

Bericht Virtuelles Institut: Atmosphärenforschung zu HALO
Zwischenbericht für das Jahr 2006 (1.1.06 - 31.12.06)

Förderprogramm: Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft -
Vernetzung mit Hochschulen

Zuwendungsempfänger: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Programmatische Zuordnung: „Weltraum und Verkehr“ und „Erde und Umwelt“

Förderkennzeichen: VH – VI - 156

Vorhabensbezeichnung: Virtuelles Institut „Atmosphärenforschung zu HALO“

Koordinator: Prof. Dr. Ulrich Schumann und Dr. Helmut Ziereis

Laufzeit des Vorhabens: 1.11.2005 bis 31.10.2008

Berichtszeitraum: 1.01.2006 bis 31.12.2006

DLR-interner Kostenträger: 3 400 265

Partner

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – Oberpfaffenhofen
Alfred – Wegener - Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) - Bremerhaven
Forschungszentrum Jülich (FZJ)
Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)

J. W. Goethe Universität Frankfurt, Institut für Meteorologie und Geophysik (JWG-IMG)
Institut für Umweltphysik der Universität Bremen (UB, IUP)
Meteorologisches Institut der Universität Hamburg
Institut für Umweltphysik der Ruprecht – Karls - Universität Heidelberg (IUP-HD)
Institut für Physik der Atmosphäre, Universität Mainz (IPA - MZ)
Meteorologisches Institut der Universität München (MIM)
Fachbereich Physik der Bergischen Universität Wuppertal

1 Überblick und Einführung

Im Berichtszeitraum wurde die Zusammenarbeit der Partner innerhalb des Virtuellen Institutes zu HALO intensiviert. Diese Zusammenarbeit bezog sich sowohl auf die gemeinsame Entwicklung von Instrumenten als auch auf die Planung von Demonstrationsmissionen mit HALO. Alle Partner haben entsprechende Arbeiten aufgenommen. Die Zusammenarbeit findet nicht nur innerhalb des Virtuellen Instituts statt. Auch über die Grenzen des VI hinaus wird mit Partnern insbesondere aus der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibnizgemeinschaft zusammen gearbeitet.

Die Forschungsplattform HALO hat sich im letzten Jahr entscheidend weiter entwickelt, wichtige Meilensteine wurden erreicht:

Baufortschritt / Nutzerinfrastruktur

- ✓ Nach Fertigstellung des Basisflugzeuges im November 2005 wurden bei der Firma Gulfstream in den USA die Tragflächen des Flugzeuges verstärkt. Dies ist notwendig, um Lasten wie Partikelmesssonden unter den Tragflächen anbringen zu können.
- ✓ Am 24. April wurde das Basisflugzeuges von Savannah nach Oberpfaffenhofen zur Firma RUAG überführt. HALO wird bis Ende 2007 in Oberpfaffenhofen bleiben, bevor es zurück in die USA geflogen wird, wo es dann bis Ende 2008 fertig gestellt und zugelassen wird.
- ✓ Bei der Firma RUAG wurde mit den Umbauarbeiten begonnen. In die obere Rumpfschale wurden Öffnungen für Einlässe und optische Fenster geschnitten.
- ✓ Im Rahmen der Baubegleitung fanden zahlreiche technische Besprechungen zwischen HALO-Projektteam und Gulfstream Ingenieuren statt.
- ✓ Im Mai fand das Preliminary Design Review zu den Modifikationen in Savannah statt, im September das Critical Design Review zur unteren Rumpfschale in Oberpfaffenhofen.
- ✓ Unterflügelbehälter und Unterrumpfbehälter stellen eine wichtige Erweiterung der Nutzungsmöglichkeiten von HALO dar. Für diese Vorrichtungen wurde ein Ausschreibungsverfahren gestartet.

Nutzungsvertrag

- ✓ Die Ausgestaltung des Nutzervertrages schreitet voran und steht kurz vor dem Abschluss. Der Nutzervertrag soll gewährleisten, dass der Betrieb von HALO auf einer sicheren Basis steht.

Wissenschaftliche Nutzung

- ✓ Der wissenschaftliche Lenkungsausschuss zu HALO, in dem Mitglieder des Virtuellen Instituts die Mehrzahl stellen, wurde in drei Sitzungen über den Fortlauf der HALO-Entwicklung informiert.
- ✓ Während einer Sitzung legte der WLA eine vorläufige Abfolge der Demonstrationsmissionen fest. Demnach wird im ersten halben Jahr des Betriebes voraussichtlich zunächst OMO, dann TACTS und anschließend ML-CIRRUS durchgeführt. Die Demomissionen, ihre Partner und Ziele lassen sich der angefügten Tabelle entnehmen.

- ✓ Die Planung aller Demomissionen wurde fortgeführt und konkretisiert. Dazu fanden zahlreiche
- ✓ Innerhalb der Helmholtz-Einrichtungen wird der Bau von Geräten für HALO durch eine Ausbau- und Investitionsmaßnahme gefördert.
- ✓ Die DFG hat ein Schwerpunktsprogramm zur Förderung der Instrumententwicklung für HALO aufgelegt. Das Rundgespräch zu diesem SPP fand Ende November in Frankfurt statt.
- ✓ Am 19. 1. 2006 fand in Oberpfaffenhofen das Kick-off-Meeting des Virtuellen Instituts zu HALO statt. In Präsentationen stellten die Partner aus Hochschulen und Helmholtzeinrichtungen ihre Arbeitsprogramme dar. Der Schwerpunkt liegt bei der gemeinsamen Geräteentwicklung und Adaption und bei der Planung der ersten Demonstrationsmissionen. Die Beiträge dieses Treffens sind auf der Webseite des HALO – VI abgelegt (<http://www.halo.dlr.de/vi/>).

Geplante Demonstrationsmissionen mit HALO in 2009 und 2010

Mission	Ziel	VI-Partner aus der HGF	VI-Partner aus den Hochschulen
ACRIDICON	Aerosol, Wolken, Niederschlag und Strahlung: Dynamik von konvektiven Wolken.	DLR	Mainz, Heidelberg, Frankfurt, München
NEPTUN	Zyklogenesese	DLR, FZK	
NARVAL	Starkniederschlag über dem Nordatlantik	DLR	Hamburg
TACTS	Transport und Zusammensetzung der UTLS - Region	FZJ, FZK, DLR	Heidelberg, Frankfurt, Wuppertal
OMO	Oxidationsfähigkeit der extratropischen Troposphäre	FZJ, FZK, DLR	Mainz, Heidelberg, Bremen
POLSTRACC	Polare Stratosphäre in einem sich ändernden Klima	FZK, FZJ, DLR	Wuppertal, Frankfurt, Bremen, Mainz, Heidelberg
CIRRUS	Bildung, Lebenszeit und Eigenschaften von Zirruswolken in mittleren Breiten	FZK, FZJ, DLR	Mainz, Heidelberg, Bremen, Frankfurt, Wuppertal
GEOPHYSIK	Geophysikalische Untersuchungen der Europäisch-Afrikanische Kollisionszone und der Antarktis	AWI	
ERDBEOBACHTUNG	Hydrodynamische Modelle, CO ₂ , Luftverschmutzung, Desertifikation etc.	DLR	
THORPEX	Vorhersage von Extremwetterereignissen	DLR	Hamburg

2 Berichte der VI – Partner

2.1 Helmholtzgemeinschaft

2.1.1 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt – Institut für Physik der Atmosphäre

Prof. Dr. U. Schumann, Dr. H. Ziereis, Dr. H. Schlager, Dr. G. Ehret, Dr. A. Petzold, Dr. A. Minikin, Dr. O. Reitebuch, Dr. M. Wirth

Demonstrationsmissionen

Das Institut für Physik der Atmosphäre des DLR in Oberpfaffenhofen ist mit seinen Messinstrumenten bei nahezu allen Demonstrationsmissionen vertreten (siehe Tabelle). Die Demomission ML-CIRRUS und HALO-THORPEX werden federführend vom DLR betreut. ML-CIRRUS soll im Herbst 2009 als dritte Demomission durchgeführt werden. Ziel dieser Mission ist es die Bildung, Lebenszeit und die Eigenschaften von Zirruswolken in mittleren Breiten zu untersuchen. HALO-THORPEX ist für den Herbst 2010 geplant und soll die Vorhersage von Extremwetterereignissen durch gezielte Messungen verbessern. Im Berichtszeitraum wurde die Planung in Bezug auf die Demonstrationsmissionen weiterentwickelt und konkretisiert.

Geräteentwicklung

Die Finanzierung eines Teils der Geräte, die für HALO entwickelt werden, wurde im Rahmen des Ausbau- und Investitionsfonds der HGF beantragt. Die Mittel wurden in 2006 genehmigt und werden in den folgenden Jahren zum Aufbau der unten aufgeführten Instrumente verwendet. Mit der Planung und Entwicklung dieser Geräte wurde bereits begonnen. Daneben laufen auch die Arbeiten für die Umrüstung der Geräte für den Betrieb auf HALO.

