeutlicht die besondere Situation im Berichtsjahr, da in der Commissioning-Phase neben der technischen Überprüfung der Instrumentfunktionen auch die Datenverarbeitung des Sensors verifiziert und gegebenenfalls überarbeitet werden musste. Darüber hinaus war ESA und der wissenschaftlichen Nutzergemeinde in Aussicht gestellt worden, den OFL-Prozessor ab

30. November 2002 von der Entwicklungsumgebung in das operationelle Bodensegment für den Betrieb zu transferieren.

Aufbau des SGP 12 OFL Prozessors

Die wesentliche Randbedingung für den Aufbau des Prozessors war die Erfüllung des spezifizierten Geschwindigkeitskriteriums, d.h. in einem Drittel der Messzeit alle darin angefallenen Daten zu prozessieren. Die Prozessierung selbst wird in einer Linux-Farm mit 72 CPUs durchgeführt, so dass eine Parallelisierung der Berechnungen möglich ist. Die Parallelisierung erfolgt dabei durch eine logische Aufspaltung einzelner Prozessorteile in Prozesse. Diese Struktur ist in Abb. 6 dargestellt. Einzelne Kästen bilden einzelne Prozesse ab, die über einen eigenen Dispatcher-Prozess miteinander kommunizieren. Retrieval-Input und -Output steuern die Verteilung der einzelnen Datenpakete zu den berechnenden Prozessen, die entweder einen Limb oder Nadir-State abarbeiten. Die Versorgung mit Referenzdaten erfolgt über einen Datenbankserver, der auf bis zu 10 Prozesse erweitert werden kann. Alles in allem können derzeit bis zu 70 States parallel abgearbeitet werden. Diese logische Struktur des Datenprozessors wurde mit Hilfe eines objektorientierten Ansatzes verwirklicht.

Bisher stand beim Aufbau des Prozessors die Implementierung der einzelnen Algorithmenkernmodule im Vordergrund. Die wesentlichen Aufgaben in diesem Jahr beinhalteten neben der Fertigstellung dieser Module deren Integration in die Prozessarchitektur, die Anpassung der operationellen Umgebung und die Durchführung streng definierter Testverfahren zur Überprüfung der einzelnen kodierten Klassen und der Integration des gesamten Prozessors. Alle diese Ziele wurden termingerecht erreicht, so dass ein fertiges operationelles System an das D-PAC übergeben werden konnte.

Um die Komplexität des Prozessorsystems zu verdeutlichen, sei auf die Definition der Testprozeduren verwiesen. Letztere wurden einheitlich für alle Klassen durchgeführt. Abhängigkeiten zwischen einzelnen Objekten wurden durch ebenfalls streng definierte Prozeduren erfasst, so dass eine ablauforientierte Kontrolle der Integration möglich war. Testdefinitionen und -Daten unterliegen einer Dokumentation sowie einer Versionskontrolle. Damit ist auch zu einem späteren Zeitpunkt nachvollziehbar, wie und in welchem Zusammenhang ein bestimmter durchgeführter Test gültig war. Dies erleichtert ebenso den späteren Ausbau und die Wartung während des operationellen Betriebs, da die Trainingsanforderungen an involvierte Mitarbeiter drastisch reduziert werden können. Die Anzahl von über 1800 Klassen und Testklassen sowie ca. 2800 Dateien verdeutlichen den Umfang des Datenprozessors.

SCIAMACHY - Erste Ergebnisse

SCIAMACHY befand sich seit dem Einschalten bis Ende 2002 in der Commissioning-Phase. Dies beinhaltete für den Datenverarbeitungsbereich, die zur Anwendung kommenden Algorithmen der Prozessoren zu verifizieren. Unter *Verifikation* wird dabei die Überprüfung der Datenprodukte auf Konsistenz und physikalische Sinnhaftigkeit verstanden, bedeutet jedoch noch keine Validierung gegen Messdaten anderer Sensoren bzw. Bodenstationen. Für IMF-AP bestand die Verifikation vor allem in der Kontrolle der industriellen Implementierung der NRT-Prozessoren mit den von IMF-AP entwickelten Prototypen.

Die nachfolgend gewählten Beispiele vermitteln einen Einblick, welche Ergebnisse aus Beobachtungen im Limb- bzw. Nadirmodus möglich sein werden.

Limbmessungen sind bisher noch nicht zur operationellen Ableitung von Atmosphärenparametern aus Erdebeobachtungsmissionen im UV/VIS bis NIR-Spektralbereich benutzt worden. Deshalb mußten bei der Entwicklung des Prozessors und seiner zugrundeliegenden Algorithmen neue Wege beschritten werden, so dass Limb-Produkte einer intensiven Validierung unterzogen werden müssen.

Eines der ersten Limbergebnisse betrifft die Vertikalverteilung von Ozon in einer wolkenfreien Szene über der Sahara. Da dafür noch keine kalibrierten Daten der zugehörigen Sonnenreferenzmessung vorhanden waren, wurde die Auswertung auf die sogenannte *Scan-Ratio*-Methode umgestellt. Diese Methode ist dadurch gekennzeichnet, dass aus der Sequenz der Messungen über verschiedene Tangentenhöhen eine zu einer bestimmten Höhe ausgewählt wird, zu der die anderen ins Verhältnis gesetzt werden. Damit eliminieren sich mögliche Kalibrierungsfehler, soweit sie für alle Tangentenhöhen gleich sind, gegenseitig. In Abb. 7 ist ein typisches Resultat wiedergegeben. Dargestellt sind Mischungsverhältnisse - *Volume Mixing Ratio* (VMR) - gegenüber einem Höhenprofil in km (rechte Skala) bzw. dem Druckprofil (linke Skala). Die Ableitung des Profils aus den Messdaten wurde mit Hilfe

des *Optimal Estimation*-Verfahrens durchgeführt. Als Startvoraussetzung wird dazu ein Eingangsprofil, das in der Abbildung in roter Einfärbung angegeben ist, angenommen. Das Ergebnis der Anpassung ist ein Profil, abgeleitet an definierten Atmosphärenhöhen (schwarzes Histogramm). An diesen Ableitungspunkten ist nur der statistische Verfahrensfehler als Querbalken ausgegeben. Eine zusätzliche Information aus dem Ableitungsverfahren ist der sogenannte *averaging kernel* (grün gestrichelte Linie). Der *averaging kernel* ist nicht in Einheiten des Mischungsverhältnisses sondern in einer Skalierung von 0 bis 1 angegeben. Seine Werte charakterisieren die Güte der Anpassung, abgeleitet aus einer Schätzung und den eigentlichen Messdaten. Ein *averaging kernel* von 0 bedeutet, dass nur die Schätzung berücksichtigt wird, eine Wert von 1, das nur Messdaten einbezogen werden. Werte zwischen 0 und 1 geben die Gewichtung zwischen Schätzung und Messdaten wieder. Sehr gut erkennbar ist, dass die Ableitung eines Profils aus den Messdaten für Höhen zwischen 15 und 45 km sehr gut gelingt. Dagegen kommt die Information für sehr große Höhen und der Troposphäre im wesentlichen aus der Schätzung. Dieses Resultat entspricht den ersten Erwartungen, die an die Ergebnisse gestellt wurde.

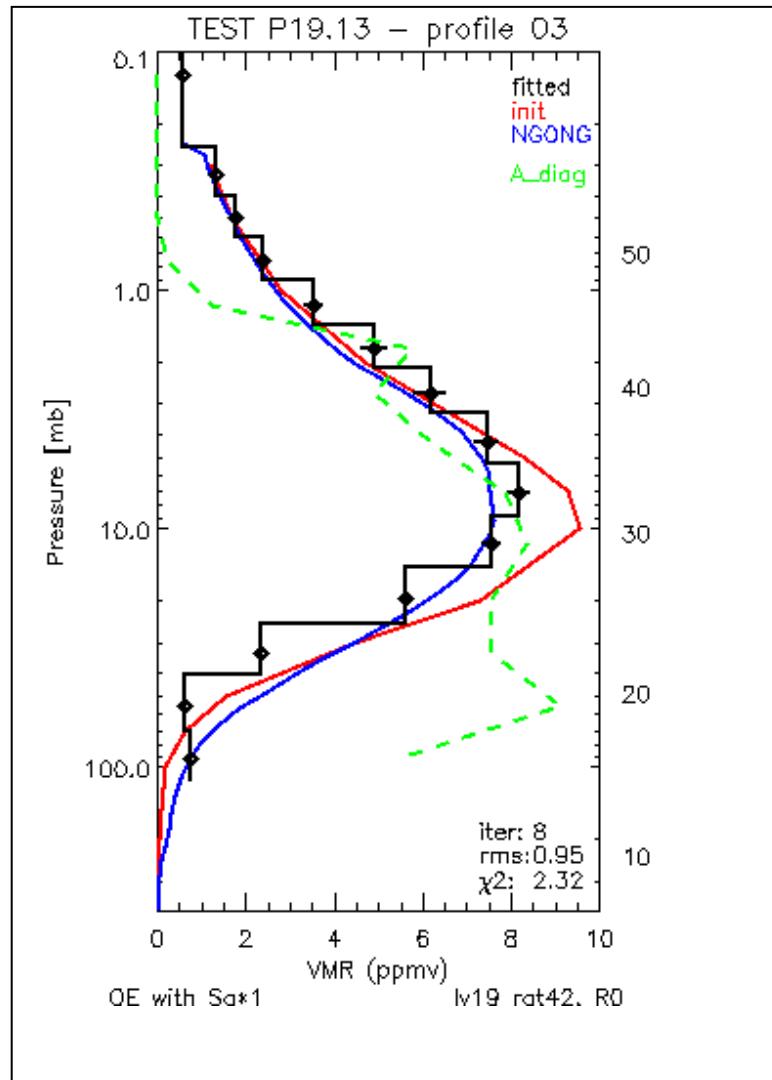


Abb. 7: Ableitung eines Ozonprofils aus SCIAMACHY Limb-Messdaten. Wiedergegeben ist neben dem abgeleiteten Profil (schwarz) in Mischungsverhältnissen (VMR) gegenüber der Höhe in km bzw. dem Druck in mbar das angenommene Eingangsprofil (rot) für die Ableitung, der *averaging kernel* (grün) und ein GOME NRT-Vergleichsprofil (blau).

Zusätzlich enthält Abb. 7 einen Vergleich mit einem GOME NRT-Vertikalprofil. Letzteres basiert auf vertikalen Säulendichten, aus denen mit Hilfe eines Neuronalen Netzes und einer TOMS-Profilklimatologie die Höhenverteilung des Ozons ermittelt wurde. Innerhalb des erwarteten Gültigkeitsbereichs der angewandten Verfahren stimmen das SCIAMACHY- und das GOME-Profil sehr gut überein.

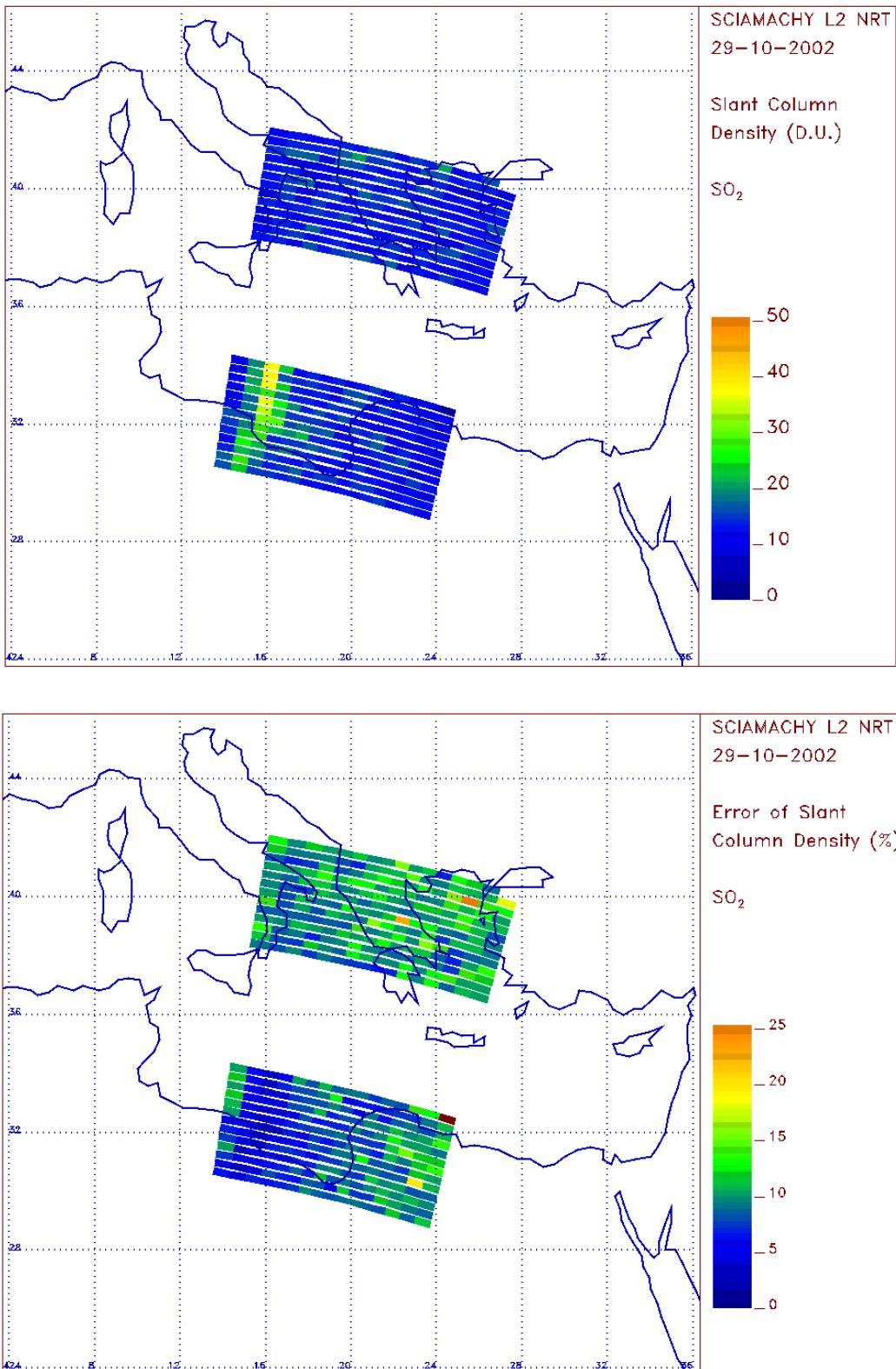


Abb. 8: Ableitung der Säulendichte von Schwefeldioxid (SO_2) aus Nadirdaten von SCIAMACHY. Im oberen Bild ist die schräge Säulendichte in Dobsonheiten und im unteren Bild der Ableitungsfehler in Farbkodierung angegeben (da bisher die Eingangsdaten noch nicht vollständig korrekt kalibriert zur Verfügung standen, kann in den absoluten Werten noch ohne weiteres ein sogenannter Bias enthalten sein). Gut erkennbar ist die Ausbreitung einer SO_2 -Wolke über dem Mittelmeer zur nordafrikanischen Küste hin. Beobachtungen mit MERIS zeigen, dass sich die Rauchfahne von Sizilien aus in diese Richtung ausgebreitet hat.

Das zweite Beispiel betrifft die Ableitung von SO_2 -Säulendichten aus Messdaten in Nadir-Beobachtungsgeometrie. Während der Commissioning-Phase ereignete sich ein starker Ausbruch des

Ätna. Im Rahmen des SCIAMACHY-Messprogramms wurden zur Zeit hoher Vulkanaktivität Nadirbeobachtungen auch im Mittelmeerraum durchgeführt. Diese eigneten sich als Test zur Ableitung von SO₂-Säulendichten. Das Ergebnis ist in Abb. 8 festgehalten; rote Einfärbungen bedeuten hohe Säulendichten, violett-blaue dagegen niedrige. Ein Vergleich mit parallel erfolgten Messungen von GOME ergab eine gute qualitative Übereinstimmung (siehe auch Kapitel 3.3). Der Verlauf der SO₂-Wolke wird insgesamt sehr gut erfasst, insbesondere die durch die vorherrschenden Winde verursachte Drift der Wolke in Richtung Nordküste Afrikas. Dies wird deutlich in Abb. 9, in dem eine zeitgleiche Aufnahme von MERIS auf ENVISAT mit den von SCIAMACHY abgeleiteten SO₂-Dichten kombiniert wird.

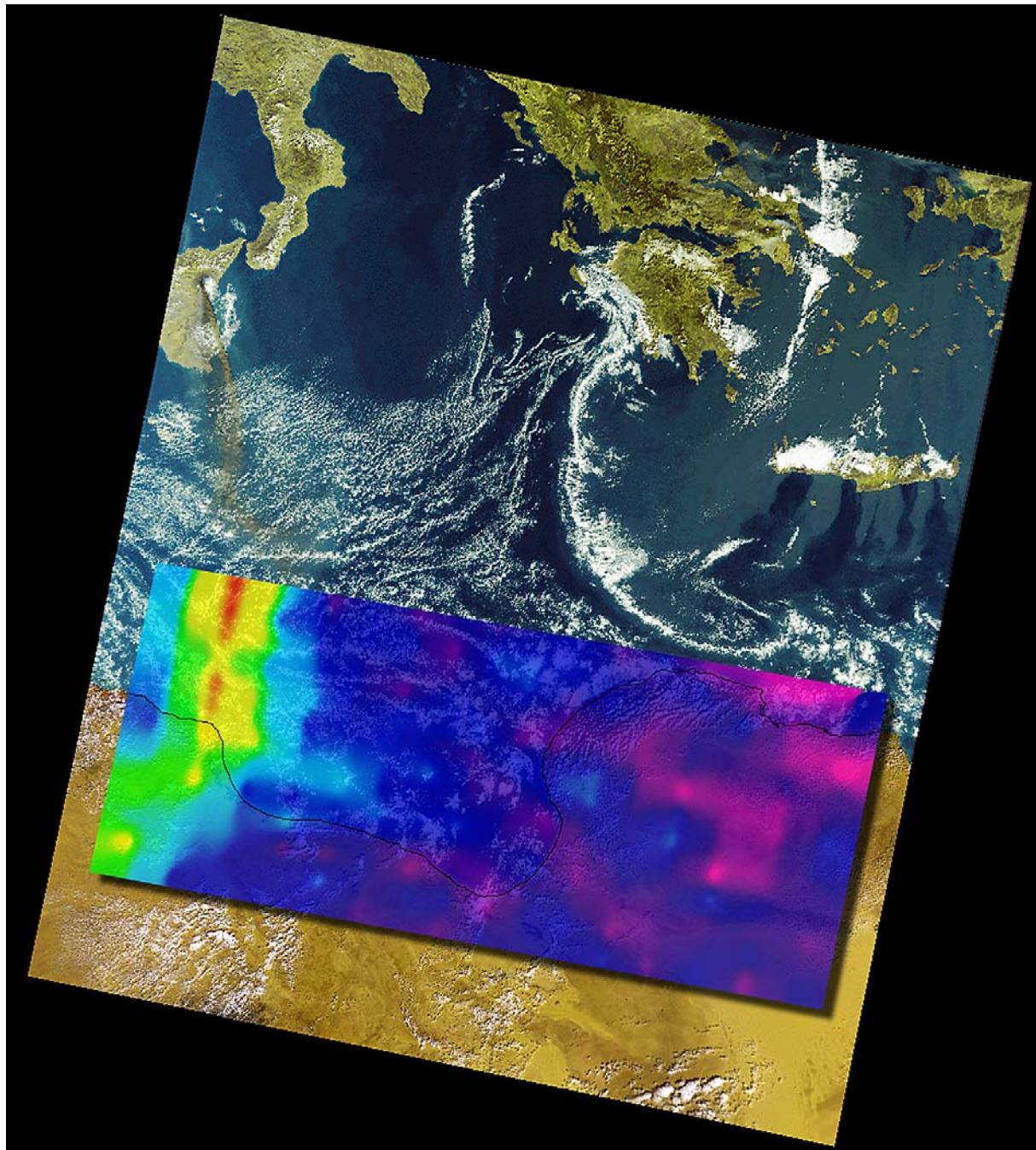


Abb. 9: Der Ausbruch des Ätna am 29. Oktober 2002. Der Aufnahme von MERIS sind die aus SCIAMACHY abgeleiteten Säulendichten des SO₂ überlagert worden. Sehr gut erkennbar ist die Rauchfahne des Vulkans, die sich in südlicher Richtung über das Mittelmeer ausbreitet. Die Ausprägung der Rauchfahne lässt sich an ihrem höheren SO₂-Gehalt gegenüber der Umgebung erkennen (Photo: ESA und Brockmann Consult).

Ausblick

Alle Prozessoren sind im Berichtsjahr in ihrer ersten Version in Betrieb gegangen. Sie definieren die weitgehend aus neu entwickelten Algorithmenmodulen bestehende Verarbeitungskette für die Messdaten des sehr komplexen SCIAMACHY-Instruments. In den kommenden Jahren werden Verfeinerungen an den Algorithmenkernen im UV/VIS-Bereich im Vordergrund stehen. Darüberhinaus wird sich die Prozessorentwicklung den Herausforderungen des IR-Bereichs stellen, für den aufgrund instrumenteller Besonderheiten zusätzlicher Entwicklungsaufwand besteht.

zitierte Literatur:

Bovensmann, H., J.P. Burrows, M. Buchwitz, J. Frerick, S. Noel, V.V. Rozanov, K.V. Chance und A.P.H. Goede, SCIAMACHY: Mission objectives and measurement modes, J. Atmos. Sci. 56, 127-150, 1999

2.3 MIPAS Level 2 Prozessor

G. Schwarz

Mit dem Start von ENVISAT am 1. März 2002 begann nach einer langen Zeit des Bodensegmentaufbaus auch für die Prozessierungskette des MIPAS-Instruments die heiße Phase des Betriebs. Dieser beinhaltet entsprechend der ENVISAT-Konventionen:

- Level 0: zeitgeordnete Datenpakete
- Level 1: kalibrierte und georeferenzierte Spektren
- Level 2: Vertikalprofile von Druck, Temperatur und Spurengasen
- Level 3: globale Kartierungen von Spurengasen.

