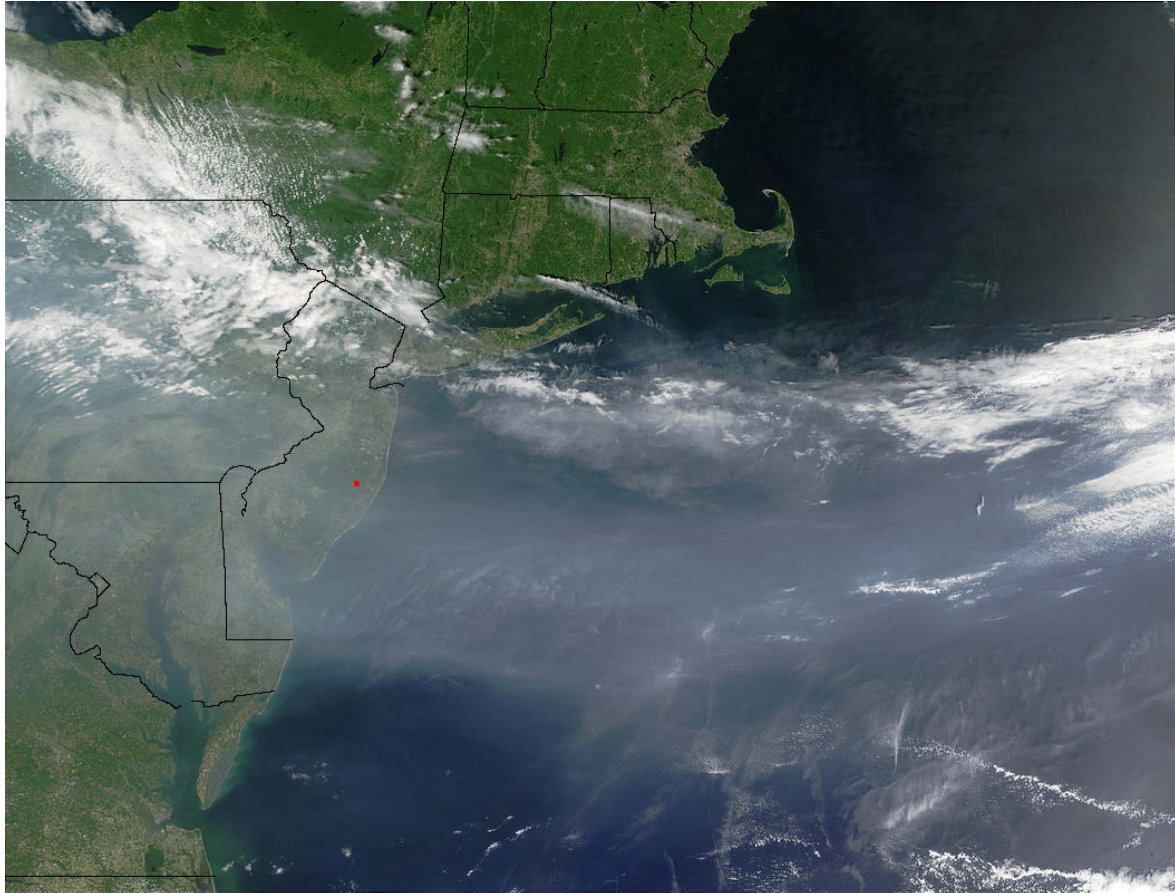


Partikel und Zirren (PAZI-2)



Beteiligte Einrichtungen: PA, VT, AT, FB
In Kooperation mit DFD, VF-VL
Partner im HGF-Verbund: FZK, FZJ, AWI
Weitere Partner: Universitäten und Max-Planck-Institute

Laufzeit: I / 2004 – IV / 2007
Projektleiter: Priv.-Doz. Dr. Bernd Kärcher

Dezember 2003

Projektplan

Gliederung

1. Einleitung / Übersicht

Motivation, Resumee des Projektes PAZI, Stand des Wissens
Beziehung zu anderen Vorhaben, Kooperationen

2. Projektziele

Konkrete Projektziele, erwartete Ergebnisse, Bedarfsbegründung
Risikoabschätzung

3. Konkurrenzsituation und Vermarktung

4. Struktur und Organisation

Aufgabenstrukturplan, Verantwortlichkeiten

5. Geplante Leistungen

Hauptarbeitspaketbeschreibungen, Zeitplan und Hauptmeilensteine, Potentielle Nutzer

