

Impuls- und Vernetzungsfonds des HGF-Präsidenten – Vernetzung mit Hochschulen

**Antrag zum Aufbau eines gemeinsamen virtuellen Instituts VH-VI-058:
"Atmosphärenforschung mit dem Forschungsflugzeug HALO"**

Antragsteller:

**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**

Koordination:

Prof. Dr. Ulrich Schumann

Dr. Helmut Ziereis

Institut für Physik der Atmosphäre

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Oberpfaffenhofen

82234 Weßling

Tel.: 08153-28 2520 / 08153-28 2542

Fax: 08153-281841

E-mail: ulrich.schumann@dlr.de / helmut.ziereis@dlr.de

1 Vorbemerkung

Nach erfolgreicher Begutachtung durch den Deutschen Wissenschaftsrat und intensiven Gesprächen auf Leitungsebene von BMBF, HGF und MPG wurde im September 2004 eine Einigung bezüglich der Finanzierung von HALO erzielt. In einer Pressemitteilung gab Bundesministerin Frau Bulmahn am 13. September 2004 bekannt, dass Deutschland ein neues Forschungsflugzeug für die Atmosphärenforschung bekommen wird: „Mit HALO geht die Atmosphärenforschung in eine neue Dimension.“

Durch diese Einigung wurde der Weg frei gemacht, intensive Vertragsverhandlungen mit der Firma Gulfstream aufzunehmen, die das HALO Flugzeug bauen und gemeinsam mit der Firma RUAG in Oberpfaffenhofen modifizieren soll. Die Unterzeichnung des Vertrages mit Gulfstream ist für Mitte November 2004 geplant.

Der aktuelle Stand der Planungen sieht vor, dass HALO für die ersten wissenschaftlichen Missionen ab Mitte 2008 zur Verfügung stehen wird. Mittelfristig wird HALO das derzeitige Flaggschiff der deutschen Forschungsflugzeugflotte, die Falcon des DLR ablösen. Geht man von einem ähnlich langen Nutzungszeitraum wie für die Falcon aus, dann wird HALO ein wesentliches Werkzeug der deutschen Atmosphärenforschung in den nächsten zwei Jahrzehnten werden.

Die Beschaffung des Basisflugzeuges, der Umbau zu einer wissenschaftlichen Plattform, die Vorbereitung der notwendigen Instrumentierung und die Planung der ersten wissenschaftlichen Missionen mit HALO ist ein komplexer und zeitaufwändiger Vorgang. Um den ehrgeizigen Zeitplan einzuhalten, ist daher frühzeitig mit der Vorbereitung der Messinstrumente für HALO und der Missionsplanung zu beginnen.

Mit diesem Antrag soll die Erforschung der Atmosphäre mit HALO im Team der Partnerinstitute und mit internationalen Partnern vorbereitet und gefördert werden. Er soll die Kooperation auf diesem Gebiet stärken und weiter ausbauen.

Die in diesem Verbund zusammengeschlossenen Partner arbeiten seit Jahren bei der Planung von HALO zusammen und haben sich bei der Antragstellung und der Begutachtung durch den Wissenschaftsrat stark für HALO engagiert. Darüber hinaus planen sie bestehende Instrumente für den Betrieb auf HALO umzurüsten bzw. neue Instrumente aufzubauen. Dieser Verbund umfasst nicht alle HALO – Partner. Leider können an diesem Verbund die HALO – Partner aus MPG und WGL nicht teilnehmen. Die Partner dieses Verbundes werden aber auch über dessen Grenzen hinweg mit den Einrichtungen aus MPG und WGL zusammenarbeiten.

2 Stand des Wissens – Das Projekt HALO

Das Projekt HALO beruht auf einer Gemeinschaftsinitiative führender wissenschaftlicher Einrichtungen in Deutschland, die auf dem Gebiet der Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung tätig sind. Stellvertretend für über dreißig Forschungsinstitute hat das DLR gemeinsam mit der MPG im Jahr 2001 einen Antrag auf Beschaffung, Umrüstung und Betrieb eines neuen deutschen Forschungsflugzeuges gestellt. Der Kreis der HALO–Unterstützer schließt HGF–Zentren, Max–Planck–Institute, Universitäten, Einrichtungen der WGL und den Deutschen Wetterdienst ein.

Forschungsflugzeuge sind ein unverzichtbares Werkzeug für die Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung. Sie schließen die Lücke zwischen den erdgebundenen Beobachtungen und der Untersuchung der Atmosphäre durch Satelliten. Mit ihnen lassen sich die notwendigen Datensätze gewinnen, die für die Validierung von Satellitenmessungen unerlässlich sind und sie liefern unverzichtbare Eingangsparameter für Prozessstudien und aufwändige Klimarechenmodelle. Zudem ist es für grundlegende Untersuchungen einer Vielzahl, bisher nur unvollständig verstandener, wolkenmikrophysikalischer und atmosphärenchemischer Phänomene notwendig Messungen direkt innerhalb der betroffenen Luftmassen durchzuführen. Zum Beispiel kann so geprüft werden, ob im Labor untersuchte Prozesse auch tatsächlich in der freien Atmosphäre ablaufen und welche Rolle sie dort spielen. Forschungsflugzeuge sind „fliegende Labors“, die Messinstrumente und Beobachter zu gezielten Beobachtungen mit hier Auflösung genau an den Ort des Interesses bringen können. Mit Ihnen können Messungen auch zu solchen Parametern gewonnen werden, die der Fernerkundung nicht zugänglich sind (z.B. Kondensationskerne).

Die Atmosphärenforschung mit Flugzeugen hat eine lange Tradition in Deutschland. Seit nunmehr 28 Jahren wird die Falcon des DLR für wissenschaftliche Aufgaben eingesetzt. Daneben werden bzw. wurden auch andere Forschungsflugzeuge von deutschen Wissenschaftlern genutzt: Die Do228 des DLR, die Learjets der GFD mit enviscope, die Citation II des NLR, eine Transall der Bundeswehr, das russische Höhenforschungsflugzeug M-55 GEOPHYSICA, die in Deutschland gebaute G520 T und andere.

Mit diesem neuen Forschungsflugzeug werden Bereiche der Atmosphäre erschlossen, die bislang mit keinem europäischen Forschungsflugzeug erreicht wurden. Die Kombination aus großer Reichweite, großer Gipfelhöhe und vergrößerter Nutzlast machen es zu einer einzigartigen wissenschaftlichen Plattform. Mit seiner Reichweite von mehr als 8000 km können alle Regionen von den Polen bis zu den Tropen und den abgelegenen Gebieten des Pazifiks erreicht werden. Die maximale Flughöhe von über 15 km ermöglicht auch Messungen in der unteren Stratosphäre, außerhalb der Tropen. Im Bereich der Tropen erreicht das Flugzeug die sogenannte Tropical Transition Layer und damit die Höhe der meisten Gewittertürme. Die maximale Nutzlast von HALO von ca. 3000 kg liegt deutlich über der der Falcon. Dadurch kann es eine größere Anzahl von Instrumenten beherbergen. Dies ist für eine umfassende Beschreibung komplexer atmosphärischer Prozesse notwendig. Aus diesen Gründen ist HALO mehr als nur ein Ersatz für das Forschungsflugzeug Falcon des DLR und mehr als nur ein weiteres Forschungsflugzeug in Deutschland bzw. in Europa.

Flugzeugmessungen tragen zu einem verbesserten Verständnis atmosphärischer Prozesse bei und dadurch zur Entwicklung von verbesserten meteorologischen-, Klima- und Chemie-Modellen. Diese Modelle dienen zur Untersuchung komplexer Wechselwirkungen und Rückkopplungen. Die Zuverlässigkeit von Modellvorhersagen hängt davon ab, dass sie die Prozesse auf allen relevanten Skalen gut beschreiben. Um dies zu erreichen, muss man diese Prozesse zunächst genügend genau kennen und Messdaten zur Überprüfung von Modellen bereitstellen. Satellitenbeobachtungen liefern in der Regel zwar ein großräumiges, dafür aber zumeist nur ein zweidimensionales Bild der Atmosphäre bei grober Auflösung. Flugzeugmessungen ermöglichen dagegen ein fein aufgelöstes dreidimensionales Bild in einer begrenzten Region und können gemeinsam mit Satellitenbeobachtungen eine umfassende Beschreibung der Atmosphäre von regionalen bis zu globalen Skalen liefern. Intensive Flugzeugmesskampagnen mit HALO werden durch Modell-Vorhersagen und Satellitendaten zur Flugplanung unterstützt werden. Darüber hinaus wird eine unabhängige Überprüfung von Modellen und Auswertealgorithmen für die Fernerkundung ermöglicht.

Von zentraler Bedeutung für das Projekt HALO ist das neue Betriebskonzept. Es sieht ein festes Kontingent von vorfinanzierten Flugstunden vor, über deren Vergabe ein Wissenschaftlicher Lenkungsausschuss entscheiden wird. An der Finanzierung eines Basisbetriebstundenumfanges von HALO werden sich die DFG für die Universitäten, das FZJ, das FZK, die DLR, die MPG und Institute der WGL beteiligen. Der große Vorteil dieses Betriebskonzeptes liegt darin, dass es den Hochschulen, die über keine großen eigenen Finanzmittel verfügen, den Zugang zu HALO erleichtert.

HALO wird für viele Jahre eines der wichtigsten Werkzeuge der Atmosphärenforschung in Deutschland sein und dazu beitragen die im Gutachen des Wissenschaftsrates als führend charakterisierte Position der deutschen Wissenschaft auf diesem Gebiet auszubauen und zu festigen.

HALO bietet die Möglichkeit einer flexiblen auf die Bedürfnisse des jeweiligen Missionsziels zugeschnittenen Nutzung. Durch diese Flexibilität und die Kombination aus Nutzlast, Reichweite und Höhe ist mit HALO ein breites Spektrum wissenschaftlicher Nutzung möglich.

Es wurde bereits eine Reihe von wissenschaftlichen Feldern definiert, auf denen HALO zu einer bedeutenden Vergrößerung des Wissens beitragen kann:

Atmosphärische Chemie und globale Verschmutzung

- Oxidationsfähigkeit der Atmosphäre

- Untersuchung der Chemie und der Dynamik der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre

- Reduzierung der Unsicherheit der durch Blitze produzierten Stickoxid-Konzentration

Atmosphärische Dynamik und Transport

- Untersuchung der Kopplung zwischen Troposphäre und Stratosphäre
- Quantifizierung des Transportes durch hochreichende Konvektion
- Messung des interkontinentalen Verschmutzungstransports von Gasen und Aerosolen

Wolkenforschung

- Verbesserung unseres Verständnisses von Zirren in Tropen, mittleren und polaren Breiten
- Gewinnung von wichtigen Wolkenparametern, um die Unsicherheit in Klimamodellen zu reduzieren
- Erforschung der Wolken in der unteren Stratosphäre und oberen Troposphäre und der heterogenen Chemie an Wolkenteilchen

Erforschung des atmosphärischen Aerosols

- Messungen in Reinluftgebieten und anthropogen belasteten Gebieten
- Charakterisierung der Wechselwirkung zwischen Aerosol und Wolken
- Erforschung des Einflusses des Aerosols auf die Niederschlagsbildung
- Studien zu Wirksamkeit des Aerosols bezüglich Strahlungshaushalt und Atmosphärenchemie

Meteorologische Forschung

- Verbesserung der Wettervorhersage
- Verbesserung der Niederschlagsvorhersagemodelle
- Verbesserung des Nowcasting verschiedener meteorologischer Variablen

Klimaforschung

- Verständnis der Energiebilanz der Atmosphäre
- Reduzierung der Unsicherheit der Klima Sensitivität
- Auswirkung des troposphärischen Aerosols auf das Klima

Globaler Kohlenstoffkreislauf

- Untersuchung der Kohlenstoffaufnahme durch Biosphäre und Ozeans
- Klimaveränderung in hohen Breiten und Kohlenstoffkreislauf

Polarforschung

- Beobachtung der sich ändernden Eisdicke in der Arktis und ihrer Verteilung
- Untersuchung der arktischen Luftverschmutzung

Erdbbeobachtung

- Suche nach Signaturen des Einflusses von extra - terrestrischen Objekten auf die Erde
- Geomorphologie und Änderung der Landnutzung

Erdgravimetrie und GPS - Navigation

- Überbrückung der Kluft zwischen Satelliten und Oberflächengravimetrie
- Verstärkung von GPS, Navigations- und Cockpitleitsystemen

3 Verknüpfung mit anderen Vorhaben

Ein wesentlicher Schwerpunkt der Messungen mit HALO in den ersten Jahren werden Untersuchungen zur Eisphase in der Troposphäre und der Tropopausenregion sein. Die Eisphase des Wassers ist ein wesentlicher Bestandteil des Wasserkreislaufes der Erde. Die Niederschlagsbil-

dung hängt entscheidend von den Eigenschaften der Eisphase ab. Darüber hinaus beeinflusst die Eisphase in den Wolken die Strahlungsbilanz in der Atmosphäre. Eispartikel beeinflussen auch die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre. Auf ihrer Oberfläche können Reaktionen stattfinden, die in der reinen Gasphase nicht möglich sind. Die Eisphase ist, wie andere atmosphärische Parameter, dem Einfluss des „globalen Wandels“ unterworfen.

Seit Mitte 2004 besteht an den Universitäten Frankfurt, Mainz, sowie am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz und der TH Darmstadt ein Sonderforschungsbereich zur troposphärischen Eisphase, der die globale und regionale Verteilung der Eisphase untersuchen soll, um die möglichen direkten und indirekten Auswirkungen auf die Atmosphäre abzuschätzen. Vier der sechzehn bereits geförderten Teilprojekte dieses Sonderforschungsbereiches haben Instrumentenentwicklungen mit explizitem Bezug zu HALO als Gegenstand. Es ist geplant HALO in der zweiten Phase des SFB ab 2008 zu Messungen im Zusammenhang mit der troposphärischen Eisphase einzusetzen.

Es wird angestrebt, das Flugzeug wie die DLR Falcon als europäische Großversuchsanlage (Large Scale Facility) bei der EU zu etablieren. HALO wird in Rahmen des EUFAR (European Fleet for Aircraft Research) Projektes als europäische Forschungsplattform etabliert.

Darüber hinaus wird HALO in nationale und internationale Projekte eingebunden.