Die Prozessierung bis Level 2 erfolgt durch ESA, wobei ab Level 2 IMF-AP durch unterschiedliche Aktivitäten beteiligt ist.

Inbetriebnahme von MIPAS auf ENVISAT

Bereits am 17. März, d.h. weniger als drei Wochen nach dem Start, wurden die mechanischen Verriegelungen des MIPAS-Instruments gelöst und der für den Betrieb im infraroten Spektralbereich benötigte Kühler am 18. März erstmals eingeschaltet. Die erste Aufnahme eines sog. Interferogramms mit Datenübertragung zur Bodenstation in Kiruna erfolgte daraufhin am 24. März 2002 in Orbit 334. Ab Anfang April (Orbit 503) liegen bei ESA-Datensätze vor, die von MIPAS im regulären Standard-Modus gewonnen wurden.

Die ersten Daten, welche zur Analyse in IMF-AP eintrafen, sind vom 5. April 2002 (Orbit 504). Bereits ein erster Blick auf diese Daten (vgl. Abb. 10) zeigt die Detailinformation, die sich einem Betrachter in den verschiedenen Spektralbereichen bietet: Emissionslinien der verschiedensten Gase, Signaturen von Wolken und anthropogenen Emissionen (z.B. FCKWs) sowie zusätzlich instrumentelle Eigenschaften an einigen dedizierten Stellen. Wenn man sich vor Augen hält, dass über 5 Jahre hinweg alle 90 Sekunden 300 Megabyte in Form von Level 1-Datenprodukten produziert werden, erkennt man den Umfang an atmosphärischen Informationen, der zukünftig der Nutzergemeinde zur Verfügung stehen wird.

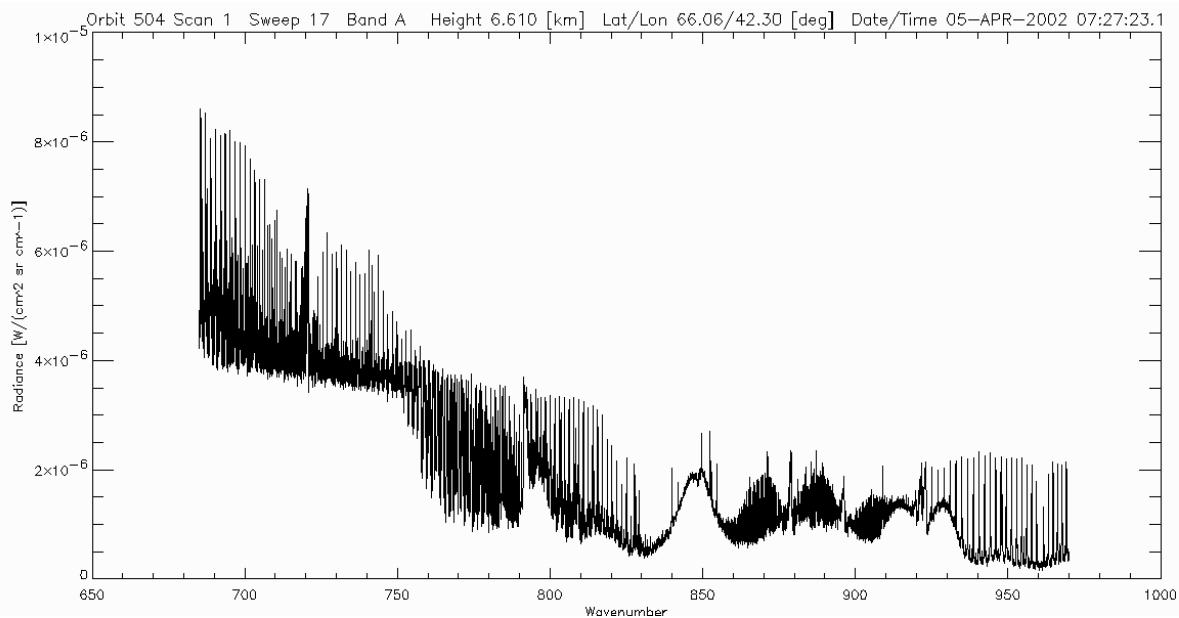


Abb. 10: Typische MIPAS-Spektren vom 5. April 2002 (ESA-Daten)

Aktivitäten in IMF-AP

Neben der Sicherstellung einer schritthaltenden Prozessierung mit Datenverteilung ist selbstverständlich auch eine sorgfältige Kalibrierung und Validierung der Daten und Produkte eine unumgängliche Voraussetzung für eine wissenschaftlich sinnvolle und weitergehende Auswertung. IMF-AP ist unter anderem als ESL im Auftrag der ESA an der Analyse von MIPAS-Daten beteiligt. Unsere wichtigsten Arbeitspakete sind dabei für Level 2-Daten:

- Generierung von simulierten Spektren
- Vergleich mit MIPAS-Spektren
- Rolle des hydrostatischen Gleichgewichts
- Einfluss von Störgasen
- Parametrisierung des instrumentellen Gesichtsfelds
- Modellierung atmosphärischer Schichten
- Einfluss horizontaler Gradienten
- Effekte von Regularisierungen
- Verbesserungen durch *Joint Retrievals*
- Interpretation der Ergebnisse.

Verfügbares Instrumentarium

Die oben erwähnten Aufgaben erfordern eine Reihe von Tools und Datensätzen, um Retrievalläufe durchzuführen, Vergleiche anzustellen und um Ergebnisse festzuhalten. In erster Linie sind diese ein frei parametrisierbarer Level 2-Prozessor, der in Zusammenarbeit mit dem IMK/Karlsruhe in IMF-AP entstanden ist, eine Datenbank mit atmosphärischen und instrumentellen Vergleichsdaten sowie Softwaretools zur Testkonfiguration, Parametrisierung und Datenanalyse. Im weiteren Sinne gehören zum Instrumentarium natürlich auch Kenntnisse aus Testläufen mit simulierten Daten und aus Ergebnissen eines ballongetragenen, annähernd baugleichen MIPAS-Instruments. So lagen vor dem Einschalten von MIPAS auf ENVISAT bereits ausreichend Testergebnisse für die wichtigsten Retrievalparameter und Erfahrungen mit flugspezifischen Störeffekten vor. Die speziellen Erkenntnisse aus der Auswertung des Ballonflugs bestanden insbesondere darin, die Level 1 Spektren hinsichtlich verschiedenster instrumenteller Effekte zu analysieren und auf jegliche Art von Störeffekten durch entsprechende Parametrisierung bei der Level 2-Prozessierung flexibel reagieren zu können. Darüber hinaus konnte IMF-AP durch Mitwirkung an mehreren Auswertevorhaben die Anforderungen der wissenschaftlichen Datenanalyse mit den Schnittstellen unseres Level 2-Prozessors kompatibel gestalten.

Einsatz des AP-Prozessors bei Orbit 504

In den Daten des Orbit 504 waren natürlich noch nicht alle vorgesehenen Kalibrationskorrekturen durchgeführt, da die dazu nötigen Messungen erst in den darauf folgenden Wochen durchgeführt wurden. Trotzdem gelang es sowohl ESA mit dem NRT-Prozessor als auch uns mit dem spezifischen AP-Offline-Prozessor sehr schnell, aus den vorliegenden Spektren Vertikalprofile von Spurengasen zu erzeugen, die den reellen Gegebenheiten nahekommen. Um die Retrievalverfahren zu validieren, gab es sowohl im Rahmen unserer ESL-Beauftragung als auch im Rahmen unserer AMIL2DA-Einbindung zahlreiche Treffen, bei denen alle in die Arbeiten eingebundenen europäischen Gruppen ihre Ergebnisse und Erfahrungen austauschten.

Als Beispiel für den Status der Arbeiten wird nachfolgend das Ergebnis eines exemplarischen Tests gezeigt, wobei ein mit dem NRT-Prozessor der ESA retrievedes Temperaturprofil als Startwert für unseren Offline-Prozessor verwendet wird (die bei MIPAS angewandten Retrieval-Verfahren beruhen auf iterativen Verbesserungen angenommener Startwerte, bis ein definiertes Konvergenzkriterium erreicht ist). Erzeugen beide Prozessoren identische Ergebnisse, sollte unser Prozessor bereits nach einer Iteration durch Erreichen des Konvergenzkriteriums seinen Lauf abbrechen. Da in der Praxis jedoch beide Prozessoren eine Vielzahl von Details (z.B. die Korrektur der Sichtliniengeometrie) durch leicht unterschiedliche Lösungsmethoden berechnen bzw. verschieden genaue Referenzdaten benutzen, kann man davon ausgehen, dass ähnliche aber nicht identische Profile abgeleitet werden. Abb. 11 beinhaltet die Ergebnisse eines Temperaturprofils für jeden Iterationsschritt. Wie man erkennen kann, ändern sich die Profilformen zwar im Detail, nicht jedoch im prinzipiellen Kurvenverlauf.

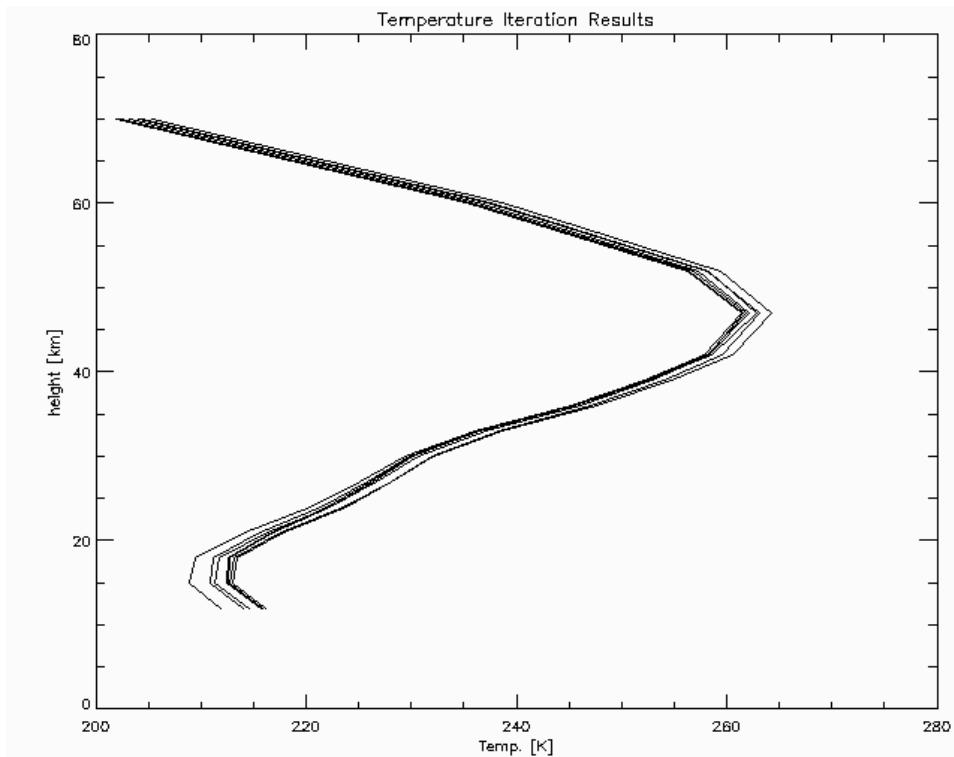


Abb. 11: Schrittweise retrievedes Temperaturprofil

Im Idealfall sollte nach Erreichen der Konvergenz die Retrievalgenauigkeit nur durch das Rauschen der Eingangsdaten begrenzt sein. In der Praxis hat sich jedoch auch bei unseren Retrievalläufen gezeigt, dass systematische Effekte, z.B. durch noch nicht erfolgte Kalibrierungen oder nur ungenau bekannte Emissionscharakteristiken der in der Atmosphäre enthaltenen Moleküle, vorliegen. Als typisches Beispiel zeigt Abb. 12 sich beim Retrieval ergebende Residuen, d.h. Unterschiede zwischen gemessenen und simulierten Fenstern von Emissionsspektren nach der letzten in Abb. 11 gezeigten Iteration. Diese Residuen werden typischerweise benutzt, um systematische Fehlerquellen zu identifizieren und zu korrigieren. Speziell nach Erhalt der ersten MIPAS-Daten von ENVISAT wurden von verschiedenen beteiligten Institutionen Residuenanalysen durchgeführt, um die Level 1- und die Level 2-Prozessierung

zu validieren. Erste Schritte bei der Residuenanalyse sind die Identifizierung multiplikativer Faktoren, additiver Terme, von Verschiebungen entlang der Spektralachse und von Formänderungen der Emissionslinien.

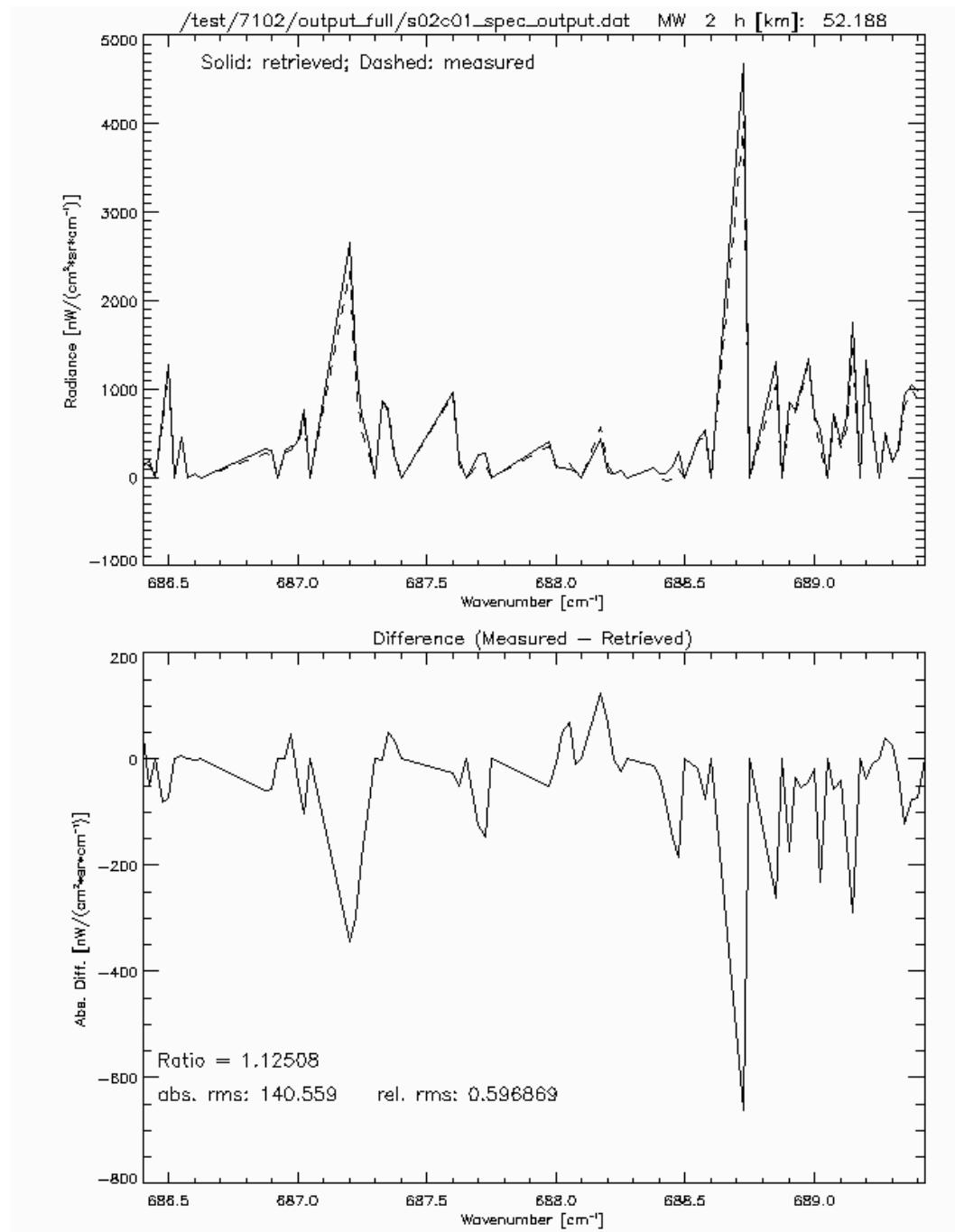


Abb. 12: Residuen zwischen gemessenen und simulierten Spektren

In den nächsten Schritten müssen die jeweiligen Ursachen identifiziert und korrigiert werden. Da sich einige Effekte jedoch in ihrer Auswirkung überlappen, ist es erforderlich, derartige Fragestellungen mit systematischen Tools anzugehen. Als abschließendes Beispiel wird in Abb. 13 demonstriert, welche Genauigkeiten beim Vergleich von Emissionslinien auf Spektralachsen durch Verwendung einer ausreichenden Anzahl von Stützstellen erreichbar sind. Wenn man die Positionen von Emissionslinien aus Datenbanken mit echten Messungen vergleicht, kann man unter der Annahme einer linearen Verzerrung der Spektralachse der Messungen durch Korrektur dieser Spektralachse eine deutliche Reduzierung von Residuen und eine Verbesserung der Retrievalgüte erreichen. Das instrumentelle Wellenzahlraster von

MIPAS sind 0.025 Wellenzahlen, durch Vergleich einer großen Anzahl von Stützstellen sind Aussagen im Bereich von um eine Größenordnung kleinerer Wellenzahlen möglich.

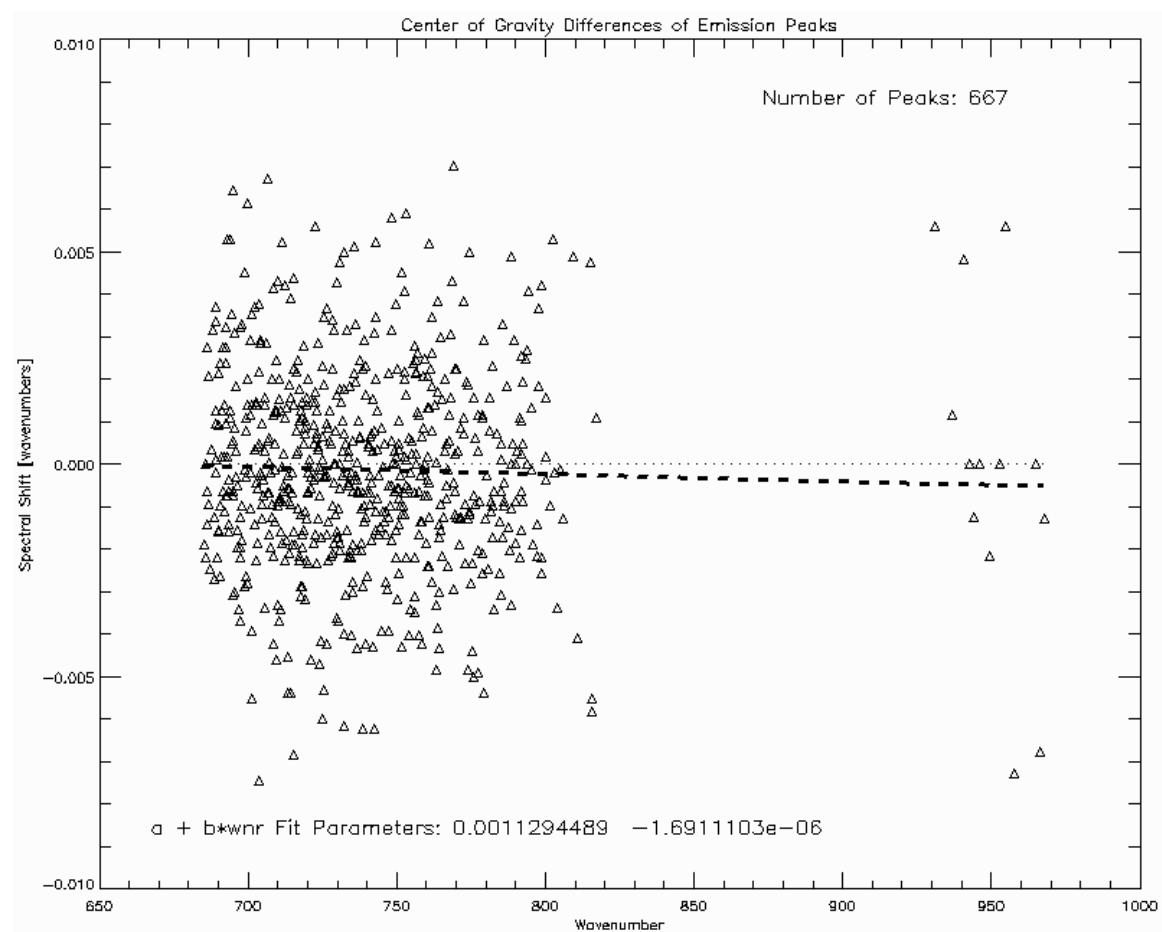


Abb. 13: Korrektur von Residuen durch Fitten einer linearen Verzerrungsfunktion

2.4 Virtuelles Streu- und Strahlungstransferlabor

T. Ernst, J. Wauer, T. Rother, F. Schreier

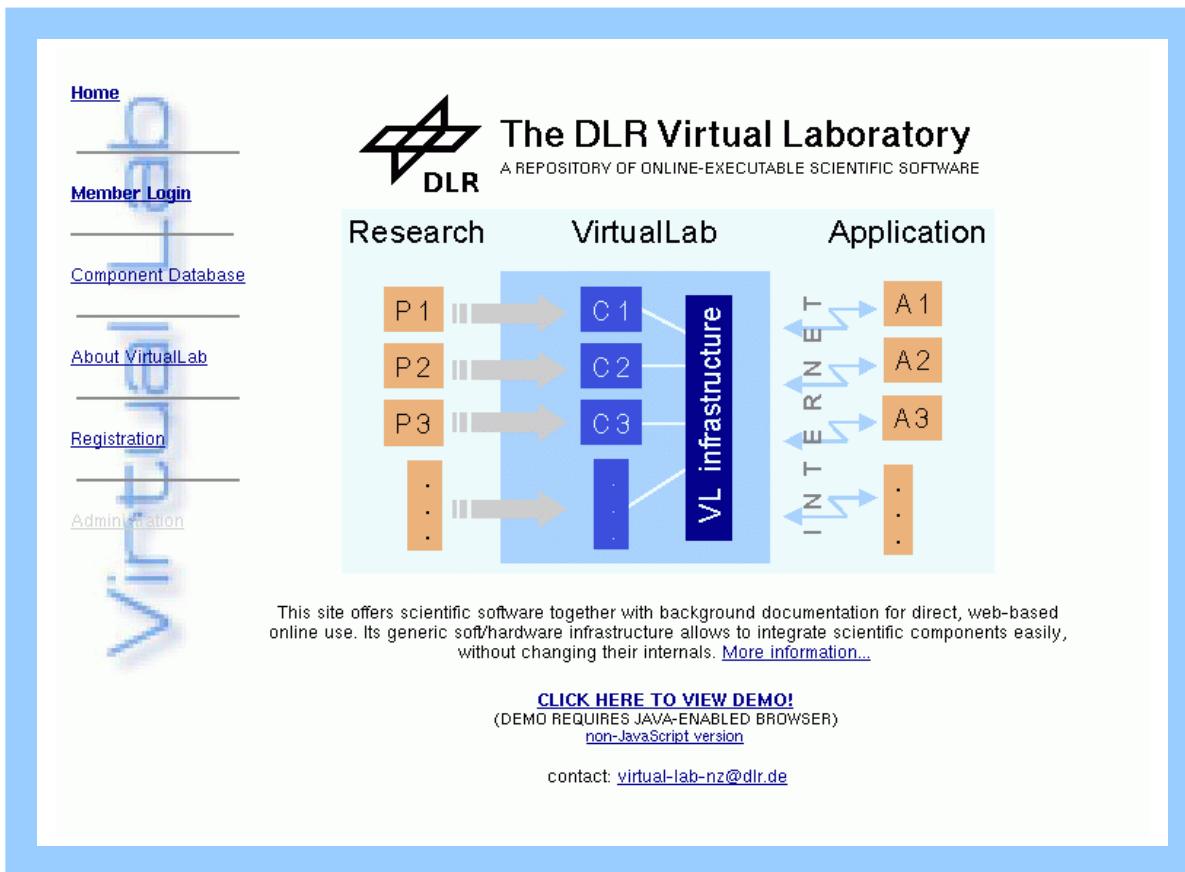


Abb. 14: Das Web-Portal des „Virtuellen Streu- und Strahlungstransferlabors“.