6. Erforderliche Ressourcen

Kostenträgerstruktur

7. Kosten und Investitionen

Zusammenfassende Darstellung der UPL-Vollkosten und Investitionen
UPL-Gesamtkosten und Investitionssumme

8. Leistungs-/Ressourcenvereinbarung (LRV)

Verpflichtungserklärung, Unterschriften und Freigabe

Anhang zum Projektplan

Arbeitspaketbeschreibungen, Zeitpläne und Meilensteine

Kostenkalkulationen

Literaturliste

Liste verwendeter Abkürzungen

Vereinbarung über Betrieb und Langzeitarchivierung MSG

Begleitschreiben externer Partner

1. Einleitung / Übersicht

Motivation

Moderne Flugzeugtriebwerke können derzeit in technischer Hinsicht im Hinblick auf eine Minimierung ihrer Umweltverträglichkeit nicht optimal ausgelegt werden. Zum einen ist unklar, wie die partikulären Emissionen von Flugzeugen (insbesondere Ruß) in der Atmosphäre zur Wolkenbildung und somit zu möglichen Klimaänderungen beitragen. Zum anderen bestehen große Wissenslücken über die Wirkung konkurrierender natürlicher und anthropogener Partikelquellen auf Bewölkung und Klima.

Für die Luftfahrtindustrie ist es wichtig, frühzeitig zu wissen, wie die Emissionen von Rußpartikeln die Bewölkung und das Klima beeinflussen und auf welche Weise man diesem Problem entgegen kann. Nur so kann die Industrie den Nutzen ihrer umfangreichen, langfristigen Investitionen sicherstellen. Frühzeitiges Wissen eröffnet dabei einen internationalen Wettbewerbsvorteil.

Die bisherigen Arbeiten des DLR im Bereich der atmosphärischen Auswirkungen des Luftverkehrs haben wesentlich zum heutigen Kenntnisstand in diesem Forschungsbereich beigetragen (IPCC, 1999; Schumann and Amanatidis, 2001). Das HGF-Strategiefondsprojekt PAZI (Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr Einfluß auf Kondensstreifen, Zirren und Klima) mit seinen assoziierten Drittmittel-Projekten hat sich unter Federführung des DLR auf die Frage konzentriert, inwieweit der Luftverkehr zur Bildung von Zirren (atmosphärische Eiswolken) beiträgt oder bestehende Zirren modifiziert, und dabei potentielle Wirkungsmechanismen aufgezeigt (Schumann und Kärcher, 1999; <http://www.pa.op.dlr.de/pazi/>).

PAZI wurde erfolgreich zum 30.6.2003 beendet. Zwischenberichte liegen vor. Auf der AAC-Tagung vom 30.6. bis 3.7.03 in Friedrichshafen wurde darüber zusammenfassend berichtet. Es wurden erhebliche Fortschritte hinsichtlich der Kenntnisse über Rußentstehung, Wirkung von Aerosolen auf Eispartikelbildung und der Modellierung von Aerosolen und Zirren erzielt. Es ist jedoch nicht möglich, die Aerosolwirkungen auf Zirren abschließend zu bewerten

Resumee des Projektes PAZI

In PAZI, in dessen Laufzeit mehrere Promotionen und eine Habilitation abgeschlossen wurden, wurden u.a. folgende Ergebnisse erzielt (Auszug aus dem Endbericht):