Instrumententwicklung am IPA in Rahmen der HGF Ausbau-Investition

- ✓ Fast Peroxyacetyl Nitrate (PAN) and Dinitrogen Pentoxide (N₂O₅) Instrument ^
- ✓ Modernisierung und Integration der NO/NO_y- und HNO₃/SO₂-Messsysteme
- ✓ Adaption des ARES Spektrometers zur Fernerkundung von Wolken- und Aerosoleigenschaften auf HALO
- ✓ Amalgamated Lidars for the Measurements of Trace Gas Fluxes in the Atmosphere
- ✓ Adaption optischer Partikelzähler
- ✓ Adaption Nanopartikelmesssystem
- ✓ Neuentwicklung Kohlenstoffanalysator
- ✓ Mikrowellensensor zur Fernerkundung von Temperaturprofilen
- ✓ Wolkenradar auf HALO (gemeinsam mit der Universität Hamburg)

Verwendung der Mittel in 2006

In 2006 wurden die Mittel für das Virtuelle Institut für Koordinierungs- und Querschnittsaufgaben verwendet:

- ✓ Nutzertreffen: Im Berichtszeitraum wurden in Oberpfaffenhofen mehrere Workshops in Zusammenarbeit mit dem HALO-Projektteam des Flugbetrieb durchgeführt, um die Planung für die Demonstrationsmissionen mit HALO zu konkretisieren.
- ✓ Darüber hinaus gab es eine Reihe von Treffen mit Gruppen, die Instrumente mit hoher Anforderung an die Infrastruktur von HALO entwickeln. Diese Treffen dienen

dazu, bereits im Vorfeld aufwändige technische und zulassungsbedingte Anforderungen abzuklären. Das trifft vor allem auf Instrumente zu, die außen an das Flugzeug gebaut werden sollen. Im Besonderen gab es einen Workshop zum Thema Unterflügelträger für Partikelmesssonden und große Unterflügelbehälter. Mehrere Treffen widmeten sich dem großen Unterrumpfbehälter, der Wolkenradar und GLORIA (beide innerhalb des HGF-Ausbau- und Investitionsfond gefördert).

- ✓ Am 21. 11. fand in Oberpfaffenhofen ein Workshop statt, der sich mit Zulassungsfragen von Instrumenten für HALO beschäftigte. Dieses Thema ist für alle Instrumententwickler für HALO von großer Wichtigkeit.
- ✓ Koordinierung von Nutzeranfragen und Bereitstellung von Informationen.
- ✓ Unterstützung der Entwicklungsarbeiten für einen Submikrometereinlass und für die Partikelmesssonden unter den Tragflächen.
- ✓ Aufbau und Pflege einer Internetseite für HALO und das Virtuelle Institut zu HALO (www.halo.dlr.de) Auf dieser Seite werden die Nutzer über alle wichtigen Entwicklungen zu HALO informiert. Insbesondere finden die Nutzer dort die Präsentationen der Workshops und technische Informationen.

2.1.2 Alfred-Wegner-Institut

Prof. Dr. O. Schrems, Dr. A. Herber, Dr. D. Steinhage

Die Fachbereiche Klimasystem und Geosystem des AWI planen das Forschungsflugzeug HALO sowohl in der Atmosphärenforschung als auch für geophysikalische Forschungen einzusetzen. Auf mehreren internen Workshops der beiden Fachbereiche wurden im abgelaufenen Förderjahr Vorschläge für zukünftige HALO-Missionen mit Beteiligung des AWI erarbeitet. Dabei sind vor allem Missionen in der Arktis und Antarktis geplant, die in Kooperation mit Partnern des virt. Institutes HALO und weiteren Partnern durchgeführt werden sollen.

Im ersten Jahr des virt. Institutes HALO nahmen Wissenschaftler des AWI an verschiedenen Workshops und Kolloquien teil. Am 19. Januar 2006 stellten wir auf dem Kick-off-Meeting des virt. Institutes HALO die Pläne des AWI vor sowohl für geophysikalische Missionen (GIULIA Geoscientific Investigations of the Unexplored Land in the Interior of Antarctica) für Untersuchungen der Zentralantarktis als auch die Ziele für transarktische Missionen, bei denen primär die arktische Atmosphäre untersucht werden soll. Hier sollen auf zukünftigen HALO-Missionen folgende Schwerpunkte gesetzt werden:

- Erfassung der optischen, mikrophysikalischen und chemischen Eigenschaften von Aerosol und Wolken in der Arktis.
- Untersuchungen des Wasserdampfes und der Eisphase in der Troposphäre und der Tropopausenregion.
- Bestimmung der UV-Belastung innerhalb der freien Troposphäre und mögliche Abschwächungen durch Wolken/Zirruswolken
- Troposphärenchemie: Untersuchung von Spurengasverteilungen (e.g. O₃, CO, NO, NO₂, N₂O, H₂O₂)
- Charakterisierung turbulenter Parameter in der polaren Grenzschicht

Sowohl am 09. März 2006 beim HALO Nutzertreffen bei der DLR in Köln, am 24. April 2006 bei der Veranstaltung des DLR anlässlich der Ankunft des noch nicht modifizierten HALO-Basisflugzeugs in Oberpfaffenhofen als auch am 21. November 2006 beim Workshop „Zulassung von Nutzerinstrumenten für HALO“ beim DLR ebenfalls in Oberpfaffenhofen nahmen Wissenschaftler des AWI teil.

Der Senat der DFG hat in 2006 die Einrichtung eines Schwerpunktprogrammes „Atmosphären- und Erdsystemforschung mit dem Forschungsflugzeug HALO“ beschlossen. In diesem Schwerpunktprogramm soll die Entwicklung hochtechnologischer Sensorik und Instrumentierung und deren Optimierung für den Einsatz auf HALO gefördert werden. Hierzu fand vom 29.-30. November 2006 ein DFG-Kolloquium an der Universität Frankfurt/Main statt. Auf dieser Veranstaltung haben wir Projektskizzen für Anträge mit Beteiligung des AWI präsentiert: (i) SKYRAH (Development of a new and fast spectroradiometer for the characterization of SKY RAdiance during HALO missions) zusammen mit der Universität Hannover und (ii) GEOHALO (Geoscientific Earth Observatorium with HALO) zusammen mit mehreren Partnern.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Meteorologie und Klimatologie der Universität Hannover wird im Rahmen eines bei der DFG beantragten Projektes (SKYRAH) angestrebt ein neues spektroradiometrisches Meßsystem zur Messung der Strahldichte L mit hoher Zeitauflösung zu entwickeln. Hierfür wurde im letzten Quartal von 2006 ein technisches Konzept erarbeitet. Das zu entwickelnde System soll in der Lage sein, die Strahldichte sowohl als Funktion der Wellenlänge als auch bei ca. 140 verschiedenen Richtungen gleichzeitig zu messen. Es soll Nadir/Zenith und Azimuth-Winkel schnell genug erfassen um für Messungen auf dem Forschungsflugzeug HALO eingesetzt werden zu können. Dieses

neue Meßsystem soll es ermöglichen aerosoloptische Eigenschaften mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung abzuleiten, photochemische Abläufe in der Atmosphäre besser zu verstehen, 3D Wolkeneffekte zu bestimmen und das Verständnis des Strahlungstransfers in einem sich ändernden Klima zu verbessern. Bei der Entwicklung wird besonders darauf geachtet werden, ein möglichst kleines und leichtes Meßsystem zu bauen.

Eine Überarbeitung von Plänen für zukünftige Meßkampagnen des AWI mit HALO wird sich u. a. durch die Anschaffung des Polar 5 Flugzeuges (Basler BT 67) ergeben, die im Herbst 2007 in Dienst gestellt werden soll.

2.1.3 Forschungszentrum Jülich

Prof. Dr. A. Wahner, Prof. Dr. M. Riese, PD Dr. A. Hofzumahaus, Dr. F. Holland, Dr. M. Krämer, Dr. C. Schiller, Dr. F. Stroh

1. Vorbereitungen zum Einbau der FZJ Geräte in HALO / Gespräche mit FB

Zur Vorbereitung der Integration der FZJ-Instrumente fanden spezifische Gespräche zwischen Wissenschaftlern und Ingenieuren des FZJ und dem Flugbetrieb (FB) in Oberpfaffenhofen statt:

- zur Integration des AIRLIF-Instrumentes, in Kooperation mit MPI Mainz zu entwickeln, insbesondere hinsichtlich des Radikaleinlasses und dessen Strömungsverhalten und flugzeugspezifischer Anforderungen.
- zur Integration des GLORIA-AB Spektrometers, zu entwickeln in Kooperation mit FZK, in den entsprechend modifizierten belly pod, der für dieses zentrale Instrument mit Priorität entwickelt werden soll.
- zur Integration der Offenen Messzelle eines TDL-Hygrometers voraussichtlich an einem Durchbruch des Rumpfes, zu entwickeln in Kooperation mit Universität Heidelberg und FZK.
- zur Koordination der Strömungsrechnungen für Einlässe bei FB und FZJ.

Zudem Teilnahme an dem certification workshop am 21.11.06 in Oberpfaffenhofen.

2. Vorbereitung von Demomissionen

In Zusammenarbeit mit den Partnern für die HALO-Demomissionen, welche für die Jahre 2009/10 geplant sind, wurden die wissenschaftliche Zielsetzung und technische Umsetzung (Instrumentierung und HALO-floorplan) ausgearbeitet und dem WLA vorgelegt. Für das FZJ sind dies die OMO Demomission, die FZJ (Prof. Wahner) gemeinsam mit MPI Mainz koordiniert, sowie die TACTS, Cirrus-ML und POLSTRACC Missionen.

Für das kick-off meeting am 19.01.06 hat FZJ einen Vorschlag für eine weitere Demomission ausgearbeitet, die eine Erprobung der VI-Instrumente vor den eigentlichen Demomissionen vorsieht, gekoppelt mit der Untersuchung der Struktur der UTLS als wissenschaftlichem Ziel. Eine solche VI-Mission wurde jedoch in Hinblick auf die große Zahl der geplanten Demomissionen zurückgestellt.

3. Beginn der Entwicklung / Modifikation der Instrumente

Die Hardware der FZJ-Instrumente für HALO wird wesentlich über die HGF-Ausbauinvestition und interne Mittel bereitgestellt. Die Abstimmung und bestimmte Entwicklungsschritte in Kooperation mit anderen Partnern (sowie die Einbindung in gemeinsame Missionen) erfolgt über das VI. Die folgenden für das VI relevante Instrumententwicklung wurde begonnen:

GLORIA-AB (ICG-I)

Für dieses imaging Spektrometer hat FZJ einen Detektor beschafft, der zur Zeit in einem Demonstrator Interferometer (IFM) bei FZK getestet und vermessen wird. FZJ-ZEL hat hierfür die Ausleseelektronik aufgebaut, die in der Lage ist, die hohen Datenraten (100MByte/s) zu bewältigen. Eine IFM-Steuerungselektronik wird zur Zeit von FZJ-ZEL aufgebaut. Der Aufbau des eigentlichen IFM steht im wesentlichen fest (FZK), ein Prototyp ist für das Frühjahr 2007 geplant. Die Anforderungen an den mechanischen Aufbau zur Instrumentausrichtung (kardanische Aufhängung) sind definiert und entsprechende Konzepte werden von FZJ-ZAT in Rücksprache mit FZK und ICG-I entworfen.