„...There is now another way to deliver software that will save users from becoming system administrators. Web-based applications are programs that run on Web servers and use Web pages as the user interface. For the average user this new kind of software will be easier, cheaper, more mobile, more reliable, and often more powerful than desktop software. With Web-based software, most users won't have think about anything except the applications they use. All the messy, changing stuff will be sitting on a server somewhere, maintained by the kind of people who are good at that kind of thing. And so you won't ordinarily need a computer, per se, to use software. All you'll need will be something with a keyboard, a screen, and a Web browser. ...“ (Zitat aus „The other road ahead“ von Paul Graham/Yahoo anlässlich eines Vortrages in den BBN Labs Cambridge, MA im Mai 2001)

In universitären und anderen Forschungseinrichtungen mündet ein großer Teil der Investitionen und wissenschaftlichen Aktivitäten in die Entwicklung von Software. Diese repräsentiert in der Regel den aktuellen Stand der wissenschaftlichen Forschung in einem eng begrenzten Themengebiet. Eine solche Software kann bisher nur mit großem Aufwand in eine von potentiellen Interessenten aus anderen Bereichen nutzbare Software überführt werden. Dieser Aufwand, wie etwa die Portierung der Software auf die eigene Hardware-Umgebung des Nutzers, die Installation von z.T. notwendigen und teuren Zusatzbibliotheken, die fehlende Dokumentation oder das fehlende Wissen um die Zuverlässigkeit der Software birgt auf der Seite potentieller Nutzer ein nicht zu vernachlässigendes Risiko. Das gilt insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen, die im Bereich neuer Technologien und damit in der Nähe zur wissenschaftlichen Forschung agieren. Mit dem *Virtuellen Labor* (VL) lässt sich dieser Aufwand und somit das Risiko von Fehlinvestitionen und Fehlentscheidungen beim Einsatz einer bestimmten Software erheblich reduzieren, da der Nutzer auf seiner Seite lediglich ein Terminal und einen Web-Browser benötigt, um auf die ihn interessierende Software zugreifen zu können (siehe hierzu auch das Zitat von P. Graham am Beginn des Beitrags). Für den Autor/die Forschungseinrichtung bietet

das VL die Möglichkeit, sich mit der von ihnen entwickelten Software einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren und sich auf diese Weise andere Anwendungsgebiete und Nutzer zu erschließen.

Ein weiterer Aspekt gerade in universitären und anderen Forschungseinrichtungen besteht darin, dass Software oft in zeitlich begrenzten Projekten entsteht bzw. von Mitarbeitern mit zeitlich befristeten Arbeitsverträgen entwickelt wird. Die Wiederverwendung solcher Software stellt die Einrichtungen deshalb häufig vor erhebliche Probleme. Mit der informationstechnischen Infrastruktur des VL wird die Wiederverwendung von wissenschaftlicher Software gesichert. Das wird unter anderem dadurch erreicht, dass Autoren sowohl bei der Integration der Software als auch bei der Erstellung der Dokumentation durch entsprechende Software-Werkzeuge unterstützt werden. Ist die Software einmal in das VL eingestellt, steht sie jederzeit auch für andere Mitarbeiter und andere Projekte, aber auch für die Aus- und Weiterbildung, zur Verfügung.

Die Infrastruktur des VL eignet sich darüber hinaus besonders für Einrichtungen und Unternehmen, die über mehrere Standorte verteilt agieren. Es bietet diesen die Möglichkeit eines zentral administrierbaren und für alle Standorte einheitlichen wissenschaftlichen Softwarepools.

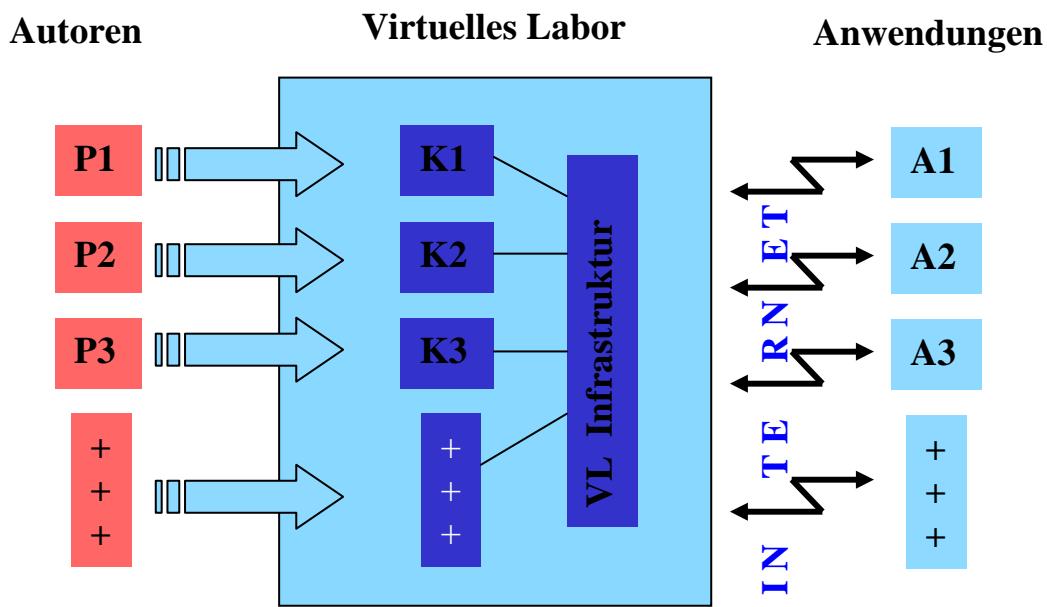


Abb. 15: Die drei Strukturelemente des VL: Komponentenintegration auf Autorenseite, interne Infrastruktur des VL und Nutzeranbindung und Verwaltung auf der Anwenderseite

Da die bisher übliche anwendungsspezifische Produktisierung als traditioneller Weg der Praxiseinführung von wissenschaftlicher Software häufig zu zeitaufwändig, teuer und risikoreich ist und die Akteure mit Aufgaben außerhalb ihrer Kernkompetenz belastet, stellt das VL eine neue Möglichkeit des Technologietransfers im Bereich wissenschaftlicher Software dar. Auf diese Weise kann eine große Breitenwirkung erzielt und ein vielfältiges Nutzungspotential erschlossen werden. Abb. 16 zeigt die für diese Aufgabenstellung entwickelte Archiv-, Hardware- und Softwareinfrastruktur des VL.

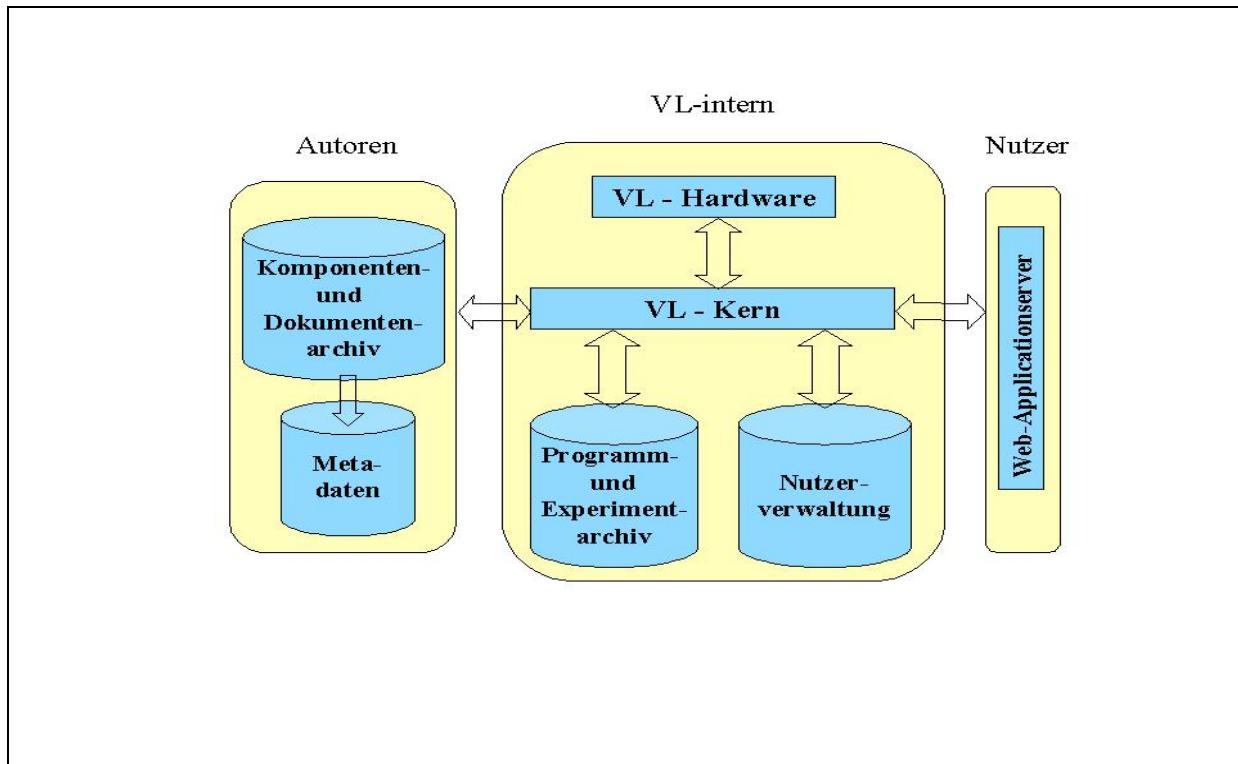


Abb. 16: Archiv-, Hardware- und Softwareinfrastruktur des VL

Die gesamte bisherige Entwicklung basiert auf *open source* - Technologien. Diese sind insbesondere

- die Scriptsprache PYTHON als VL-Kernsoftware
- ZOPE als Web-Applicationserver
- MySQL als Metadatenbank

Der Betrieb des VL gliedert sich in folgende drei Schritte (vgl. Abb. 17):

Schritt 1: Integration der Software:

Will ein Autor ein Programm (z.B. „Scatter.exe“) in das VL integrieren, hat er zwei zusätzliche Dateien zu erstellen, die Datei („Scatter.desc“), welche die Eingabeparameter sowie ihre Abhängigkeiten und Beschränkungen enthält, und aus der das dynamische Web-Userinterface generiert wird, und die Dokumentendatei („Scatter.html“), die alle enthaltenen Parameter des Programms, deren Abhängigkeiten und Beschränkungen sowie die zugrunde liegende Methode des Programms für den Nutzer beschreibt. Bei der Erstellung dieser Dateien wird der Autor durch geeignete Softwarewerkzeuge vom VL unterstützt.

Schritt 2: Nutzung der Software:

Der Nutzer beginnt seine VL-Sitzung, indem er sich registrieren lässt und dann als registrierter Nutzer in das VL einloggt. Ihm wird automatisch jeweils ein von anderen Nutzern getrennter und nicht einsehbarer Programmier- und Experimentierbereich zugewiesen. In der Meta-Datenbank kann sich der Nutzer über die im VL enthaltenen Komponenten, deren Funktionalität und deren Autoren informieren. Nach Auswahl der ihn interessierenden Komponenten aus dieser Datenbank kann er diese in seinem Experimentieraum *online* ausführen. Der Nutzer wird dabei mit Hilfe des dynamisch generierten Userinterfaces durch das Programm geführt. Bei aufwendigen Rechnungen kann er sich per E-mail-Notifikation vom VL über den Abschluss seiner Rechnungen informieren lassen. Verlässt der Nutzer das VL, wird sein gesamter Programm- und Experimentraum archiviert und steht für spätere Nutzungen wieder voll zur Verfügung.

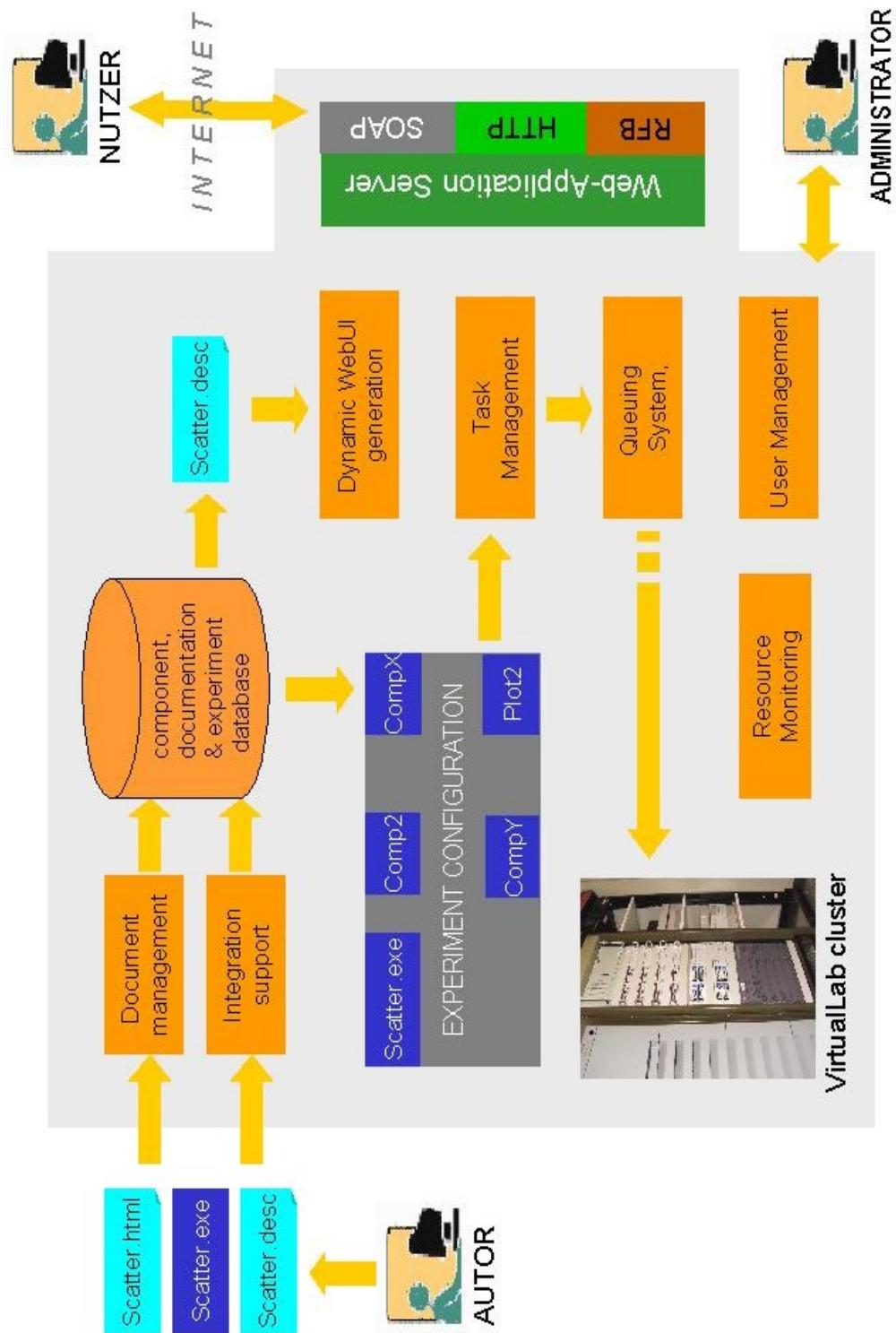


Abb. 17: Der Weg des Programms „Scatter.exe“ durch das VL zum Nutzer. Aus dem Programm des Autors wird eine Komponente des VL. Diese Komponente beinhaltet sowohl das eigentliche Programm als auch eine Beschreibungsdatei der Eingabeparameter des Programms („Scatter.desc“) und die dazugehörige Dokumentation („Scatter.html“). Bei der Erstellung der beiden zusätzlichen Dateien wird der Autor vom VL durch geeignete Software-Werkzeuge unterstützt. Die Administration der Nutzer erfolgt ebenfalls über das Internet.

Schritt 3: Administration:

Der Administrator des VL kann über eine Web-Schnittstelle neue Nutzer registrieren, alte Nutzer entfernen und die Auslastung des VL überwachen.

Das Virtuelle Labor ist unter der Adresse <http://vl.nz.dlr.de> erreichbar. Bisher wurden 11 Komponenten aus dem Bereich Streuung und Strahlungstransfer integriert. Im derzeit laufenden Testbetrieb wird das *Virtuelle Streu- und Strahlungstransferlabor* von 30 Nutzern aus 16 Einrichtungen in 7 Ländern genutzt. Bis auf zwei notwendige Abschaltungen lief es über das gesamte Jahr stabil.

3. Laufende Projekte und Vorhaben

3.1 OZON-SAF

D. Loyola, W. Thomas, Y. Liveschitz, Stephan Kiemle (DFD-IT)

Das Cluster *Angewandte Fernerkundung* ist Mitglied im europäischen Gremium zur Einrichtung des Ozon-SAF im Rahmen der EUMETSAT-Bodensegmente für die MSG- und METOP-Missionen. Unter Führung des Finnischen Meteorologischen Instituts (FMI) entsteht ein europaweit verteiltes Zentrum zur Ableitung von Atmosphärenparametern – vornehmlich Ozon – aus Daten der genannten Erdbeobachtungssatelliten. Basierend auf den jahrelangen Erfahrungen im Aufbau und Betrieb des GOME-Datenprozessors hat IMF-AP in diesem Projekt die Aufgabe übernommen, eine Prozessorkette zur Bestimmung von Gesamtsäulen aus GOME-2-Messungen der METOP-Satelliten zu entwickeln, dessen erster Start in ca. 4 Jahren geplant ist.

Projektstatus

Die erste Phase des Ozon-SAF Projektes wurde im Sommer 2002 erfolgreich abgeschlossen. Ein Antrag für die zweite Phase wurde zusammen mit den SAF-Partnern vorbereitet und von EUMETSAT bewilligt, bei gleicher finanzieller Ausstattung der Partnerinstitute, wie in Phase 1. Die zweite Phase läuft von Sommer 2002 bis 2006 und beinhaltet jährliche Meilensteine, vom Critical Design Review im Jahr 2002 bis zum Operational Readiness Review im Jahr 2006. Nach Abschluss der zweiten Phase ist eine operationelle Phase des Ozon-SAF geplant, die den insgesamt 14 Jahre laufenden Betrieb von METOP begleiten soll.

UPAS Prozessor

Im Jahr 2002 wurden vor allem Arbeiten zur Konzeption und Implementierung des UPAS Prozessors für GOME-2 durchgeführt. Um die Qualität und künftige Erweiterungen des Prozessors zu sichern, werden dafür die neuesten Softwaretechnologien verwendet. Die wichtigsten Aufgaben, die im Berichtsjahr realisiert wurden, sind:

- Entwurf der UPAS-Architektur in UML
- Implementierung und Test des DOAS GDP 3.0 Algorithmus in C++ unter Verwendung der mathematischen Routinen der GNU Scientific Library
- einheitliche Schnittstellen zu externen Daten wie z.B. Spektrometriedaten, Atmosphärendaten (Klimatologien, Satelliten- und/oder ECMWF-Daten) und weiteren geophysikalischen Datenbanken, sowie der zusätzliche Zugang zu Datenbanken über SQL
- Definition eines ausgereiften Initialisierungsfiles zur flexiblen und einfachen Steuerung von UPAS
- Lesen von GOME/ERS-2 Level-1b-Daten und Berechnen der Geokodierung mittels des ERS-2 Orbit-Propagators
- Ausgabe der Ergebnisse in ASCII und in HDF5-Format

Eine web-basierte Schnittstelle wurde entwickelt, um die komplette Steuerung von UPAS zu vereinfachen. Die Initialisierungsdatei kann mittels einer benutzerfreundlichen Java-Applets editiert werden, welches anschließend dessen Konsistenz prüfen kann.