- 1/ Die Weiterentwicklung numerischer Algorithmen anhand experimenteller Studien an Flammen, Brennkammern und realen Triebwerken hat das Verständnis von Rußentstehungsprozessen in Flugtriebwerken erhöht und erlaubt die verbesserte Prognose der physikalisch-chemischen Parameter von Rußpartikeln, einschließlich der Berechnung des Luftverkehrsbeitrags in Flugkorridoren und zum globalen Rußhaushalt.
- 2/ Rußpartikel, wie sie auch bei der Verbrennung von Kerosin entstehen, gefrieren in der Atmosphäre möglicherweise bei geringeren relativen Feuchten als unterkühlte, flüssige Schwefelsäureaerosole, die eine wesentliche Komponente des Aerosols in der oberen Troposphäre und Stratosphäre darstellen.
- 3/ Es bestehen interhemisphärische Unterschiede in Eigenschaften von Zirruswolken, die zum Teil einen anthropogenen Einfluß nahelegen und damit auch einen weiteren Hinweis für einen möglichen Einfluß des Luftverkehrs auf Bewölkung und Klima bilden.
- 4/ Prozeßstudien erhärten die Vermutung, daß flugzeug-erzeugte Schwefelsäureaerosole keinen signifikanten Einfluß auf die Bildung von Zirren nehmen. Dies erhöht die Bedeutung von Rußpartikeln für die Zirrusbildung.
- 5/ Eine vertiefte Auswertung von Satellitendaten zeigt an, daß der Beitrag nicht mehr linienförmiger, sich zu Zirruswolken ausbreitenden Kondensstreifen zum Zirrusbedeckungsgrad vermutlich weit größer ist (bis zu einem Faktor 10), als bislang abgeschätzt. In Fallbeispielen wurden klare Korrelationen zwischen Luftverkehrsaufkommen und hoher Bewölkung auf der Zeitskala von einigen Stunden nachgewiesen.
- 6/ Die Entwicklung neuartiger Parameterisierungsschemata für die Bildung der Eisphase in Zirren erlaubte erstmalig die interaktive Simulation von Zirren im Klimamodell ECHAM und liefern eine Eingrenzung des Luftverkehrseffektes auf Bewölkung und Strahlungshaushalt. Somit wurde die Basis für eingehende Untersuchungen der Aerosol-Wolken-Strahlungs-Wechselwirkung gelegt.

Die Entwicklung neuartiger Parameterisierungsschemata für die Bildung der Eisphase in Zirren erlaubte erstmalig die interaktive Simulation von Zirren im Klimamodell ECHAM und lieferte eine Eingrenzung des Luftverkehrseffektes auf Bewölkung und Strahlungshaushalt. Somit wurde die Basis für eingehende Untersuchungen der Aerosol-Wolken-Strahlungs-Wechselwirkung gelegt.

PAZI hat die Notwendigkeit aufgezeigt, den Wissensstand im Hinblick auf atmosphärische Prozesse der Aerosol-Wolken-Strahlungs-Wechselwirkung deutlich zu erweitern, um die Wirkung einzelner natürlicher und anthropogener Partikelquellen, insbesondere auch der Rußpartikel aus dem Luftverkehr, auf die hohe Bewölkung in das Gesamtbild einordnen und bewerten zu können.

Ein Fortsetzungsantrag PAZI-2 war bereits zu Beginn von PAZI vorgesehen. Bei der damaligen Antragstellung wurde festgestellt „daß das Projekt sehr anspruchsvolle Fragestellungen behandelt“ und „nicht zu allen Fragen innerhalb von drei Jahren eine abschließende Antwort möglich ist“. Im Bescheid der HGF vom 30. Mai 2000 an Prof. Kröll haben die Gutachter in ihren Hinweisen an die Antragsteller ausdrücklich vermerkt, daß die „Projektförderung für drei Jahre als ein erster Schritt angesehen wird, dem weitere wesentliche Schritte folgen müssen“. Die wesentlichen Schritte sollen nun in PAZI-2 erfolgen. Wegen der Komplexität der Rußbildung und der Aerosol-Zirren-Wechselwirkung und der dazu notwendigen Experimente und Modellentwicklungen ist für das Projekt eine Laufzeit von vier Jahren erforderlich.

Stand des Wissens

Es ist heute nicht möglich, die beiden folgenden Einflußmechanismen des Luftverkehrs auf die Zirrenbildung voneinander zu trennen und zu belastbar quantifizieren:

1/ Wasserdampf und Partikel aus den Triebwerken bilden Kondensstreifen, die in eisübersättigter Luft zu Zirren anwachsen (Contrail-Cirrus, „direkter Effekt“).

2/ Partikel aus dem Luftverkehr verändern die Konzentration an eisbildenden Partikeln, was zu einer großräumigen Zunahme von Zirren führen kann („indirekter Effekt“).