4 Ziele

Das Forschungsflugzeug HALO soll Mitte 2008 für den Einsatz in der Atmosphärenforschung bereit stehen. Um zu diesem Zeitpunkt ein geeignetes Instrumentarium für HALO zur Verfügung zu haben, muss jetzt mit der Vorbereitung der Instrumente und Projekte begonnen werden.

Da HALO über eine wesentlich höhere Nutzlastkapazität verfügen wird als die bisher in Deutschland genutzten Forschungsflugzeuge, lässt sich auch eine wesentlich umfangreichere Instrumentierung einsetzen. Das bedeutet aber auch, dass wesentlich mehr Gruppen als bisher Instrumente bereitstellen können, um ein gemeinsames Missionsziel zu verfolgen. Dies erfordert mehr als bisher das Zusammenwirken von verschiedenen Gruppen aus HGF, Universitäten, MPG und WGL. Im Rahmen dieses Verbundes sollen die Arbeiten der Partner von HGF und Universitäten auf diesem Gebiet koordiniert werden.

Das beantragte virtuelle Institut, die Vernetzung zwischen HGF – Zentren und Hochschulen, ist die logische Fortsetzung der gemeinsamen Vorarbeiten auf diesem Gebiet. Die Zusammenarbeit wird auch über die Grenzen dieses Verbundes hinweg mit allen Partnern der HALO–Community, insbesondere auch den Partnern aus MPG und WGL, fortgesetzt. Sie werden bei allen übergreifenden Aufgabenfeldern mit einbezogen.

Die konkreten Ziele des Verbundes lassen sich wie folgt definieren:

- Querschnittsaufgaben wie z.B. die Planung und Konstruktion von gemeinsamen Einlässen
- Modifizierung vorhandener Instrumente für HALO
- Neukonstruktion von Instrumenten für HALO
- Zulassung der Instrumente für HALO
- Missionsplanung für die ersten HALO - Einsätze

5 Vorarbeiten

Die Partner des beantragten virtuellen Instituts zur Atmosphärenforschung mit HALO arbeiten seit Jahren bei verschiedenen Projekten zusammen, insbesondere auch bei der HALO - Antragstellung und der Planung der Modifikationen des HALO–Flugzeuges.

5.1 Gemeinsame Forschungsprojekte

Messungen mit Flugzeugen und Ballonen in der Atmosphäre gehören seit Jahren zum Kernbereich der Arbeiten der Partner dieses Verbundes. Auf diesem Gebiet gab und gibt es eine enge Zusam-

menarbeit zwischen Einrichtungen der HGF und der Hochschulen. In der folgenden Tabelle sind einige dieser Vorhaben aufgeführt.

Vorhaben	Teilnehmende Partner aus dem beantragten HGF-Hochschul-Verbund (+ weitere nationale und internationale Partner)
AFS – LACE 98	DLR, Uni Bremen, Uni München, Uni Mainz
AFO 2000 – CONTRACE	DLR, Uni Bremen, Uni München
AFO 2000 – POSTA	DLR, FZJ, FZK
AFO 2000 – SPURT	FZJ, Uni Frankfurt, Uni Mainz
AFO 2000 - VERTIKATOR	DLR, FZK, Uni München
CARIBIC	DLR, FZK, Uni Heidelberg
EUPLEX	AWI, DLR, FZJ, Uni Mainz, Uni Frankfurt
EUROSOLVE	AWI, DLR, FZJ, Uni Bremen, Uni Heidelberg, Bonn, Karlsruhe
INCA	DLR, AWI
OFP – CHORUS	FZJ, FZK, Uni Frankfurt, Uni Heidelberg
OFP – POLSTAR	DLR, FZJ, Uni Mainz
PAZI	AWI, DLR, FZJ, FZK, Uni Mainz
SAMUM	DLR, Uni Bremen, Uni München, Uni Mainz
SCAVEX	DLR, Uni Bremen
Schadstoffe in der Luftfahrt	DLR, FZJ
STREAM	FZJ, Uni Frankfurt
TROCCINOX	DLR, FZJ, Uni Mainz, Uni Frankfurt

5.2 Antrag zu HALO

Im Februar 2001 stellte das DLR gemeinsam mit der MPG, federführend für über dreißig deutsche Institute auf dem Bereich der Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung, einen Antrag beim BMBF über die Beschaffung und Betrieb von HALO. Im August 2001 wurde dieser Projektantrag durch ein „Questionnaire concerning project HALO“ ergänzt. Alle Mitglieder des hier vorgeschlagenen HGF-Hochschul-Verbundes haben am Antrag und dem Questionnaire mitgearbeitet und unterstützt. Bislang wurden zwei Nutzer-Workshops im Oktober 2002 und im Oktober 2004 durchgeführt. Ziel dieser Workshops war sowohl die Information der Nutzer über das Projekt HALO, als auch die Definition der Anforderungen der Nutzer.

5.3 Erfahrungen auf dem Bereich von in situ Messungen in der Atmosphäre

Die an diesem Verbund beteiligten Partner haben bereits umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der Instrumententwicklung und des Einsatzes von komplexen Messinstrumenten auf Flugzeugen und Ballonen (siehe Beschreibung der einzelnen Partner). Aufbauend auf diesen Erfahrungen und unter Mitwirkung der beteiligten Partner wurden auch die Modifikationen für HALO geplant.

5.4 HALO – Instrumentierung

Die Beschaffung von HALO als Plattform für die Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung ist untrennbar mit den Instrumenten verbunden, die auf diesem Flugzeug eingesetzt werden sollen. Die Falcon hat erst im Laufe ihrer nun mehr als 28-jährigen Laufbahn die Kapazität erreicht, als Messträger für eine umfangreiche und flexible Instrumentierung zu dienen. Beim Umbau des Ba-

sisflugzeuges zu einem flexiblen Einsatzträger kann daher auf den Erfahrungsschatz der Falcon zurückgegriffen werden. Darüber hinaus wurden bereits die potentiellen Nutzer mit in die Diskussion einbezogen, welche Schnittstellen HALO für die wissenschaftliche Nutzung haben soll.

Während eines Workshops zu dem alle potentiellen Nutzer von HALO nach Oberpfaffenhofen eingeladen wurden und durch eine begleitende Fragebogenaktion wurden die gewünschten Modifikationen für HALO ermittelt. Sie sind bei der Definition des Leistungsumfanges von HALO mit eingeflossen.

5.5 Geplante Forschungsvorhaben mit HALO

Während der Begutachtung des Projektes HALO durch eine Unterarbeitsgruppe des Wissenschaftsrates im Dezember 2001 wurden von den HALO – Partnern über 30 Missionsvorschläge für die Nutzung von HALO vorgestellt. Ein Großteil der Vorschläge wurde federführend oder unter Beteiligung der Partner dieses Verbundes gemacht. Die Vorschläge umfassen ein breites Spektrum wissenschaftlicher Nutzung. Sie reichen von der Untersuchung von Gewittern in mittleren Breiten und in den Tropen, über den Spurenstoffaustausch an der Tropopause, der Beobachtung der Eisverteilung an den Polen bis zu der Untersuchung des Gravitationsfeldes der Erde.

6 Arbeitsprogramm

Im Rahmen des beantragten virtuellen Instituts gibt es eine Reihe von Aufgabenfeldern, die die Zusammenarbeit über Instituts- und Forschungseinrichtungsgrenzen hinweg erforderlich machen.

6.1 Querschnittsaufgaben

Auch nach Auftragserteilung ist die Zusammenarbeit und Abstimmung mit den verschiedenen Nutzern notwendig, um die Schnittstellen zwischen Flugzeug und den einzelnen Instrumenten zu definieren. Dazu gehören unter anderem die Stromversorgung, der Datentransfer innerhalb des Flugzeuges, das Design der Racks, und die Planung und Entwicklung gemeinsamer Einlässe für die Probennahme.

6.2 Weiterentwicklung und Modifikation bestehender Instrumente für HALO

Die am Verbund beteiligten Einrichtungen aus HGF und Universitäten haben bereits Erfahrungen mit dem Einsatz von komplexen wissenschaftlichen Instrumenten an Bord von Forschungsflugzeugen und Ballonen. Um diese Instrumente jedoch an Bord von HALO fliegen zu können sind z. T. erhebliche Modifikationen notwendig. Die mechanischen, elektronischen und Datenverarbeitungs-Schnittstellen zwischen den Geräten und dem HALO-Flugzeug weichen in einigen Punkten von den Gegebenheiten der bisherigen Plattformen ab. Daraus folgt, dass bestehende Instrumente für den Betrieb auf HALO umgebaut werden müssen.

6.3 Neuentwicklung von Geräten für HALO

HALO wird aufgrund seines in Vergleich zu bisherigen Flugzeugen verbessertem Leistungsumfangs und seiner Attraktivität für Forschungsaufgaben die Entwicklung weiterer Geräte initiieren, die es bislang nicht bzw. nicht in Deutschland gegeben hat. Zwar sind die finanziellen Mittel, die für das virtuelle Institut vorgesehen sind, in der Regel nicht ausreichend für die Neuentwicklung eines Messgerätes vom Grunde auf, aber sie können einen Beitrag dazu leisten.

6.4 Flugerprobung neuer oder modifizierter Instrumente auf anderen Flugzeugen, z.B. der Falcon des DLR

Die für HALO neu entwickelten bzw. modifizierten Instrumente können bereits vor in Dienststellung von HALO auf anderen Messflugzeugen wie der Falcon des DLR getestet werden. Insbesondere bei Neuentwicklungen und grundlegenden Modifikationen kann dieser Vorabtest auf der Falcon oder anderen Flugzeugen erhebliche Zeitersparnis für den Einsatz auf HALO mit sich bringen.

6.5 Zulassung von neuen und bestehenden Instrumenten für HALO

HALO wird eine deutsche Zulassung erhalten. Das DLR als Betreiber von HALO wird für die Zulassung von Geräten auf HALO verantwortlich sein und die Nutzer bei der Erstellung der notwendigen Unterlagen und der Durchführung der notwendigen Tests beraten und unterstützen. Da HALO eine neue Messplattform darstellt, müssen alle Instrumente, auch die die bisher auf anderen Forschungsflugzeugen eingesetzt wurden, neu zugelassen werden. Die Zulassung von Messgeräten für den Einsatz auf Flugzeugen ist sowohl für die Betreiber des Flugzeuges als auch für die Betreiber der Instrumente sehr zeitaufwändig. Da zu Beginn der wissenschaftlichen Betriebsphase von HALO sehr viele Instrumente zur Neuzulassung anstehen, ist ein frühzeitiger Beginn dieser Arbeiten von Bedeutung. Anderenfalls könnte es zu einer Verzögerung bei der Durchführung der ersten wissenschaftlichen Missionen mit HALO kommen.

6.6 Beantragung von zusätzlichen Mitteln für die Instrumentierung

Die Mittel, die im Rahmen dieses Verbundes bereit stehen, reichen nicht aus, um komplexe Geräte von Grund auf neu zu konzipieren und aufzubauen. Ursprünglich sah der Antrag zu HALO sieht auch einen Posten für die Geräteneuentwicklung vor. Aus Kostengründen mussten diese Mittel aus dem Investitionsvolumen von HALO herausgenommen werden. Es ist aber geplant, Mittel für die Instrumententwicklung von anderen Stellen zu beantragen. In Frage kommen dafür z.B. die DBU. Vorarbeiten für diese Programme und Unterstützung bei der Antragstellung sollen im Rahmen dieses Verbundes geleistet werden.

6.7 Missionsplanung

HALO wird, ähnlich wie die Falcon, für mehrere Jahrzehnte für die Atmosphärenforschung und Erdbeobachtung zur Verfügung stehen.

Die Vorbereitung einer Flugzeugmission zur Untersuchung einer wissenschaftlichen Fragestellung erfordert langwierige, umfangreiche Planungen. Erste Vorschläge wurden bereits, wie oben erwähnt, im Rahmen der Begutachtung von HALO unterbreitet.

Die Entwicklung und Zulassung von Instrumenten für HALO ist eng an die Planung der ersten Missionen gekoppelt. So ist ein großer Zeitaufwand bei der Zulassung der Instrumente für HALO zu erwarten. Es ist daher notwendig dieses Verfahren dadurch zu optimieren, dass zunächst die Instrumente zugelassen werden, die für die ersten Missionen vorgesehen sind. Darüber hinaus werden neben den Modifikationen, die direkt vom Hersteller am Flugzeug vorgenommen werden, weitere große Veränderungen am Flugzeug wie z.B. große Unterflügelbehälter oder Unterrumpfbehälter in eigener Regie vom DLR vorgenommen und zugelassen. Auch für diese Arbeiten ist eine klare Prioritätensetzung notwendig, die nur durch eine frühzeitige Missionsplanung erreicht werden kann. Im Rahmen dieses Verbundes soll in Zusammenarbeit mit den Partnern aus MPG und WGL eine oder mehrere Demonstrationsmissionen geplant und vorbereitet werden. Mögliche Kandidaten für die ersten Demonstrationsmissionen sind:

- Quantifizierung von Transportprozessen in der Untersten Stratosphäre
- Oxidationspotential der Tropischen Troposphäre
- Einfluss von Wolken und Aerosolen auf den Strahlungshaushalt und die Luftchemie
- Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung des Aerosols sowie seiner physikalischen Eigenschaften, zur Variabilität des Aerosols und zur Wechselwirkung mit Wolken
- Untersuchungen zur Troposphärischen Eisphase

Über die Auswahl dieser Demonstrationsmissionen wird der Wissenschaftliche Lenkungsausschuss zu HALO entscheiden.

Während dieser Missionen sollen die Instrumente eingesetzt werden, die im Rahmen dieses Verbundes modifiziert und aufgebaut werden.

6.8 Workshops

Zur Unterstützung der oben genannten Ziele sind mehrere Workshops geplant:

- Leistungsumfang der Basissensorik, Datenerfassung, Telemetrie und Datenbereitstellung auf HALO
- Schnittstellen zwischen Flugzeug und Instrumenten
- Verfahrensfragen bei Modifikation, Neubau und Zulassung von Geräten für HALO
- Gemeinsame Gas- und Aerosoleinlässe
- Planung der ersten Missionen mit HALO

7 Mehrwert für Hochschulen und Helmholtz – Programm

Die Entwicklung und der Aufbau einer Instrumentierung, die geeignet ist zur Untersuchung bestimmter wissenschaftlicher Fragestellungen, erfordert die Zusammenarbeit verschiedener Einrichtungen, die auf diesem Gebiet tätig sind. Die komplexe Fragestellung der atmosphärischen Eisphase fordert den Einsatz einer umfangreichen, sich ergänzenden Instrumentierung, die nur durch Kooperation verschiedener Institute aufgebaut werden kann.