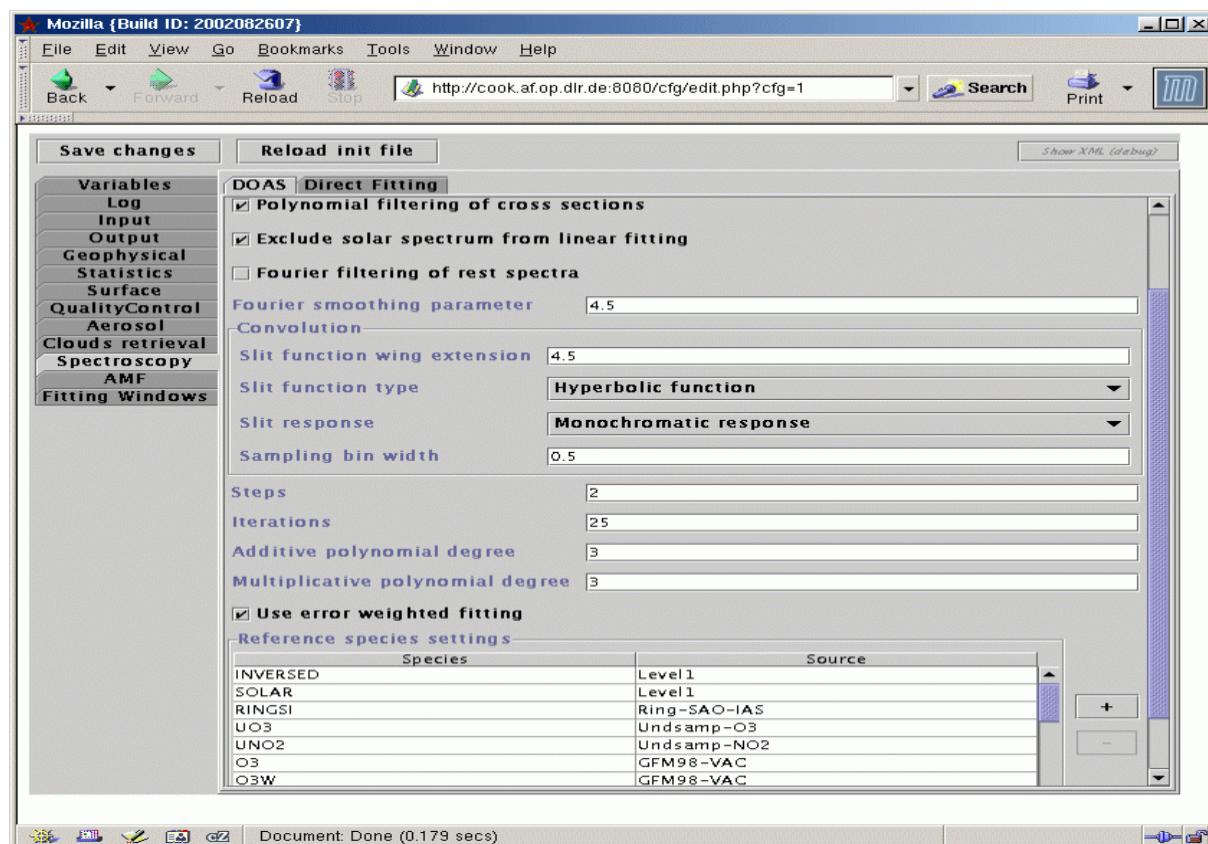


Abb. 18: Das Initialisierungsfile-Applet für die generischen DOAS- Einstellungen

Sämtliche Spektrometrie- und Atmosphärendaten der Datenbank können in einem gängigen Internetbrowser visualisiert und editiert werden.

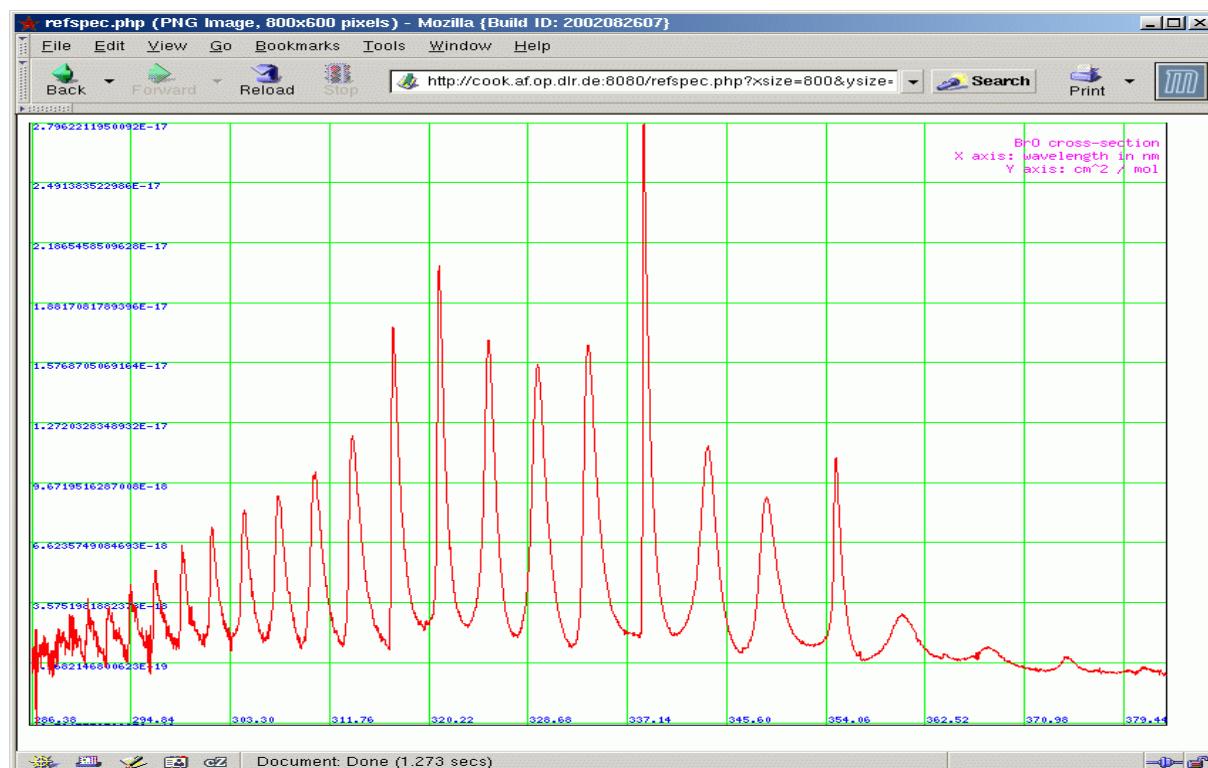


Abb. 19: Visualisierung von Spektrometriedaten, hier z.B. Wirkungsquerschnitt von BrO

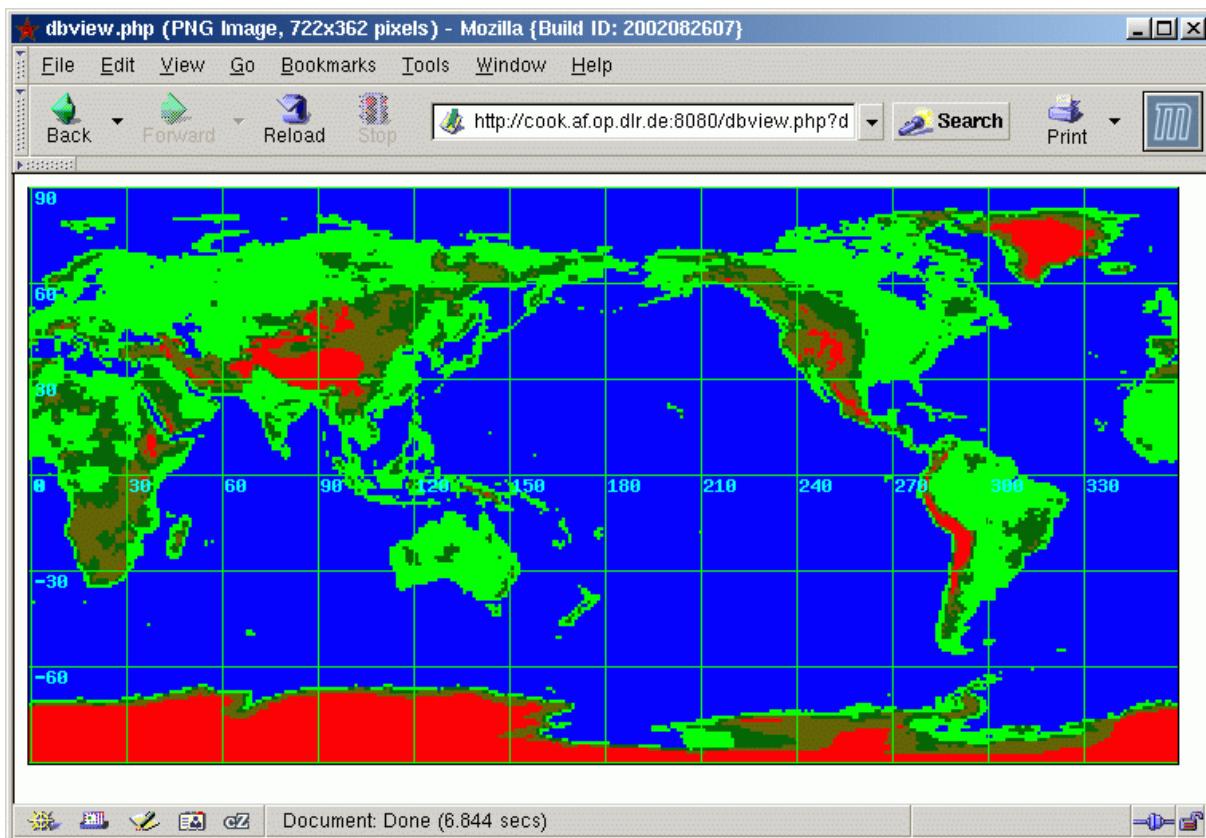


Abb. 20: Visualisierung geophysikalischen Datenbanken, hier z.B. Topographie

DIMS-UMARF Schnittstelle

In Zusammenarbeit mit dem FMI und EUMETSAT wurde die Entwicklung des Ozon-SAF im integrierten Nutzlast-Bodensegment vorangetrieben und mit Prototypimplementierungen begonnen. Die Integration des Ozon-SAF in DIMS unterstützt zwei wichtige Szenarien: Die systematische Prozessierung von durch EUMETSAT empfangenen GOME-2 Daten durch den UPAS-Prozessor zu Ozon-Gesamtsäulen und deren sofortige Verteilung an abonnierte Kunden in naher Echtzeit. Die dabei erzeugten Produktdaten werden zusätzlich dem zentralen EUMETSAT Nutzerkatalog (UMARF) zugespielt. Außerdem ist die Bearbeitung von Kundenbestellungen erforderlich, welche über EUMETSAT zu DIMS gelangen, um Produkte „on behalf of EUMETSAT“ auszuliefern.

Die Interaktion zwischen DIMS und dem EUMETSAT-Nutzerkatalog wird mit der DIMS-UMARF Schnittstellenkomponente realisiert. Diese Komponente wurde als Prototyp implementiert und ein UMARF-Schnittstellensimulator für Testzwecke gebaut.

3.2 Validation GOME-Datenprozessor Version 3.0

W. Thomas, D. Loyola

Im Jahr 2002 wurde die neue Version 3.0 des GOME-Datenprozessors für die operationelle Prozessierung freigegeben. Diese wurde im Rahmen eines ESA-Projektes (GDP upgrade) erstellt, welches bereits ausführlich im Jahresbericht 2001 vorgestellt wurde. Für die Level 1-nach-2-Prozessorkette ist es bereits die vierte wesentliche Änderung des Quellcodes seit Beginn der operationellen Prozessierung im August 1996.

Insgesamt wurden mehr als 2000 GOME-Orbits - verteilt über die Jahre 1995 bis 2001 - in Kooperation mit den Partnern im Projektteam ausgewählt, prozessiert und im Januar 2002 zum Download zur Verfügung gestellt. Ergebnisse der Validation konnten im April 2002 auf einem Workshop bei ESA/ESRIN vorgestellt und die neue Version zur operationellen Prozessierung empfohlen werden. Wesentliche Verbesserungen beinhalten:

- deutlich reduzierte Abhängigkeit der Ozongesamtsäulen vom Sonnenzenitwinkel
- deutlich verbesserte Ozongesamtsäulen unter Ozonlochbedingungen
- deutlich geringere systematische saisonale Schwankungen
- geringere Abweichungen zu Bodenmessungen und Messungen anderer Satelliteninstrumente
- Verringerung der Retrievalfehler bei Ozon- und Stickstoffdioxidgesamtsäulen.

Die Beschaffung neuer Hardware (Linuxcluster, CD-Mastering-System) und der Aufbau desselben erfolgten in den Monaten Mai bis Juli. Der GOME NRT-Service des DLR wurde bereits im Juni auf die neue Version umgestellt. Ende August begann die Reprozessierung des inzwischen 7-jährigen GOME-Archivs, und schon 3 Wochen später waren die neuen Datensätze im Hause verfügbar. Hier machte sich die Investition in ein neues Linuxcluster, bestehend aus 9 Rechnern mit je 2 AMD 2000+ Prozessoren in Racksystemen, nach kurzer Zeit bezahlt. Die Generierung und Auslieferung der neuen Datensätze auf CD begann Ende Oktober unter DMS-Kontrolle, während die off-line Prozessierung aktueller Daten schließlich im November 2002 auf die neue Version umgestellt werden konnte.

Der Aufbau, die Validierungsphase und die Inbetriebnahme erfolgten unter schwierigen technischen Umständen (Vorbereitung D-PAC für ENVISAT, Aufbau neuer Hardware), und es bedurfte der tatkräftigen Mithilfe mehrerer Kollegen aus IMF und DFD (B. Aberle, W. Balzer, A. von Bargen, C. Broja, A. Küblbeck, S. Hummel, H. Mühle, T. Ruppert, H. Weber, W. Wildegger), denen an dieser Stelle noch einmal herzlich dafür gedankt sei.

3.3 Fernerkundung vulkanischer Schwefeldioxidemissionen

W. Thomas

Die Beobachtung der Schwefeldioxidemissionen (SO_2) aktiver Vulkane mit Hilfe des Satellitensensors GOME gewinnt zunehmend an Bedeutung, insbesondere durch die stark angestiegene eruptive Tätigkeit des Ätna auf Sizilien, dem aktivstem Vulkan Europas.

Die bereits im November 1999 begonnene Zunahme der Aktivität des Ätna erreichte mit den Ausbrüchen Ende Oktober 2002 einen weiteren Höhepunkt, der sogar die heftigen Eruptionen vom Sommer 2001 in den Schatten stellte. In der Nacht vom 27. zum 28. Oktober 2002 begann eine Serie von Ausbrüchen, die neben einer erhöhten seismischen Aktivität und Lavaströmen auch mit einer deutlich gestiegenen Belastung der Atmosphäre durch Schwefeldioxid einher ging. Noch Mitte November 2002 konnten sowohl visuelle Aufnahmen anderer Sensoren als auch Analysen der GOME-Daten die Existenz von Staub- und Rußwolken sowie erhöhte Schwefeldioxidmengen belegen (siehe auch Kapitel 2.2).

In nachfolgenden Abbildungen vom 29. und 31. Oktober 2002 erkennt man die räumliche Verteilung der Schwefeldioxidwolke bei Beginn der aktiven Phase bzw. nach weiteren zwei Tagen. Es zeigt sich das riesige Einflussgebiet des Ätna, das bereits wenige Tage nach Beginn der aktiven Phase bis tief in die libysche Wüste reicht.

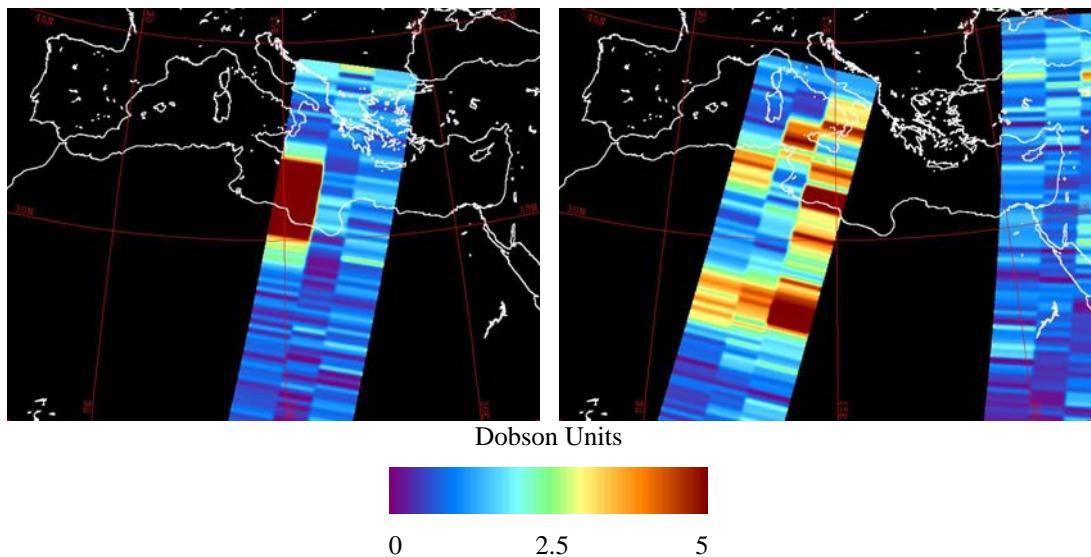


Abb. 21: Aus GOME-Daten abgeleitete Schwefeldioxidverteilung am 29. (links) und 31. Oktober 2002 (rechts). Im rechten Bild sind neben stark erhöhtem SO₂-Gehalt in der Nähe des Ätna auch Gebiete mit gealterten SO₂-Emissionen über der libyschen Wüste erkennbar. Diese stammen von früheren Ausbrüchen, die mit der vorherrschenden Windrichtung nach Süden bzw. Südwesten transportiert wurden. Die Maximalwerte liegen bei ca. 10 DU im linken Bild und ca. 7.5 DU im rechten Bild.

Die atmosphärische Gesamtmenge an SO₂ in Dobson-Einheiten (Dobson Units - DU) lag maximal bei ca. 10 DU zu Beginn und immer noch bei beachtlichen ca. 7.5 DU nach drei Tagen. Dies bedeutet einerseits eine ca. 20-fach höhere Schwefeldioxidkonzentration in der Atmosphäre als üblich, zum anderen wird auch deutlich, dass die Ausbrüche im Vergleich zum Sommer 2001 heftiger wurden. Damals erreichten die Maximalwerte ca. 5 DU. Es kann jedoch als sicher angesehen werden, dass die Eruptionen nicht die Stratosphäre erreichten, womit eine nachhaltige Beeinflussung des Klimas ausgeschlossen werden kann.

Ein weiterer überaus heftiger Vulkanausbruch in diesem Jahr ging nahezu unbemerkt an der Öffentlichkeit vorüber. Im Juli 2002 wurde erneut, wie bereits im Dezember 1996, der ca. 3.050 m hohe Vulkan Nyamuragira (1.4°S, 29.2°E) aktiv. Der Nyamuragira ist ein Schildvulkan, der in den letzten 120 Jahren bereits 35 mal ausgebrochen ist (<http://volcano.und.nodak.edu>). Er gehört zur Gruppe der äußerst aktiven und gefährlichen Virunga-Vulkane im Grenzgebiet von Ruanda und Zaire in Zentralafrika.

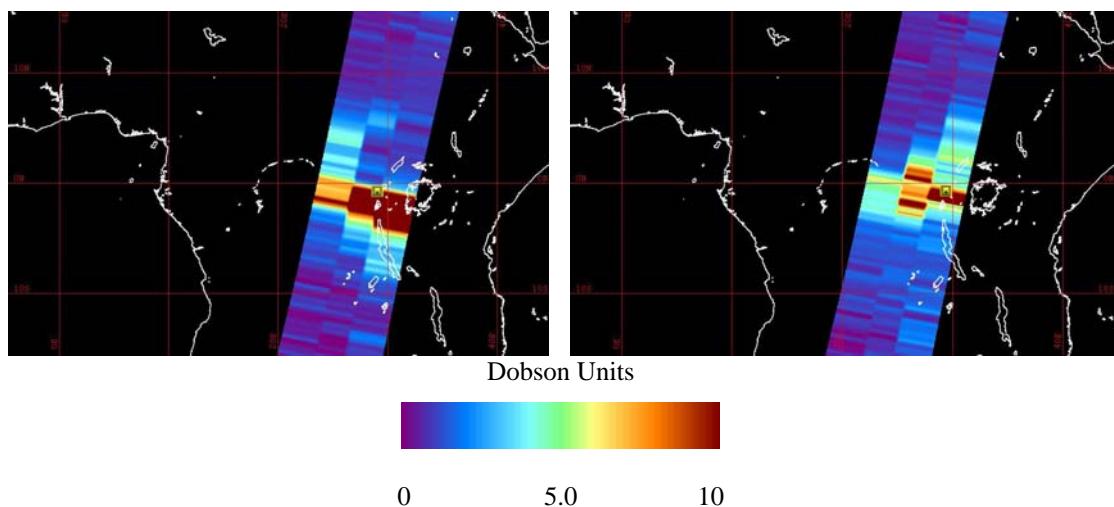


Abb. 22: Aus GOME-Daten abgeleitete Schwefeldioxidverteilung am 3. August (links) und 6. August 2002 (rechts). Die Maximalwerte liegen bei ca. 60 DU im linken Bild und ca. 18 DU im rechten Bild. Die Position des Nyamuragira (1.4°S, 29.2°E) ist durch eine gelbe Pyramide gekennzeichnet.