Es ist mittlerweile gesichert, daß Rußpartikel aus Flugzeugtriebwerken primär die Bildung von Kondensstreifen verursachen und somit den direkten Effekt (1) bewirken. Es verdichten sich die Hinweise darauf, daß diese Rußpartikel prinzipiell auch den indirekten Effekt (2) auslösen können. Da die Flugzeuge als in-situ Quelle von Rußpartikeln bei der Zirrenbildung mit anderen bodengebundenen Quellen in Konkurrenz stehen, kommt der Erforschung der Eigenschaften von Ruß eine besondere Bedeutung zu. Die Möglichkeit, daß ein lokaler zusätzlicher Wasserdampfeintrag aus Triebwerksemissionen (ohne Rußpartikelwirkung) die Zirrenbildung in einem vormals nur schwach eisübersättigten Gebiet auslöst, kann man dem zweiten Punkt zuordnen.

Im Bereich der Brennkammer gilt es das Verständnis der Rußbildung und insbesondere der Rußoxidation weiterzuentwickeln. Darüber hinaus ist die Abhängigkeit der Rußemission von den Betriebsparametern des Triebwerks sowie den physikalisch-chemischen Randbedingungen (Brennstoff) ein sehr wichtiger Faktor. Beides trägt dazu bei, technische Konzepte zur Reduktion der Schadstoffemissionen zu entwickeln. Belastbare Emissionsdaten von Triebwerken bilden darüber hinaus die Grundlage für verlässliche Atmosphärenmodelle. Dazu zählt die Anzahl emittierter Rußpartikel, deren Größenverteilung, Oberflächenstruktur und Aktivität, die in Brennkammer- und Triebwerksversuchen am Boden über einen weiten Bereich von Betriebspunkten hinweg bestimmt werden können.

Während der Bedeckungsgrad mit sichtbaren (linearen) Kondensstreifen mittels Satellitenmethoden heute recht gut erfaßt werden kann, bestehen große Unsicherheiten bei der Bewertung des Contrail-Cirrus und hinsichtlich der Frage, inwieweit die Partikelemissionen des Luftverkehrs die Bildung und Eigenschaften von Zirren auch ohne Kondensstreifenbildung beeinflussen. Die Beantwortung insbesondere der letzten Frage hängt entscheidend von der Fähigkeit ab, Rußpartikel hinsichtlich ihrer spektralen, morphologischen und eisbildenden Eigenschaften als Funktion der Emissionsbedingungen und der Alterungsprozesse in der Atmosphäre zu beschreiben.

Luftgetragene Schwebeteilchen (Aerosole) bewirken zusammen mit geeigneten thermodynamischen Parametern wie Temperatur und Wasserdampfgehalt die Wolkenbildung in der Erdatmosphäre. Wasserdampf ist das wichtigste Treibhausgas. Die Absorption und die Emission von Infrarot-Strahlung durch Wasserdampfmoleküle in der Atmosphäre bildet den Mechanismus eines effizienten, klimawirksamen Rückkoppelungseffektes (z.B. Chahine, 1992). Aerosole und Wolkenpartikel (Wassertropfen oder Eiskristalle) modulieren in bislang nur wenig bekannter Weise das Strahlungsbudget der Atmosphäre (z.B. Wielicki et al., 1996). Die chemische Aktivität von Aerosolpartikeln steigt mit zunehmender relativer Feuchte an, aber auch an Wolkenpartikeln laufen heterogene chemische Reaktionen ab, deren Bedeutung für das Klima in zunehmendem Maße diskutiert werden und die auch für die Entwicklung von Chemie-Transport-Modellen (CTM) zur Erstellung mittelfristiger Prognosen der globalen Spurengasverteilungen („chemisches Wetter“) von Bedeutung sind.