Die Koordinierung der Arbeiten auf dem Gebiet der Instrumentenwicklung hat folgende Ziele:

- Nutzung von Expertise, die in verschiedenen Einrichtungen innerhalb und außerhalb der HGF vorhanden ist
- Vermeidung von Doppelarbeit
- Konzentration auf die Entwicklung von Instrumenten, die bislang in Deutschland nicht vorhanden, aber für die Durchführung des angestrebten Vorhabens von Bedeutung sind.
- Unterstützung bei der Umrüstung von bestehenden Instrumenten für HALO.
- Unterstützung bei der luftfahrttechnischen Zulassung der Instrumente für HALO.

Bereits jetzt existiert eine Zusammenarbeit zwischen HGF–Einrichtungen und Universitäten. Der vorgeschlagene Verbund im Rahmen des Impuls- und Vernetzungsfonds würde noch darüber hinaus gehen, da er die Möglichkeit bietet durch die finanzielle Unterstützung der Universitäten, diese stärker als bisher in gemeinsame Aktivitäten einzubinden.

8 Fortführung der Kooperation

Die in diesem Verbund vorgeschlagenen Aktivitäten dienen der Nutzungsvorbereitung des neuen deutschen Forschungsflugzeuges HALO. Nach Beginn des wissenschaftlichen Betriebs mit HALO wird die Zusammenarbeit der Partner dieses Verbundes, und ihrer Partner aus MPG und WGL, im Rahmen der Nutzung von HALO fortgesetzt.

9 Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses

Die Entwicklung und der Umbau von Instrumenten für den Einsatz auf Forschungsflugzeugen ist im besonderen Maße geeignet für die Ausbildung von Diplomanden und Doktoranden. Dies hat sich in der Vergangenheit bei der Vorbereitung und dem Einsatz von Experimenten für die Falcon und andere Messflugzeuge gezeigt. Daher kann mit großer Sicherheit davon ausgegangen werden, dass auch die Arbeiten, die in diesem Verbund anfallen geeignet sind im Rahmen der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Dies trifft auch in besonderem Maß für die Qualifizierungsmöglichkeiten von zukünftigen Führungskräften (Habilitationen, Nachwuchsgruppenleiter und Juniorprofessoren) zu.

10 Mittel- und Zeitplanung

10.1 Mittelaufteilung

Für das virtuelle Institut stehen pro Jahr 80 000 € für die HGF-Partner und 160 000 € für die Universitätspartner zur Verfügung. Die beantragten Mittel werden wie in der folgenden Tabelle angegeben auf die beteiligten Partner verteilt. Neben diesen Mitteln werden alle Partner Mittel aus anderen Finanzierungsquellen aufwenden, um die geplanten Ziele zu erreichen.

Partner	Mittel in Tausend €
HGF	
DLR	26,00
AWI	18,00
FZJ	18,00
FZK	18,00
Summe HGF	80,00
Universitäten	
Bremen	22,86
Frankfurt	22,86
Hamburg	22,86
Heidelberg	22,86
Mainz	22,86
München	22,86
Wuppertal	22,86
Summe Universitäten	160,02

10.2 Zeitplan für die ersten drei Jahre

Der Zeitplan der Vorbereitung für die ersten HALO–Missionen, Instrumententwicklung und Missionsplanung – hängt von der Durchführung des Projektes HALO ab. Nach dem aktuellen Zeitplan soll das Basisflugzeug bereits Mitte 2005 fertiggestellt sein. Dem schließen sich erste Umbauten bei der Firma Gulfstream in den USA an. Ende 2005 soll das Flugzeug zur Firma RUAG nach Oberpfaffenhofen überstellt werden. Hier soll das Flugzeug weiter modifiziert werden. Nach abschließenden Arbeiten, die wieder in den USA statt finden, soll das HALO-Flugzeug Ende 2007, Anfang 2008 ausgeliefert werden. Dem schließt sich im DLR eine Erprobungsphase und die Einrichtung der meteorologischen Basissensorik an. Anschließend wird HALO für die wissenschaftliche Nutzung zur Verfügung stehen. Zur Zeit wird vom Beginn der wissenschaftlichen Nutzung von HALO von Mitte 2008 ausgegangen.

Projekt – Jahr	Geplante Aktivitäten
1. Jahr	Beginn der Neuentwicklung und Modifikation von bereits operationellen Instrumenten für HALO Missionsplanung
2. Jahr	Missionsplanung

	Fortführung der Arbeit an den Instrumenten und Entwicklung der Einlässe Fortführung der Neuentwicklung von Instrumenten
3. Jahr	Missionsplanung Modifizierung bestehender Instrumente für HALO Fortführung der Neuentwicklung von Instrumenten EMV Test von neuen und modifizierten Instrumenten für HALO Zulassung neuer und modifizierter Instrumente für HALO

11 Management – Struktur

Die Institutsleiter der beteiligten Institute bilden für dieses virtuelle Institut einen gemeinsamen Lenkungsausschuss (VILA). Sprecher des VILA ist Prof. Dr. Ulrich Schumann. Der Sprecher des VILA berichtet unter anderem dem Wissenschaftlichen Lenkungsausschuss von HALO (WLA).

Dem vorläufigen WLA zu HALO gehören zur Zeit an: Prof. Meinrat Andreae, Prof. John Burrows, Prof. H. Fischer, Prof. Jost Heintzenberg, Prof. Jos Lelieveld, Prof. U. Platt, Prof. Ulrich Schmidt, Prof. A. Wahner und Prof. Ulrich Schumann. Unterstützt wird die Koordination durch die HALO-Projektleitung, die bisher die Antragstellung, die Durchführung diverser Workshops zu HALO, Nutzerbefragung und Nutzertreffen organisiert bzw. unterstützt hat.

Zudem ist geplant, das virtuelle Institut eng mit dem Gremien zu verbinden, dass seitens der Geldgeber zur übergeordneten Koordination von HALO eingereicht werden. Hierzu gehört insbesondere der Lenkungsausschuss "Erde und Umwelt" der HGF, in dem die Vorstände der beteiligten HGF-Zentren vertreten sind.

12 Beteiligte Institute und deren Expertise

12.1 HGF Einrichtungen

12.1.1 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt - Institut für Physik der Atmosphäre (IPA)

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

Das Institut für Physik der Atmosphäre des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) verfügt über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Atmosphärenforschung mit Flugzeugen. Für den Einsatz auf Forschungsflugzeugen wie der Falcon des DLR, der GEOPHYSIKA und für einen Airbus A340/600 im Rahmen des CARIBIC – Projektes stehen eine Vielzahl von Instrumenten zur Verfügung:

- LIDAR – Instrumente für Aerosole, optisch dünne Wolken, Wasserdampf, Ozon und Windfeld.
- Aerosol –Mikrophysik: Aerosol –Mikrophysik: Optische Partikelspektrometer, Differential Mobility Analyzer, Thermo–Denuder, Kondensationskernzähler, Diffusionsbatterien, Aerosolabsorptionsphotometer, Filter.
- Spurengas-Messinstrumente für: NO, NO₂, NO_y, HNO₃, CO, CO₂, H₂O, HCHO, SO₂.

Zielsetzung

Die in IPA vorhandenen Instrumente für den Einsatz auf Forschungsflugzeugen sollen für den Betrieb auf HALO modifiziert werden. Es ist auch geplant, neue Instrumente für HALO aufzubauen. Dazu wird IPA eng mit dem Flugbetrieb des DLR zusammenarbeiten.

Insbesondere soll ein vielseitiges Aerosol- Messsystem zur in-situ-Bestimmung von mikrophysikalischen, chemischen und optischen Partikeleigenschaften und der Partikelgrößenverteilung in einem Durchmesserbereich von 0.003 – 100 µm aufgebaut werden. Mit diesem Messsystem soll die Partikelneubildung in der Atmosphäre, die optischen Eigenschaften des Aerosols und der Strahlungsantrieb untersucht werden. Darüber hinaus sollen Aerosol-Änderungseffekte, der Mischungszustand der Partikel und deren physikalisch, chemische Eigenschaften untersucht werden.

Ein Differential-Absorptions-Lidar (DIAL) zur Fernerkundung von Aerosolen, Ozon und Wasserdampf soll für den Einsatz auf HALO modifiziert werden.

Die Spurengasmesssysteme sollen für den Einsatz auf HALO modifiziert werden. Dabei soll vor allem Wert darauf gelegt werden, diese Instrumente zu automatisieren. Über das bestehende Spurengasmesssystem hinaus soll ein Massenspektrometer zur Messung von SO₂ und H₂SO₄ aufgebaut werden.

Von großer Bedeutung ist auch die Planung und Konstruktion neuer Einlässe für die Probennahme von Spurengasen, Aerosolen und Wolkenelementen.

Arbeitsprogramm

Das DLR verfügt über eine Vielzahl von Instrumenten, die bereits auf Forschungsflugzeugen eingesetzt wurden. Da die Schnittstellen zwischen Flugzeug und Experimenten auf HALO sich von den bisherigen unterscheiden wird, ist eine Vielzahl von Modifikationen notwendig. Das Arbeitsprogramm umfasst:

- Modifizierung bestehender Instrumente für den Einsatz auf HALO
- Neubau von Instrumenten
- Zulassung der Instrumente für HALO

- Organisation von Workshops zur Vorbereitung der Nutzung von HALO

Verwendung der Fördermittel

Die durch diesen Verbund bereit gestellten Fördermittel können nur einen Beitrag zu den anstehenden Aufgaben leisten. Die darüber hinaus anfallenden Kosten werden durch andere Mittel gedeckt. Die bereit gestellten Fördermittel können u.a. zu folgenden Arbeitszielen beitragen:

- Projektleitung des Virtuellen Instituts
- Adaption der vorhandenen Geräte für HALO
- EMV-Tests der Instrumente + Zulassung
- Konstruktion neuer Einlässe
- Organisation von Querschnittsaufgaben und Workshops

Expertise

Schwerpunkte der Arbeiten des IPA in den letzten Jahren waren: Auswirkungen von Flugverkehrsemissionen auf die Atmosphäre (DFG- und BMBF - Verbundprojekte, EU-Projekte POLINAT-1 und POLINAT-2), Spurenstoffprozesse und Aerosol - Spurengaswechselwirkungen in der arktischen Tropopausenregion und unteren Stratosphäre (OFP-Projekte POLSTAR-1 und 2, APE – THESEO, EUPLEX), Bildung von Stickoxiden durch Blitze (EU-Projekte EULINOX und TROCCINOX), Zirren in der oberen Troposphäre (INCA), Spurengastransport in die obere Troposphäre (BMBF – Projekte KONVEX und CONTRACE), Partikel und Zirren (PAZI), die Klimawirksamkeit des troposphärischen Aerosols (Aerosol-Schließungsexperiment LACE 98), Partikelbildung im Nachlauf von Flugzeugen (SULFUR), VERTIKATOR, IHOP, EUROSOLVE und andere. Diese Arbeiten wurden im Verbund mit Partnern aus der HGF, der Universitäten, der MPG und der WGL durchgeführt.

Ausgewählte Publikationen

- Baehr, J., H. Schlager, H. Ziereis, P. Stock, P. van Velthoven, R. Busen, J. Ström, U. Schumann, Aircraft observations of NO, NO_y, CO, and O₃ in the upper troposphere from 60°N to 60°S - Interhemispheric differences at midlatitudes, *Geophys. Res. Lett.* Vol. 30 No. 11, 10.1029/2003GL016935, 2003.
- Minikin, A., A. Petzold, J. Ström, R. Krejci, M. Seifert, H. Schlager, P. van Velthoven, and U. Schumann. Aircraft observations of the upper tropospheric fine particle aerosol in the northern and southern hemispheres at midlatitudes. *Geophys. Res. Lett.*, 30, doi:10.1029/2002GL016458, 2003.
- Poberaj, G., A. Fix, A. Assion, M. Wirth, C. Kiemle, G. Ehret, Airborne all-solid-state DIAL for water vapour measurements in the tropopause region: system description and assessment of accuracy, *Appl. Phys. B* 75, 165–172, 2002.
- Schumann, U., F. Arnold, R. Busen, J. Curtius, B. Kärcher, A. Kiendler, A. Petzold, H. Schlager, F. Schröder, K.-H. Wohlfrom, Influence of fuel sulfur on the composition of aircraft exhaust plumes: The experiments SULFUR 1–7, *J. Geophys. Res.*, 107(D15), 10.1029/2001JD000813, AAC 2-1 - AAC 2-27, 2002.
- Ziereis, H., A. Minikin, H. Schlager, J.F. Gayer, F. Auriol, P. Stock, J. Baehr, A. Petzold, U. Schumann, A. Weinheimer, B. Ridley, and J. Ström, Uptake of reactive nitrogen on cirrus cloud particles during INCA, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L05115, doi: 10.1029/2003GL018794, 2004.

12.1.2 Alfred-Wegener Institut für Polar- und Meeresforschung Bremerhaven

Fachbereiche Klimasystem und Geosystem (AWI-FBK, AWI-FBG)

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

Die Fachbereiche Klimasystem und Geosystem des AWI verfügen über lange Erfahrungen in der Erforschung der Atmosphäre und Kryosphäre in den Polarregionen mit den beiden Polarflugzeugen Polar 2 und Polar 4 sowie mit dem Forschungseisbrecher Polarstern und den Forschungsstationen Neumayer in der Antarktis und der Koldewey-Station auf Spitzbergen.

Zielsetzung

Es sind für die kommenden Jahre intensive Flugzeugkampagnen zur Erforschung des polaren Aerosols in der Arktis und Antarktis sowie geophysikalischer Parameter geplant. Flugzeugkampagnen mit HALO sollen u. a. auch Messungen an verschiedenen Forschungsstationen im Rahmen des virtuellen Institutes PEP (Pole – Equator – Pole) unterstützen.

