

Abschlußbericht für das DLR-Vorhaben

**Validation von SCIAMACHY level-2 Daten mit
DOAS-Messungen von der DLR-Falcon aus**

Förderkennzeichen:

50 EE 0024

Laufzeit des Vorhabens:

01.09.2000 - 31.12.2004

Zuwendungsempfänger:

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

Inhaltsverzeichnis

1. Zielsetzung des Vorhabens (Kurze Darstellung)	4
1.1 Aufgabenstellung und Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	4
1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens und Wiss. und techn. Stand zu Beginn des Projektes	4
1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	5
2 Eingehende Darstellung	6
2.1 General Motivation of the project	6
2.2 Overview on the different campaigns	7
2.3 Instrumental set-up aircraft integration	10
2.4 Measurement principle and radiative transport calculations	17
2.5 Spectral analysis	21
2.6 Results and comparison with satellite data	24
2.6.1 Stratospheric NO ₂ from the Falcon flights.....	24
2.6.2 Tropospheric NO ₂ from the Falcon flights	28
2.6.3 Tropospheric NO ₂ from the Patenavia flights.....	34
2.6.4. Stratospheric OClO from the Falcon flights	37
2.6.5 Tropospheric H ₂ O and O ₄ from the Falcon flights, investigation of the influence of clouds	38
2.6.6 Tropospheric SO ₂ from the Patenavia flights	39
2.6.7 Tropospheric HCHO from the Patenavia flights	40
2.7 Zusammenfassung	43
2.8 References	44
3.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen	47
3.2 Wissenschaftlich-technisches Ergebnis des Vorhabens	47
3.3 Fortschreibung des Verwertungsplans	47
3.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt	48
3.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	48
3.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung	48
3.7 Fortschreibung des Verwertungsplans	48
3.7.1 Erfindungen und Patentanmeldungen	49
3.7.2 Wirtschaftlichen Erfolgsaussichten nach Projektende	49
3.7.3 Wissenschaftliche und / oder technische Erfolgsaussichten nach Projektende	49
4 Liste der Veröffentlichungen:	49
4.1 In Vorbereitung	49

4.2 Rezensiert.....	50
4.3 Konferenzbeiträge.....	50
4.4 Diplom- und Doktorarbeiten	54

1. Zielsetzung des Vorhabens (Kurze Darstellung)

1.1 Aufgabenstellung und Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Flugzeuggetragene (Airborne) MAXDOAS-Messungen sind aus verschiedenen Gründen besonders für die Validierung von Satellitendaten, insbesondere für die Messungen von SCIAMACHY, geeignet:

A) AMAXDOAS Messungen erlauben die Bestimmung der partiellen Säulen (in der Troposphäre und der Stratosphäre) vieler Spurengase. Dies erlaubt die Validation von troposphärischen sowie stratosphärischen Spurenstoffen.

B) Der spektrale Bereich von MAXDOAS Messungen deckt einen großen Teil des Bereichs von SCIAMACHY ab. Insbesondere können viele Spurengase in identischen spektralen Fenstern ausgewertet werden.

C) Flugzeugmessungen erlauben die Durchführung von Messungen in entlegenen Gebieten (z.B. in den Polargebieten), in denen sonst keine geeignete Validationsdaten zur Verfügung stehen.

D) Schiffsmessungen erlauben insbesondere die Vermessung von Breitenschnitten. Solche Validationsdaten sind äußerst wichtig, um die Abhängigkeit der Satellitendaten vom Sonnenstand und von der geographischen Breite zu charakterisieren.

1.2 Planung und Ablauf des Vorhabens und Wiss. und techn. Stand zu Beginn des Projektes

Das Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg besitzt langjährige Erfahrungen mit flugzeuggetragenen DOAS-Messungen [Sessler et al., 1993; Pfeilsticker et al., 1994; Pfeilsticker et al., 1997; Erle et al., 1999; 2000]. Für die geplanten Validationsaufgaben, insbesondere für die Validation von troposphärischen Satellitenprodukten, mußte jedoch das frühere Zenith-DOAS-Gerät durch ein neuartiges AMAXDOAS-Gerät ersetzt werden. Dieses mißt das gestreute Sonnenlicht außer durch ein ins Zenith gerichtetes Teleskop noch durch weitere, in verschiedenen nach unten und oben gerichtete Teleskope. Der Neubau dieses Gerätes sowie die Integration in das Flugzeug bestimmten die Tätigkeiten während des ersten Jahres.