Die unsicherste Komponente im Wasserhaushalt in größeren Höhen bilden die Zirren. Diese entstehen in abkühlender Luft in der oberen Troposphäre und im Bereich der Tropopause (d.h. oberhalb 6–8 km Höhe bei Temperaturen unterhalb etwa -35°C) durch Gefrieren von Aerosolpartikeln. Diese Aerosolpartikel können natürlichen (z.B. sulfathaltige Aerosole, Ruß aus natürlicher Biomasseverbrennung, Staubteilchen) oder anthropogenen Ursprungs (kohlenstoffhaltige Partikel aus anthropogener Biomasseverbrennung oder aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe) sein. Über die relative Rolle der einzelnen Aerosolquellen für die Bildung von Zirren ist bislang nur wenig bekannt. Rußpartikel gelangen auch aus industriellen Gebieten (Verbrennung fossiler Brennstoffe) und aus dem Bereich der Tropen (Waldbrände und Biomasseverbrennung) durch schnelle Transportprozesse (in Konvektion und an Warmfronten) in den Bereich der Tropopause. Sie tragen dort zur Wolkenbildung bei und konkurrieren somit mit den Rußpartikeln aus Flugzeugen. Gleiches gilt für Mineralstaub- und Seesalzaerosole, die saisonal erhöhte Konzentrationen in der oberen Troposphäre aufweisen und eisbildend wirken könnten. Nach Maßgabe neuer Laborstudien gefrieren bestimmte Mineralstaubaerosole als Einschlüsse in Sulfatteilchen effektiver als reine Sulfatpartikel (Zuberi et al., 2002).

Zirren spielen eine wichtige Rolle für die Strahlungsbilanz der Erde. Eiswolken streuen das kurzwellige Sonnenlicht und absorbieren die langwellige terrestrische Strahlung. Je nach Ort, Bildungsmechanismus und geometrischer Ausdehnung können Zirren erwärmend oder abkühlend wirken. Als Nettoeffekt überwiegt bei dünnen Zirren im Bereich der Tropopause die erwärmende Wirkung; dünne Zirren tragen somit zum Treibhauseffekt bei. In jüngerer Zeit wird auch im Bereich der mittelfristigen Wettervorhersage die Problematik der Zirren und der relativen Feuchte in der oberen Troposphäre vertieft. So zeigt beispielsweise das Modell des European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) eine starke Sensitivität in Bezug auf die Behandlung von Wolken und speziell der Eisphase (Jakob and Morcrette, 1995), ähnlich wie andere Zirkulationsmodelle (GCM).

Lebensdauer und Ausdehnung der Zirren werden durch die Eigenschaften eisübersättigter Gebiete, in denen sie entstehen, der hygroskopischen und eisbildenden Eigenschaften der Aerosolpartikel, aus denen sie entstehen, sowie durch die atmosphärische Dynamik (z.B. Scherung) bestimmt. Gleiches gilt für Kondensstreifen, die durch den Luftverkehr verursacht werden, und die als künstliche Eiswolken angesehen werden können. Langlebige Kondensstreifen können unter Umständen nicht mehr von Zirren unterschieden werden.

Klima- und Wettervorhersagemodelle können viele Aerosol- und Wolkenprozesse wegen ihrer räumlichen Kleinskaligkeit und kurzen Zeitskala nicht explizit auflösen. Die großskaligen Wirkungen von Partikeln werden daher auf der Basis skaliger Größen parameterisiert. Operationell kommen heute rein thermodynamische Parameterisierungen zum Einsatz. Es existieren jedoch auch erste mikrophysikalische begründete Parameterisierungen, speziell im Falle von Flüssigwasserwolken. Bei den komplexeren Eiswolken besteht trotz jüngster Fortschritte noch erheblicher (auch grundlegender) Entwicklungsbedarf. Das Vorhandensein großer Beobachtungslücken ist eine der Ursachen für den geringen Kenntnisstand der Eigenschaften von Zirren (im Vergleich zum Stand des Wissens bei tiefliegenden Wolken). Von Seiten des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001) und der World Meteorological Organization (WMO, 1998) wird der Erforschung der Eisphase (allgemein der Aerosol-Wolken-Strahlungs-Wechselwirkung) daher eine hohe Priorität eingeräumt.

Beziehung zu anderen Vorhaben, Kooperationen

Zusammenfassend begründet sich das auf den Zeitraum 2004-2007 ausgelegte Projekt PAZI-2 wie folgt:

- Hohe Bedeutung für die langfristige Entwicklung eines umweltverträglichen Luftverkehrs;
- Potentiell großer Effekt der Veränderungen von Zirren auf das Klima;
- Große wissenschaftliche Unsicherheiten im Stand des Wissens zur Wirkung von Aerosolen auf Zirren;
- Basis für die Akquisition von Drittmitteln (u.a. EU; DFG, BMBF);
- Strategische Voraussetzung für die Auswahl als zukünftiges Kompetenzzentrum oder CoE
- Vernetzung der DLR-Aktivitäten innerhalb des DLR, im nationalen (HGF-Programmatik, MPG, Universitäten) und internationalen Rahmen;
- Langfristige Stärkung der DLR-Position im Bereich der Rußforschung und der Umweltvorsorgeforschung.