Schwerpunkte bilden die folgenden Themen:

- Untersuchungen zur Eisphase in der Troposphäre und der Tropopausenregion in verschiedenen geographischen Regionen
- vollständige Erfassung der optischen, mikrophysikalischen und chemischen Aerosoleigenschaften zur Charakterisierung des polaren Aerosols.
- Bestimmung der UV-Belastung innerhalb der freien Troposphäre und mögliche Abschwächungen durch Zirruswolken
- Charakterisierung turbulenter Parameter und Untersuchung von Spurengasen in der polaren Grenzschicht
- Kartierung von Eisdicken, Magnet- und Schwerefeld-Messungen sowie Altimetrie

Zusammenarbeiten bei verwandten Fragestellungen zwischen AWI, DLR-IAP, FZ Jülich, FZ Karlsruhe) haben in der Vergangenheit bereits bei dem EU-Projekt INCA und dem HGF-Strategiefondprojekt PAZI stattgefunden. Kooperationen des AWI mit den beteiligten Universitäten gab und gibt es bei Messprogrammen an den Polarstationen Neumayer (Antarktis), Koldewey (Arktis) und auf dem Forschungsschiff Polarstern.

Arbeitsprogramm

Das AWI plant, für die oben angegebenen Forschungsthemen Messgeräte zu modifizieren bzw. neu zu entwickeln, die dann auf HALO bei gezielten Missionen eingesetzt werden können:

- Für Messungen auf HALO soll ein hochauflösendes Radiometer SPGS (256 Kanäle) entwickelt und modifiziert werden, welches im Spektralbereich von $350 < \lambda < 1050$ nm arbeitet. Mit diesem neuen Instrument wird sowohl die Messung der Strahldichte als auch der Bestrahlungsstärke möglich. Außerdem soll eine Erweiterung des Spektralbereiches in den nahen IR Bereich bis 1.6 μm verwirklicht werden um damit verbesserte Informationen über den „*coarse mode*“ zu erhalten. Mit einem flugzeuggetragenen Photometer ist es möglich spektral hochaufgelöst die optische Wirkung einzelner Zirruswolken messtechnisch zu erfassen und gleichzeitig das Hintergrundaerosol in dem Bereich unterhalb und oberhalb von Zirruswolken. Eine spezielle Nachführeinrichtung für die Messungen muss den gegebenen Bedingungen im HALO angepasst werden. Diese Arbeiten sollen daher ebenfalls im Rahmen der Gerätemodifizierung durchgeführt werden.
- Weiterhin soll ein neues nicht-scannendes UV Spektralradiometer (Spektralbereich $280 < \lambda < 400$ nm, mit hoher Zeitauflösung) gebaut und für den Flugzeugeinsatz modifiziert werden. Damit soll beim Einsatz auf HALO die UV-Belastung innerhalb der freien Troposphäre und mögliche Abschwächungen durch Zirruswolken untersucht werden.

- Für die geophysikalischen Untersuchungen mit HALO müssen folgende Systeme integriert werden: GPS-Antennen, Magnetiksensoren an den Flügelenden oder am Heck, EMR (Eisdickenradar) - Antennen und Radaraltimeterantennen unter den Flügeln/Kabine sowie ein Gravimeter und ein Laseraltimeter.

Die geschilderten Aktivitäten werden in enger Zusammenarbeit und Abstimmung mit den beteiligten HGF- Forschungseinrichtungen (DLR-IPA, FZ Jülich, FZ Karlsruhe) und den beteiligten Universitäten durchgeführt, mit dem Ziel die fernerkundenden optischen Systeme zu koordinieren.

Verwendung der Fördermittel

Die Fördermittel werden für die Teilnahme an wissenschaftlichen und technischen Arbeitstreffen und für technische Entwicklungen bei der Adaption der Geräte an HALO verwendet.

Expertise

Die Fachbereiche Klimasystem und Geosystem des AWI verfügen über langjährige Erfahrungen in der Erforschung der Atmosphäre und Kryosphäre in den Polarregionen mit den beiden Polarflugzeugen Polar 2 und Polar 4. Zusätzlich bestehen Erfahrungen in der Nutzung weiterer Forschungsflugzeuge. Im März 2002 hat sich der FB Klimasystem z.B. mit großem Erfolg an einem transarktischen Flug eines japanischen Forschungsflugzeugs (AAMP'02 - Arctic Airborne Measuring Campaign des NIPR Tokyo) beteiligt. Als Messplattform diente eine Gulfstream II von DAS Nagoya. Eines der Ziele der Kampagne war die Aerosolvalidierung von SAGE III (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment).

Ausgewählte Publikationen:

Immler F., O. Schrems, Lidar measurements of cirrus clouds in the northern and southern hemisphere during INCA (55°N, 53°S): A comparative study, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 16, 10.1029/2002GL015077, 2002.

Beyerle, G., M. R. Gross, D. A. Haner, N. T. Kjome, I. S. McDermid, T. J. McGee, M. J. Rosen, H.-J. Schäfer and O. Schrems, A lidar and backscatter sonde aerosol measurement campaign at Table Mountain during February-March 1997: Observations of cirrus clouds, *J. Atmospheric Sciences*, 58, 1275-1287, 2001

Thomason, L.W., A. Herber, T. Yamanouchi, K. Sato, S. P. Burton, Arctic study on tropospheric aerosol and radiation: Comparison of tropospheric aerosol extinction profiles measured by airborne photometer and SAGE II, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1328, 10.1029/2002GL016453, 2003

Hara, K., K. Osada, C. Nishita, S. Yamagata, T. Yamanouchi, A. Herber, K. Matsunaga, Y. Iwasaka, M. Nagatani and H. Nakata, Vertical variations of sea-salt modification in the boundary layer of Arctic spring during the ASTAR 2000 campaign, *Tellus*, 54B, 361-376, 2002

Steinhage, D., Nixdorf, U., Meyer, U., Miller, H. (2001). Subglacial topography and internal structure of central and western Dronning Maud Land, Antarctica, determined from airborne radio echo sounding, *Journal of Applied Geophysics*, 47, 183-189.

12.1.3 Forschungszentrum Jülich Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (ICG-I, ICG-II)

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

Das Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (Stratosphäre: ICG-I, Troposphäre: ICG-II) des Forschungszentrums Jülich GmbH (FZJ) untersucht seit vielen Jahren die Chemie und den Transport der Atmosphäre. Ausgehend von den bisherigen Forschungsarbeiten ist geplant, mit Hilfe von HALO großräumig und in verschiedenen Klimazonen zur Untersuchung folgender Themen beizutragen:

- Oxidationsfähigkeit der Atmosphäre (Photochemie der planetarischen Grenzschicht bis zur Tropopause; troposphärischer Spurengasabbau durch OH-Radikale und photochemische Bildung von Ozon und sekundären Aerosolen).
- Verteilungen von Wasser und Wolken in der oberen Troposphäre und Tropopausenregion als kritische Klimaparameter (Kopplung von Transport mit mikrophysikalischen und chemischen Umwandlungsprozessen).
- Tropischer und extratropischer Transport, sowie resultierende Verteilung von Spurenstoffen in der oberen Troposphäre und untersten Stratosphäre (UTLS).

Zielsetzung

Das ICG plant Meßinstrumente zu modifizieren oder neu zu entwickeln, die auf HALO-Missionen bei der Untersuchung der oben genannten Themen eine wichtige Rolle spielen werden.

- FZJ wird hochpräzise Hygrometer, basierend auf den erprobten Techniken Lyman- α Fluoreszenz und Diodenlaserspektroskopie für die Messung von gasförmigen bzw. Gesamtwasser in der UTLS für den Einsatz auf HALO vorbereiten und einsetzen. Zudem sollen ein Eiswasser- und ein Aerosolsammler Informationen über die Zusammensetzung von Wolken- und Aerosolteilchen liefern.
- In Zusammenarbeit mit FZK-IMK wird ein räumlich hochauflösendes Fourier-Transform Spektrometer entwickelt, welches als Prototyp für das gemeinsam vorgeschlagene Satellitenexperiment GLORIA dienen soll. Das Instrument wird primär zur Horizontsondierung des Tropopausenbereichs eingesetzt und u.a. Wolken, Aerosole, Wasserdampf und 10 weitere Spurengase messen. Derzeit wird in Kooperation mit der Universität Wuppertal das ehemalige Space-Shuttle Instrument CRISTA für den Flugzeugeinsatz (Geophysica, HALO) modifiziert und erprobt.
- Das bislang am Boden eingesetzte Verfahren der laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) zur Messung von OH- und HO₂-Radikalkonzentrationen wird für den Einsatz an Bord von HALO weiterentwickelt und auf die Messung von RO₂-Radikalen erweitert werden. Diese Aufgabe erfordert insbesondere die Entwicklung eines flugtauglichen Lasersystems, sowie eines aerodynamischen Gaseinlasses zur verlustfreien Probennahme der Radikale.
- Es ist geplant, einen hochempfindlichen Gaschromatographen für die Messung von anthropogenen und biogenen VOCs (C₂-C₁₀) mit minutenschneller Zeitauflösung neu zu entwickeln und technisch auf die speziellen Bedingungen von HALO anzupassen. Dies schließt ein spezielles Gaseinlaß- und Probenanreicherungssystem ein.
- Zur Bestimmung von Photolysefrequenzen verschiedener Spurengase werden Breitband- und spektral auflösende Radiometer an Bord von HALO für die Messung solarer aktinischer UV-Strahlung eingesetzt werden. Entsprechende Geräte existieren bereits im ICG und brauchen nur geringfügig für den Einsatz auf HALO modifiziert werden.

Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm umfaßt:

- die Entwicklung und Adaption von Meßinstrumenten für HALO.
- die Qualitätssicherung der Meßinstrumente durch Validierungs- und Vergleichsmessungen im Feld- und Laboreinsatz, sowie in Atmosphärensimulationskammer-Experimenten.
- die Teilnahme an technischen und wissenschaftlichen Treffen zur Vorbereitung der Integration der FZJ-Instrumente und der Missionsplanung mit HALO.

FZJ ist bereit, erste HALO-Missionen zur Untersuchung von Zirren in der UTLS bzw. der Photochemie in der Troposphäre zu koordinieren und mit seinen Instrumenten an weiteren Missionen teilzunehmen.

Verwendung der Fördermittel

Die Fördermittel werden für die Teilnahme an technischen und wissenschaftlichen Treffen mit anderen HALO-Nutzern verwendet und einen Beitrag zur Instrumentenentwicklung liefern.

Expertise

Die Antragsteller verfügen über langjährige Expertise in der Entwicklung und dem Betrieb von Instrumenten zur Messung von Wasser, Wolken- und Aerosolpartikeln, freier Radikale (OH, HO₂, RO₂), Spurengase (H₂O, O₃, CO, CH₄, anthropogene und biogene VOCs, oxygenierte VOCs, PAN, NO_x, NO_y, HONO), aktinischer Strahlung und Photolysefrequenzen. Es bestehen umfangreiche Erfahrungen mit Messungen auf Flugzeugen, am Boden, in Simulationskammern und im Labor, sowie bei der Planung, Koordination und Durchführungen von Messkampagnen im Tropopausenbereich und der bodennahen Atmosphäre.

Ausgewählte Publikationen

- Zöger, M., A. Afchine, N. Eicke, M.-T. Gerhards, E. Klein, D. S. McKenna, U. Mörschel, U. Schmidt, V. Tan, F. Tuitjer, T. Woyke, and C. Schiller, Fast in situ stratospheric hygrometers: A new family of balloonborne and airborne Lyman- α photofragment fluorescence hygrometers, *J. Geophys. Res.* **104**, 1807-1816, 1999.
- Riese, M., R. Spang, P. Preusse, M. Ern, M. Jarisch, D. Offermann, and K. U. Grossmann, Cryogenic Infrared Spectrometers and Telescopes for the Atmosphere (CRISTA) data processing and atmospheric temperature and trace gas retrieval, *J. Geophys. Res.* **104**, 16349-16367, 1999.
- Holland, F., A. Hofzumahaus, J. Schäfer, A. Kraus, and H. W. Pätz, Measurements of OH and HO₂ radical concentrations and photolysis frequencies during BERLIOZ, *J. Geophys. Res.* **108** (D4), 8246, doi:10.1029/2001JD001393, 2003.
- Hofzumahaus, A., A. Kraus, A. Kylling, and C.S. Zerefos, Solar actinic radiation (280-420nm) in the cloud-free troposphere between ground and 12 km altitude: Measurements and model results, *J. Geophys. Res.* **107**, 8139, doi: 10.1029/2001JD900142, 2002.
- Gautrois, M., T. Brauers, R. Koppmann, F. Rohrer, O. Stein, and J. Rudolph, Seasonal variability and trends of volatile organic compounds in the lower polar troposphere, *J. Geophys. Res.* **108** (D13), 4393, doi:10.1029/2002JD002765, 2003.

12.1.4 Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK),

Wissenschaftliche Ziele

Das IMK trägt zu den Themen *Atmosphärische Dynamik und Transport, Wolkenforschung* sowie *Meteorologische Forschung* bei. Zentrale Ziele sind eine verbesserte Quantifizierung von Massen- und Spurengasflüssen in der UTLS (insbesondere der TTL), die vertikale und horizontale Umverteilung (insbesondere über die Tropopause) und ein verbessertes Verständnis der Bildung und Eigenschaften von Wolken(Eis-)Partikeln. Hierzu sollen in-situ und Fernerkundungsgeräte entwickelt werden. Um den Transport von Wasserdampf zu untersuchen, soll ein *Dioden-Laser-Spektrometer* zur Messung der isotopischen Zusammensetzung von Wasserdampf gebaut werden. Mesoskalige, dynamische Vorgänge in der UTLS sollen durch Messung von Temperatur, Wolkenparametern und Spurengasen mit Hilfe eines *abbildenden Fourierspektrometers (FTS)* untersucht werden. Zur Bewertung der klimarelevanten Eigenschaften von Zirren soll ein *Einzelpartikelmessgerät* basierend auf abbildender Mikroskopie von Eiskristallen bei gleichzeitiger Messung ihrer Streueigenschaften entwickelt werden. Im Rahmen des DFG-Schwerpunktprogramms „Quantitative Niederschlagsvorhersage“ und des Virtuellen Instituts COSI-TRACKS der HGF sollen Untersuchungen zur Auslösung und numerischen Vorhersage von Konvektion und konvektivem Niederschlag durch Messungen der atmosphärischen Turbulenz sowie des dreidimensionalen Transports von Wasserdampf und anderen Spurengasen durchgeführt werden. Hierzu soll ein *Außenlastbehälter mit Turbulenzmessausrüstung und Dropsondenabwurfvorrichtung* entwickelt und gebaut werden.