AIRLIF (ICG-II)

Für das HO_x-Meßinstrument wurde in Kooperation mit dem MPI Mainz ein erster Entwurf des Instrumenteneinbaus auf HALO erstellt. Dieser umfaßt das Radikaleinlaßsystem (shrouded inlet) mit integrierten Meßzellen, die an einem HALO Viewport-Flansch montiert werden sollen, sowie eine Rackkonfiguration für Elektronik, Lasersystem, Pumpen und Gasversorgung. Ein Lasersystem zur Erzeugung wellenlängenabstimmbarer UV-Strahlung (308 nm) wurde neu angeschafft und eine Strahlübertragungsoptik mittels Lichtwellenleiter entwickelt. Die Stabilität des Lasersystems wird gegenwärtig für die zu erwartenden Bedingungen auf HALO getestet und optimiert. Erste CFD (computational fluid dynamics) Modellrechnungen zum Strömungsverhalten des geplanten Radikaleinlaßsystems wurden von FZJ durchgeführt.

CARLO (ICG-II)

Das Strahlungsmeßsystem soll neben Bestrahlungsstärken und Strahldichten auch spektrale aktinische Flüsse erfassen. Hierzu wurde ein CCD Spektralradiometer angeschafft, das gegenwärtig getestet wird. Darüberhinaus sind verkleinerte Quarzoptiken zum Empfang aktinischer Strahlung in Entwicklung. Innerhalb des SPP-HALO der DFG wurde ein Antrag eingereicht, der die gleichzeitige Messung aktinischer Flüsse und Strahldichten während der Demomission OMO behandelt. Ein Projektziel besteht darin, aktinische Flüsse und Photolysefrequenzen mit Hilfe von 3D-Strahlungstransfermodellen aus lokalen Strahldichtemessungen abzuleiten, um entsprechende Satelliten-Retrieval Verfahren zu validieren. Das Projekt ist eine Zusammenarbeit der Universität Mainz mit DLR und FZJ.

FACTs-HALO (ICG-II)

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines schnellen Gaschromatographen für die Online-Analytik flüchtiger organischer Verbindungen auf HALO. Dazu wurde im vergangenen Jahr ein DFG-Antrag zur Geräteentwicklung zusammen mit der Universität Frankfurt, dem MPI Mainz und der Universität Wuppertal eingereicht. An der Universität Frankfurt wird das Anreicherungssystem entwickelt, das MPI in Mainz konstruiert einen kompakten Säulenofen. Die Auswertesoftware wird an der Universität Wuppertal geschrieben. Der Schwerpunkt am FZJ ist die Entwicklung schneller Trennmethode mit Säulenmodulen für schnelle Aufheizraten.

MIRA-HALO (ICG-II)

In Zusammenarbeit mit der Universität Wuppertal wird ein Sammler für die Untersuchung von Isotopenverhältnissen in atmosphärischen Spurengasen entwickelt, der auf HALO eingesetzt werden wird. Die Analytik erfolgt offline mit Gaschromatographen-Isotopenmassenspektrometern (GC-IRMS) an der Universität Wuppertal und am FZ Jülich. Im Jahr 2006 wurde am FZ-Jülich mit der Charakterisierung des Instrumentes begonnen.

2.1.4 Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)

Institut für Meteorologie und Klimaforschung - Troposphäre (IMK-TRO):

Dr. A. Wieser, Dr. C. Kottmeier, Prof. Dr. U. Corsmeier

Entwicklung eines Multi-Sensor Dropsondensystems für den Einsatz auf HALO

Die Schwerpunkte der Arbeiten des IMK-TRO liegen bei Prozessstudien als auch bei der numerischen Simulation auf den Gebieten

- Konvektion, hoch reichende Konvektion (über komplexem Gelände),
- Massentransporte durch Konvektion,
- Auslösung und Quantifizierung konvektiven Niederschlags.

Dazu werden im Rahmen der HGF (NEPTUN und TRACKS) und der DFG (COPS) große internationale Feldexperimente durchgeführt.

Zur Realisierung von Messprogrammen mit HALO zu den o. g. Themengebieten sind Neuentwicklungen von Messsystemen bzw. Anpassungen von bereits existierender Messtechnik an die Messaufgabe und an die Plattform HALO notwendig. Diese Arbeiten werden von IMK-TRO innerhalb des VI in Zusammenarbeit mit dem DLR, den Universitäten Karlsruhe und Hohenheim sowie den Firmen ETEWE, Karlsruhe und enviscope, Frankfurt a. M. durchgeführt.

Konzept des Dropsondensystems

Im Rahmen des VI wird durch IMK-TRO in Zusammenarbeit mit einem industriellen Partner vorwiegend für den Einsatz auf HALO ein innovatives Dropsondensystem entwickelt, getestet und im Rahmen der HALO-Demomission NEPTUN eingesetzt. Das neue System eröffnet im Vergleich zu herkömmlichen Sondensystemen die Möglichkeit zur Messung zusätzlicher meteorologischer, optischer, luftchemischer und wolkenphysikalischer Parameter. Das System wird so konfiguriert, dass Messungen mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung z.B. innerhalb von konvektiven Systemen möglich sind.

Es ist das Ziel der Neuentwicklung, technische Fortschritte auf den Gebieten der Mikro- und Smartsensor-Technologie und der elektronischen Kommunikation sowie die Möglichkeiten des europäischen Navigationssystems Galileo zu nutzen, um eine Dropsonde zu bauen, die aus einer „Muttersonde“ und mehreren „Satellitensonden“ besteht. Dabei trägt die Muttersonde die meteorologischen Standardsensoren und bietet darüber hinaus die Möglichkeit zusätzliche Messfühler z.B. zur Messung des Wolkenwassergehalts, der Tropfengrößenverteilung von Niederschlag oder der Konzentration von Spurengasen über standardisierte Schnittstellen anzuschließen. Die Muttersonde verfügt über Galileo/GPS-Navigation und die notwendige Datenübertragungstechnik an einen Satelliten und zum Empfänger an Bord von HALO. Der Datentransfer wird einerseits via Satellit und eine Bodenstation ins Internet und ins GTS realisiert und andererseits als „Backuplösung“ mittels 402 – 404 MHz Band zum Empfänger an Bord des abwerfenden Forschungsflugzeugs. Nach dem Abwurf der Muttersonde werden im Augenblick des Öffnens des Fallschirms mehrere Satellitensonden frei gesetzt, die sich durch ihre von der Außenform abhängenden Flugeigenschaften unterschiedlich weit von der Muttersonde entfernen und auf ihrem freien Fall zum Erdboden z. B. in konvektiven Systemen Temperatur und Feuchte der Luft sowie ihre Position messen und über die Muttersonde als Relaisstation übertragen. Es ist vorgesehen, für die zu entwickelnde Sonde die gleiche Abwurftechnik zu nutzen (NCAR-System), die bereits jetzt auf der D-CMET installiert ist und auf HALO übertragen werden soll. Damit besteht die Möglichkeit das neue Dropsondensystem auch über HALO hinaus auf allen Fliegern einzusetzen, die über die NCAR-Abwurftechnik verfügen. Neue Dropsondenauslässe sind damit nicht nötig.