Hatten die Eruptionen des Ätna noch, wie oben erwähnt, einen maximalen SO₂-Gesamtgehalt von 10 DU erreicht, so wurden im Umfeld des Nyamuragira bis zu 60 DU gemessen, also mehr als 100-fach über dem typischen atmosphärischen Gehalt von < 0.5 DU. Die Beobachtungsbedingungen am Nyamuragira sind durch die nahezu ständig vorhandene Bewölkung in der innertropischen Konvergenzzone deutlich erschwert. Da jedoch derart hohe Schwefeldioxidmengen gemessen wurden, ist davon auszugehen, dass die Emissionen in größere Höhen vordringen konnten. In den Tropen ist andererseits das für einen Schwefeldioxideintrag kritische Tropopausenniveau deutlich höher (ca. 14-18 km), so dass auch hier eine Belastung der Stratosphäre weitgehend ausgeschlossen werden kann.

3.4 Retrieval-Verfahren

A. Doicu, J. Steinwagner, S. Hilgers

Ein zentrales Thema innerhalb IMF-AP ist die Entwicklung, Beurteilung und Implementierung geeigneter Verfahren, um aus Messdaten geophysikalische Größen abzuleiten. Diese sogenannten *Retrieval-Verfahren* stellen in der Regel Lösungen für inverse Probleme dar, die meist nur iterativ erreicht werden. Da die Messdaten verrauscht und oft relativ schwach sind, müssen die Retrieval-Verfahren in der Lage sein, durch Regularisierung stabile Ergebnisse zu erzielen.

Im Jahr 2002 gab es auf dem Gebiet der Retrieval-Verfahren zwei Bereiche, in denen deutliche Fortschritte erzielt werden konnten, und zwar bei den Themen *theoretische Ansätze* sowie *Verbesserungen bereits existierender Methoden für laufende Prozessoren*. Bei den theoretischen Ansätzen wurden vor allem deterministische Verfahren näher untersucht. Diese Art der Methode beruht auf einer Bestimmung des Rauschens der Messung, worauf eine Schätzung der exakten Lösung erfolgt. In der Literatur finden sich derartige Verfahren unter Schlagwörtern wie *Landweber-Methode*, *Levenberg-Marquardt-Verfahren*, *Tikhonov-Regularisierung* bzw. *Regularisierte Gauß-Newton-Methode*. Die genannten Verfahren sind zwar prinzipiell seit Jahrzehnten bekannt, in der Praxis gibt es jedoch oft Probleme mit der Bestimmung der Eingangsparameter, der langen Rechenlaufzeit aufgrund vieler Iterationsschritte sowie der erreichbaren Stabilität und Güte der Lösung. Daher wurden diese speziellen Themen detailliert untersucht mit dem Ziel, daraus im Hinblick auf verschiedene Anwendungen und Strategien gezielte Lösungen zu entwickeln.

Neben den oben genannten theoretisch motivierten Arbeiten war die Entwicklung und Nutzung von Retrievalmethoden für den MIPAS Level 2 Offline-Prozessor sowie für die Projekte AMIL2DA und HGF ein weiterer Schwerpunkt. Der Grund für diese Aktivitäten liegt in der Verfügbarkeit realistischer, d.h. mit instrumentellen Effekten behafteter ENVISAT-Messdaten sowie in der bereits früher erfolgten Implementierung eines komfortablen Testbetts, wodurch Neuentwicklungen, Modifikationen sowie Effekte von Parameterveränderungen unmittelbar nachgewiesen und visualisiert werden können. Im Berichtszeitraum wurden die Retrieval-Softwarepakete der MIPAS- und THOMAS-Prozessoren um eine Reihe von Funktionen und Optionen erweitert.

Untersuchte Methoden

Um besonders stabile Lösungen zu erreichen, die keine störenden Oszillationen aufweisen, wurde die Parameterwahl für *Regularisierte Gauß-Newton-Methoden* untersucht und ein effizienter Algorithmus entwickelt, bei dem der benötigte Regularisierungsparameter mit Hilfe des sogenannten *Noise-Level*-Kriteriums bzw. des *L-Kurven*-Kriteriums bestimmt wird. Die hierbei verwendete Stabilisierungsmatrix ist eine Diagonalmatrix, eine diskrete Näherung eines Ableitungsoperators oder eine *a priori* Kovarianzmatrix. Als Abbruchkriterium wird das *Discrepancy Principle* angewendet. Im Rahmen des AMIL2DA-Projektes wurde dieses Verfahren zur Bestimmung von Temperatur- und Spurengasprofilen eingesetzt, wobei sich zeigte, dass es schnell konvergiert und stabile Lösungen liefert.

Eine weitere Aufgabe war die Entwicklung von Beschleunigungsstrategien für die *Landweber-Methode* und die Erweiterung der *Levenberg-Marquardt-Methode* für schlecht gestellte Probleme. Die von uns entwickelte *Regularisierende Levenberg-Marquardt-Methode* unterscheidet sich von herkömmlichen Lösungen. Im Rahmen dieses neuen Verfahrens wird der neue Iterationspunkt mit Hilfe einer *Trust-Region*-Methode für das Residuum berechnet und das *Discrepancy Principle* als Abbruchkriterium

angewendet. Praktische Anwendung fand dieses neue Verfahren beim Retrieval von Temperatur- und OH-Profilen, wobei simulierte THOMAS-Datensätze verwendet wurden.

In manchen Situationen führt der Iterationsprozess zu nichtphysikalischen Iterationspunkten, wie z.B. negativen Werten der Gaskonzentrationen. In diesem Zusammenhang wurden zwei Varianten der *Iterativen Regularisierenden Gauß-Newton-Methode* mit Ungleichheitsnebenbedingungen für die Variablen realisiert. In der ersten Variante wird ein *Constrained Step-Length* Algorithmus für die Berechnung des neuen Iterationsschrittes angewendet. Der zweite Algorithmus ist eine *Trust-Region*-Methode, wobei bei jeder Iteration ein quadratisches Minimierungsproblem mit Ungleichheitsnebenbedingungen gelöst wird. Zum Einsatz kamen beide Algorithmen im Rahmen des AMIL2DA-Projektes zur Bestimmung von NO₂- und N₂O-Profilen.

Eine vereinfachte Strategie zur Lösung von Inversionsproblemen ist der Einsatz von speziellen Basisfunktionen, wodurch sich die Anzahl der Unbekannten und somit der Rechenaufwand stark reduziert. So können Spurengasprofile nicht nur mit stückweisen Polynomfunktionen, sondern auch mit Hilfe von *B-Splines* angenähert werden. In diesem Fall wird für den Stabilisierungsterm die Norm der quadratisch integrierbaren Funktionen angewendet. Die Ordnung und die Stützstellen der *B-Splines* sind zusätzliche Regularisierungsparameter für das Inversionsproblem. Auch in diesem Fall wurde das Verfahren erfolgreich auf THOMAS-Daten angewandt. Weiterhin wurden effiziente Methoden erstellt und getestet, die ein Retrieval von MIPAS-Spurengasvertikalprofilen auf der Grundlage von Basisfunktionen erlauben. Dabei wurden vor allem diskrete Kosinusfunktionen benutzt, die sich als geeignet erwiesen haben, typische Profile, dazu gehörende höhenbezogene Spalten von Jacobimatrizen und Regularisationsmatrizen mit minimalem Aufwand darzustellen bzw. zu approximieren.

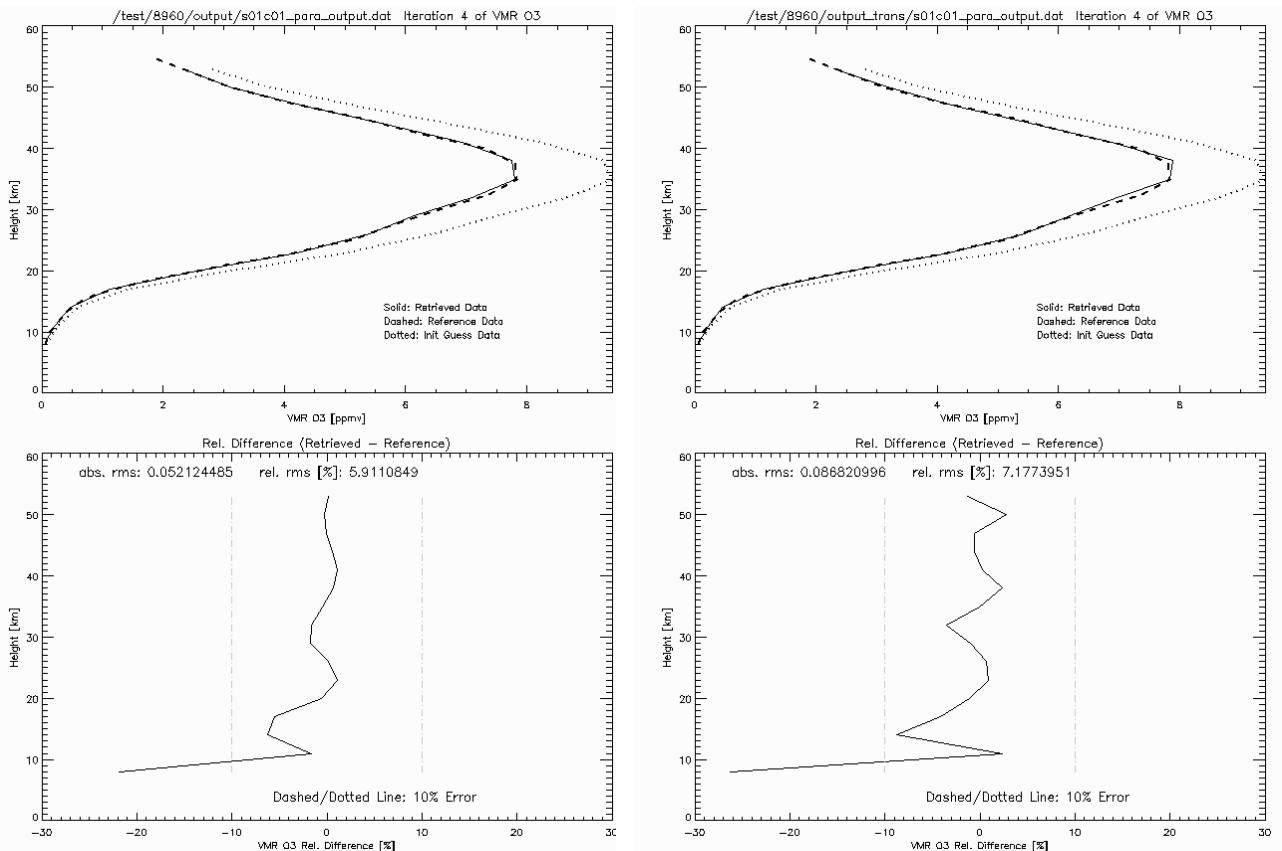


Abb. 23: Retrievaltes Ozonprofil (links: Verwendung aller verfügbaren Daten, rechts: Verwendung von 50 % der Basisfunktionen)

Schließlich erfolgten erste Analysen von Inversionen mit maximaler Entropie. Dieses Verfahren benötigt für die Iterationsschritte keine Bereitstellung von Anfangswerten, sondern ermittelt sich seine Iterationswerte selbst aus den Messdaten. Die Methode ist Teil einer laufenden Dissertation, welche voraussichtlich im Jahr 2003 abgeschlossen wird.

Praxisrelevante Ergebnisse

Längere Erfahrung mit den verfügbaren Retrievalpaketen hat gezeigt, dass iterative Verfahren beschleunigt und „verschlankt“ werden können, wenn die Gesamtaufgabe an den Fortschritt eines aktuellen Retrievallaufs angepasst wird. So benötigt man wenige Ressourcen, um während eines Prä-Retrievals einige wesentliche Parameter bereits vorab zu bestimmen. Die Nutzung der bereits bestimmten Parameter vereinfacht die nachfolgende Retrievalaufgabe beträchtlich.

Neben der generellen Methodenentwicklungen wurden im Jahr 2002 auch eine Reihe von Optimierungstools für die verfügbaren Retrievalmethoden und ihrer Parameter fertig gestellt. Dazu gehören als typische Beispiele:

- automatisierte Bestimmung von Regularisierungs-Parametern: Durch dieses Tool werden Regularisierungsmatrizen aus verschiedenen Komponenten vorab als Kombination mehrerer Vorgabeparameter erstellt und für die Retrieval-Läufe bereit gestellt. Dazu gehören zum Beispiel Glättungsoperatoren, die aus einer Kombination verschiedener Tikhonov-Operatoren höhenabhängig generiert werden.
- Abstimmung getrennter Sub-Target-Regularisierung: Die bei MIPAS zu retrievingen Spurengase sind in der Regel zusammen mit mehreren Sub-Targets (wie Kontinuums-Profilen, Gradienten und Offsets) zu retrievingen. Jedes dieser Sub-Targets benötigt eine eigene Regularisierung sowie evtl. ein eigenes Vertikalgitter. Die Parameter dieser Sub-Targets lassen sich ohne ein geeignetes Tool nur mühsam sinnvoll kombinieren.
- Verbesserung der Ergebnisse durch Matrix-Skalierung und Prä-Konditionierung: Durch die unterschiedlichen Größenordnungen der oben beschriebenen Targets und Sub-Targets ergeben sich numerisch instabile Situationen beim Retrieval. Abhilfe schaffen hier toolgestützte Skalierung und Prä-Konditionierung von Matrizen.
- Beherrschung instrumenteller Effekte: Schließlich hat es sich als notwendig erwiesen, mehrere zusätzliche Retrievalfunktionen zu implementieren, um nach der Inbetriebnahme von MIPAS auf ENVISAT instrumentelle Effekte und Betriebseigenschaften zu beherrschen. Dazu gehören
 - „Ausdünnen“ von Messungen mit Adaption aller nachfolgender Matrixstrukturen und Operationen,
 - Weglassen von Ausreißern in den Messwerten mit Kontrolle von Gainverhalten und evtl. Spektralverschiebungen,
 - *Closure Tests* mit den Ergebnissen der eigenen Retrieval-Läufen.

Ausblick

In der Zukunft steht als weiterer Aufgabenbereich die Bestimmung der benötigten Eingangsparameter durch spezielle stochastische Verfahren an. Die gesuchten Regularisierungsparameter sollen dabei durch ein stochastisches L-Kurven-Verfahren bestimmt werden. Potenzielle Anwendungen sind die stabile Bestimmung der benötigten Prozessierungsparameter. Darüber hinaus ist an die Entwicklung von hybriden Regularisierungsmethoden gedacht, bei denen generische Algorithmen und Evolutionsstrategieverfahren eingesetzt werden sollen.

3.5 Algorithmenentwicklung für FOCUS-Datenfusion

M. Heß, F. Schreier

Die ESA-Studie zur Weiterentwicklung eines Retrievalverfahrens für Gas- und Temperaturprofile über Hochtemperaturereignissen (HTE) aus FOCUS-Messungen konnte in diesem Jahr erfolgreich abgeschlossen werden. Das Gerät FOCUS, das für den Einsatz auf der Internationalen Raumstation konzipiert war, wird zwar nach gegenwärtigem Stand nicht gebaut werden, dafür existiert aber bei IMF-EV ein Prototyp (FASA), der derzeit in eine DO 228 des DLR eingebaut wird und im nächsten Jahr Messungen über dem Ätna und über Vegetationsfeuern in Italien durchführen soll. FASA besteht aus dem IR-Fourierspektrometer MIROR (Michelson Interferometer with Rotating Retroreflector) mit hoher spektraler und niedriger räumlicher Auflösung, und aus dem räumlich hochauflösenden Spektrometer ABAS (Advanced BIRD Airborne Simulator) mit 3 Kanälen im nahen, mittleren und thermischen IR.

Zur Ableitung der Konzentrationen von Gasen, welche bei einem Vegetationsfeuer oder einem Vulkan emittiert werden, ist eine Kombination der Daten beider Geräte notwendig. Man spricht deshalb von *Datenfusion*. Das Gesichtsfeld (Field of View - FOV) des Fourierspektrometers ist so groß (80 m bei einer Flughöhe von 4 km), dass innerhalb dieses FOV unterschiedliche Szenen mit erheblich unterschiedlichen Bodentemperaturen und Gaskonzentrationen liegen. Im Falle eines Vegetationsfeuers können das z.B. die brennende und die schwelende Phase des Feuers bei typischerweise 1000 K bzw. 500 K sein sowie der unverbrannte Hintergrund bei 300 K. Die Modellierung des Signals, das vom Fourierspektrometer gemessen wird, erfordert daher die getrennte Berechnung und anschließende flächengewichtete Superposition der Spektren der einzelnen Szenen. Die Information darüber, welche Szenen aktuell im Gesichtsfeld des Fourierspektrometers liegen und wie groß die jeweiligen Flächenanteile und Bodentemperaturen sind, wird vom räumlich hochauflösenden ABAS geliefert und geht unverändert in das Retrieval der Gaskonzentrationen über den einzelnen Szenen ein. Da sich das simulierte Gesamtspektrum aus diesen Szenen zusammensetzt, können auf diese Weise auch die Atmosphärenparameter der einzelnen Szenen getrennt invertiert werden. Ein globaler Fit, bei dem die Flächenanteile und Bodentemperaturen aus den Daten des Fourierspektrometers bestimmt werden, ist erheblich aufwändiger als der hier beschriebene Ansatz der sequentiellen Datenfusion und wurde daher im Rahmen dieser Studie nicht weiterverfolgt.

Der Schwerpunkt der Arbeiten in IMF-AP lag in der Entwicklung eines Retrievalprogramms, das in der Lage ist, eine sequentielle Datenfusion durchzuführen. Dieses Programm PyReS (Python Retrieval System) wurde derart konzipiert, dass es als experimentelles System auch für nahezu beliebige andere atmosphärische Retrievalaufgaben einsetzbar ist; es wird in Kapitel 3.6 näher beschrieben. Außerdem wurden Sensitivitätsuntersuchungen zur Wahl verschiedener Retrievalparameter, wie geeignete Microwindows, Diskretisierungsschemata für die Höhen- und Temperaturprofile, numerische Parameter der Least Squares Programme und Initial Guess Profile, durchgeführt. Dabei wurde die für das bildgebende Spektrometer erforderliche Klassifikations- und Analysemethodik am Institut für Weltraumsensorik in Berlin-Adlershof entwickelt.

Testrechnungen mit simulierten Flugzeugmessungen zum Retrieval homogener Feuer-Szenen (nur eine Szene im Blickfeld des Spektrometers) ergaben eine Retrievalgenauigkeit von einigen Prozent für die Gesamtsäulengehalte von CO_2 und H_2O und von etwa 30% für CO. Ein Beispiel für das Retrieval einer inhomogenen Waldbrandszene ist in Abb. 24 zu sehen. Hier wurde angenommen, dass brennendes und schwelendes Feuer und ungestörter Hintergrund jeweils mit ca. 1/3 zur Gesamtszene beitragen. Der Hintergrund wurde als bekannt vorausgesetzt. Temperatur, CO_2 und H_2O wurden simultan in einem Spektralbereich ($745 - 755 \text{ cm}^{-1}$) bestimmt und das Ergebnis als Input für das CO-Retrieval bei 2169 cm^{-1} verwendet. Mit Ausnahme der CO-Säule des schwelenden Feuers konnten alle Gesamtsäulen mit akzeptabler Genauigkeit invertiert werden.

Als Ergebnis der Studie liegen ein Machbarkeitsnachweis und ein funktionierendes Auswerteverfahren für inhomogene Feuerszenen vor, dessen Parameter zwar in einigen Punkten noch optimiert werden müssen, das aber dennoch prinzipiell für die Auswertung der FASA-Messungen geeignet ist.

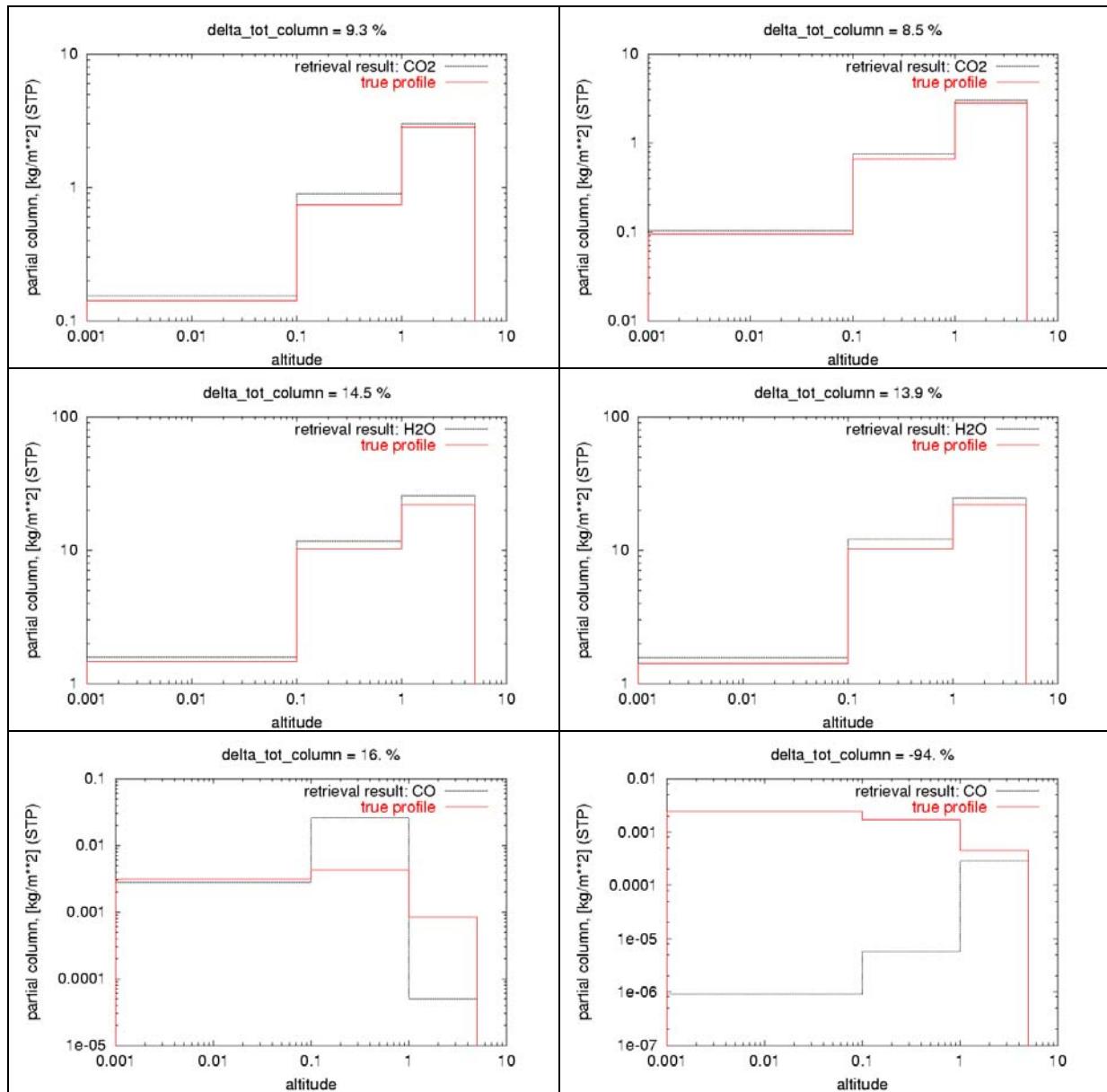


Abb. 24: Beispiel eines Retrievalergebnisses für eine Waldbrandszene. Links stehen die Ergebnisse der brennenden Phase (35 % Fläche) und rechts die des schwelenden Feuers (35 %). Der Hintergrund (30 %) wurde als konstant angenommen. Abgeleitet wurden jeweils 3 Teilsäulen für Höhen zwischen 0.001 m - 0.1 m, 0.1 m – 1 km sowie 1 km – 5 km. Die Abweichung der invertierten Gesamtsäule vom vorgegebenen wahren Wert ist ebenfalls angegeben.