IMK – ASF (PD Dr. C. Blom, Dr. F. Friedl-Vallon, Dr. H. Oelhaf, Dr. P. Werle, Dr. A. Zahn, Prof. H. Fischer)

Arbeitsplan

Dioden-Laser-Spektrometer zur Messung der Isotopie von Wasserdampf (D/H, $^{17}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$). Während der ersten 2 Jahre soll ein Labor-TDLAS mit NIR Lasern bei $1.39\ \mu\text{m}$ aufgebaut werden. Basierend auf den Erfahrungen mit diesem Prototypen soll mit Quantenkaskaden-Lasern bei $5.9\ \mu\text{m}$ die Sensitivität infolge größerer Absorptionsquerschnitte verbessert werden.

Abbildendes FTS mit hoher räumlicher Auflösung. Das FTS wird modular konzipiert, um sowohl Horizontsondierung als auch Nadirbeobachtungen (u.a. für Strahlungstransportvorgänge und Erwärmungsraten im Bereich von Zirren) zu ermöglichen. Erste 2 Jahre: Detaillierung und Konstruktion, Fertigung Prototyp-Elektronik und Detektor-Teststand, Performance-Test Detektorarray, Fertigung und Charakterisierung des Spektrometers. Drittes Jahr: Bau eines Instrumentes für den Einsatz auf HALO.

Expertise

Die Antragsteller verfügen über langjährige Expertise in der Entwicklung und dem Einsatz von Flugzeug- und Ballongetragenen in-situ und MIPAS-Fernerkundungsinstrumenten. Die Arbeiten für das FTS werden in intensiver Zusammenarbeit mit dem ICG-1 des Forschungszentrums Jülich durchgeführt werden (Expertise: CRISTA).

IMK – TRO (Prof. Ch. Kottmeier und Dr. U. Corsmeier)

Die Schwerpunkte der Arbeiten des IMK-TRO liegen bei Prozessstudien und numerischen Simulationen auf den Gebieten Konvektion über komplexem Gelände, Massentransporte durch Konvektion und Auslösung und Quantifizierung von konvektivem Niederschlag. Die Anforderungen an HALO konzentrieren sich im Rahmen der DFG- und HGF-Vorhaben auf den Serienabwurf von Dropsonden aus einem Außenlastcontainer, die Messung atmosphärischer Turbulenz mit miniaturisierten Messköpfen und die Messung atmosphärischer Spurengase als Tracer für Transportprozesse. Dazu sind Neuentwicklungen von Messsystemen bzw. Anpassungen von bereits existie-

render Messtechnik an die Messaufgabe und die Plattform HALO notwendig. Diese Arbeiten sollen innerhalb des virtuellen Instituts in Zusammenarbeit mit dem DLR, den Universitäten Karlsruhe und Braunschweig sowie den Firmen ETEWE, Karlsruhe und enviscope, Frankfurt durchgeführt werden.

Arbeitsplan

Konzeption, Bau und Erprobung eines Außenlastcontainers für den Einsatz auf HALO zum Abwurf von bis zu 30 Dropsonden in kürzester Zeit in konvektive Systeme und Adaption eines miniaturisierten Messkopfes für die meteorologischen Größen Druck, Wind, Temperatur und Feuchte für den Betrieb an einem Außenlastbehälter des HALO.

Expertise

Mitarbeiter des IMK-TRO haben langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Entwicklung von Messsystemen für den Einsatz an Bord von Forschungsflugzeugen. Diese Kompetenz wird durch führende Mitarbeit an Forschungsprojekten und durch zahlreiche Publikationen belegt.

IMK – TRO (Dr. S. Jones)

Wissenschaftliche Ziele

Hauptziel ist die Verbesserung der Wettervorhersage im Rahmen des internationalen Forschungsvorhabens „THORPEX: A Global Atmospheric Research Programme“. Schwerpunkte liegen bei tropischen Wirbelstürmen, deren Einfluss auf das europäische Wetter, sowie der Wechselwirkung mit Mineralstaub.

Arbeitsplan

Einsätze von HALO sind im Rahmen folgender Forschungsvorhaben geplant: THORPEX: „targeted“ Beobachtungen, Einfluss tropischer Wirbelstürme auf die Entwicklung von Extremwetterereignissen in den mittleren Breiten, Transport von Mineralstaub durch tropische Wirbelstürme und der Einfluss des Mineralstaubs auf die Entstehung und Intensität der Wirbelstürme, Anwendung von Radar/Mikrowellenradiometer Daten in der Vorhersage tropische Zyklone. Missionspläne werden in Zusammenarbeit mit den Partnern des VI sowie mit internationalen Partnern (u.a. NOAA/Hurricane Research Division) entwickelt. Dazu werden Ergebnisse früheren Messkampagnen ausgewertet sowie numerische Modellrechnungen durchgeführt

Expertise

Sarah Jones verfügt über langjährige Erfahrung in der Erforschung von tropischen Wirbelstürmen und ihrer Umwandlung in außertropische Tiefdruckgebiete und ist Mitglied des „International Science Steering Committee“ und „European Regional Committee“ von THORPEX.

IMK – AAF (Dr. M. Schnaiter, Dr. O. Möhler, Prof. U. Schurath)

Arbeitsplan

AIDA-Kampagnen für Test- und Vergleichsmessungen von HALO-Messgeräten: Die AIDA-Versuchsanlage bietet eine hervorragende Umgebung für die Erprobung, Weiterentwicklung und Anwendung neuer Messgeräte unter atmosphärenähnlichen Bedingungen. Durchgeführt werden Vergleichskampagnen für die Messung von Wasserdampf und die Charakterisierung von Aerosolpartikeln/Eiskristallen bei variablem Umgebungsdruck und bis zu den tiefsten Tropospausestemperaturen.

Entwicklung eines neuartigen Geräts zur gleichzeitigen Messung der Größe, Form und Streufunktion einzelner Eiskristalle (PHIPS). Erprobung und Optimierung bei AIDA-Kampagnen. Parallel dazu soll das technische Design für die Verwendung von PHIPS in einer Flügelstation von HALO erarbeitet werden. Die Arbeiten werden in enger Zusammenarbeit mit den Partnern des VI durchgeführt.

Expertise

An der AIDA-Kammer wurden zahlreiche Messkampagnen unter Beteiligung nationaler und internationaler Partner durchgeführt. Für die Messung optischer Eigenschaften von Aerosolen und Eiskristallen wurden neue Messgeräte entwickelt und mit Instrumenten für den Einsatz auf Flugzeugen verglichen.

Verwendung der vom IMK beantragten Fördermittel: Die Kosten für die vorgeschlagenen Instrumentenentwicklungen werden aus Eigenmitteln/Drittmitteln getragen. Das im Rahmen des VI beantragte Budget dient ausschließlich der Förderung von Kooperationen mit Universitäten.

Referenzen

- Corsmeier, U. et al., Ozone and PAN formation inside and outside of the Berlin plume. Process analysis and numerical process simulation. *J. Atmos. Chem.*, 42, 289-321 (2002)
- Möhler, O. et al., Experimental investigation of homogeneous freezing of sulphuric acid particles in the aerosol chamber AIDA, *Atmos. Chem. Phys.*, 3, 211-223 (2003)
- Zahn, A., Constraints on 2-way transport across the Arctic tropopause based on O₃, stratospheric tracer SF₆ ages, and water vapor isotope (D, T) tracers, *J. Atmos. Chem.*, 39, 303-325 (2001)
- Friedl-Vallon, et al., Design and characterisation of the balloon-borne Michelson Interferometer for Passive Atmospheric Sounding (MIPAS-B2), *Appl. Optics* 43, 3335-3355 (2004)
- Jones, S. C., P. A. Harr, J. Abraham, L. F. Bosart, P. J. Bowyer, J. L. Evans, D. E. Hanley, B. Hanstrum, R. E. Hart, F. Lalaurette, M. R. Sinclair, R. K. Smith, and C. D. Thorncroft, 2003: The extratropical transition of tropical cyclones: forecasting challenges, current understanding and future directions. *Wea. Forecasting*, 18, 1052-1092.

12.2 Hochschulen

12.2.1 Universität Bremen – Institut für Umweltphysik und Fernerkundung, Universität Bremen

Prof. John P. Burrows, Prof. Justus Notholt, Dr. Andreas Richter, Dr. Heinrich Bovensmann

Im Rahmen dieses Projektes soll vorrangig das Airborne Multi Axis DOAS (AMAXDOAS) Instrument, das bislang erfolgreich auf der DLR-Falcon geflogen ist für den Einsatz auf dem neuen Forschungsflugzeug HALO vorbereitet werden. Das AMAXDOAS-Instrument soll so modifiziert werden, dass es für Messungen von O₃ und NO₂ in der UT/LS optimiert ist. In einem Partner-Antrag der Universität Heidelberg wird parallel dazu eine Erweiterung des Instrumentes zu längeren Wellenlängen vorgeschlagen, die Messungen von Wasserdampf und Eis in der UT/LS ermöglichen wird. Zudem werden Mittel für Testflüge des modifizierten Instruments auf der DLR-Falcon beantragt. Bei diesen Testflügen sollen dann gegebenenfalls auch modifizierte Versionen des RO₂-In-Situ Sensors (*Burkert et al., 2003*) des ASUR MW Radiometers (*Küllmann et al., 1999*), und eines abstimmbaren nahinfraroten Diodenlasersystems für H₂O und CH₄ (*Gurlit et al 2003, 2004*), das schon erfolgreich auf Ballon eingesetzt war. Gemeinsame Testflüge mit der NO_x In-Situ Instrumentierung des DLR IPA (*Ziereis et al., 1999*) sind anzustreben.

Das AMAXDOAS besteht in seiner aktuellen Konfiguration aus zwei Spektrographen die jeweils den sichtbaren bzw. UV Spektralbereich abdecken (*Wagner et al., 2002*). Zwei Sätze von jeweils 10 kleinen Teleskopen sammeln atmosphärisches Streulicht aus verschiedenen Richtungen über und unter dem Flugzeug und leiten es über Lichtleiterbündel in die Spektrometer. Durch den Einsatz von zweidimensionalen CCD-Detektoren können die Messungen in den unterschiedlichen Richtungen simultan aufgenommen werden. Die Auswertung der Spektren erfolgt mit der Methode der Differentiellen Optischen Spektroskopie (DOAS), und ermöglicht den Nachweis einer ganzen Reihe von Absorbern (O₃, NO₂, BrO, OCIO, HCHO, H₂O, O₄) (*Wang et al., 2003*). Durch die Verwendung verschiedener Blickrichtungen kann vor allem in der Nähe der Flughöhe eine begrenzte Höhenauflösung erreicht werden (*Bruns et al., 2003*).

Das AMAXDOAS Instrument wurde bislang zur Validation des SCIAMACHY Instrumentes auf ENVISAT (*Wang et al, 2003*) und für Formaldehydmessungen in der unteren Troposphäre (*Pundt et al., 2003*) eingesetzt. Im Rahmen dieses Projektes sollen

1. das Gerät an die Bedingungen im Forschungsflugzeug HALO angepasst,
2. die Spektrographen und Detektoren für die Messung von O₃, NO₂ und BrO in der Tropopausenregion optimiert,
3. die Teleskope für die Messungen in der Tropopause angepasst,
4. und die Auswertemethoden für die neuen Messgrößen weiterentwickelt werden.

Darüber hinaus soll das Gerät auf der DLR-Falcon getestet, und die Auswertung anhand dieser Messungen verifiziert werden.

Die Messergebnisse können im Zusammenhang mit den Ergebnissen von Ballonkampagnen zur Klärung von Fragen zu Austauschprozessen zwischen Stratosphäre und Troposphäre beitragen. Darüber hinaus sind sie zur Validation von Satellitenmessungen zum Beispiel von SCIAMACHY in der kritischen Tropopausenregion geeignet.

Für dieses Projekt ist eine enge Zusammenarbeit mit DLR IPA und dem Institut für Umweltphysik in Heidelberg vorgesehen, wie sie schon in der Vergangenheit bei verschiedenen Kampagnen, insbesondere aber beim AMAXDOAS und der SCIAMACHY Validation sehr erfolgreich praktiziert wurde.

Kooperationen

DLR IPA	Anpassungen an HALO, DLR Falcon-Testflüge, NO _x In-Situ Messungen
Universität Heidelberg	AMAXDOAS-Instrument und Datenauswertung

Arbeitsplan:

- Anpassung des existierenden AMAXDOAS-Instrumentes an das HALO Forschungsflugzeug
- Anpassung des Spektrographen an geänderten Spektralbereich
- Anpassung der Teleskope für dedizierte Messungen in der Tropopausenhöhe
- Testflüge auf der DLR Falcon
- Weiterentwicklung der Auswerterroutinen
- Untersuchungen zur Zusammensetzung der Tropopausenregion
- Validation von O₃, NO₂ und BrO Profilen von SCIAMACHY

Verwendung der beantragten Fördermittel

Die im Rahmen dieses Vorhabens beantragten Mittel sollen dazu beitragen einen Doktoranden zu finanzieren.