Für den Testflug wurde zunächst eine vereinfachte Ausführung des Gerätes mit nur zwei Blickrichtungen verwendet. Das Hauptaugenmerk lag auf der ordnungsgemäßen Funktion der Spektrographen sowie der Ansteuerungskomponenten unter den extremen Bedingungen während eines Fluges.

Nach erfolgreicher Absolvierung des Testfluges wurden bezüglich verschiedener Meßbedingungen optimierte Einkoppelteleskope konstruiert, gebaut und integriert. Es stellte sich heraus, daß für den Betrieb auf der Falcon eine Konfiguration mit 2x4 Teleskopen optimal ist.

Am Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg wurde im gleichen Zeitraum an einem Projekt zur kleinräumigen Verteilung von Spurengasen geforscht. Hierbei werden die mittels verschiedener Lichtstrahlen gemessenen Säulendichten anhand mathematischer Verfahren ähnlich der Tomographie invertiert um daraus die genaue Konzentrationsverteilung zu errechnen. Eine enge Zusammenarbeit mit dem DOAS-Tomographie Projekt war von Beginn des Projektes an möglich, und überaus erfolgreich. Für die AMAXDOAS-Messungen mit Fokus auf der kleinräumigen

Spurenstoffverteilung wurde das Instrument in eine langsam und tief fliegende Maschine (Partenavia 68) integriert. Für diese Meßgeometrie wurden spezielle Einkoppelteleskope für 2x10 verschiedene Blickrichtungen gefertigt.

Im Rahmen des Projektes wurde das Instrument auf 2 großen Kampagnen mit der DLR-Falcon eingesetzt (SCIA-VALUE: SCIAMACHY VALidation and Utilization Experiment), die sich jeweils vom Äquator bis in hohe nördliche Breiten erstreckten [Fix et al., 2005]. Direkt vor der zweiten SCIA-VALUE Kampagne konnte das AMAXDOAS-Gerät auf der Falcon (ohne begleitenden Wissenschaftler und ohne Zusatzkosten) auch während der EUPLEX-Kampagne (European Polar Stratospheric Cloud and Lee Wave Experiment, <http://www.nilu.no/euplex/>) betrieben werden.

Zusätzlich wurden Messflüge mit der Partenavia im Rahmen des FORMAT Projektes (www.nilu.no/Format) in Norditalien durchgeführt; während zweier Meßkampagnen wurden jeweils etwa 10 Meßflügen über der Po-Ebene durchgeführt.

Aufgrund der unterschiedlichen Flughöhen und Geschwindigkeiten ergeben sich für die beiden Flugzeuge verschiedene Schwerpunkte. Aus den Falcon-Kampagnen lassen sich weiträumige Spurenstoffverteilungen, insbesondere als Funktion der geographischen Breite, bestimmen. Dies ist insbesondere für die Validation stratosphärischer Breitenschnitte von Bedeutung. Auch die großräumige troposphärische Spurenstoffverteilung kann aus diesen Flügen bestimmt werden.

Hingegen bieten die Messungen auf der Partenavia die Möglichkeit, detaillierte räumliche Gradienten in Bodennähe zu bestimmen. Solche Datensätze sind von besonderer Bedeutung für die Satellitenvalidation troposphärischer Spurenstoffe, deren Konzentration starke Inhomogenitäten innerhalb eines Bodenpixels aufweisen können.

1.3 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Eine besonders enge Kooperation bestand mit der DOAS-Gruppe der Universität Bremen. Insbesondere wurde das Flugzeuginstrument gemeinsam entwickelt und gebaut. Hierbei war auch die Tomographie-Gruppe am Institut für Umweltphysik eng eingebunden.

Aufgrund der großen Ähnlichkeiten der Meßmethode und Datenanalyse mit bodengebundenen MAXDOAS Messungen bestand auch eine enge Zusammenarbeit mit den Boden-DOAS-Gruppen der Universität Bremen und BIRA/IASB in Brüssel.

Während des Einsatzes des Instruments auf Messkampagnen im Rahmen der Europäischen Projekte FORMAT (www.nilu.no/format/) und EUPLEX (<http://www.nilu.no/euplex/>) bestand zusätzlich eine internationale Kooperation.