3.6 PyReS: Prototyp eines flexiblen Retrievalsystems

M. Heß, F. Schreier, A. Doicu

Im Rahmen der FOCUS-Datenfusionsstudie (siehe Kapitel 3.5) war es notwendig, ein neues Retrievalprogramm zu entwickeln, das in der Lage ist, Temperatur- und Gasprofile unterschiedlicher Szenen aus einem Mischsignal im Sinne der sequentiellen Datenfusion abzuleiten. Dadurch ergab sich die Gelegenheit, ein Programmkonzept zu entwerfen und umzusetzen, welches einerseits möglichst sicher in der Handhabung, andererseits aber auch möglichst vielseitig, d.h. für möglichst viele der gängigen Retrievalaufgaben einsetzbar ist. Der Grundgedanke geht dabei von der Annahme aus, dass der typische Ablauf eines Retrievals atmosphärischer Gas- und Temperaturprofile unabhängig davon ist, welches Messgerät unter welcher Messgeometrie verwendet wird und welches mathematisch bzw. numerische Optimierungsverfahren dabei zum Einsatz kommt. Die Retrievalmethodik, an die hier gedacht ist, besteht im direkten Vergleich gemessener und modellierter Spektren, deren Differenz mit Hilfe eines nichtlinearen *least squares* Algorithmus minimiert wird.

Die Anforderungen an die Flexibilität des Programms bestehen also in der Berücksichtigung unterschiedlicher Messgeometrien (Limb, Nadir, Slant), beliebiger Messgeräte (z.B. MIPAS, MIROR, MAS), diverser Vorwärtsmodelle (z.B. MIRART, MODTRAN, FASCODE) und verschiedener Optimierungs Routinen (z.B. aus der PORT-Library oder neue, in IMF-AP entwickelte Routinen). Hinsichtlich der Anwendungssicherheit muss insbesonders gewährleistet sein, dass Eingangsdaten nur einmal eingelesen und dann an die verschiedenen Programmteile verteilt werden, um sicherzustellen, in allen Programmteilen tatsächlich mit denselben Werten zu arbeiten. Das Programm ist zunächst für wissenschaftliche Anwendungen gedacht und dient der Erprobung von Retrievalmethoden für den späteren Einsatz in operationellen Prozessoren. Es wurde deshalb noch kein Wert auf eine Optimierung hinsichtlich Rechenzeit und Ausfallsicherheit gelegt, wie sie für operationelle Prozessoren erforderlich ist.

Der grundlegende Ablauf des Retrievals ist in einem festen Programmkerne enthalten, während die variablen Anteile in externen Modulen untergebracht sind, welche durch standardisierte Schnittstellen angeschlossen werden. Das Programm wurde in Python realisiert, deshalb die Bezeichnung PyReS (Python Retrieval System). Die Schnittstellen zu den externen Modulen bestehen in vordefinierten Datenstrukturen, in *get*-Methoden (Lese-Methoden, die diese Strukturen mit Daten füllen) sowie im flexiblen Austausch von Steuerparametern (über einen Python Dictionary). Die Module sind durch eigenen Python-Dateien, die dem Hauptprogramm über die allgemeinen Steuerdaten (Inputfile) anhand ihres Namens bekannt gemacht werden, definiert. Eine Änderung oder Neukompilierung des Hauptprogramms ist für den Anschluß neuer Komponenten nicht nötig. Ein Block-Schema ist in Abb. 25 zu sehen.

Die aktuelle Version von PyReS enthält externe Module für das Vorwärtsmodell MIRART, für die PORT-Optimierungs Routinen und für simulierte FOCUS-Messungen (Nadir mit Datenfusion). Als nächstes sind Module für MODTRAN, für spezielle in IMF-AP erstellte Optimierungs Routinen (siehe Kapitel 3.4) und für MAS-Daten geplant. Es besteht außerdem die Absicht, PyReS in das Virtuelle Labor (siehe Kapitel 2.4) zu integrieren.

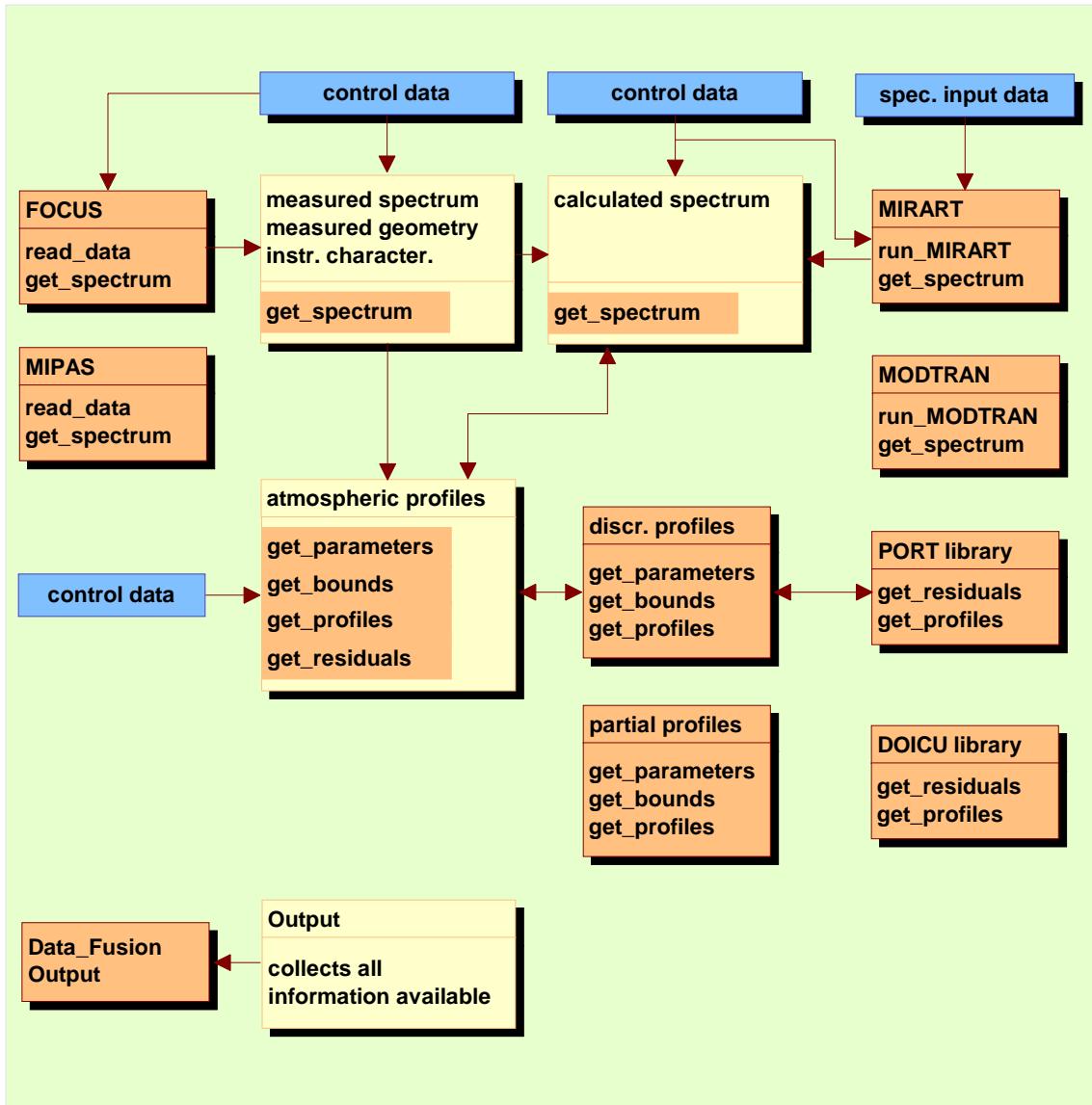


Abb. 25: PyReS-Schema - die gelben Blöcke bilden den Kern des Programms, die braunen Blöcke die externen Module und die blauen Blöcke stehen für Inputdaten.

3.7 3D-Streuprozesse

K. Schmidt, J. Wauer, T. Rother

Zirruswolken spielen im Strahlungshaushalt und im Klimasystem der Erde eine entscheidende Rolle. Die Erforschung ihrer mikrophysikalischen und optischen Eigenschaften mit Methoden der Fernerkundung und mit in-situ-Messungen stellt deshalb einen aktuellen Schwerpunkt in der Wolkenphysik dar. Bei Untersuchungen wurde festgestellt, daß Zirren aus unterschiedlich großen und zum Teil sehr komplexen Eiskristallformen bestehen (siehe z.B. *Miloshevich*, 2001). Genaue Analysen zeigen, daß u.a. hexagonale Eissäulen und Plättchen als Kristallformen auftauchen bzw. Grundstrukturen komplexerer Kristalle bilden (siehe ebenda). Das Vorkommen hexagonaler Eisteilchen wird zudem durch die Beobachtung von Halo-Erscheinungen in Zusammenhang mit Zirren, wie z.B. das 22°- oder das 46°-Halo, bestätigt.

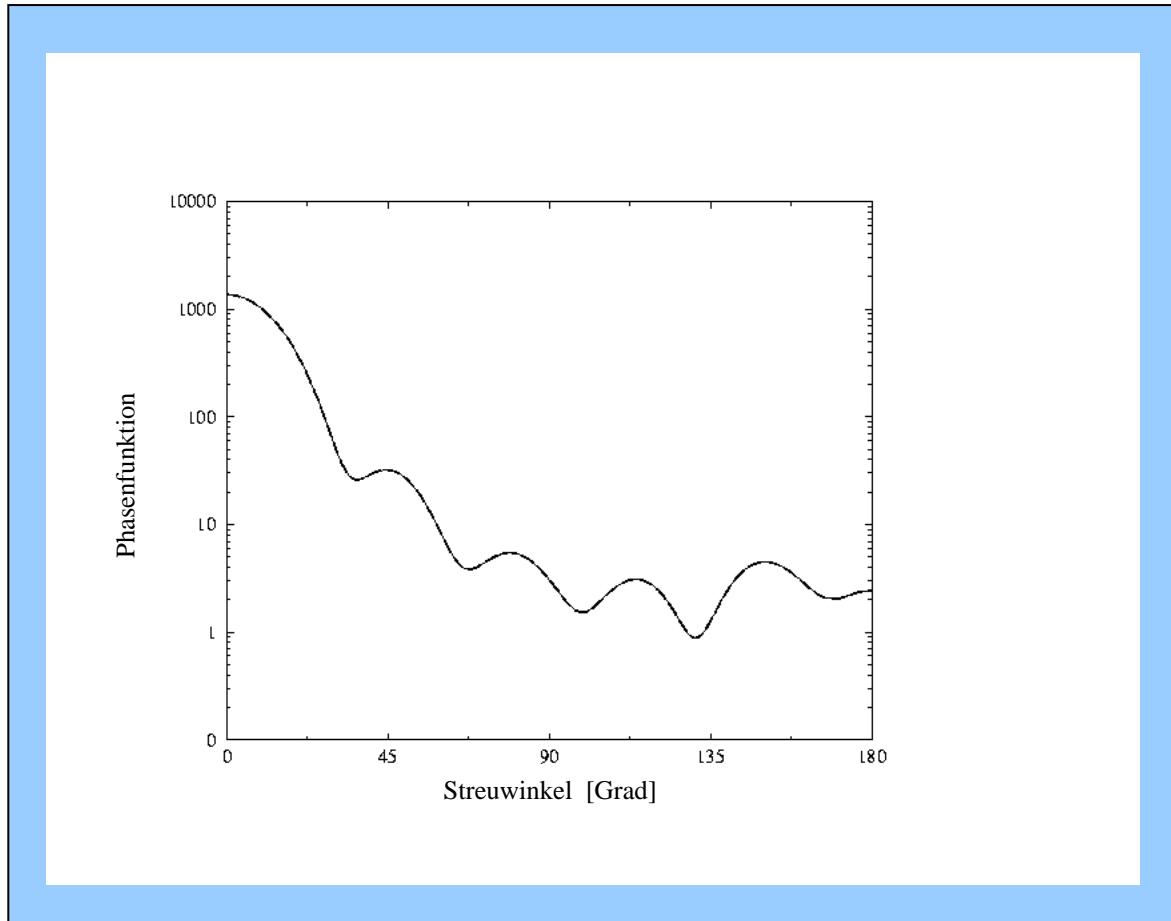


Abb. 26: Vergleich der Phasenfunktion einer Eiskugel mit einem Radius von $0.5383 \mu\text{m}$, einem Brechungsindex von $(1.3110 + i \cdot 3.110 \cdot 10^{-9})$ bei einer Wellenlänge von $0.55 \mu\text{m}$ (Größenparameter von 6.15) und einem Versatz von $0.0875 \mu\text{m}$ entlang der y-Achse (gestrichelte Kurve) mit der aus der Mie-Theorie resultierenden Phasenfunktion (durchgezogene Kurve). Die Orientierung der verschobenen Kugel ist durch die Eulerwinkel $\varphi=0^\circ$, $\theta=90^\circ$ und $\psi=180^\circ$ gegeben.

Um das Streuverhalten hexagonaler Eissäulen und -plättchen im Resonanzbereich zu berechnen, bedarf es einer Streutheorie, welche 3-dimensionale, nicht-rotationssymmetrische Teilchen behandeln kann. Eines dieser Verfahren ist die Verallgemeinerung der Methode der Separation der Variablen (Rother, 1998). In ihren bisherigen Implementierungen, die über das VL im Internet unter der URL <http://vl.nz.dlr.de> nutzbar sind, kann diese Methode lediglich rotationssymmetrische Streuer in Kugelkoordinaten und unendlich lange bzw. endlich genäherte Zylinder mit beliebigen Querschnitten in Zylinderkoordinaten beschreiben. Deshalb wurde diese Theorie im Berichtszeitraum um die Behandlung nicht-rotationssymmetrischer Teilchen in Kugelkoordinaten erweitert (Schmidt et al., 2002). Somit ist es nun möglich, die Streueigenschaften hexagonaler Eissäulen und -plättchen im Resonanzbereich exakt zu berechnen. Als einen ersten Test des entwickelten Programms haben wir die Phasenfunktionen einer

Kugel - berechnet mit Hilfe der Mie-Theorie - und einer aus dem Koordinatenursprung verschobenen Kugel, d.h. einer dann aus mathematischer Sicht nicht-rotationssymmetrischen Geometrie, verglichen. Da sich eine solche Verschiebung im Fernfeld nur im Phasenterm bemerkbar macht, muss deren Streuverhalten identisch mit dem der nicht verschobenen Kugel sein. Abb. 26 zeigt eine sehr gute Übereinstimmung beider Resultate.

Im Berichtszeitraum wurde ebenfalls ein Verfahren entwickelt, das die systematische Ableitung von Näherungen bei der Behandlung nicht-rotationssymmetrischer Streuer gestattet (Schmidt *et al.*, 2002). Die Abb. 27 zeigt, dass mit diesen Näherungen bei bestimmten Geometrien der numerische Aufwand zur Berechnung der Streueigenschaften nicht-rotationssymmetrischer Teilchen bei vorgegebener Genauigkeit erheblich reduziert werden kann.

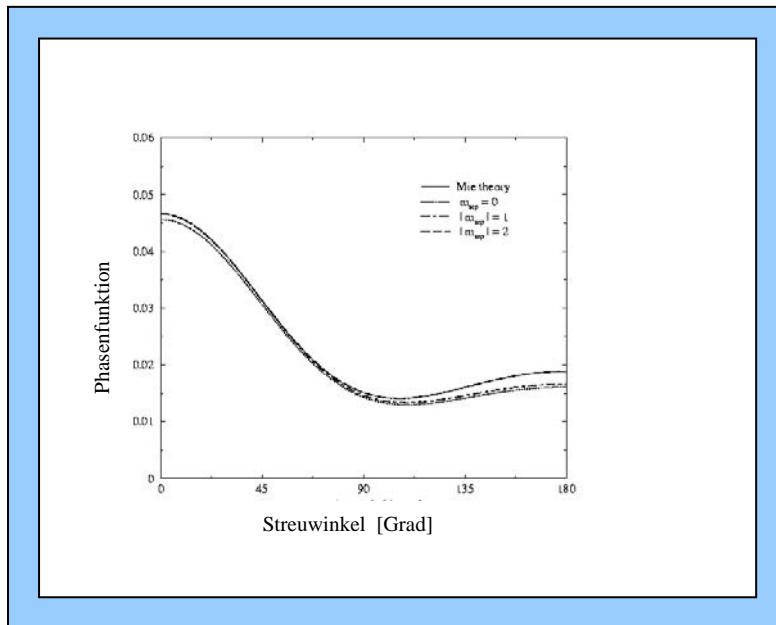


Abb. 27: Phasenfunktion einer Eiskugel mit einem Radius von $0.0875 \mu\text{m}$, einem Brechungsindex von $(1.3110 + i \cdot 3.110 \cdot 10^{-9})$ bei einer Wellenlänge von $0.55 \mu\text{m}$ (Größenparameter von 1) und einem Versatz von $0.022 \mu\text{m}$ entlang der y-Achse für eine verschiedene Anzahl m_{sep} von Nebendiagonalen.

Die Orientierung der verschobenen Kugel ist durch die Eulerwinkel $\varphi=0^\circ$, $\theta=90^\circ$ und $\psi=180^\circ$ gegeben. Zum Vergleich ist die entsprechende Phasenfunktion der Mie-Theorie gezeigt.

Das 3D-Verfahren wird derzeit intensiv an hexagonalen Eisplättchen getestet. Erste Vergleiche mit anderen Verfahren ergeben ebenfalls eine gute Übereinstimmung der Resultate. Eine entsprechende Programmkomponente wird bis zum Januar 2003 in das VL integriert.

zitierte Literatur:

L. M. Miloshevich, H. Vömel, A. Paukkunen, A. J. Heymsfield, and S. J. Oltmans: Characterization and correction of relative humidity measurements from Vaisala RS80-A radiosondes at cold temperatures, *J. Atmos. Oceanic Technol.*, Vol. 18, pp. 135-156, 2001

T. Rother: Generalization of the separation of variables method for nonspherical scattering on dielectric objects, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, Vol. 60, pp. 335-353, 1998

K. Schmidt, J. Wauer, and T. Rother: Application of the separation of variables method to plane wave scattering on non-axisymmetric dielectric particles, submitted to SPIE, 2002

P. Yang and K. N. Liou: Finite-difference time domain method for light scattering by small ice crystals in three-dimensional space, *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol. 13, pp. 2072-2085, 1996

S. Havemann and A. J. Baran: Extension of the T-matrix to scattering of electromagnetic plane waves by non-axisymmetric dielectric particles: application to hexagonal ice cylinders, *J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer*, Vol. 70, pp. 139-158, 2001

3.8 Web-Content-Management

W. Balzer

Ausgehend von einer ursprünglich rein privaten Technologiestudie ist mittlerweile ein Web-Content-Managementsystem entstanden, das für projekt- und abteilungsrelevante Anwendungen innerhalb von IMF-AP genutzt wird. Es besteht aus einer kleinen Anzahl von Perl-Skripten, die in Verbindung mit einer MySQL-Datenbank eine Web-Oberfläche zur Verfügung stellen, mit der die Inhalte der Datenbank editiert und dargestellt werden können. Die verwendeten Technologien, die das Interesse zur Entwicklung angeregt hatten, sind:

- Linux bildet die Basis zahlreicher Open Source Projekte. Erst durch die Konzentration einer Vielzahl qualitativ hochwertiger und offener Softwarepakete, welche standardmäßig unter Linux zur Verfügung stehen, war es möglich, die Entwicklung eines solchen Content-Managementsystems zu beginnen.
- Der Apache-Webserver ist wohl einer der prominentesten Vertreter offener Software, da er nahezu auf der Hälfte aller weltweit vorhandenen Webservern zum Einsatz kommt.
- Durch ihre Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit erfreut sich die MySQL-Datenbank in zunehmenden Maße einer großen Beliebtheit.
- Perl ist die am meisten verwendete Skriptsprache für Webanwendungen und war daher die erste Wahl für diese Entwicklung.
- Wegen des hervorragenden Zusammenspiels der obengenannten Softwarepakete wurde bereits die Abkürzung LAMP geprägt, die sich aus den Anfangsbuchstaben dieser Pakete zusammensetzt.
- Darüber hinaus wurden noch folgende Technologien verwendet, ohne sie jedoch an dieser Stelle näher zu beschreiben: HTML, JavaScript, CSS, HTTP, DBI/DBD.