Referenzen

- Bruns, M., S. Bühler, J. P. Burrows, K.-P. Heue, U. Platt, A. Richter, A. Rozanov, T. Wagner, P. Wang, Retrieval of Profile Information from Airborne Multi Axis UV/visible Skylight Absorption Measurements, *submitted to Applied Optics*, 2003
- Burkert, J., Andrés Hernández, M.D., L. Reichert, D. Stöbener, J. Meyer- Arnek and J.P. Burrows, J.Mühle, A.Zahn, T.Carsey, RR. Dickerson and B. Doddridge, Trace gas and radical behaviour in the marine boundary layer during INDOEX 1999 *Journal of Geophys. Res.*, 2003, ???
- Ziereis, H., H. Schlager, P. Schulte, I. Köhler, R. Marquardt, and C. Feigl, In situ measurements of the NO_x distribution and variability over the eastern North Atlantic, *J. Geophys. Res.*, 104, 16,021-16,032, 1999

12.2.2 J.W. Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Meteorologie und Geophysik

Dr. H. Bingemer, Dr. A. Engel, Prof. W. Jaeschke, Dr. C.M. Volk (Ph.D), Prof. U. Schmidt

Wissenschaftliche Zielsetzungen

Das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt (IMGF) möchte sich aktiv an der Nutzung von HALO beteiligen und schlägt vor, mehrere Messgeräte zur Messung kurz- und langlebiger Quellgase sowie für Wolkeneigenschaften auf HALO zu integrieren. Ziele dieser Messungen sind:

- i) Quantifizierung von Transportprozessen in der untersten Stratosphäre (zu dieser Thematik hat das IMGF bereits eine Mustermmission für HALO vorgeschlagen).
- ii) Eintrag kurzlebiger halogenerter Spezies in die unterste Stratosphäre und deren Beitrag zum Halogenbudget.
- iii) Bestimmung der grossräumigen Verteilung der Anzahl-Konzentration sowie der Eigenschaften (Morphologie, Wirkungsweise) und Herkunft von Eiskeimen in verschiedenen Luftmassen
- iv) Untersuchung der hochtroposphärischen Eisphase als Rezeptor organischer Verbindungen

Arbeitsprogramm und Anteil des Virtuellen Instituts

Für die Messung der Quellgase sollen zwei existierende in-situ Gaschromatographen eingesetzt werden, die bisher erfolgreich auf Forschungsflugzeugen zur Messung langlebiger Tracer (N_2O , CH_4 , CO_2 , FCKWs, SF_6) und von CO eingesetzt wurden. Im Rahmen dieses virtuellen Instituts soll zum einen die Erweiterung des in-situ GCs GHOST II um einen GC/MS Kanal zur Messung kürzerlebiger Quellgase sowie die Erweiterung des Messspektrums des in-situ GCs HAGAR auf weitere Quellgase (z.B. COS) untersucht werden. Ferner sollen die Geräte zum Einsatz auf HALO adaptiert, zertifiziert, und integriert werden.

Für die Untersuchungen der Eisphase in der oberen Troposphäre und unteren Stratosphäre wird die Integration von in situ- und Anreicherungs-Verfahren zur Messung von Eiskeimen und von Eisteilchen auf HALO vorgeschlagen. Ein innerhalb des SFB „Troposphärische Eisphase“ neu zu entwickelnder *continuous-flow ice nuclei counter* zur in situ-Messung der grossräumigen Verteilung der Anzahlkonzentration von Eiskeimen soll an die Bedingungen des Messträgers angepasst werden. Einlässe für Aerosol- und Gasprobenahme sind zu entwickeln.

Eiskristalle sollen zur Analyse von in der Eismatrix gebundenen organischen Verbindungen vom Flugzeug aus gesammelt und angereichert werden. In einer Machbarkeitsstudie soll die Eignung eines existierenden flugtauglichen Wolkentropfen-Impaktors auch für Eiskristalle untersucht werden. Dabei werden die gesammelten Eiskristalle nach Abschottung der Impaktorplatte gegen den atmosphärischen Unterdruck automatisch in die Druckkabine transferiert. Die Trennung organischer Substanzen von Wasser erfolgt mit Festphasenmikroextraktion, die Analysen u.a. mit GC/MS. Die gesammelte Eismasse wird mit einem Mikrotracer bestimmt.

Kooperation mit anderen Teilnehmern

Die Antragsteller arbeiten bereits seit vielen Jahren im Rahmen eines Kooperationsvertrages zum Thema „Langlebige Spurengase in der Stratosphäre“ (derzeitige Laufzeit bis August 2005) mit dem FZ Jülich zusammen. Desweiteren ist die Universität Frankfurt, ebenso wie die Universität Mainz, „Associate Member“ der Geophysica European Economic Interest Group, in der auch die HGF-Zentren FZ Jülich, FZ Karlsruhe und DLR Mitglieder sind. Schliesslich besteht eine enge Kooperation mit der Universität Mainz im Rahmen eines gemeinsamen DFG-Projekts zur Untersuchung der Eisphase als Rezeptor organischer Verbindungen. Die Kooperation auf diesem Forschungsgebiet wird derzeit im Rahmen des SFB „Die troposphärische Eisphase“ intensiviert.

Expertise der Antragsteller

Die Antragsteller verfügen über langjährige Erfahrung mit Spurengasmessungen auf verschiedenen Flugzeugen (Citation, Learjet, ER-2, Geophysica) sowie über Erfahrung mit Messungen von Kondensationskernen, und Wolkenwasser, die z.B. in folgenden Publikationen dokumentiert sind:

Bujok, O., Tan, V., Klein, E., Nopper, R., Bauer, R., Engel, A., Gerhards, M.-T., Afchine, A., McKenna, D.S., Schmidt, U., Wienhold, F.G., Fischer, H., GHOST – a novel airborne gas chromatograph for in situ measurements of long-lived tracers in the lower stratosphere: Method and Applications, *J. Atm. Chem.*, 39, 2001, 37-64.

Jaeschke, W. and Günther, A., An airborne two stage impactor for chemical analysis of size segregated cloud drops, *Atmos. Res.*, 64, 121-132, 2002.

Otto, P., Georgii, H.-W. and Bingemer, H., A new three-stage continuous flow CCN-counter, *Atmospheric Res.*, 61, 299-310, 2002.

Volk, C.M., J.W. Elkins, D.W. Fahey, R.J. Salawitch, G.S. Dutton, J.M. Gilligan, M.H. Proffitt, M. Loewenstein, J.R. Podolske, K. Minschwaner, J.J. Margitan, and K.R. Chan, Quantifying transport between the tropical and mid-latitude lower stratosphere, *Science*, **272**, 1763-1768, 1996.

Volk, C. M., O. Riediger, M. Strunk, U. Schmidt, F. Ravegnani, A. Ulanovsky, and V. Rudakov, In situ Tracer Measurements in the Tropical Tropopause Region During APE-THESEO, *Eur. Comm. Air Pollut. Res. Report 73*, 661-664, 2000.

12.2.3 Universität Hamburg - Meteorologischen Instituts

Dr. Gerhard Peters

Wissenschaftliche Zielsetzung

Ein Wolkenradar soll auf HALO eingesetzt werden, um alle Experimente mit Bezug zu Wolken mit entsprechenden Basisinformationen zu versorgen. Häufig ist auch für die Interpretation von in-situ Messungen mikrophysikalischer oder chemischer Wolkeneigenschaften die von dem Wolkenradar gelieferte Mächtigkeit der Wolkenschichten sowie die aktuelle Messposition relativ zu den Wolkengrenzen notwendig. In Kombination mit anderen Fernmessverfahren (LIDAR, Mikrowellenradiometer) sollen mikrophysikalische Schlüsselparmeter wie effektive Teilchengröße, Flüssigwassergehalt oder die Verteilung der Eis- und Wasserphase mit feiner räumlicher Auflösung erfasst werden.

Eine weitere Aufgabe soll das Wolkenradar im Rahmen des für HALO vorgeschlagenen EarthCARE Simulators erfüllen. Algorithmen zur Interpretation der Daten des für EarthCARE vorgesehenen Wolkenradars können mit den auf HALO - Missionen unter realistischen Bedingungen gewonnenen Messungen erprobt werden.

Notwendige Arbeiten

Für den Betrieb des Wolkenradars auf HALO sind - vor allem bedingt durch die Radarantenne - erhebliche Modifikationen des Flugzeugs notwendig. Ein funktionierendes Konzept hierfür kann nur in enger Abstimmung mit Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen - Flugzeugbauern, Antennenspezialisten, Radarherstellern, und Anwendern - erarbeitet werden. Für die Entwicklung einer flugzeugtauglichen Antenne wird die Zusammenarbeit mit dem Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme der DLR angestrebt.

Daneben ist eine Reihe der "üblichen" für den Flugzeugeinsatz notwendigen Modifikationen und Tests der Radar-Hard- und Software notwendig. (Beschleunigungsfestigkeit, Flugtechnische Zulassung, EMV-Test, Internationale Frequenzzulassungen, Datenerfassung und Quicklook-Möglichkeiten mit Navigation.)

Expertise

In der gemeinsamen Fernerkundungsarbeitgruppe des Meteorologischen Instituts und des Max-Planck-Instituts für Meteorologie wird unter der Leitung von G. Peters ein Prototyp eines hochempfindlichen polarimetrischen Wolkenradars bei 36 GHz (MIRA 36) betrieben, das auf Grund seiner kompakten Bauweise, seines relativ geringen Energiebedarfs und seiner ultraschnellen Signalverarbeitung für den Flugzeugeinsatz prinzipiell geeignet ist. Zur Zeit werden in Kooperation mit dem DWD Algorithmen zur Wolkencharakterisierung entwickelt, die vor allem für den operationellen Betrieb und für klimatologische Studien geeignet sind.

Budget

Es ist geplant, dass auf der Grundlage des vorhandenen Prototyps ein System für den Einsatz auf HALO gebaut wird. Die Kosten hierfür sind bei der MPG als Beitrag für HALO in die mittelfristige Finanzplanung aufgenommen worden. Die hier beantragten zusätzlichen Fördermittel von 15.000,- - EURO/Jahr sollen für die Konzeption, die technische Abstimmung mit den beteiligten Experten, die Teilnahme an HALO-Nutzerworkshops sowie die Erstellung des Pflichtenhefts verwendet werden.

Publikationen

Bormotov, V., G. Peters, K. Schünemann, D. Vavriv, V. Vinogradov, V. Volkov, 2000: \wedge 36 GHz Doppler Radar for Remote Sensing of the Atmosphere, Proc. Millenium, Conf. Antennas & Propagation, Davos Switzerland, 9 -14 April, 2000, Vol II, 319-320.

Peters, G., B. Fischer, T. Andersson, 2002: Rain observations with a vertically looking Micro Rain Radar (MRR), Boreal Environment

12.2.4 Universität Heidelberg – Institut für Umweltphysik

Prof. Dr. Ulrich Platt, PD Dr. K. Pfeilsticker, PD Dr. Thomas Wagner

Wissenschaftliche Zielsetzung

Wir schlagen folgende Experimente an Bord des neuen Forschungsflugzeuges HALO vor:

1.) Spektroskopische Untersuchung zur Eisphase der UT/LS

Airborne Multi AXis DOAS (AMAXDOAS): Für diesen Zweck werden wir ein bereits existierendes AMAXDOAS – Instrument für den Einsatz auf HALO modifizieren. Wir beabsichtigen den Wellenlängenbereich zu erweitern, hin zu längeren Wellenlängen (bis zu etwa 1700 nm), um sensitiv zu sein für die verschiedenen Aggregatzustände atmosphärischen Wassers.

Charakterisierung des physikalischen Zustands von atmosphärischen Wasser. Diese Beobachtungen tragen zum Verständnis der Bildungsmechanismen von Eiswolken in der Tropopausenregion bei. Die Beobachtungen werden sowohl eine hohe horizontale und zeitliche Auflösung erzielen als auch eine gewisse vertikale Auflösung. Die Datensätze werden mit ähnlichen Datensätze wie LIDAR und Satellitenbeobachtungen verglichen.

2.) Spektroskopische Untersuchung zur Photochemie der UTLS

Unsere spektroskopischen Untersuchungen in der Atmosphäre am Boden, von Flugzeugen, Ballonen und Satelliten haben auch gezeigt, dass freie Bromradikale (BrO) durch Aktivierung mit Hilfe heterogene Reaktionen so genannter Reservoirgase (HOBr, BrONO₂) auf der Oberfläche von Eiswolken gebildet werden sollten. Dabei zeigen verschiedene Beobachtungen relativ hohe Konzentrationen von BrO in der freien Troposphäre [siehe z.B. Platt and Hönniger 2003], die "unerwartete" Ozonverluste in der Tropopausenregion erklären könnten [Platt and Hönniger 2003]. Die vorgeschlagenen Aktivitäten werden in enger Zusammenarbeit mit dem IUP der Universität Bremen durchgeführt.

Notwendige Arbeiten

- Anpassung des existierenden AMAXDOAS – Instrument für HALO
- Neuer Detektor für längere Wellenlängen (IF)
- Anpassung des Heidelberger Strahlungstransportmodells für die spezifischen Anwendungen der AMAXDOAS Wasser – Beobachtungen
- Testflüge mit der DLR Falcon, um das neue Instrument zu testen
- Vergleich der abgeleiteten Daten mit Satellitenbeobachtungsdaten
- Dokumentation der entwickelten Algorithmen für Routineanwendungen

3.) Messung des atmosphärischen Strahlungshaushaltes

In den vergangenen Jahren wurden vom IUP-Heidelberg u.a. neue Methoden zur Untersuchung des atmosphärischen Strahlungstransportes entwickelt. Dazu gehören u.a. die Methode der Messung von Weglängenverteilungen solarer Photonen bei ihrem Durchgang durch die Atmosphäre mit Hilfe der hochauflösenden Sauerstoff A-Banden-Spektroskopie (~760 nm), oder auch Messungen der Himmelshelligkeit (z. Bsp. im Limb) im UV/sichtbaren und nahen IR. (e.g., Pfeilsticker et al., 1998; Weidner et al., 2004).

Dazu schlagen wir spektroskopisch hochauflösende Sauerstoff A-Banden UV/vis und orts- und zeitauflösende Messungen absoluter Strahlungsgrößen im UV/sichtbaren und nahen IR vor.

4.) Messung der Quellverteilung wichtiger klimarelevanter Spurenstoffe

Weiterhin wurde von uns in Kooperation mit dem Laboratoire Physique Moleculaire et Application (LPMA), Uni Paris 6, Frankreich auch hochauflösenden Messungen der atmosphärischen NADIR Emission im UV/vis near-IR an Bord eines Stratosphärenballons unternommen (e.g. Camy Peyret et al., 1993; Ferlemann et al., 2000; Camy-Peyret et al., 2001). Die mit den NIR-Messungen von

SCIAMACHY gemachten Erfahrungen zeigen, dass neben CO vor allem auch (erstmalig) die globale Methanverteilung vom Satelliten aus gemessen werden kann. Messungen im nahen IR sind im Gegensatz zu denen im thermischen IR auch für bodennahe Konzentrationen empfindlich.

Wir schlagen vor, ein Spektrometer für den nahen IR-Bereich (ähnlich SCIAMACHY) für Flugzeugmessungen zu bauen. Die entsprechenden Auswertemethoden könnten direkt von den SCIAMACHY-Analysen übernommen werden. Räumlich Hochaufgelöste Flugzeugmessungen wären eine ideale Ergänzung der Satellitenmessungen. Sie könnten insbesondere helfen, die räumliche Spurengasverteilung im Bereich ausgedehnter Quellen zu bestimmen.