Der vorliegende Projektplan wurde mit den Beitragenden abgestimmt. Seitens des DLR sind die Institute PA (in Kooperation mit DFD), FB, VT, und AT (in Kooperation mit VF-VL) vertreten. Die beteiligten HGF-Partnerinstitute (FZK, FZJ, AWI) verantworten ihre Beiträge selbst und vertreten diese mit Eigenmitteln. Weitere externe Partner tragen zu einzelnen Arbeitspunkten bei, zum Teil als Einzelleistungen oder innerhalb von bereits bestehenden Projektverbänden.

Mit einer Reihe von potentiellen Nutzern des Projektes wurde eine Zusammenarbeit vereinbart auf den Gebieten der Weiterentwicklung der Aerosol-/Wolkenkoppelung in Klimamodellen (U Dalhousie, ETH Zürich, MPI für Meteorologie), der Verbesserung der Prognosefähigkeit von Wettervorhersagemodellen (ECMWF, DWD), und Verbesserungen der Simulation heterogen-chemischer Prozesse und Auswaschprozesse im Tropopausenbereich (KNMI, MPI Chemie).

2. Projektziele

Konkrete Projektziele, erwartete Ergebnisse, Bedarfsbegründung

Das DLR-Projekt PAZI-2 hat folgende Ziele:

1. Entwicklung und Erstellung von Simulationstechniken für reale Brennkammern und deren Anwendung zur Prognose von Masse und Anzahl von Rußpartikeln am Brennkammeraustritt in einer mit Messungen vergleichbaren Qualität;
2. Experimentelle Bestimmung der Wirkung von Aerosolpartikeln auf Zirren; in zwei Feldexperimenten werden Unterschiede in den Zirruseigenschaften mit und ohne Einfluß frischer Rußemissionen quantifiziert;
3. Entwicklung und Erstellung von Simulationstechniken für das Klimamodell ECHAM und deren Anwendung zur Quantifizierung der anthropogenen Klimawirkung von Aerosolen und der daraus entstehenden Zirren, speziell auch solcher aus dem Luftverkehr.

PAZI-2 liefert u.a. folgende Produkte:

- ein für reale Brennkammersimulationen optimiertes Rußmodul
- ein für Klimamodelle optimiertes Aerosol-Wolken-Strahlungsmodul
- 4D-Kataster der Rußemissionen des Luftverkehrs
- Wolkenklimatologie zur Validierung von Klimamodellen
- Parameterisierungsschemata für Eisbildung, Strahlung und Bedeckungsgrad
- experimentelle Klärung grundlegender Abläufe bei der Rußoxidation
- experimentelle Bestimmung der Gefrierfeuchten eisbildender Aerosole
- flugzeuggetragenes SO₂-Meßsystem

Die Anwendung neuer Modelle und Rechenverfahren und die Auswertung der Meßergebnisse erfolgt im Sinne der Quantifizierung und Bewertung des Einflusses des globalen Luftverkehrs auf die Bewölkung und das Klima.

PAZI-2 führt dazu, die technische Auslegung von Flugzeugtriebwerken hinsichtlich der partikulären Emissionen (insbesondere Ruß) zu optimieren und somit den wachsenden Luftverkehr möglichst umweltverträglich zu gestalten. Es werden wichtige Beiträge zur Aufklärung von Bildungsprozessen, der Strahlungseigenschaften und der atmosphärischen Wirkung von Zirren unter besonderer Berücksichtigung luftverkehrs-spezifischer Partikelquellen geliefert. Das ermöglicht es, zukünftige Untersuchungen zu chemischen und klimatischen Effekten der Partikelemissionen des Luftverkehrs und anderer Aerosole auf eine solidere Grundlage zu stellen.