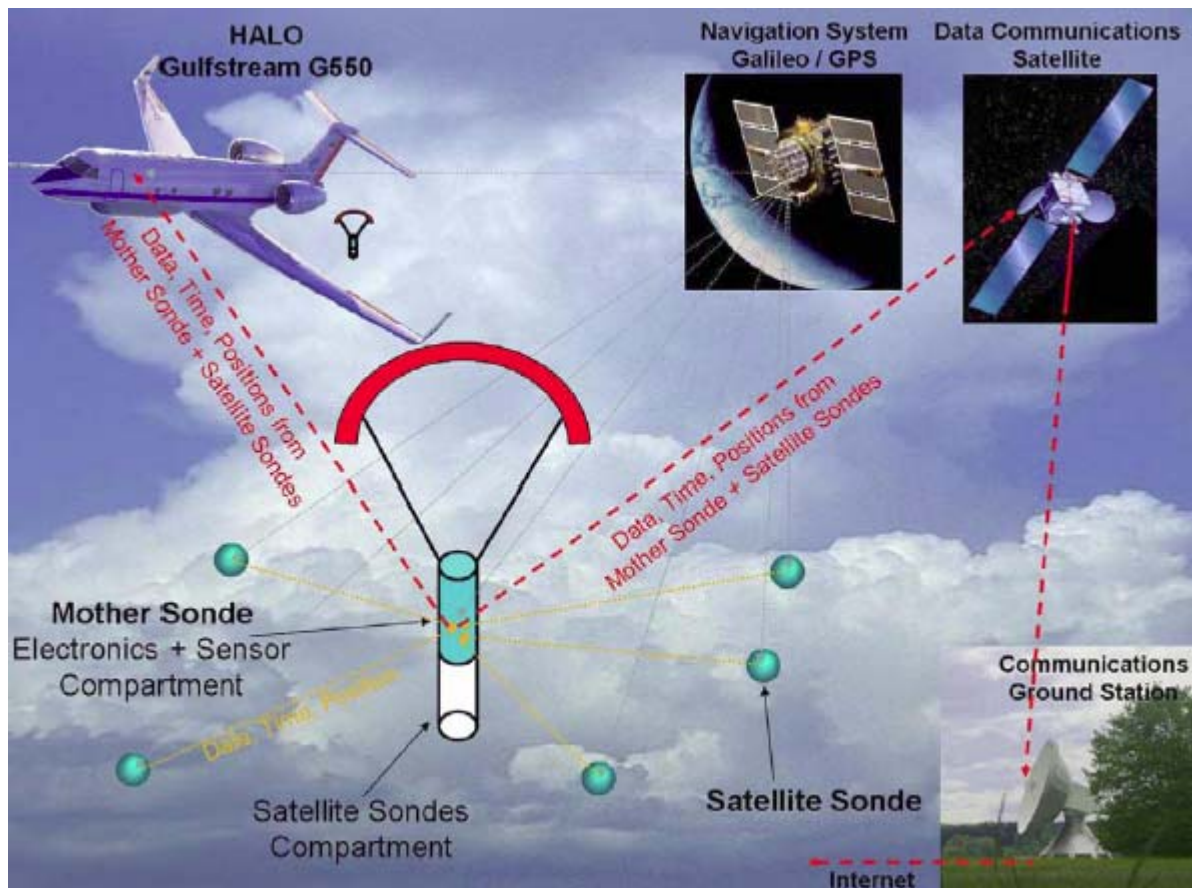


Abbildung 1: Hauptmerkmale des neuen Dropsondensystems für HALO bestehend aus einer Muttersonde mit variabler Sensorik sowie aus mehreren kleinen, leichten und preiswerten Satellitensonden, die im Moment des Öffnens des Fallschirms der Muttersonde freigesetzt werden. Die Datenübertragung wird per Satelliten-Telemetrie und Internet zur Bodenstation und ins GTS sowie durch direkte Übertragung an einen Empfänger auf HALO realisiert.

Stand der Entwicklung

Zurzeit wird das Konzept für das neue Dropsondensystem vom IMK-TRO in Kooperation mit dem industriellen Partner erstellt. Dabei wurden die vom System zu erfüllenden Leistungsmerkmale definiert und Lösungen zu deren praktischer Umsetzung erarbeitet. Nach Bau und Zulassung eines Prototyps der Sonde sowie des auf HALO zu betreibenden Empfängers wird zu weiteren Testzwecken eine Kleinserie von 5 Muttersonden mit den dazu gehörigen Satellitensonden gebaut und getestet. Der erste Einsatz der Sonde zu wissenschaftlichen Zwecken ist bei der HALO-Demomission NEPTUN 2009/2010 geplant.

Verwendungsnachweis über zugewiesene Mittel

Die dem IMK-TRO aus dem VI für 2006 zu stehenden Mittel in Höhe von 6000 Euro werden für die Mitarbeit unseres industriellen Partners an der Konzeptentwicklung für die Dropsonde eingesetzt. Diese Mitarbeit hat erst im 4. Quartal 2006 begonnen und ist noch nicht abgeschlossen. Die Mittel konnten deshalb noch nicht verausgabt werden.

Wir bitten um Übertragung auf das Jahr 2007.

Institut für Meteorologie und Klimaforschung - IMK-AAF:

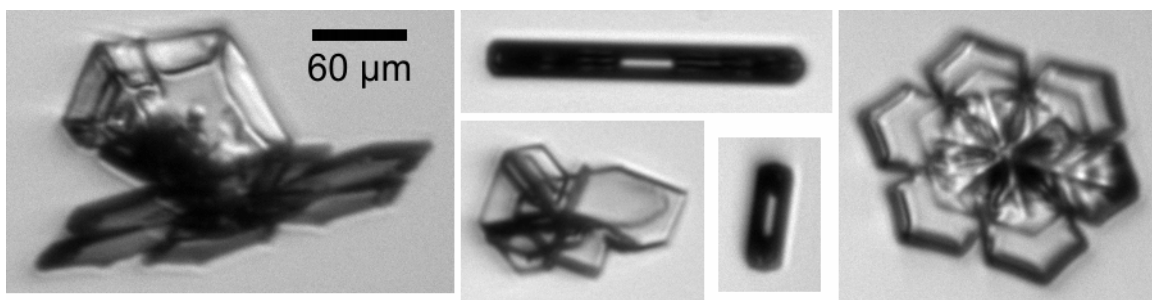
Dr. M. Schnaiter, Dr. O. Möhler, Prof. Dr. T. Leisner

Es wurde ein neues optisches Messgerät (PHIPS: **P**article **H**abit **I**mager and **P**olar **S**cattering **P**robe) entwickelt, das einzelne luftgetragene Eiskristalle berührungsfrei mit hoher optischer Auflösung abbildet. PHIPS wurde erfolgreich an der Wolkensimulationskammer AIDA des Forschungszentrum Karlsruhe getestet. Im Rahmen mehrerer AIDA-Experimente zur Eiskristallnukleation sowie der Untersuchung des Einflusses von Temperatur und Eisübersättigung auf die Eismorphologie wurde eine Vielzahl unterschiedlicher Kristalle abgebildet (Beispiele: s.u.). An der Durchführung dieser Experimente waren mehrere internationale Partner mit flugzeugtauglichen Geräten beteiligt (University of Manchester (SEAES): CPI, CDP; NCAR: CPI, VIPS; University of Hertfordshire: SID2)

Die in der AIDA-Kammer bei tiefen Temperaturen erzeugten Eiskristalle wurden über eine vertikale Probenahmeleitung durch das Messvolumen von PHIPS gepumpt. Eispartikel, die den Strahl eines 300 mW starken Dauerstrich-LASERS der Wellenlänge 532 nm durchqueren, lösen über einen Streulichtpuls eine CCD-Kamera mit Mikroskop-Optik sowie eine Blitzlampe zur Beleuchtung des Messvolumens aus. Zur Bilderfassung wurde ein Makro-Zoom-Objektiv mit einer 1,4-Megapixel-CCD-Kamera kombiniert, die Bilder mit 4096 Graustufen liefert. Die zur Ausleuchtung des Messvolumens verwendete Blitzlampe ermöglicht Belichtungszeiten von etwa 10 ns, so dass auch schnell bewegte Eiskristalle scharf abgebildet wurden. Durch die Verwendung der inkohärenten Lichtquelle werden Interferenzerscheinungen minimiert. Die optische Auflösung des abbildenden Systems beträgt etwa 2 μm bei einer Tiefenschärfe von 150 μm .

Um die mit einer maximalen Rate von 10 Hz anfallenden digitalen Bilder automatisch und objektiv auswerten zu können, wurden verschiedene Algorithmen zur Bildbearbeitung und -analyse implementiert, mit deren Hilfe geometrische Merkmale wie Fläche, Umfang und kugeläquivalenter Durchmesser sowie die Formparameter Aspektverhältnis und Rundheit der abgebildeten Objekte bestimmt werden.

Zur Bestimmung der Streufunktion einzelner Eiskristalle, die von der Abbildungsoptik erfasst werden, soll das Streulicht des LASERS durch insgesamt 30 Photodetektoren winkelaufgelöst gemessen werden, die in einer Halbebene zwischen 1° (vorwärts) und 170° (rückwärts) angeordnet sind. Zwischen 1° und 10° beträgt die Auflösung 1°, die übrigen Detektoren sind im Winkelabstand von 8° angeordnet. Die für die Streulichtmessung benötigte Elektronik befindet sich momentan in der Entwicklung.



Verwendung der bewilligten Mittel

- Adaption der Partnergeräte an AIDA
 - Reisen zur Vorbereitung einer mehrwöchigen AIDA Kampagne im März 2007 zur Erprobung potenzieller HALO-Instrumentierung.
- Beteiligte nationale und internationale Institutionen: Universität Mainz, NCAR, SEAES, University of Hertfordshire, SPEC Inc.

2.2 Hochschulen

2.2.1 Universität Bremen

Dr. A. Richter, Dr. H. Bovensmann, Prof. Dr. J. P. Burrows, Dr. H. Küllmann, Dr. L. Reichert, Dr. M.-D. Andres-Hernandez

Einleitung

Das Institut für Umweltphysik an der Universität Bremen bereitet im Rahmen des Virtuellen Institutes HALO eine Reihe von Experimenten für den Einsatz auf der neuen Forschungsplattform HALO vor. Dabei liegt der Schwerpunkt je nach Experiment auf der Weiterentwicklung des Gerätes, der Anpassung an die HALO oder der Vorbereitung der Flugzulassung. Für einige der Geräte wurden auch im SPP HALO bei der DFG Anträge auf Förderung gestellt ohne die eine Realisation nur zum Teil möglich sein wird.

Ein wichtiger Teil der Aktivitäten im HALO VI ist die Koordination der Bremer Entwicklungen mit dem DLR Flugbetrieb und anderen Nutzern, sowohl im Rahmen des HALO Lenkungsausschusses als auch bei den geplanten Demonstrations-Missionen. Dazu gab es eine Reihe von Treffen an denen Vertreter der Universität Bremen teilnahmen.

Aktivitäten

1. MAMAP

Das MAMap (MethaneAirborneMapper) Instrument wurde im Rahmen einer Kooperation mit dem GeoForschungsZentrum Potsdam für den Mitflug auf einer Cessna CARAVAN oder einer Dornier 228 aufgebaut, getestet und im Dezember 2006 erstmals geflogen. Ziel von MAMap ist die Quantifizierung von Gradienten in Methan- und Kohlenstoffdioxidkonzentrationen über verschiedenen Bodentypen (Permafrost, tropischer Regenwald, Moore, Mülldeponien, landwirtschaftlich genutzte Flächen usw.). Ziel der Vorarbeiten ist die Erprobung der Mess- und Auswertetechniken für den späteren Einsatz von MAMap auf HALO. Die Bodentests haben gezeigt, dass die hohen Anforderungen an die Datenqualität (spektrale Auflösung, hohes Signal-zu-Rausch Verhältnis, Stabilität des Systems) vom MAMap Prototyp erreicht werden. Die Abbildung unten zeigt erste Ergebnisse der Auswertung der Bodenmessungen bzgl. CH₄ und CO₂. Zudem zeigte der erste Testflug, dass das System unter Flugbedingungen arbeiten kann. Eine Konsequenz aus dem ersten Testflug ist der Bedarf für eine zusätzliche Kamera zur besseren Identifizierung der überflogenen Bodenszene.