Wir schlagen daher in diesem Teilbereich folgenden Messungen vor: Spektroskopisch hochauflösende Messungen im IR (NADIR und Zenith) als Teil einer Strahlungsmission bzw. Missionen zur Messung der Quellverteilung von CO₂, CH₄, N₂O, CO, etc an Bord des Forschungsflugzeuges HALO. Im Rahmen des hier beantragten Projektes sollen u.a. vorhanden ballongetragenen Messungen der Quellverteilung und des atmosphärischen Strahlungstransportes ausgewertet werden und die dabei gemachten Erfahrungen im Hinblick auf die Machbarkeit ähnlicher Untersuchungen von Bord des Forschungsflugzeuges HALO untersucht werden.

Expertise

Das Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg (IUP-HD) besitzt eine besondere Expertise in der Entwicklung und dem Einsatz der Differentiellen Optischen Absorptionsspektroskopie (DOAS) in der Umwelt- und Klimaforschung. Im Rahmen dieser Forschungen führt das IUP-HD spektroskopische Messungen am Erdboden, auf Flugzeugen und Forschungsballone, sowie Satelliten (ERS-2 GOME, ENVISAT-Sciamachy) durch. Das IUP-HD hat in den vergangenen Jahren auch umfangreiche Messkampagnen unter Beteiligung zahlreicher externer Partner erfolgreich durchgeführt.

Bezug zu anderen Projekten

Das Institut für Umweltphysik unterhält im Rahmen unterschiedlicher Projekte Kooperationen zu einer Vielzahl in- und ausländischer Institutionen. Dazu zählen insbesondere das DLR IPA (HALO Vorbereitungen), Universität München (FLEXPART Atmosphärische Modellierung), Universität Bremen (GOME und SCIAMACHY Daten Analyse und Validierung), Universität Frankfurt (SCIAMACHY Validierung), Universität Paris 6 (SCIAMACHY Validierung), Universität FU-Berlin (Trajektorienanalyse von Luftmassen) einiger weiterer Institutionen im Rahmen unterschiedlicher AFO 2000 Projekte, der Projekte NOXTRAM, AFOHAL, HGF-ENVISAT, SCOUT, WISPA

Budget

Zur Durchführung der geplanten Entwicklungsarbeiten ist für die Dauer von 3 Jahren die Beschäftigung eines Doktoranden vorgesehen. Die Kosten dafür belaufen sich insgesamt auf geschätzt etwa 30 T€/Jahr.

Einige relevante Veröffentlichungen

Ferlemann, F., N. Bauer, R. Fitzenberger, H. Harder, H. Osterkamp, D. Perner, U. Platt, M. Schneider, P. Vradelis, and K. Pfeilsticker, Differential Optical Absorption Spectroscopy Instrument for stratospheric balloon-borne trace gas studies, *Applied Optics*, 39, 2377 - 2386, 2000.

Knap, W.H., M. Hess, P. Stammes, R.B.A. Koelemeijer, P.D. Watts, Cirrus optical thickness and crystal size retrieval from ATSR-2 data using phase functions of imperfect hexagonal ice crystals, *J. Geophys. Res.*, 104, 31,721-31,730, 1999.

Pfeilsticker, K., F. Erle, O. Funk, H. Veitel, and U. Platt, First geometrical path lengths probability density function derivation of the skylight from spectroscopically highly resolving oxygen A-band observations. 1. Measurement technique, atmospheric observations, and model calculations, *J. Geophys. Res.*, 103, 11483 - 11504, 1998.

Platt U. and Hönninger G. (2003), The Role of Halogen Species in the Troposphere, *Chemosphere* 52, No. 2, 325-338.

Weidner, F., H. Bösch, H. Bovensmann, J. P. Burrows, A. Butz, C. Camy-Peyret, M. Dorf, K. Gerilowski, W. Gurlit, U. Platt, C. von Friedeburg, T. Wagner, and K. Pfeilsticker, Balloon-borne Limb profiling of UV/vis skylight radiances, O₃, NO₂, and BrO: Technical set-up and validation of the method, *ACPD*, (accepted), 2004.

12.2.5 Universität Mainz – Institut für Physik der Atmosphäre

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

Wissenschaftliche Zielsetzung

Die tropischen Wolken in der oberen Troposphäre und an der Tropopause stellen einen wichtigen Untersuchungsgegenstand gegenwärtiger, sowie langfristig zukünftiger Atmosphärenwissenschaft und Klimaforschung dar. Beispiele für wesentliche Fragen sind:

- Wie entstehen diese Eiswolken und welche Mechanismen sorgen für ihre Erhaltung ?
- Woraus bestehen die Aerosolpartikel, aus denen diese Wolken entstehen ?
- Welche Rolle spielen natürliche und anthropogene organische Substanzen in den Aerosolen bei der Wolkenbildung?
- Wie beeinflussen diese Wolken den Spurenstofftransport in die Stratosphäre durch die Hadley-Zirkulation ?
- Welche Bedeutung haben sichtbare und nicht sichtbare tropische Zirren bei der Gefrier Trocknung der aufsteigenden Luft und damit den Wasserdampfhaushalt der Stratosphäre?
- Welche natürlichen und anthropogenen Spurenstoffe finden nach ihrer Emission Aufnahme durch die Eiskristalle dieser Wolken ?
- Wie wirken sich die mikrophysikalischen Eigenschaften der Aerosolpartikel, Eiskristalle und Hydrometeore auf Strahlungshaushalt und chemische Zusammensetzung der Luft aus ?

Die Arbeitsgruppe "Wolkenphysik und -chemie" des Instituts für Physik der Atmosphäre an der Universität Mainz hat fünf Instrumente zu atmosphärenphysikalischen und –chemischen Messungen für den Einbau in HALO vorgeschlagen: Einen speziell konstruierten Kondensationskernzähler, eine modifizierte Streulichtsonde, ein Messgerät zur Erfassung größerer Eisteilchen, ein Aerosolpartikelmassenspektrometer, sowie ein Massenspektrometer zur chemischen Analyse kleiner Wolkenteilchen. Die Arbeitsgruppe hat, unterstützt durch das Max-Planck-Institut für Chemie, ein Aerosolmassenspektrometer aufgebaut, für den Einsatz auf dem Forschungsflugzeug „Falcon“ des DLR modifiziert und während der PAZI Messkampagne erfolgreich eingesetzt. Dieses Instrument bestimmt quantitativ die flüchtigen und semi-volatilen chemischen Bestandteile von atmosphärischen Aerosolpartikeln in einem Partikelgrößenbereich von 40-1500 nm. Zusätzlich zur Information über die chemische Zusammensetzung einzelner grosser Partikel oder von Ensembles kleinerer Partikel kann in einem bestimmten Operationsmodus die Partikelgröße mitbestimmt werden. Die Aerosolpartikel werden mit einer aerodynamischen Linse aus der Umgebungsluft in das Hochvakuum überführt und dabei in einem engen Strahl gebündelt. Dann werden die Partikel verdampft, sowie die dabei freiwerdenden Gasmoleküle ionisiert. Die entstandene Ionenwolke kann mit einem Quadrupolmassenspektrometer analysiert werden, wodurch die Information bezüglich der chemischen Partikelbestandteile gewonnen wird. Dieses Instrument, sowie drei verschiedene Variationen davon sollen für den Einsatz auf dem neuen Forschungsflugzeug HALO modifiziert werden.

Arbeitsprogramm

Zum sicheren und wissenschaftlich erfolgreichen Betrieb des Instruments auf HALO sind viele technische Probleme zu lösen. Auf diesem Gebiet des Messinstrumentenbaus, der Flugzeugintegration von Instrumenten sowie der notwendigen luftfahrttechnischen Zulassung verfügt das DLR über langjährige und vielfältige Expertise. Daher erscheint eine Kooperation im Rahmen des beantragten Virtuellen Instituts als äußerst sinnvoll. Eine gemeinsam zu lösende Aufgabe besteht in der Erstellung eines speziell konstruierten Einbauracks. Weiterhin ist die Entwicklung eines passiven Einlasssystems erforderlich, um die partikelhaltige Umgebungsluft aus der Aussenströmung in das Innere des Flugzeugs zu leiten, ohne bei dieser Probenahme Verfälschungen der Testluft zu verursachen. Das Einlasssystem soll so konzipiert sein, das bestimmte Kalibrationsvorgänge für das Massenspektrometer am Boden im Hangar, oder auch während eines Messfluges vorgenommen werden können beispielsweise durch Integration einer besonderen Aerosolpartikelerzeugungseinheit in das Strömungssystem.

Verwendung der Fördermittel

Das Arbeitsprogramm, das im Rahmen dieses Antrags gefördert werden soll, besteht auf Grund der oben angeführten Aspekte aus:

1. der Erstellung des Einbauracks
2. und des passiven Probenahmesystems
3. mit In-flight-calibration facility, sowie
4. eines Teils der luftfahrttechnischen Tests

Expertise und Kooperationen mit HGF Institutionen

Die Arbeitsgruppe von Prof. Borrmann verfügt über 13 jährige Erfahrung zu flugzeuggetragenen in-situ Messungen in Cirren, Vulkanausbruchsfahnen, polaren Stratosphärenwolken, der stratosphärischen Hintergrundaerosolschicht und troposphärischen Wolken. Dabei kamen sieben verschiedene Flugzeuge zum Einsatz inklusive den Höhenforschungsflugzeugen ER-2 der NASA, sowie der russischen M-55 Geophysika und mehrfach auch der Falcon des DLR. Bezüglich der chemischen Wirksamkeit von Cirren durch heterogene Reaktionen wurde eine Hypothese formuliert, die gegenwärtig Gegenstand intensiver Forschungsbemühungen ist. Daher wurde im Rahmen der Berufung von Prof. Borrmann nach Mainz die Forschungstätigkeit auf die in-situ experimentelle Untersuchung der chemischen Zusammensetzung von Aerosol- und Wolkenpartikeln durch massenspektrometrische Methoden neu ausgerichtet. Herr Borrmann selbst, oder Teilnehmer seiner Arbeitsgruppe haben in der Vergangenheit intensive Kooperationen mit verschiedenen HGF Forschungszentren gehabt:

1. Mit dem DLR während des BMBF Ozonforschungsprogramms, der Messkampagnen APE-THESEO (1999), SULPHUR IV (1996), Contrail und EUROContrail (1997), PAZI (2003), der geplanten Ausrüstung eines Höhenforschungsflugzeugs, sowie gemeinsam betreuten, experimentellen Doktorarbeiten.
2. Mit dem FZJ während APE-Rovaniemi (1997), APE-THESEO (1999), des gemeinsamen Aufbaus von Flugzeugmessinstrumenten und zu gemeinsam betreuten Doktorarbeiten. Prof. Borrmann war vor seinem Ruf auf die Professur nach Mainz am FZJ festangestellter Wissenschaftler.
3. Mit dem FZK zur Erstellung von Messmethoden an der AIDA Kammer und der ENVISAT-VALIDATION (2003) Messkampagne.

Einige Publikationen

- Borrmann, S., A. Thomas, V. Rudakov, V. Yushkov, B. Lepuchov, T. Deshler, N. Vinnichenko, V. Khattatov and L. Stefanutti , In-situ aerosol measurements in the northern hemispheric stratosphere of the 1996/97 winter on the Russian M-55 Geophysika high altitude research aircraft, *Tellus*, 52B, 1088 - 1103, (2000).
- Ettner, M., S. K. Mitra, and S. Borrmann , Heterogeneous freezing of single sulphuric acid solution droplets: laboratory experiments utilising an acoustic levitator, *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 1887-1909, (2004).
- Schneider, J., S. Borrmann, A. G. Wollny, M. Bläsner, N. Mihalopoulos, K. Oikonomou, J. Sciare, A. Teller, Z. Levin, D. R. Worsnop, Online mass spectrometric aerosol measurements during the MINOS campaign (Crete, August 2001), *Atmos. Chem. Phys.*, 4, 65-80, (2004).
- Luo, B., Peter T, Fueglistaler S, Wernli H, Wirth M, Kiemle C, Flentje H, Yushkov VA, Khattatov V, Rudakov V, Thomas A, Borrmann S, Toci G, Mazzinghi P, Beuermann J, Schiller C, Cairo F, Di Donfrancesco G, Adriani A, Volk CM, Strom J, Noone K, Mitev V, MacKenzie RA, Carslaw KS, Trautmann T, Santacesaria V, Stefanutti L, Dehydration potential of ultrathin clouds at the tropical tropopause, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (11): Art. No. 1557, JUN 4, (2003).
- Peter T, Luo B., Wirth M, Kiemle C, Flentje H, Yushkov VA, Khattatov V, Rudakov V, Thomas A, Borrmann S, Toci G, Mazzinghi P, Beuermann J, Schiller C, Cairo F, Di Donfrancesco G, Adriani A, Volk CM, Strom J, Noone K, Mitev V, MacKenzie RA, Carslaw KS, Trautmann T, Santacesaria V, Stefanutti L, Ultrathin Tropical Tropopause Clouds (UTTCs): I. Cloud morphology and occurrence, *Atmos. Chem. Phys.*, 3, 1083-1091, JUL 29, (2003).

12.2.6 Universität München, Meteorologisches Institut (MIM)

Prof. Dr. Susanne Crewell, Dr. Matthias Wiegner

Zielsetzung

Das wissenschaftliche Interesse des MIM an der HALO-Nutzung umfasst Beobachtungen und Analysen der Wechselwirkungen von Aerosol/Wolken/Niederschlag auf die Strahlung mit den folgenden Schwerpunkten

- Sensor-Synergie (Radar, Lidar, IR-Radiometer, Mikrowelle) für die Bestimmung von wolkenmikrophysikalischen Parametern und deren Wechselwirkungen mit solarer Strahlung
- Entwicklung und Aufbau eines neuartigen Submillimetersensors für Eiswolken- und Niederschlagsfernerkundung
- Qualitätssicherung von weltraumgestützten Lidarsystemen, Auswertelgorithmen und abgeleiteten Produkten
- Erprobung potentieller Satellitenmissionen, z.B. EarthCARE und geostationärer Submillimeter-sensor
- Charakterisierung von Aerosolverteilungen auf globaler Skala und Ableitung von Klimatologien
- Transport von Mineralstaub durch tropische Wirbelstürme und der Einfluss des Mineralstaubs auf die Entstehung und Intensität von Wirbelstürmen
- Verbesserung der Wettervorhersage durch „targeted“ Beobachtungen (THORPEX)
- Anwendung von Radar- und Mikrowellenradiometer-Daten in der Vorhersage tropischer Zyklone

Expertise

Die Expertise des MIM umfasst neben theoretisch-numerisch orientierten Studien zu Strahlungstransport und Fernerkundung (die für die Konzeption von HALO-Missionen essentiell sind) auch die Teilnahme und Organisation zahlreicher nationaler und internationaler Experimente. Flugeinsätze betreffen z.B. Einsätze des selbstentwickelten portablen Lidar (POLIS) auf einer CESSNA und einer Dornier 228 für die Validierung von MERIS-Daten sowie den Betrieb eines Submillimeter-Radiometers für Spurengasmessungen auf der Falcon.