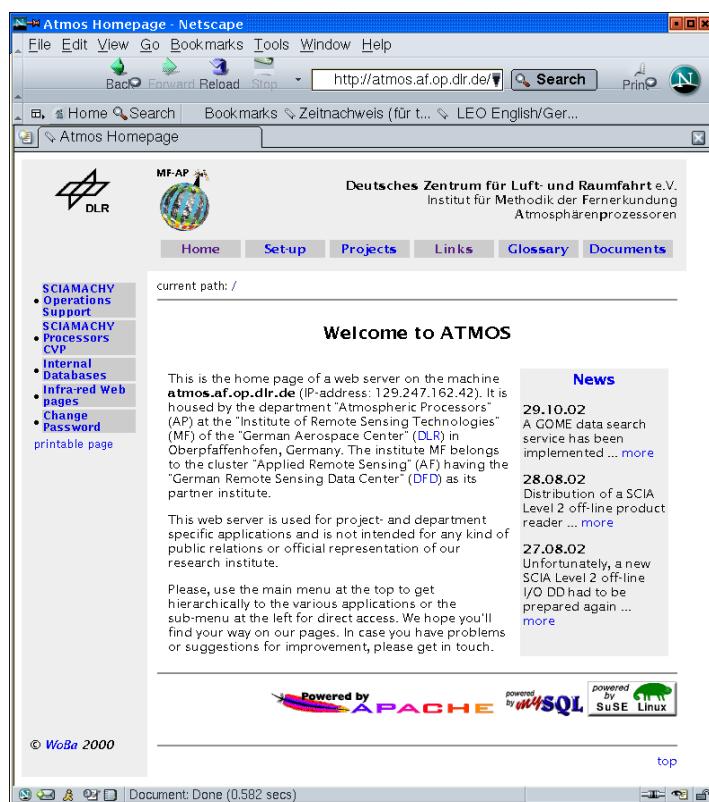


Abb. 28: Eingangsseite des Atmos-Servers

Das System besteht aus vier Perl-Skripten:

- **h.cgi** zur Darstellung der einfachen Webseiten
- **f.cgi** zum Aufbau eines HTML-Frames, in dem mehrere Datenbankanwendungen ablaufen können
- **c.cgi** zur Darstellung des Inhaltsverzeichnisses von Datenbankanwendungen

- **a.cgi** für den Ablauf einer einzelne Datenbankanwendung

Jedes dieser Skripte kann entweder in einer offenen oder geschützten Umgebung (definiert durch eine UserId/Passwort-Kombination) ablaufen.

Die Darstellung einfacher Webseiten (h.cgi) hat folgende Funktionalitäten:

- Verwendung einheitlicher Header und Footer
- Darstellung als *printable page* (ohne Header, Footer und Menüs)
- Ausgabe eines *current path* zur vertikalen Navigation in der Seitenhierarchie
- Ausgabe eines Nebenmenüs für besondere Links einer speziellen Seite
- Definition eines HREF-Ziels innerhalb der Web-Site, d.h. Verweise auf Seiten innerhalb des Systems mit ihrem symbolischen Namen
- Definition eines Include-Makros, mit dem weitere HTML-Textelemente in die Seite eingefügt werden können
- Definition eines Exec-Makros, mit dem die Ausgabe eines Perl-Skripts in die Seite eingefügt werden kann
- der Seitentext sowie das Nebenmenü und der Path werden aus einer Datenbank entnommen (keine Files), ebenso die Includes für Header und Footer der Seiten; damit kann man den Inhalt aller Seiten von überall editieren

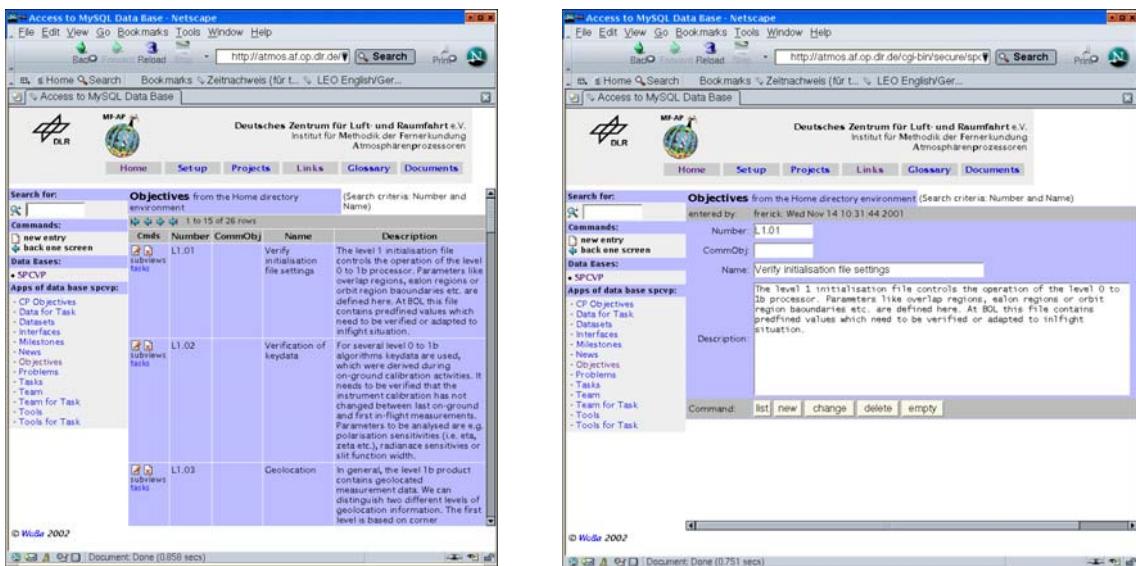


Abb. 29: Beispiel für eine Liste und eine Maske der Datenbankoberfläche

Zum Ablauf einer Datenbankanwendung (editieren der Tabellen) wurde eine Umgebung geschaffen, die es erlaubt, mehrere zusammengehörende Anwendungen zu kombinieren. Die dazu erforderlichen beiden Skripte umfassen:

- **f.cgi-Skript:** holt die Information über Header und Footer, sowie eine Startseite für diese Umgebung aus einer Datenbank und stellt sie dar.
- **c.cgi-Skript:** wird im linken Frame gestartet, und stellt die zur Verfügung stehenden Datenbanken und Anwendungen dar. Darüberhinaus enthält es ein Feld für die Eingabe von Suchstrings für eine Anwendung, sowie Kommandos genereller Art.

Das a.cgi-Skript für den Ablauf einer einzelnen Anwendung ist das am aufwändigste und stellt gewissermaßen das Herzstück dar, da damit die Datenbanken in der MySQL-Umgebung editiert werden können. Das a.cgi-Skript ist generisch und nicht für eine bestimmte SQL-Tabelle entwickelt, sondern wird durch eine besondere Tabelle in der Datenbank gesteuert (*boot-strapping*). Es besitzt unter anderem folgende Funktionalität:

- Darstellung eines Teils des Datenbankinhaltes (die Anzahl der angezeigten Zeilen ist konfigurierbar) in Form einer Liste, inklusive der notwendigen Navigation innerhalb der Datenbank (*an den Anfang springen, vorwärts, rückwärts, ans Ende springen*)
- Auswahl eines Rekords zur Änderung oder zum Löschen
- Darstellung eines einzelnen Rekords in Form einer Maske; die Rekords könne mit dieser Maske neu angelegt, verändert oder gelöscht werden. Selbst die Definition eigener Funktionalität für einen einzelnen Rekord ist mit Hilfe nutzerdefinierbarer Perl-Skripte möglich
- Definition von Feldern mit einem Satz fester Inhalte
- Definition von Feldern, die ihre möglichen Inhalte aus einer anderen Tabelle zu Verfügung stellen (Relationen zu anderen Tabellen)
- Definition von Sicherungen zur Einhaltung der referentiellen Integrität der Datenbank
- Auswahl von *subviews* aus einer untergeordneten Tabelle, die sich auf den aktuellen Rekord beziehen.

Es ist beabsichtigt, dieses System weiterzuentwickeln. Eine Analyse von existierenden Web-Content-Managementsystemen könnte dafür als Grundlage dienen, ebenso wie praxisorientierte Anforderungen, die sich aus laufenden Projekten ergeben.

3.9 Suchmaschine für GOME-Daten

W. Balzer, D. Loyola

Aufbauend auf dem Web-Content-Managementsystem von IMF-AP (siehe Kapitel 3.8), wurde ein bereits lange von der ERS-2/GOME-Nutzergemeinde geäußerte Anforderung verwirklicht, Zeitreihen von Ozonwerten aus den GOME-Daten an einem bestimmten Ort (z.B. von bodengebundenen Meßstationen für atmosphärenphysikalische Parameter) über eine Webschnittstelle selektieren zu können. Primär liegen GOME-Daten nämlich als Produkte pro Orbit vor, welche neben dem Meßwert für Ozon und NO₂ eine Vielzahl von Hilfs- und Diagnoseinformationen enthalten. Letztere sind für die Untersuchung von Zeitreihen nicht unbedingt erforderlich, sie erhöhen jedoch beträchtlich den Arbeitsaufwand. Vorbild für den von IMF-AP entwickelten Service ist eine Einrichtung des Goddard Space Flight Center (GSFC) der NASA, das seine TOMS-Daten auf ähnliche Weise zur Verfügung stellt.

Ausgehend von dieser Situation wurden daher die für eine Zeitreihenbetrachtung wertvollen Parameter aus den vorliegenden GOME-Produkten extrahiert und in einer Datenbank auf der Basis von MySQL zusammengestellt. Die Auswahl, welche Parameter als „wertvoll“ zu betrachten sind, wurde unter anderem mit der Nutzergemeinde iteriert. Derzeit umfaßt die Datenbank die Daten der Jahre von 1995 bis 2001, welche im Berichtszeitraum mit der Version 3.0 des GDP Level 2 Prozessors berechnet wurden (siehe Kapitel 3.2). Die Daten des Jahres 2002 sollen in naher Zukunft folgen, so dass damit auch die Validierung der SCIAMACHY-Daten unterstützt werden kann. Die Datenbank lässt sich über eine Webschnittstelle auslesen, welche über den Abteilungs-Webserver zugänglich ist. Auswahlparameter für diese Art der Abfrage sind definiert durch eine geographische Position sowie einen Suchradius, wobei man die Position aus einer vorgegebenen Liste von Bodenstationen bestimmen oder direkt durch die Eingabe von geographischer Länge und Breite spezifizieren kann. Darüber hinaus ist es möglich tägliche, wöchentliche oder monatliche Mittelwerte der Messdaten zu bestimmen.

Ein exemplarisches Ergebnis einer solchen Abfrage ist in Abb. 31 dargestellt. Es enthält nach einer Erläuterung der Felder und der Wiederholung der Abfrageeingabe das Suchergebnis in Form einer Tabelle. Neben dem Ozonwert beschreibt das Suchergebnis auch den NO₂-Wert, sowie den Wolkenbedeckungsgrad und die Fehler der Messungen. Darüber hinaus steht ein Link zur Verfügung, um das Suchergebnis als Textfile zu laden.

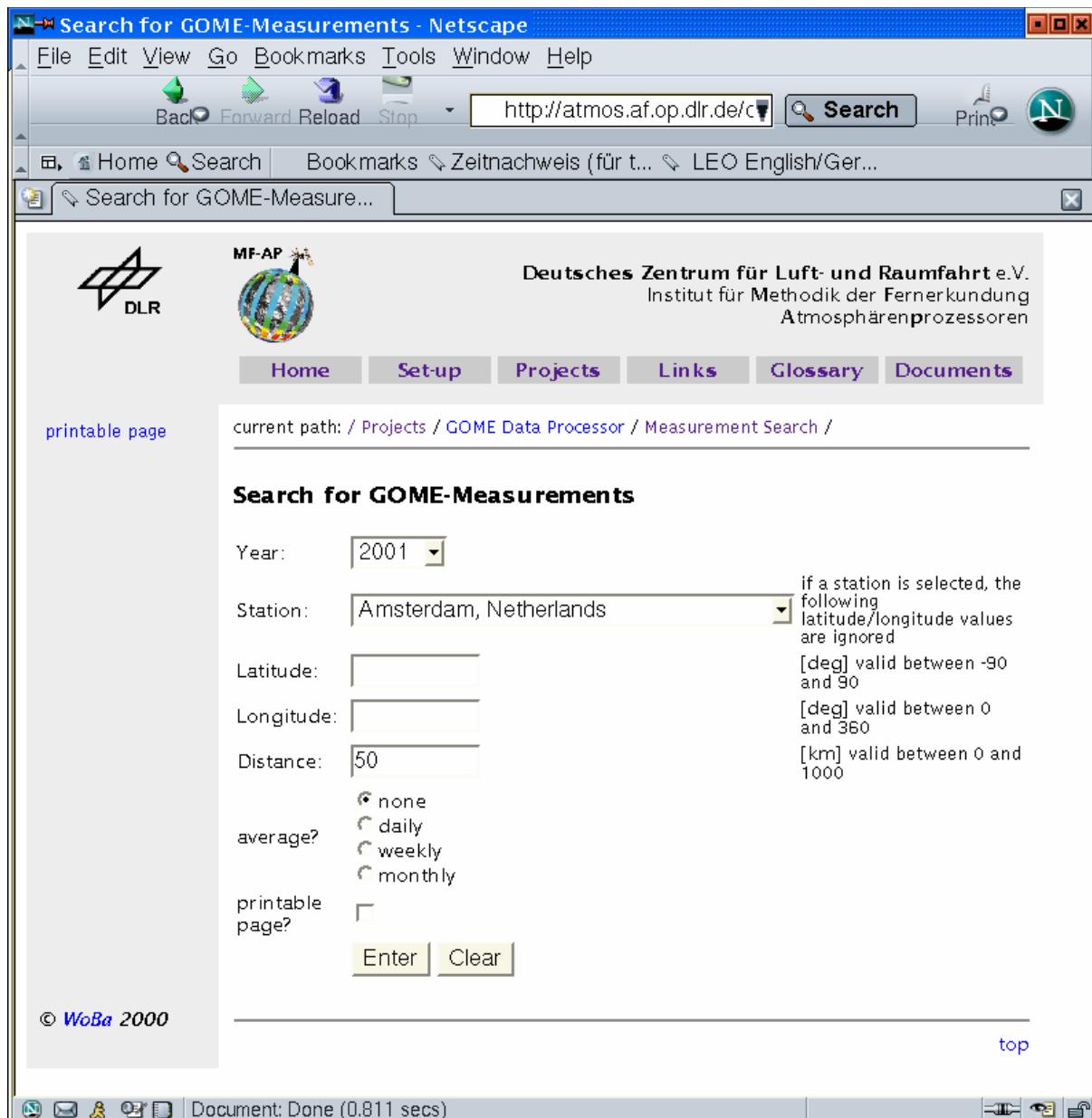


Abb. 30: Eingabemaske für die Suchmaschine

GOME Data Search Result

The search is based on GOME data from official ESA products calculated with GDP version 3.0. The columns of the table have the following meaning:

Date/Time

The complete date and time of the measurement down to the second. The format is: YYYY-MM-DD hh:mm:ss. In case of averages the value of the first measurement is given.

Day, Week or Month

The day (week or month) of the year (calculated from the column before).

Orbit

The absolute orbit number during which the measurement was taken. In case of averages the value of the first measurement is given.

Latitude

The latitude of the center of the ground pixel. In case of averages an average of all measurements is given.

Longitude

The longitude of the center of the ground pixel. In case of averages an average of all measurements is given.

Px

The subpixel counter: 0=East, 1=Center, 2=West, 3=Backscan or pixels with integration times larger than 1.5 seconds. In case of averages the number of measurements used for the average is given.

Cld

Cloud cover in percent. In case of averages an average of all cloud covers is given.

Ozone

The ozone value in dobson units. In case of averages an average of all measurements is given.

NO2

The NO2 value in molecules.cm^-2. In case of averages an average of all measurements is given.

%

The rounded error of the measurement in the column before, e.g. "0" means that the error is smaller than 0.5%. In case of averages the maximum error found in the averaged measurements is given.

Search Input

Station: Amsterdam, Netherlands

Latitude: 52.37 [deg]

Longitude: 4.9 [deg]

Distance: 50 [km]

Average: none

Search Output (DLR-GDP V3.0)

Number of measurements found: 111

Link to the corresponding [text file](#)

Date/Time	Day	Orbit	Lat	Long	Px	Cld	Ozone	%	NO2	%
2001-01-03 10:37:51	3	29836	52.59	4.94	2	20	322.035	0	3.11121e+15	9
2001-01-03 10:37:57	3	29836	52.25	4.73	2	14	324.624	0	2.48576e+15	12
2001-01-12 10:54:55	12	29965	52.73	5.14	1	20	340.717	0	1.26089e+15	24
2001-01-12 10:54:58	12	29965	52.55	5.10	3	19	339.116	0	1.64092e+15	19
2001-01-12 10:55:01	12	29965	52.38	4.98	1	19	339.448	0	1.4881e+15	21
2001-01-12 10:55:04	12	29965	52.20	4.92	3	24	335.792	0	1.94686e+15	16
2001-01-12 10:55:07	12	29965	52.03	4.81	1	20	333.777	0	1.8446e+15	17
....										
2001-12-28 10:53:13	362	34975	51.97	4.81	3	27	275.407	0	2.97298e+15	9

[Back](#) to GOME Level 2 search page ...

Abb. 31: Ergebnis der in Abbildung 30 initiierten Abfrage

Spurengas-Analysen

Die Aufbereitung der GOME-Daten in dieser Art ermöglicht ein neuartige Darstellungsformen des mittlerweile neun Jahre umfassenden GOME-Datensatzes. Mit einfachen SQL-Skripten lassen sich unterschiedlichste Informationen über die von GOME gemessenen Spurengase extrahieren, wie beispielsweise:

- Zeitreihenanalysen

- Ableitung neuer geophysikalischer Parameter (z.B. troposphärischer Spurengasanteil)
- Erstellung von Klimatologien aus Level 2 Daten
- Visualisierung der Level 2 Spurengase über die Grenzen eines Orbit hinaus
- instrumentale und algorithmische Effekte

Die folgenden Bilder zeigen exemplarisch dafür GOME Level 2 Monatsmittelwerte für Ozon, NO₂ und Wolken.

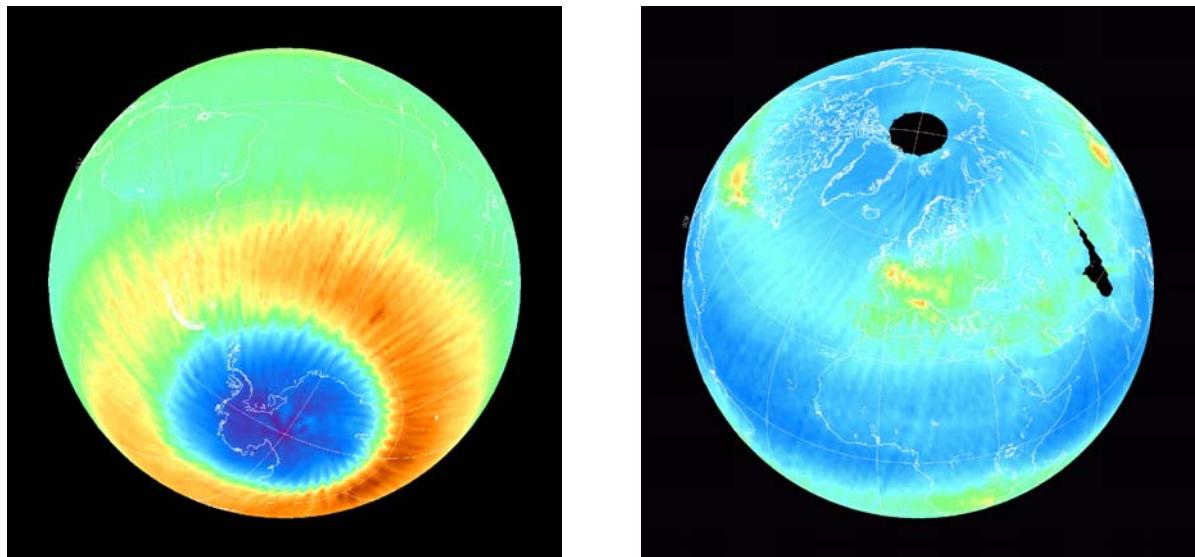


Abb. 32: Level 2 Monatsmittelwert für Ozon im Oktober 1995 (links) und NO₂ im November 1997 (rechts)