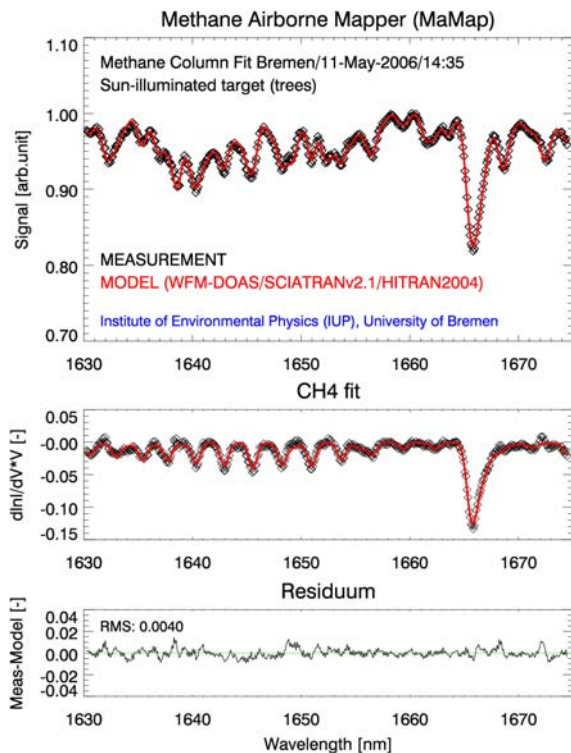


Abb. 1: Typischer MaMap Methan Fit für nahezu Nadir Beobachtungen aus niedriger Höhe ("sun-illuminated target" observation).

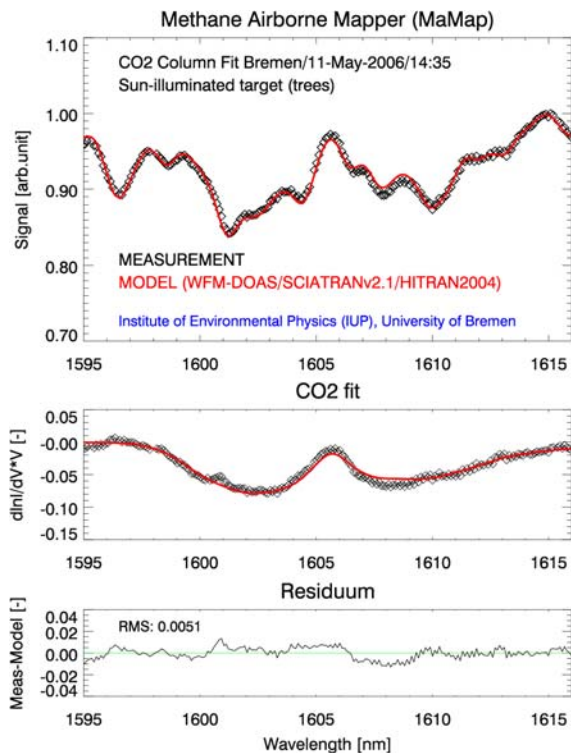


Abb. 2: Wie Abb. 1 aber für CO₂.

2. AMAXDOAS

Das AMAXDOAS Instrument für HALO basiert auf dem existierenden AMAXDOAS für die DLR-Falcon, muss jedoch in einigen Aspekten geändert werden. Insbesondere müssen die Stromversorgung, das Rack und die Teleskope an die HALO angepasst werden.

Der Schwerpunkt der Arbeiten lag in der Erarbeitung eines Konzeptes für das AMAXDOAS auf HALO und den Vergleich verschiedener Konzepte für ein Teleskop, mit dem sowohl in Zenit-, als auch in Nadir und Limb-Richtung gemessen werden kann, und das einen möglichst kleinen und einfachen Außenanbau an der HALO benötigt.

Eine weitere Arbeit für das AMAXDOAS ist die Entwicklung eines kompakten abbildenden Spektrometers, das in Nadir Blickrichtung eingesetzt räumlich hoch aufgelöste Karten von Spurengasverteilungen messen kann. Für dieses Instrument wurden erste Labormessungen durchgeführt um die abbildenden Eigenschaften des gewählten Gitters und die Linearität der als Detektor verwendeten CCD zu charakterisieren.



Abb. 3: Testaufbau für das abbildende Spektrometer für einen möglichen Einsatz auf HALO. Im Vordergrund die CCD-Kamera, in der Mitte das Gitter und rechts der Lichtleiter über den ein definierter Lichtinput eingekoppelt wird.

3. PeRCA

Das für den HALO-Einsatz geplante REVOLVER-Instrument zur Messung von HO₂, RO₂ und NO₂ stellt einen völligen Neuaufbau der PeRCA-Meßtechnik (**P**eroxy **R**adical **C**hemical **A**mplifier) auf Basis der starken Weiterentwicklung des bisherigen DUALER (**D**ual-**P**e**R**CA) dar, die im Kern sogar den vollständigen Ersatz des überwiegenden Teils der bisherigen durch jüngst entwickelte Messtechnik bedeutet. Die PeRCA- Meßtechnik besteht im Wesentlichen aus einem Reaktorsystem und einer der Anzahl von Reaktoren entsprechenden Anzahl von NO₂-Detektoren, die bisher auf der Chemo-Lumineszenz-Reaktion von Luminol mit NO₂ basierten (NO₂-Luminol-Detektor). Das Reaktorsystem soll angepasst und verbessert, der NO₂-Detektor ersetzt werden, um eine Messung der in der oberen Troposphäre / unteren Stratosphäre (UTLS) zu erwartenden Radikal-Mischungsverhältnisse von ungefähr 5ppt überhaupt erst zu ermöglichen:

Auf der einen Seite bedarf das für die DLR-Falcon entwickelte Reaktorsystem, das zur Vermeidung von Verlusten der sehr reaktiven Radikale direkt hinter dem Einlass positioniert werden muss, einer Anpassung zur Implementierung in die DLR-HALO. Auf der anderen Seite soll durch eine bisher nicht mögliche Vergrößerung des Reaktionsvolumens die Verstärkung des Reaktorsystems bei niedrigen Drücken verbessert werden und durch den Einbau von ein- und ausschaltbaren Verluststrecken die selektive Messung von HO₂ und RO₂ ermöglicht werden. Als derzeit einziger möglicher Ersatz für den mit sinkendem Druck sehr stark an Empfindlichkeit verlierenden NO₂-Luminol-Detektor wurde ein OF-CEAS-Instrument (**O**ptical **F**eedback **C**avity **E**nhanced **A**bsorption **S**pectroscopy) bestimmt, das NO₂ bei 400nm spezifisch messen kann. Zusätzlich zur Messung des innerhalb des Reaktorsystems erzeugten NO₂ soll mit einem weiteren NO₂-OF-CEAS-Detektor das NO₂-Mischungsverhältnis der UTLS bestimmt werden.

Der Schwerpunkt der bisherigen Arbeiten lag in der Erarbeitung eines Konzeptes für das REVOLVER-Instrument auf HALO inklusive des Vergleiches verschiedener möglicher NO₂-Detektoren für den Einsatz in diesem PeRCA-System. Für das folgende Jahr ist der Versuchsaufbau eines OF-CEAS-Instrumentes bei 940nm mit vorhandenen Instrumenten im Labor geplant. Das weitere Vorgehen ist stark von der Bewilligung des DFG-SPP-Proposals abhängig.



Abb. 4: Realisierung der PeRCA-Meßtechnik für den Flugzeugeinsatz: Der DUALER in der DLR-Falcon innerhalb der internationalen AMMA-Messkampagne im Juli und August 2006 (Afrikanischer Monsun: Multidisziplinäre Analysen).

4. ASUR

Das Airborne Submillimeter-wave Radiometer (ASUR), ursprünglich für die DLR-Falcon abgenommen, muss aufgrund der neuen Anforderungen für die HALO-Zulassung und den Einsatz bei den geplanten Demonstrationsmissionen modifiziert und umgebaut werden. Dazu wurden bereits vorbereitende Planungs- und Informationstreffen mit dem DLR-Flugbetrieb und mit weiteren HALO-Nutzern durchgeführt. Besonderer Fokus wurde auf eine Teilerneuerung, Verkleinerung und Gewichtsreduzierung des Instruments gelegt. So soll das Backend im Volumen verringert und in ein halbhohes Rack eingebaut werden, sodass beim Zusammenschieben der Racks die herausragende Kalibrationseinheit des Frontends darüber passt. Elektroverbindungen innerhalb der Racks, sowie Stromversorgung und

Flugzeuginterface müssen geändert werden. Eine Anpassung der Auswerterroutinen für weitere wissenschaftliche Datenprodukte ist zudem notwendig. Eine Kalibrierung des Sensors im Labor, um die radiometrische Genauigkeit sicherzustellen, ist ebenfalls in Planung.

Ausblick

Für das nächste Jahr ist eine Fortführung der Entwicklungsarbeiten bei PERCA und AMAXDOAS geplant. Das abbildende AMAXDOAS soll aufgebaut und ein erster Testflug durchgeführt werden. Für die MAMAP und ASUR sind die konkrete Anpassung an die HALO und die Vorbereitung der Flugabnahme vorgesehen. Die genauere Planung hängt allerdings stark von den Ergebnissen der laufenden Anträge zum HALO SPP ab.

2.2.2 J.W. Goethe-Universität Frankfurt - Institut für Atmosphäre und Umwelt

Prof Dr. U. Schmidt, Dr. A. Engel, Dr. H. Bingemer, Dr. U. Bundke, Dr. M. Volk

Wissenschaftlich-technische Ergebnisse

Das Institut für Atmosphäre und Umwelt der J.W. Goethe Universität plant den Einsatz einer Reihe verschiedener Instrumente für das neue Forschungsflugzeug HALO. Diese Instrumente, und auch die wissenschaftlichen Fragestellungen konzentrieren sich auf zwei Aspekte. Dies sind zum einen die Erforschung der troposphärischen Eisphase im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 641, sowie der Untersuchung von Transportprozessen im Tropopausebereich, z.B. im Rahmen der Demomission TACTS.