Die langjährige Erfahrung des MIM bei internationalen Messkampagnen dokumentiert sich in der Leitung und in der Mitwirkung bei Kampagnen wie der BALTEX-Bridge-Kampagne (Crewell et al., 2004), bei ACE-2, CLIWA-NET, LACE und ELITE, dem Ground-Truth Experiment zum ersten Shuttle-Lidar. Die im Rahmen solcher Vorhaben angewendete gemeinsame Nutzung unterschiedlicher Sensoren wird auch im AFO-2000 Projekt „4D-Wolken“, in dem die Inhomogenität von Wolken untersucht wird, deutlich.

Ferner ist das MIM an der Planung und Konzeption eines HSR-Lidars und der Entwicklung von synergetischen Wolkenretrieval für EarthCARE sowie an Simulationsstudien für eine geostationäre Submillimetermission beteiligt.

In Bezug auf Aerosolforschung ist das MIM Mitglied im Leitungsgremium des europäischen Lidar-Netzwerkes EARLINET und stellt dort unter anderem ein Referenzsystem zur Validierung der teilnehmenden Lidarsysteme, z.B. in Griechenland, Italien und Slowenien.

Arbeitsplan

Das MIM wird sich an der HALO-Missionsplanung beteiligen, indem bei der Definition von für die oben genannten Zielsetzungen optimalen Instrumentierungen, Flugmustern und Auswerteverfahren mitgewirkt wird. Ein Schwerpunkt betrifft hierbei die Sensor-Synergie durch den Einsatz von Wolkenradar und Lidar. Zum einen wird an der Implementierung der erforderlichen Geräte in Kooperation mit DLR und MPI Hamburg gearbeitet, zum anderen an Konzepten für die Datennutzung und Analyse. Weiterhin soll ein neuartiger Submillimetersensor für HALO entwickelt werden (dessen Finanzierung allerdings noch unklar ist), um durch abtastende Messungen Einblicke in die Eismikrophysik und das Innere von Niederschlagssystemen zu ermöglichen. Schließlich ist die Beteiligung an der Planung und Durchführung geeigneter bodengestützter Feldexperimente vorgesehen, die zur Ergänzung von HALO - Messungen sowie für Validierungszwecke erforderlich sind. Hierbei können z.B. die mobilen Lidarsysteme des MIM eingesetzt werden.

Kooperationen

Im Rahmen der genannten Aktivitäten sind Kooperationen mit dem MPI für Meteorologie, dem DLR, dem FZK, dem IfT Leipzig, der FU Berlin und ESTEC vorgesehen sowie mit NASA, NOAA Hurricane Research Division, Naval Postgraduate School, Pennsylvania State University, State University of New York at Albany, University of Wisconsin und dem kanadische Wetterdienst.

Die geplante Vorhaben tragen zu internationalen Forschungsvorhaben wie „THORPEX: A Global Atmospheric Research Programme“, „African Monsoon Multidisciplinary Analyses“ (AMMA) oder dem „European Aerosol Research Lidar Network“ (EARLINET) bei. Auch für eine etwaige EarthCARE Mission werden die Aktivitäten substantielle Beiträge liefern können.

Referenzen

- Ansmann A., J. Bösenberg, A. Chaikovsky, A. Comerón, S. Eckhardt, R. Eixmann, V. Freudenthaler, P. Ginoux, L. Komguem, H. Linné, M. A. López Márquez, V. Matthias, I. Mattis, V. Mitev, D. Müller, S. Music, S. Nickovic, J. Pelon, L. Sauvage, P. Sobolewsky, M. K. Srivastava, A. Stohl, O. Torres, G. Vaughan, U. Wandinger, and M. Wiegner: Long-range transport of Saharan dust to northern Europe: The 11-16 October 2001 outbreak observed with EARLINET; *J. Geophys. Res.*, Vol. 108, No. D24, 4783, doi:10.1029/2003JD003757, 2003
- Crewell, S., et al., The BALTEX Bridge Campaign: An integrated approach for a better understanding of clouds, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 85, 1565-1584, 2004.
- Crewell, S., P. Hartogh, K. Künzi, H. Nett, and T. Wehr, Aircraft measurements of ClO and HCl during EASOE 1991/92, *Geophysical Research Letters*, 21, 1267-1270, 1995.
- Mees, J., S. Crewell, H. Nett, G. de Lange, H. van de Stadt, J. J. Kuipers, and R. A. Panhuyzen,: SUR - An airborne SIS-receiver for atmospheric measurements at 625 to 720 GHz. *IEEE Transactions on Microwave Theory und Technique*, 43, 2453-2458, 1995.
- Wiegner, M., V. Freudenthaler, B. Heese, A. Ansmann and U. Wandinger: Earth Cloud and Aerosol Radiation Explorer (EarthCARE): EarthCARE Lidar Performance Simulations, Final Report Contract No. 15040/01/NL/MM, ESTEC, Noordwijk, 80 pp., 2003.

12.2.7 Universität Wuppertal

Prof. Klaus Grossmann, Dr. Peter Knieling, Dr. Friedhelm Olschewski

Umbau von CRISTA für den Einsatz auf HALO

Das Satellitenexperiment CRISTA (CRyogene Infrarot Spektrometer und Teleskope für die Atmosphäre) wurde im Nov. 1994 und im Aug. 1997 mit dem Space Shuttle der NASA in eine Erdumlaufbahn gebracht und hat von dort aus jeweils für eine Woche die Verteilung von über 15 verschiedenen Spurengasen der mittleren und oberen Atmosphäre global mit bisher unerreichter räumlicher Auflösung dreidimensional vermessen. CRISTA weist Spurengase, Aerosole und Wolken über deren Infrarotemissionen nach und benutzt dabei das Messprinzip der Horizontsondierung (Limb Scan) unter Verwendung von 3 simultan messenden Teleskopen mit zugehörigen Spektrometern.

Zielsetzung:

Eine verkleinerte Version von CRISTA mit nur einem Teleskop wird gegenwärtig für den Einsatz auf der Geophysica in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich (VH-FZ-017) vorbereitet, um mit sehr hohem räumlichen Auflösungsvermögen Spurengasstrukturen im Tropopausenbereich zu vermessen.

Arbeitsprogramm:

Im Rahmen des hier gestellten Antrags sollen die Randbedingungen für einen Einsatz des Experiments auf HALO untersucht und die notwendigen Änderungen durchgeführt werden. Hierzu gehören insbesondere

- Teilnahme an Koordinationstreffen
- Anpassung der Schnittstellen in den Bereichen Daten, Versorgung, mechanische Aufhängung, Lagemessung, Thermalhaushalt
- Durchführung von Missionsplanungen (Scanprogramme, Zeitablauf, Experimentsteuerung)
- Sicherheitsanalyse des Kryosystems

Alle Tätigkeiten sowie die spätere Datenanalyse erfolgen in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre (ICG-I) des Forschungszentrums Jülich.

Expertise:

Grossmann, K.U., Recent Improvements in Middle Atmospheric Remote Sounding Techniques: The CRISTA-SPAS Experiment, in: Atmospheric science across the stratopause, D. E. Siskind, S. D. Eckermann, and M. E. Summers, eds., Geophysical Monograph 103, 287-304, 2000

Grossmann, K.U., D. Offermann, O. Gusev, J. Oberheide, M. Riese, and R. Spang, "The CRISTA-2 mission, J.Geophys. Res., 107, 10.1029/2001JD000667, 2002.

Offermann, D., K.U. Grossmann, P. Barthol, P. Knieling, M. Riese, and R. Trant, Cryogenic Infrared Spectrometers and Telescopes for the Atmosphere (CRISTA) experiment and middle atmosphere variability, J.Geophys. Res., 104, 16311-16325, 1999

und: www.crista.uni-wuppertal.de

13 Kontaktadressen

Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt Institut für Physik der Atmosphäre Oberpfaffenhofen 82234 Weßling	Prof. U. Schumann	08153 28 2521	ulrich.schumann@dlr.de
	Dr. H. Ziereis	08153 28 2542	helmut.ziereis@dlr.de
	Dr. H. Schlager	08153 28 2510	hans.schlager@dlr.de
	Dr. G. Ehret	08153 28 2509	gerhard.ehret@dlr.de
	Dr. A. Petzold	08153 28 2592	andreas.petzold@dlr.de
	Dr. A. Minikin	08153 28 2538	andreas.minikin@dlr.de
	Dr. O. Reitebuch	08153 28 1321	oliver.reitebuch@dlr.de
	Dr. M. Wirth	08153 28 1309	martin.wirth@dlr.de
Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung Am Handelshafen 12 27515 Bremerhaven	Prof. O. Schrems	0471 4831 1480	oschrems@awi-bremerhaven.de
	Dr. A. Herber	0471 4831 1489	aherber@awi-bremerhaven.de
	Dr. D. Steinhage	0471 48311198	dsteinhage@awi-bremerhaven.de
Forschungszentrum Jülich Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre Institut 52425 Jülich	Prof. A. Wahner	02461 61 5932	a.wahner@fz-juelich.de
	Prof. M. Riese	02461 61 2065	m.riese@fz-juelich.de
	PD Dr. A. Hofzumahaus	02461 61 3239	a.hofzumahaus@fz-juelich.de
	Dr. F. Holland	02461 61 6078	f.holland@fz-juelich.de
	PD Dr. R. Koppmann	02461 61 5118	r.koppmann@fz-juelich.de
	Dr. M. Krämer	02461 61 3238	m.kraemer@fz-juelich.de
	Dr. C. Schiller	02461 61 5272	c.schiller@fz-juelich.de
	Dr. F. Stroh	02461 61 4307	f.stroh@fz-juelich.de
Forschungszentrum Karlsruhe Institut für Meteorologie und Klimafor- schung Hermann-von-Helmholtz-Platz 1 D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen	PD Dr. C. Blom		cornelis.blom@imk.fzk.de
	Dr. F. Friedl-Vallon		felix.friedl-vallon@imk.fzk.de
	Dr. H. Oelhaf		hermann.oelhaf@imk.fzk.de
	Dr. P. Werle		peter.werle@imk.fzk.de
	Dr. A. Zahn	07247 82 2788	andreas.zahn@imk.fzk.de
	Prof. Dr. H. Fischer	07247/823643	herbert.fischer@imk.fzk.de

	Prof. Ch. Kottmeier	07247 82 2800	christoph.kottmeier@imk.fzk.de
	Dr. U. Corsmeier	07247 82 2843	ulrich.corsmeier@imk.fzk.de
	Dr. S. Jones		sarah.jones@imk.fzk.de
	Dr. M. Schnaiter	07247 82 6079	martin.schnaiter@imk.fzk.de
	Dr. O. Möhler	07247 82 4287	Ottmar.Moehler@imk.fzk.de
	Prof. U. Schurath	07247 82 2659	ulrich.schurath@imk.fzk.de
Universität Bremen Institut für Umweltphysik und Fernerkundung Otto-Hahn-Allee 1 D-28359 Bremen	Prof. J. Burrows	0421 218 4548	john.burrows@iup.physik.uni-bremen.de
	Prof. J. Notholt	0421 218 18982	jnotholt@iup.physik.uni-bremen.de
	Dr. A. Richter	0421 218 4474	andreas.richter@iup.physik.uni-bremen.de
	Dr. H. Bovensmann	0421 218 4081	heinrich.bovensmann@iup.physik.uni-bremen.de
J. W. Goethe Universität Frankfurt Institut für Meteorologie und Geophysik Georg Voigt Str. 14 60325 Frankfurt	Dr. H. Bingemer	069 798 28463	Bingemer@meteor.uni-frankfurt.de
	Dr. A. Engel	069 798 28133	an.engel@meteor.uni-frankfurt.de
	Prof. W. Jaeschke	069 798 28147	jaeschke@zuf.uni-frankfurt.de
	C.M. Volk (Ph.D)	069 798 28861	m.volk@meteor.uni-frankfurt.de
	Prof. U. Schmidt	069 798 23637	u.schmidt@meteor.uni-frankfurt.de
Universität Hamburg Meteorologisches Institut Bundesstraße 55 20146 Hamburg	Dr. G. Peters	040 41173 255	peters@miraculix.dkrz.de
Universität Heidelberg Institut für Umweltphysik INF 229 69120 Heidelberg	Prof. Dr. U. Platt	06221 54 6339	ulrich.platt@iup.uni-heidelberg.de
	PD Dr. K. Pfeilsticker	06221 54 6401	klaus.pfeilsticker@iup.uni-heidelberg.de
	Dr. T. Wagner	06221 54 6314	thomas.wagner@iup.uni-heidelberg.de
Universität Mainz Institut für Umweltphysik Becherweg 21 55099 Mainz	Prof. S. Borrmann	06131 39 22 861	borrmann@mail.uni-mainz.de
	Dr. J. Curtius	06131 39 22 862	curtius@mail.uni-mainz.de
	Dr. J. Schneider	49 6131 305 450	schneider@mpch-mainz.mpg.de
	Dr. F. Drewnick	(+ 49 6131) 305 586	drewnick@mpch-mainz.mpg.de
Universität München	Prof. Dr. Susanne Crewel	+49 (0) 89 / 2180-4210	CREWELL@meteo.physik.uni-muenchen.de

Meteorologisches Institut Theresienstr. 37 80333 München	Dr. M. Wiegner	089 2180 4344	m.wiegner@lrz.uni-muenchen.de
Bergische Universität Wuppertal Fachbereich 8 Gauss – Str. 20 D 42097 Wuppertal	Prof. K. Grossmann	0202 439 2603	grossman@uni-wuppertal.de
	Dr. P. Knieling	0202-439-2749	knieling@uni-wuppertal.de
	Dr. F. Olschewski	0202/439-2929	olsch@wpos2.physik.uni-wuppertal.de