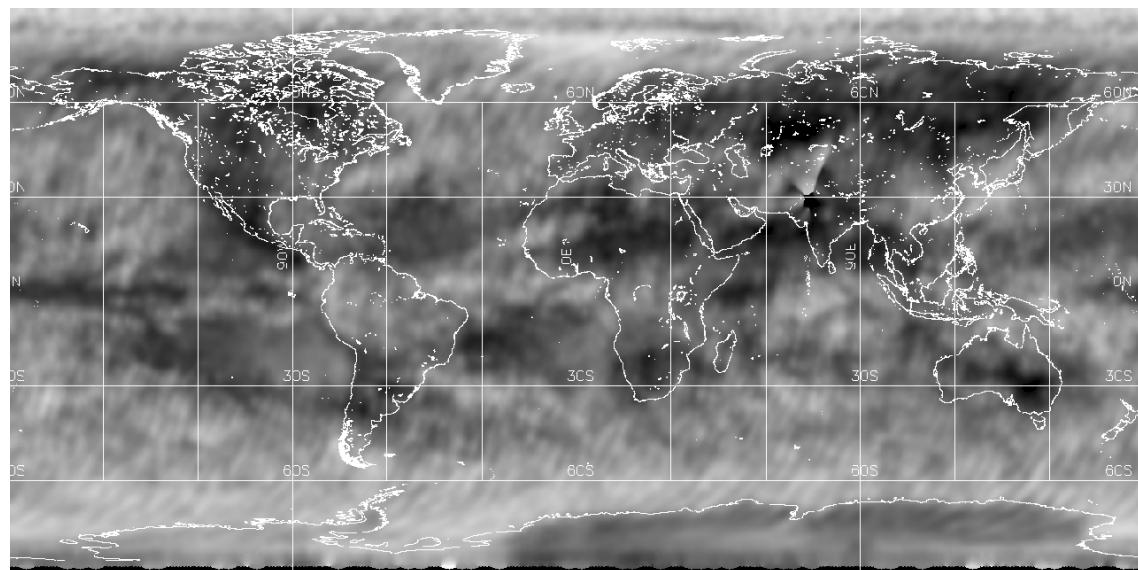


Abb. 33: Level 2 Monatsmittelwert der globalen Bewölkung für März 1996

4. Veröffentlichungen, Vorträge und Tagungen

4.1 Zeitschriftenartikel

Bramstedt, K., Gleason, J., Loyola, D., Thomas, W., Bracher, A., Weber, M., and Burrows, J.P.: Comparison of total ozone from the satellite instruments GOME and TOMS with measurements from the Dobson network, 1996-2000, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 2, 1131-1157, 2002

Doicu, A.; Schreier, F., and Hess, M.: Iteratively regularized Gauß-Newton method for atmospheric remote sensing. *Comput. Phys. Commun.* 148, 214-226, 2002

Doicu, A.; Null-field method with circularly distributed spherical vector wave functions. *Optics Communications* 213, 21-25, 2002

Fiebig, M., Petzold, A., Wandinger, U., Wendisch, M., Kiemle, C., Stifter, A., Ebert, M., Rother, T., and Leiterer, U.: Optical closure for an aerosol column: Method, accuracy, and inferable properties applied to a biomass-burning aerosol and its radiative forcing, *J. Geophys. Res.* 107, No. D21, pp. LAC 12-1 - LAC 12-15, 2002

Gonzales, A., Wendling, P., Mayer, B., Gayet, J.-F., and Rother, T.: Remote sensing of cirrus cloud properties in the presence of lower clouds: An ATSR-2 case study during the Interhemispheric Differences in Cirrus Properties From Anthropogenic Emissions (INCA) experiment, *J. Geophys. Res.* 107, No. D23, pp. AAC 8-1 - AAC 8-15, 2002

Gottwald, M.: Multispektrale Beobachtung der Erde mit ENVISAT, *Sterne und Weltraum*, 3, 22-32, 2002

Kemnitzer, H., Hilgers, S., Schwarz, G., Steck, T., v. Clarmann, T., Höpfner, M., and Ressel, K.: Trace Gas Retrieval including Horizontal Gradients, *Adv. Space Res.*, Vol. 29, pp. 1631-1636, 2002

Noël, S., Bovensmann, H., Wuttke, M.W., Burrows, J.P., Gottwald, M., Krieg, E., Goede, A.P.H., Muller, C.: Nadir, Limb, and Occultation Measurements with SCIAMACHY, *Adv. Space Res.*, 29, 11, 1819-1824, 2002

Reichardt, J., Reichardt, S., Hess, M., McGee, T.J.: Correlations among the optical properties of cirrus-cloud particles: Microphysical Interpretation, *Journal Geophys. Res.*, 107, D21, AAC 8-1 bis AAC 8-12, 2002

Schwarz, G., Hilgers, S., Kemnitzer, H., Steck, T., v. Clarmann, T., Höpfner, M., and Ressel, K.: Sequential and Joint Retrieval of Trace Gas Profiles, *Adv. Space Res.*, Vol. 29, pp. 1649-1654, 2002

Wagner, G.; Birk, M.; Schreier, F.; Flaud, J.-M. Spectroscopic database for ozone in the fundamental spectral regions, *J. Geophys. Res. - Atmosphere* Vol. 107(22) doi: 10.1029/2001JD000818, 2002

4.2 Proceedingsbeiträge

Bovensmann, H., Ahlers, B., Buchwitz, M., Frerick, J., Gottwald, M., Hoogeveen, R., Kaiser, J., Kleipool, Q., Krieg, E., Lichtenberg, G., Mager, R., Meyer, J., Noël, S., Schlesier, A., Sioris, C., Skupin, J., v. Savigny, Chr., Wuttke, M.W., Burrows, J.P.: SCIAMACHY In-flight Instrument Performance, ENVISAT Calibration Review, ESTEC/Noordwijk, September 2002

Gottwald, M., Bovensmann, H., Döhler, W., Herbst, E., Krieg, E., Kröger, H., Lichtenberg, G., Lützow-Wentzky, P., Mager, R., Nießen, T., Noël, S., Wuttke, M.W.: SCIAMACHY Operations Support Overview, ENVISAT Calibration Review, ESTEC/Noordwijk, September 2002

Loyola D.: Combining Neural Networks for the Near-Real-Time Processing of Satellite Data, *IEEE Intelligent Systems*, IS'2002, Varna, September 2002

Noël, S., Bovensmann, H., Skupin, J., Wuttke, M.W., Burrows, J.P., Gottwald, M., Krieg, E.: The SCIAMACHY Calibration/Monitoring Concept, 34rd COSPAR Scientific Assembly, Houston/TX, Oktober 2002

Rother, T., Kahnert, M., and Doicu, A.: Green's function, T matrix and symmetry, 6th ELSNP, Gainesville, USA, 4.-8. März 2002

Rother, T., Ernst, T., Wauer, J., Schreier, F., Böttger, U., and Schmidt, K.: The Virtual Scattering Lab for light scattering analysis on nonspherical and inhomogeneous particles, MUSCLE 12, Oberpfaffenhofen, 10.-12. September

Schmidt, K., Wauer, J., General T-Matrix Formulation for Light Scattering on Non-Spherical Particles, Proc. 6th Conference on Electromagnetic and Light Scattering by Nonspherical Particles: Theory, Measurements, and Applications, Gainesville, USA, 4.-8. März 2002

Thomas, W., Schwarz, G., von Bargen, A.: Atmosphärenfernerkundung mit ENVISAT, Tagungsband des 19. DFD-Nutzerseminars, Oberpfaffenhofen, 15. Oktober 2002

Wauer, J., Schmidt, K., Rother, Application of the Separation of Variables Method to Describe the Scattering on Various Classes of Non-Separable Geometries, Proc. 12th International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments (MUSCLE 12), Oberpfaffenhofen, 10.-12. September 2002

4.3 Dokumente

Spurr, R.J.D., Thomas, W., and Loyola, D.: GOME Level 1 to 2 Algorithms Description, Technical Note, ER-TN-DLR-GO-0025, Iss./Rev.3/A, July 31, 2002

Spurr, R.J.D., Thomas, W., and Loyola, D.: GOME Software Data Bases for Level 1 to 2 Processing, ER-TN-DLR-GO-0018, Iss./Rev.3/A, July 31, 2002

Balzer, W., Loyola, D., Spurr, R.J.D., and Thomas, W.: Interface Specification Document of the GOME Data Processor, ER-IS-DLR-GO-0004, Iss./Rev. 3/A, July 31, 2002

Loyola, D.: ERS-2 GOME GDP 3.0 Implementation and Delta Validation, Validation Report for GOME Level-1-to-2 Data Processor Upgrade to Version 3.0, ERSE-DTEX-EOAD-TN-02-0006, November 2002

Loyola, D.: GOME Level 0 to 1 Algorithms Description, Technical Note, ER-TN-DLR-GO-0022, Iss./Rev. 5/B, July 2002

Loyola, D.: GOME Level 1 to 2 Algorithms Description, Technical Note, ER-TN-DLR-GO-0025, Iss./Rev. 3/A, July 2002

Loyola, D.: Product Specification Document of the GDP, ER-PS-DLR-GO-0016, Iss./Rev. 4/A, April 2002

Loyola, D.: Ozone SAF Output Product Format Document for GOME-2 Total Column Densities of Ozone and Minor Trace Gases, SAF/O3M/DLR/OPF/001, Issue 1/A, October 2002

Loyola, D.: DIMS Interface Control Document Specific Interfaces for Ozone SAF, DIMS-DLR-O3SAF-ICD-0067, Issue 1.2, October 2002

Loyola, D.: Ozone SAF Report on CDR Scientific Prototyping Report, SAF/O3/FMI/ALG/RP/001, Rev.1.1, October 2002

4.4 Vorträge und Pressemitteilungen

Ernst, T.: The DLR Virtual Lab Project, Europäische Python und Zope Konferenz, Charleroi, Belgien, 26.-28. Juni 2002

Gottwald, M.: Die Erdatmosphäre - eine Bestandsaufnahme aus dem All, Bayerische Volkssternwarte, München, 15. März 2002

Gottwald, M.: SCIAMACHY Operations Support, ENVISAT Calibration Review, ESA/ESTEC, Noordwijk, Niederlande, 11. September 2002

Gottwald, M.: Beobachtung der Erde aus dem Weltraum - Methoden und Ergebnisse, Lions-Club, München, 24. September 2002

Gottwald, M.: SCIAMACHY auf ENVISAT - Von der Planung zur Messung, Institutsseminar IPA, DLR, Oberpfaffenhofen, 2. Dezember 2002

Hess, M., Zhukov, B., Beier, K., Schreier, F., Doicu, A., and Oertel, D.: HTE temperature and gas profile retrieval from combined IR imaging and spectrometer measurements, Joint GOFC/GOLD Fire and IGBP-IGAC/BIBEX Workshop, University of Maryland, Washington, USA, 17.-19. Juli 2002

Hilgers, S., Schwarz, G.: Stepwise Adaptation of Retrieval Vectors for Limb Profile Retrievals, European Geophysical Society (EGS) Tagung, Nizza, Frankreich, 22.-26. April 2002

Rother, T., Kahnert, M., and Doicu, A.: Green's function, T matrix and symmetry, 6th ELSNP, Gainesville, USA, 4.-8. März 2002

Rother, T., Ernst, T., and Wauer, J.: The Virtual Scattering Lab for light scattering analysis on nonspherical and inhomogeneous particles, MUSCLE 12, Oberpfaffenhofen, 10.-12. September

Schmidt, K., Wauer, J.: General T-Matrix Formulation for Light Scattering on Non-Spherical Particles, Proc. 6th Conference on Electromagnetic and Light Scattering by Nonspherical Particles: Theory, Measurements, and Applications, Gainesville, USA, 4.-8. März 2002

Schreier, F., and Böttger, U.: Line-by-Line Infrared Atmospheric Radiation Code MIRART - Numerical and Computational Aspects, 6th International Workshop on Atmospheric Spectroscopy Applications, Institute of Atmospheric Optics, SB-RAS Tomsk, Moskau, Russland, 25.-28. August 2002

Schreier, F.: Line-by-Line Infrared Atmospheric Radiation Code MIRART - Numerical and Computational Aspects, Institutsseminar Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimatologie, Karlsruhe, 18. Oktober 2002

Schreier, F.: The LbL Code MIRART - Recent Advances, 4th International Radiative Transfer Modeling Workshop, IUP Bremen, Bredbeck, 8.-11. Juli 2002

Schreier, F.: Analyse von Hochtemperatur-Ereignissen in: CCG-Seminar SE 1.12 Infrarottechnik: Entwicklungen/Trends in Detektion, Erkennung, Analyse, Oberpfaffenhofen, 14.-15. Mai 2002

Schwarz, G., Hilgers, S.: Experiments with Height-Dependent Parameterizations for Limb Profile Retrievals, European Geophysical Society (EGS) Tagung, Nizza, Frankreich, 22.-26. April 2002

Schwarz, G.: MIPAS-Retival am DLR, Fernerkundungs-Workshop, FZ Jülich, 19. September 2002

Thomas, W.: Future improvements of GOME Level 1-2 Data Processor, GOME Users Consultation meeting, ESA/ESRIN, Frascati, Italien, 29. Januar 2002

Thomas, W.: GOME Data Processor - GDP V3.0, Changes and operational settings, GOME Geophysical Validation Meeting, ESA/ESRIN, Frascati, Italien, 10. April 2002

Thomas, W.: Monitoring natural and anthropogenic sulphur dioxide emissions from space using the GOME sensor, Scientific Workshop on Chemical Weather Forecasting and Air Pollution Monitoring with Satellite Remote Sensing, Ground-based, Balloon-borne, etc. Atmospheric measurements, and numerical modelling, DLR, Oberpfaffenhofen, 7. Mai 2002

Thomas, W.: ENVISAT - Sensoren, Missionsziele und Datenprozessierung, Meteorologisches Institut der Ludwig-Maximilians-Universität, München, 7. Juni 2002

Thomas, W.: Satellite Remote Sensing - Activities of the German Aerospace Center, IASB Institut d'Aeronomie Spatiale de Belgique, Uccle, Belgien, 20. Juni 2002

Thomas, W.: Atmosphärenfernerkundung mit ENVISAT, 19. DFD-Nutzer-Seminar, DLR, Oberpfaffenhofen, 15. Oktober 2002

Thomas, W.: The Global Ozone Monitoring Experiment - GOME, European Centre for Medium Range Weather Forecast - ECMWF, Reading, UK, 26. November 2002

von Bargen, Albrecht: SCIAMACHY: Level 2 Products NRT and Offline Verification and Comparison, Presentation of First Limb-Results, ENVISAT Validation Review, ESA/ESRIN, Frascati, Italien, 9.-13. Dezember 2002

Wauer, J., Schmidt, K., Rother, Application of the Separation of Variables Method to Describe the Scattering on Various Classes of Non-Separable Geometries, Proc. 12th International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments (MUSCLE 12), Oberpfaffenhofen, 10.-12. September 2002

4.5 Besuchte Tagungen

GOME Users' Consultation Meeting, 28./29. Januar 2002, ESA/ESRIN, Frascati, Italien

6th Conference on Electromagnetic and Light Scattering by Nonspherical Particles (ELSNP), 4.-8. März 2002, Gainesville, USA

GDP upgrade project, Final Validation Meeting, 10. April 2002, ESA/ESRIN, Frascati, Italien

European Geophysical Society (EGS) Tagung, Nizza, Frankreich, 22.-26. April 2002 European Geophysical Society (EGS) Tagung, Nizza, Frankreich

Scientific Workshop on Chemical Weather Forecasting and Air Pollution Monitoring with Satellite Remote Sensing, Ground-based, Balloon-borne, etc. Atmospheric measurements, and numerical modelling, 7./8. Mai 2002, DLR, Oberpfaffenhofen

Europäische Python und Zope Konferenz, 26.-28. Juni 2002, Charleroi, Belgien

4th International Radiative Transfer Modeling Workshop, 8.-11. Juli 2002, IUP Bremen, Bredbeck

Joint GOFC/GOLD Fire and IGBP-IGAC/BIBEX Workshop: Improving Global Estimates of Atmospheric Emissions from Biomass Burning, 17.-19. Juli 2002, Washington, USA

6th International Workshop on Atmospheric Spectroscopy Applications, 25.-28. August 2002, Moskau, Russland

ENVISAT Calibration Review, 11. September 2002, ESA/ESTEC, Noordwijk, Niederlande

12th International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments (MUSCLE 12), 10.-12. September 2002, DLR, Oberpfaffenhofen

Fernerkundungs-Workshop, Forschungszentrum Jülich, 19. September 2002, Jülich

19. DFD-Nutzerseminar, 15./16. Oktober 2002, DLR, Oberpfaffenhofen

ENVISAT Validation Review, ESA/ESRIN, 9.-13. Dezember 2002, Frascati, Italien

4.6 Organisierte Veranstaltungen

12th International Workshop on Multiple Scattering Lidar Experiments (MUSCLE 12), 10.-12. September 2002, DLR, Oberpfaffenhofen

4.7 Patentanmeldung

Schimpf, B. und Schreier, F.: Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen von Konzentrations- und Temperaturverteilungen von beliebigen, vorzugsweise gasförmigen Medien, Europäische Patentanmeldung 99122300.9-2217 (Patent 1 004 861)

5. Abkürzungen und Akronyme

ABAS	Advanced BIRD Airborne Simulator
AFS	Aerosolforschungsschwerpunkt
AMIL2DA	Advanced MIPAS Level 2 Data Analysis
AP	Atmosphärenprozessoren
ATSR	Along Track Scanning Radiometer
AUC	Atmospheric User Center
BIRD	Bi-spectral Infrared Detection
BISA	Belgian Institute for Space Aeronomy
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CAF	Cluster Angewandte Fernerkundung
CCG	Carl-Cranz-Gesellschaft
CLOUDMAP	Cloud Mapping Project
CRISTA	Cryogenic Infrared Spectrometers and Telescopes for the Atmosphere
DFD	Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum
DIMS	Data and Information Management System
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMF	Diskreter Mie-Formalismus
DOAS	Differential Optical Absorption Spectroscopy
D-PAC	Deutsches Processing and Archiving Centre
DU	Dobson Unit
EGOI	Extracted GOME Instrument Headers
ENVISAT	Environmental Satellite
EORCU	European Ozone Research Coordinating Unit
EPS	European Polar System
ERS	European Remote Sensing Satellite
ESA	European Space Agency
ESL	Expert Support Lab
ESRIN	European Space Research Institute
ESTEC	European Space Center of Technology
EU	European Union
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites
FASA	FOCUS Airborne Simulator Arrangement
FASCODE	Fast Atmospheric Signature Code
FCKW	Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe
FDV	Finite-Differenzen Verfahren
F&E	Forschung und Entwicklung
FhG	Fraunhofer Gesellschaft
FIRST	Forschungsinstitut für Rechnerarchitektur und Softwaretechnik
FMI	Finnish Meteorological Institute
FOCC	Flight Operation Control Center
FOCUS	Projektname für einen Sensor zur Detektion von Hochtemperaturereignissen
FOV	Field of View
GDP	GOME Data Processor
GMD	Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung
GOME	Global Ozone Monitoring Experiment
GOMETRAN	Strahlungstransfermodell der Universität Bremen
GOMOS	Global Ozone Monitoring by Occultation of Stars
GSFC	Goddard Space Flight Center

HDF	Hierarchical Data Format
HGF	Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
HK	House Keeping
HTE	Hochtemperaturereignis
HTML	Hypertext Markup Language
IAA	Instituto de Astrofisica de Andalucia
IAI	Institut für Angewandte Informatik
ICG	Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre
ICFA	Initial Cloud Fitting Algorithm
IFE	Institut für Fernerkundung
IM	Institut für Meteorologie (FU Berlin)
IMF	Institut für Methodik der Fernerkundung
IMG	Institut für Meteorologie und Geophysik
IMK	Institut für Meteorologie und Klimaforschung (Karlsruhe)
INVERT	Inversion of Vertically Resolved Trace Gas Profiles
IR	Infrared
IROE	Istituto di Ricerca sulle Onde Elettromagnetiche
ISCCP	International Satellite Cloud Climatology Program
IT	Information Technology
IU	Institut für Umweltphysik (Heidelberg)
IUP	Institut für Umweltphysik (Bremen)
KA	Klima- und Atmosphärenprodukte
KOPRA	Karlsruhe Optimized and Precise Radiative Transfer Algorithm
LACE	Lindenberg Aerosol Closure Experiment
LbL	Line-by-Line
LRAC	Low Rate Archive
MAS	MODIS Airborne Simulator
MCMD	Macro Command
METEOSAT	Meteorological Satellite
METOP	Meteorological Orbital Polar Satellite
MIPAS	Michelson Interferometer Passive Atmospheric Sounder
MIRART	Modular Infrared Atmospheric Radiative Transfer
MIROR	Michelson Interferometer with Rotating Retroreflector
MLS	Microwave Limb Sounder
MM	Marketing und Medien
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
MODTRAN	Moderate Resolution Transmission Band Model
MPI	Max-Planck-Institut
MPS	Missionsplanungssystem
MSG	METEOSAT Second Generation
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NILU	Norwegian Institute of Air Research
NRC	Natural Resources Canada
NRT	Near Realtime
OCRA	Optical Cloud Retrieval Algorithm
OE	Organisationseinheit
OFL	Offline
OFM	Optimized Forward Model
OI	Optimal Interpolation

OSDF	Orbit Sequence Definition Files
PAC	Processing and Archiving Centre
PAF	Processing and Archiving Facility
PDS	Payload Data Segment
PMD	Polarisation Measurement Device
QCA-CP	Quasikristalline Näherung mit kohärentem Potential
QUILT	Quantification and Interpretation of Long-Term UV-Vis Observations of the Stratosphere
RAL	Rutherford Appleton Laboratory
RFM	Reference Forward Model
ROP	Reference Operation Plan
ROSE	Research on Ozone in the Stratosphere and its Evolution (Chemie-Transportmodell)
RGT	ROP Generation Tool
SAGE	Stratospheric Aerosol and Gas Experiment
SAF	Satellite Application Facility
SAO	Smithsonian Astrophysical Observatory
SAST	SCIAMACHY Algorithm Support Team
SCOMP	SCIAMACHY On-Board Measurement Plan
SCIAMACHY	Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography
SODAP	Switch On and Data Akquisition Phase
SOG	SCIAMACHY Offline Graphics
SOST	SCIAMACHY Operations Support Team
STG	Strahlungstransfergleichung
STREAMER	Small Scale structure Early Warning and Monitoring in Atmospheric Ozone and Related Exposure to UV-B radiation
THOMAS	Terrahertz OH Measurement Airborne Sounder
TOA	Top of Atmosphere
TOMS	Total Ozone Mapping Spectrometer
UMARF	Unified Meteorological Archive and Retrieval Facility
UML	Unified Modeling Language
UPAS	Unified Processor for Atmospheric Spectrometers
UT	Universal Time
UV	Ultraviolet
VIS	Visible
VL	Virtuelles Labor
VMR	Volume Mixing Ratio
WMO	World Meteorological Organization