Die Arbeiten im Jahr 2006 können als vorbereitende Arbeiten betrachtet werden. So haben die verschiedenen Mitarbeiter des Instituts an den diversen technischen und wissenschaftlichen Planungsbesprechungen zu HALO teilgenommen, um technische Fragen bezüglich der Integration der Instrumente, der Unterbringung von Messapparaturen in Aussenlastbehältern und der Einlassteile zu erörtern.

Insgesamt sind in einer ersten Phase 3 Messgeräte für HALO geplant, deren Finanzierung großteils von der Förderung durch die DFG abhängt. An diesen Geräten sollen auch Arbeiten im Rahmen des virtuellen Instituts durchgeführt werden, die im weiteren beschrieben werden.

In-situ GC/MS GhOST-MS

Der am Institut vorhanden in-situ Gaschromatograph GhOST II (Gaschromatograph for the Observation of Stratospheric Tracers) soll um einen Kanal erweitert werden, der ein MS (Massenspektrometer) als Detektor verwendet. Im Gegensatz zu den bisher betriebenen GC (Gaschromatographie) Kanälen wird dieser Kanal aufgrund der Detektorcharakteristik des MS eine kryogene Probenanreicherung benötigen. Im zweiten Halbjahr 2006 ist ein Prototyp einer solchen automatisierten Anreicherungseinheit entwickelt worden. Eine besondere Herausforderung ist hierbei, dass die Spurengase aus einer Luftprobe bei Temperaturen unterhalb -150°C quantitativ ausgefroren werden müssen, und anschließend die Probenschleife schnell (Ziel: weniger als eine Sekunde) auf ca. 200°C aufgeheizt werden soll. Diese Zeiten konnten beim Prototypen durch Verwendung sehr kleiner thermischer Massen und einer direkten Widerstandsheizung der Probenschleife erreicht werden. Der Prototyp soll im weiteren mit einem vorhandenen GC/MS System getestet werden, um Erfahrungen mit der Automatisierung einer solchen Anreicherung zu erwerben. Im Rahmen des VI wird weiterhin die Projektierung des Gerätes im ersten Halbjahr 2007 betrieben werden.

FINCH (Fast Ice Nuclei Chamber)

Der im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 641 entwickelte schnelle Eiskeimzähler FINCH soll zu einer flugfähigen Version für den Einsatz auf HALO weiterentwickelt werden. Das Gerät „entwickelt“ das in einem Probeluftstrom enthaltene wolkenaktive Aerosol in einem gekühlten Mischungsreaktor mit befeuchteter Luft zu Tröpfchen und Eispartikeln, die optisch detektiert und gezählt werden. Über die Depolarisation zirkular polarisierten Lichtes werden Tröpfchen und Eis unterschieden. In 2006 wurden verschiedene Komponenten des Gerätes im Hinblick auf den Bau der Flugzeugversion des Gerätes modifiziert und optimiert. Der Mischungsreaktor wurde als modulares, dreiteiliges System neu aufgebaut und durch Strömungsrechnungen charakterisiert. Diese Bauweise gestattet eine bessere Anpassung an die reduzierten Raumverhältnisse auf HALO. Ein neues primäres Kühlsystem des Reaktors befindet sich in der Erprobung. Die optische Detektion wird unter reduzierten Druckverhältnissen getestet. Der für das Gerät entwickelte Taupunktsensor zur Messung von

Übersättigungen wurde im November 2006 während der CIRRUS-Kampagne als Außenlast am Lear Jet getestet.

Ferner sind wir an der Entwicklung der Aerosoleinlässe in den jeweiligen Arbeitsgruppen aktiv beteiligt (Sub und Super -Micron Einlass) und nahmen während des AAAR Meetings in St. Paul an dem dort stattfindenden Nutzertreffen teil.

In-situ GC PERTRAS

Das Messspektrum des am Institut entwickelten in-situ Gaschromatographen HAGAR (High Altitude Gas Analyzer), der in den vergangenen Jahren auf der M55 Geophysica zur Messung langlebiger Spurengase eingesetzt wurde, soll für den Einsatz auf HALO erweitert werden. Als besonders nützliche Erweiterung wurde die Detektion von Perfluorcarbon-Tracern (PFTs) erwogen, die die Möglichkeit der Durchführung Lagrangescher Flugzeugexperimente eröffnet, wenn die PFTs 1-2 Tage vorher vom Flugzeug aus freigesetzt werden. Im Berichtszeitraum wurde diese Erweiterungsmöglichkeit im Detail verfolgt, und eine Kooperation mit Dr. Hans Schlager (DLR) vereinbart, in dessen Gruppe ein PFT-Freisetzungsmodul für HALO sowie optimale Strategien für Lagrangesche Flugexperimente entwickelt werden. Basierend auf HAGAR soll nun als Detektionseinheit eines zu entwickelnden „Perfluorocarbon Tracer System“ (PERTRAS) für HALO ein modularer Gaschromatograph aufgebaut werden, bei dem kurzfristig zwischen zwei Konfigurationsalternativen gewechselt werden kann: i) Detektion eines Perfluorcarbon-Tracers (PFT) für Lagrangesche Flugzeugexperimente oder ii) Detektion einer Reihe langlebiger stratosphärischer Tracer zur Untersuchung von Transportprozessen. Nach weiteren vorbereitenden Recherchen zur Umsetzbarkeit dieses Vorhabens und einer groben Projektplanung wurde zusammen mit Dr. Hans Schlager ein entsprechender gemeinsamer Projektantrag im HALO-Schwerpunktprogramm der DFG eingereicht.

2.2.3 Universität Hamburg – Meteorologisches Institut

Dr. G. Peters

1. Wolkenradar für HALO

Wie im Antrag zum VI angekündigt, wurde die Realisierung eines Wolkenradars für HALO in Angriff genommen.

- **Abstimmung mit HIAPER-Planung.** Am Rande der EGU Tagung im April 2006 in Wien wurde mit Kollegen vom NCAR/Boulder und der NSF/USA ein Meeting durchgeführt, um die Wolkenradarplanungen für HIAPER und HALO abzustimmen. Danach wird für HIAPER zunächst ein scannendes W-Band (ca. 95 GHz) Radar favorisiert, da dies auf Grund seiner kleinen Antenne in einem Wing-Pod untergebracht werden kann. Prinzipiell passt dies sehr gut zu unserer Planung, HALO mit einem K-Band Radar (ca. 36 GHz) auszurüsten, das im Belly-Pod installiert wird. Gelingt es, die Wing-Pods austauschbar zu gestalten, so lässt sich an Bord von HALO für einzelne Missionen ein Dual-Wavelength Radar realisieren.
- **Beschaffung Wolkenradar.** Nach der Bewilligung eines Antrags der Universität Hamburg für die Beschaffung eines Wolkenradars aus dem HBFNG-Fond, wurde ein detailliertes Pflichtenheft für ein K-Band Wolkenradar erstellt, wobei die Einbaufähigkeit in HALO Bestandteil der Spezifikationen ist. Dagegen soll der Einbau in HALO selbst in enger Zusammenarbeit mit dem IPA/DLR realisiert werden. Zur Auswahl standen zwei unterschiedliche Radar-Konzepte – ein voll-kohärentes System, das zur Erreichung der notwendigen Empfindlichkeit kodierte Sendesignale benötigt, und ein "coherent-on-receiver"-System mit einem Magnetronsender, wobei die zugesagten Leistungseigenschaften bei beiden Konzepten im Wesentlichen vergleichbar waren. Aus Preisgründen fiel die Entscheidung zu Gunsten des letzteren, zumal Erfahrungen am Max-Planck-Institut mit einem Prototyp und Langfristerfahrungen mit einem baugleichen System beim Deutschen Wetterdienst gezeigt hatten, dass die geforderten Eigenschaften tatsächlich erreicht werden können. Die Bestellung erfolgte im Sommer 2006. Mit der Lieferung wird Mitte 2007 gerechnet. Einzelheiten des mechanischen Einbaus wie die Verteilung der Radar-Komponenten in die bedruckte Kabine und in den Belly-Pod wurden, soweit es der jeweilige Planungsstand zuließ, mit dem Radarhersteller (METEK) einerseits und mit der Flugabteilung des DLR andererseits abgestimmt, u.a. in einem gemeinsamen Ortstermin am 20.7.2006 am Flugzeug.
- **Signalanalyse.** Sowohl die morphologischen als auch mikrophysikalischen Wolkenparameter sind nicht in einfacher und eindeutiger Weise mit dem Radarsignal verknüpft. Vielmehr sind umfangreiche zum Teil empirische Retrieval-Verfahren erforderlich, um diese Parameter abzuleiten. Dabei erfordert die Nutzung der über die Radarreflektivität hinausgehenden spektralen und polarimetrischen Signaleigenschaften noch erhebliche Grundlagenentwicklung. Diese wird auf verschiedenen Ebenen vorangetrieben, um einen möglichst großen Nutzen für den Einsatz auf HALO zu erreichen. In der gemeinsamen Radarentwicklungsgruppe des Meteorologischen Instituts und des Max-Planck-Instituts für Meteorologie wurde Frau Sabrina Melchionna im November 2005 als Doktorandin eingestellt, die die Aufgabe hat, an Hand des am MPI vorhandenen Radar-Prototyps die Signalanalyse für den Einsatz auf HALO anzupassen. Konkrete Schritte ihrer Arbeit sind,
 - o aus den Doppler-polarimetrischen Signaleigenschaften eine qualitative Signalklassifikation abzuleiten (unterschiedliche Hydrometeore und andere Targets),
 - o mikrophysikalische Parameter der verschiedenen Signalklassen so weit möglich zunächst allein aus Radar-Daten zu quantifizieren,
 - o weitere Informationen von anderen Sensoren heranzuziehen: Am MPI wird ein Mehrwellen Aerosol-Lidar betrieben, das zumindest im Wolkenrandbereich extinktions-korrigierte Rückstreuquerschnitte liefern kann. Da die Lidar- und

Radar-Rückstreuquerschnitte proportional zum zweiten beziehungsweise sechsten Moment der Tropfengrößenverteilung sind, können aus der Kombination der Rückstreuquerschnitte mittlere Tropfendurchmesser abgeschätzt werden.

2. Erweiterung mit Radiometern

Die Möglichkeiten, alleine aus Wolkenradardaten quantitative mikrophysikalische Wolkenparameter abzuleiten sind bekanntermaßen begrenzt. Die Kombination mit LIDAR ist zwar hilfreich aber nur auf den Wolken-Randbereich oder auf optisch dünne Wolken beschränkt. Daher wurde mit Planungen zur Erweiterung des HALO-Wolkenradars mit Mikrowellen-Radiometern zu einem "HALO Microwave Package" (HAMP) begonnen. Möglichkeiten der Installation im Bellypod zusätzlich zum Wolkenradar und zu einer Lidar-Installation wurden mit der Flugabteilung des DLR in Oberpfaffenhofen diskutiert. Darauf wurden vorläufige Konzepte zu Frequenzwahl und Scan-Strategie entworfen und Experten zur Diskussion gestellt. Diese Vorüberlegungen mündeten in einem Proposal für die Max-Planck-Gesellschaft zur Beschaffung eines Mehrkanalradiometers, der Ende 2006 bewilligt wurde, so dass mit der Detailspezifikation für die Beschaffung in 2007 begonnen werden konnte.

3. Weitere Planungen

Wir rechnen damit, im Laufe von 2007 ein funktionsfähiges HAMP zur Verfügung zu haben, das zunächst bodengebunden intensiv erprobt werden soll. Ein wesentlicher Aspekt ist dabei die Entwicklung von Retrieval-Algorithmen, die die Synergie der aktiven und passiven Sensoren ausnutzt. Für diese Entwicklung ist die enge Zusammenarbeit mit den Universitäten Köln (Crewell, Löhnert) und Bonn (Battaglio) sowie dem IPA (Hagen) geplant. Durch die Teilnahme mit dem Wolkenradar am Feldexperiment COPS im Sommer 2007 auf einer Super Site, die von Projektpartnern auch mit Radiometern ausgerüstet sein wird, versprechen wir uns weitere Anregungen für die Algorithmenentwicklung. Im Rahmen des entstehenden DFG Schwerpunkts HALO wurde von Hamburg (Quaas et al.) die Vorbereitung einer weiteren HALO-Mission (in Partnerschaft mit Uni Köln) vorgeschlagen, bei der es um die verbesserte Beschreibung von Wolken in globalen Modellen und den Einfluss von Niesel auf den Lebenszyklus von Grenzschichtbewölkung geht. Sollte dieser Vorschlag akzeptiert werden, könnte die Algorithmenentwicklung zum Retrieval mikrophysikalischer Wolkenparameter entsprechend intensiviert werden.

2.2.4 Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg – Institut für Physik der Atmosphäre

Prof. Dr. K. Pfeilsticker, Prof. Dr. U. Platt, Prof. Dr. T. Wagner, Dr. K.-P. Heue, Dr. A. Lotter, B. Simmes, C. Prados

I. Aktivitäten zu VH-VI-156 im Jahr 2006

Die Aktivitäten des Institutes für Umweltphysik konzentrierten sich für den Berichtszeitraum 2006 auf folgende Arbeiten:

a) Planung und Entwicklung neuer Instrumente für den Einsatz auf dem Forschungsflugzeug HALO:

- 1) Ein Instrument für die Spektroskopie im nahen infraroten Spektralbereich, bestehend aus zwei Spektrometern (1,1 – 1,7 μm und 1,5 – 1,7 μm), mit der Möglichkeit den Flüssigwasser- und Eisgehalt in Mischphasenwolken in Nadir und Limb Richtung zu bestimmen und gleichzeitig die Säulendichten der wichtigen atmosphärischen Treibhausgase Methan (CH_4) und Kohlendioxid (CO_2) entlang des Flugweges unterhalb der Flughöhe zu messen.
- 2) Ein bildgebendes 2-D Spektrometer mit dem räumlich aufgelöste Bilder diverser atmosphärischer Spurengase (BrO , O_3 , SO_2 , NO_2 , HNO_2 , $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_2$, CH_3O , H_2O , CH_4 , O_4 , ...) erstellen werden können. Solche Untersuchungen sind wichtig um Quellgebiete und die photochemische Transformation natürlicher und anthropogener Spurengase zu untersuchen.
- 3) Ein Limb-scanning Spektrometer mit dessen Hilfe man räumlich und zeitlich aufgelöste Profile von Spurengasen messen kann, die für die Photochemie der klimatisch wichtigen oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre von Bedeutung sind.

b) Durchführung von Test- bzw. Feldmessungen:

- 1) Im Rahmen einer Messkampagne im Oktober 2006 wurde ein Vorläufermodell des bildgebenden 2-D Spektrometer auf einer Aero Commander (ZS-JRA) des südafrikanischen meteorologischen Service in Südafrika erfolgreich getestet.
- 2) Zur Vorbereitung für die ASTAR Kampagne und zur spektralen Eichung wurde bzw. wird derzeit das neu gebaute Limb-scanning Spektrometer umfangreichen Labormessungen unterzogen

c) Erstellung der Genehmigungsunterlagen für den Einsatz des Limb-scanning Spektrometers (siehe Anlage). Sein erstmaliger Einsatz auf der Falcon ist im Rahmen der ASTAR Kampagne im Frühjahr 2007 vorgesehen.

d) Antragstellung im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms „SPP-1294“ (HALO): Am 8. Januar 2007 wurde vom Institut für Umweltphysik ein Antrag zum DFG Schwerpunktprogramm „SPP-1294“ eingereicht (siehe Anlage), der die Mittel der unter a) aufgeführten Instrumente beinhaltet. Die Begutachtung des Forschungsantrags zum DFG Schwerpunktprogramm „SPP-1294“ wird am 19./20. März 2007 stattfinden.

e) Teilnahme an Vorbereitungssitzungen und Projekttreffen zu HALO:

- Kick-off-Meeting zum Virtuellen Institut VH-VI-156, Oberpfaffenhofen, 19.01.2006
- HALO - Certification Workshop, Oberpfaffenhofen, 21.11.2006
- Rundgespräch zum DFG-Schwerpunktprogramm „SPP-1294“, Frankfurt am Main, 29./30.11.2006

II. Verwendung der Mittel aus VH-VI-156 im Jahr 2006

Aus den Finanzmitteln des Virtuellen Instituts VH-VI-156 wird zur Erstellung eines Forschungsantrags im Rahmen des DFG Schwerpunktprogramms „SPP-1294“ (Atmosphären- und Erdsystemforschung mit dem Forschungsflugzeug HALO) eine geprüfte wissenschaftliche Hilfskraft beschäftigt. Die Aufgaben der wissenschaftlichen Hilfskraft umfassen die Punkte:

- 1) Charakterisierung der wichtigsten physikalischen und atmosphärischen Eingangsgrößen für die Planung der Messinstrumente
- 2) Erhebung und Formulierung der technischen Rahmenbedingungen zum Bau der Messinstrumente
- 3) Technische und physikalische Planung der Messinstrumente
- 4) Erstellung eines Kostengerüsts

III. Weiteres Vorgehen

Es ist vorgesehen die unter Punkt I. genannten Instrumente im Rahmen des VH-VI-156 und SPP-1294 zu bauen und schließlich bei mehreren HALO-Demonstrationsmissionen (ACRIDICON, CIRRUS, NEPTUN, OMO, POLSTRAC, TACTS, ...) einzusetzen. Das weitere Vorgehen gliedert sich wie folgt:

- 1) Konzeption der Messinstrumente im Rahmen der bewilligten Mittel und Erwerb der benötigten Geräte und Komponenten
- 2) Zusammenbau der Messinstrumente und Charakterisierung der Geräteeigenschaften durch Testmessungen im Labor
- 3) Testmessungen bei Missionsflügen der Falcon, Geophysica und LPMA/IASI Ballongondel
- 4) Vorbereitung der Messinstrumente für den Einbau in HALO
- 5) Zertifizierung der Messinstrumente für den Flugbetrieb
- 6) Teilnahme bei den Vorbereitungssitzungen zu den HALO-Demonstrationsmissionen

Ein bereits bestehendes und bei Ballonflügen erfolgreich eingesetztes Limb-scanning Spektrometer wird momentan für den Einsatz auf dem Forschungsflugzeug Falcon vorbereitet und soll dort erstmalig bei der ASTAR Mission im März 2007 betrieben werden.

2.2.5 Johannes-Gutenberg-Universität Mainz – Institut für Physik der Atmosphäre

Prof. Dr. S. Borrmann, Dr. J. Curtius, Dr. J. Schneider, Dr. F. Drewnick

Die im Herbst des Jahres 2006 durch das VI zur Verfügung gestellten Gelder in Höhe von 22.860,- Euro sind für den Erwerb von drei Instrumenten-Racks für das Forschungsflugzeug HALO geplant. Derzeit stehen diese Racks leider noch nicht zur Verfügung und können noch nicht bestellt werden, sie sollen aber ab dem Jahr 2007 von der DLR zum Stückpreis von ca. 7.500,- Euro bezogen werden können (Mitteilung von Dr. H. Ziereis, DLR). Da die Racks im Jahr 2006 noch nicht zu bestellen waren, wurden die Mittel ins Jahr 2007 übertragen.

In diese Racks sollen unsere beiden Aerosol-Massenspektrometer, das SPLAT und ToF-AMS (Single Particle Laser Ablation Time-of-Flight Massenspektrometer und das Time-of-Flight Aerosol Massenspektrometer) eingebaut werden. Diese Massenspektrometer sollen auf HALO eingesetzt werden, um die chemische Komposition von Aerosolpartikeln und von Wolkenresiduen in situ zu bestimmen.

Personalmittel und Investitionsmittel für den Aufbau und die flugzeugspezifische Integration dieser beiden Massenspektrometer wurden im Rahmen von anderen Projektanträgen beantragt (z.B. Schwerpunktsantrag der DFG "HALO"), bei denen jedoch zugesagt wurde, die HALO-Racks über andere Finanzmittel zu beschaffen.

2.2.6 Ludwig-Maximilians-Universität - Meteorologisches Institut der

Dr. M. Wiegner

The activities in 2006 were focused on the elaboration of ideas to support the HALO community by providing information on aerosols and clouds. Though there are several experiments planned to determine cloud and aerosol properties by in-situ and remote sensing techniques, a gap in the present concepts of HALO missions was identified: range resolved information are not available in those cases where the implementation of a complex aerosol lidar system like the HSRL is inhibited for space reasons. As a consequence, the idea of the development of a small lidar was born to create new scientific options.

As a consequence, we propose a compact system that can deliver cloud top heights, cloud topography, cloud field morphology, layering of clouds, ice/water cloud discrimination and aerosol parameters. The aerosol information should comprise the height of the planetary boundary layer, backscatter profiles at one wavelength and the linear depolarization ratio to distinguish between spherical and non-spherical particles. By providing range resolved information on clouds and aerosols, synergy between in-situ, passive and active remote sensing techniques, e.g., in the microwave spectral range, can be used what would otherwise be impossible. These approaches can be relevant in the framework of atmospheric studies (e.g., radiation-, clouds-, dynamics- and chemistry-missions) and in Earth-oriented studies as well. Moreover, the lidar can be used for real-time flight planning. An application for funding of such a system was submitted to the DFG (SPP 1294/1).

We have already briefly reviewed existing airborne systems to examine different concepts for their suitability to act as starting point for the proposed HALO-lidar. A "similar" compact lidar system – because it was already implemented onboard of the Geophysica – is the MAL lidar developed by the University of Neuchatel. It follows the concept of low energy pulses (in the range of μJ) and high repetition rates (in the range of kHz) and is operated fully automatically. It was mounted at the wings of the aircraft. An alternative concept is the implementation of a compact lidar in the body of HALO – which certainly would facilitate the flight-certification –, and to use a laser with pulses of higher energies (in the range of mJ) and lower repetition rate (typically 20-50 Hz). In principle, the latter concept promises a better signal-to-noise ratio. This concept was realized in the framework of POLIS of the Meteorological Institute of the LMU; POLIS was successfully operated from a DO 228 and a CESSNA. Other concepts known from space proofed technology or commercially available ceilometers are not suitable.

A close cooperation with the lidar group and the department "Flugtechnik" of DLR was agreed to benefit from their experience with lidar measurements onboard of the Falcon.

Furthermore, a preliminary list of potential scientific applications of a small lidar was elaborated and discussed with several partners of the HALO community.

Cooperation with the Institut für Geophysik und Meteorologie, Köln, and the MPI Hamburg concerns joint measurements with microwave radiometers and this lidar to investigate synergistic approaches to describe spatial and temporal distributions of water and ice clouds on small scales to improve parameterizations and to validate numerical models such as ECHAM5. So, the numerical treatment of sub-scale processes can be improved. Collaboration with the Institut für Umweltphysik, Heidelberg, can focus on merging lidar information (e.g., the linear depolarization ratio) and IR radiance measurements to better characterize cloud fields. Cooperation with the Institut für Meteorologie und Klimatologie, Hannover, and Institut für Physik der Atmosphäre, Mainz, can concentrate on closure experiments with respect to 3D radiative transfer modelling.

First discussions with Jürgen Fischer (Institut für Weltraumwissenschaften, FU Berlin) and colleagues in the framework of the SCALA-project gave also some possible contributions of the lidar by improving atmospheric corrections in the framework of Earth-oriented missions.

A detailed elaboration of possible collaborations as listed above and the establishment of a list of priorities must be postponed until the performance of the lidar on the one hand, and the partner-instruments and the payloads of the missions on the other hand are known precisely. These tasks will be an major part of the SPP-proposal, if funded, but will also be discussed in the framework of the virtual institute.

Beyond these planned activities the definition of links between results from the proposed lidar onboard of HALO and the groundbased lidar measurements in the framework of EARLINET (European Aerosol Research Lidar Network) is under consideration. The same is true for assessing the benefit of a HALO lidar for validation purposes of spaceborne lidar missions (e.g., CALIPSO, ADM, EarthCARE).

Up to now no funds have been spent by the Meteorological Institute in the frame of the VI.

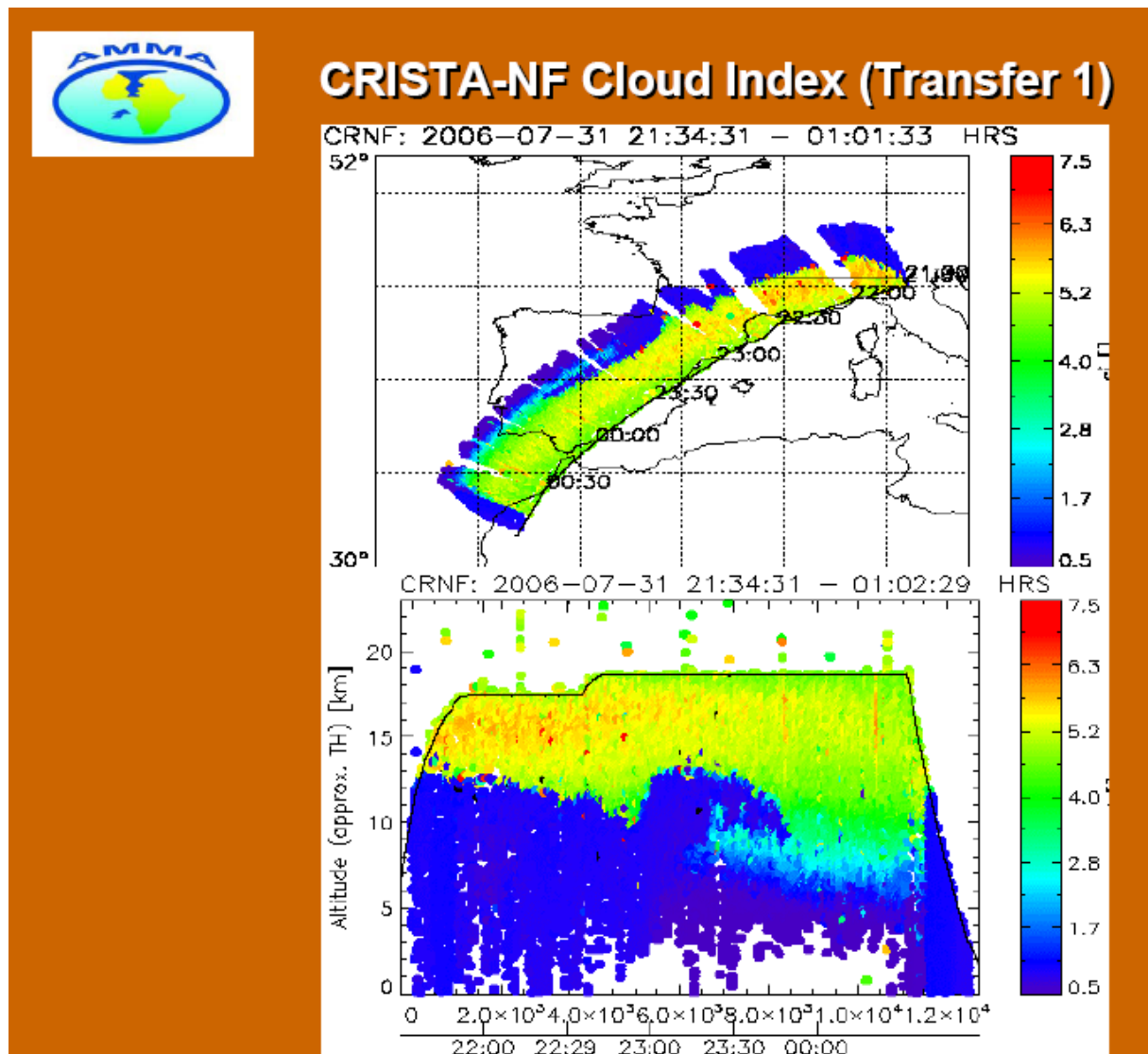
2.2.7 Bergische Universität Wuppertal - Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften, Fachgruppe Physik

Prof. Dr. K. Grossmann, Dr. P. Knieling, Dr. F. Olschewski, Prof. Dr. R. Koppmann

Friedhelm Olschewski präsentierte auf dem Kickoff-Meeting des virtuellen Instituts am 19. 1. 2006 in Oberpfaffenhofen technische und wissenschaftliche Details zum Experiment CRISTA-NF, das auch auf HALO zum Einsatz kommen soll.

CRISTA-NF hat bisher an zwei Meßkampagnen auf der Geophysica teilgenommen, SCOUT-03 im November/Dezember 2005 und AMMA im August 2006. Während dieser Missionen konnten die Einsatzfähigkeit von CRISTA-NF demonstriert und einige technische Unzulänglichkeiten beseitigt bzw. verbessert werden. Die dabei gewonnenen Erfahrungen kommen unmittelbar auch dem Einsatz auf HALO zugute.

Als Beispiel für die Meßdaten eines Kanals von CRISTA-NF im ist in der Abbildung der Wolkenindex als Funktion der Position längs des Flugweges (oben) und als Funktion der Höhe (unten) auf dem Transferflug von Verona nach Marrakech während AMMA dargestellt.



Ferner wurden erste Überlegungen zu Zulassungsfragen angestellt und am HALO-Certification Workshop teilgenommen.