Jedem der drei Ziele ist ein Hauptarbeitspaket zugeordnet. Die Ziele werden mit einer Kombination von gezielten Labor- und Feldmessungen, mit Messungen in einer Aerosol-/Wolkenkammer und in beziehungsweise hinter realen Brennkammern, mit Prozeßstudien, mit der Auswertung von Satellitendaten und mit globalen Modellen erreicht. Dabei werden die innovativen Ansätze, die im Vorläuferprojekt begonnen wurden (Rußmessungen, Rußmodell für Strömungscodes, Gefrierstudien in einer Aerosolkammer, In-situ chemische Analyse von Aerosolpartikeln, Aerosol-/Zirrenmodul in einem Klimamodell), konsequent eingesetzt und weiterentwickelt.

Risikoabschätzung

Es können bei großen Meßprogrammen grundsätzlich unvorhergesehene Probleme auftreten. Die Risiken hierfür werden aufgrund der Erfahrungen aus dem Vorläuferprojekt minimiert, etwa durch die Flugmeßkampagnen begleitende meteorologische Analysen und eine Doppelstrategie bei der Festlegung der Meßflüge.

Falls die bestehende Finanzierungslücke von TEUR 30 nicht anderweitig finanzierbar ist, besteht allerdings die Gefahr, daß bei der Durchführung der Kampagne CIRCLE-1 von Oberpfaffenhofen aus (statt wie geplant mit Basis Teneriffa) die Nukleationseigenschaften von Rußpartikeln und Aerosolen aus anderen Quellen nicht hinreichend genau erfaßt werden können. Dies hat zwei Gründe: die hohe Flugverkehrsdichte über dem kontinentalen Mitteleuropa schränkt die möglichen Bewegungsmuster des Flugzeuges stark ein; die Auftretshäufigkeit von Zirren ist über dem ursprünglichen Zielgebiet höher und damit die Wahrscheinlichkeit, Partikeleffekte auf Zirren nachzuweisen. Ein Scheitern der Kampagne schränkt die Aussagekraft der auf den Meßergebnissen beruhenden Klimaanalysen ein.

Für die Kampagne CIRCLE-2 wird eine Kooperation mit Validierungsflügen zu neuen Satellitenmissionen (insbesondere CALIPSO) angestrebt. Eine Basis Oberpfaffenhofen anstelle von Toulouse erscheint möglich (wenn auch nicht optimal wegen eingeschränkter Koordination mit den regionalen Meßflügen der französischen Falcon) und wird in 2004 mit den beteiligten Partnern erörtert werden.

Für die theoretisch orientierten Arbeiten erwarten wir keine speziellen Risiken. Es wird betont daß die Beiträge externer Partner die Ziele von PAZI-2 ergänzen, die Erreichung dieser Ziele ist jedoch auch ohne diese Beiträge sichergestellt. Es wird angestrebt, die ausländischen Partner im Rahmen von Drittmittelprojekten einzubinden.

3. Konkurrenzsituation und Vermarktung

Das geplante Projekt stützt sich auf erhebliche Erfahrungen der beteiligten Partner und der in PAZI begonnenen Methodenentwicklungen. Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse, die aus dem Vorgängerprojekt resultierten, wurden zuletzt auf der internationalen Tagung Aerosols, Aviation, and Climate ausführlich gewürdigt, wo auch die Leistungen unserer Konkurrenten dargestellt wurden (siehe R. Sausen und G.T. Amanatidis, Proceedings zur AAC-Tagung, Air Pollution Report, Europäische Kommission, erscheint in Kürze).

Fortschritte wie in PAZI-2 anvisiert sind nur durch die hier vorgeschlagene Verbundforschung mit der beantragten Finanzierung, der vorhandenen Kompetenz und der starken internationalen Vernetzung mit sehr kompetenten Partnern möglich. Aufgrund der stark rückläufigen Fördersummen im Sektor Umweltauswirkungen der Luft- und Raumfahrt, insbesondere bei der NASA, bestehen noch Wettbewerbsvorteile auf europäischer Ebene. Hier bietet sich die Möglichkeit für das DLR, innerhalb anstehender EU-Projekte als zentraler und kompetenter Partner mitzuwirken.

Das Projekt ist für das DLR von hoher technologischer, wissenschaftlicher und strategischer Bedeutung. Desweiteren bildet es die Basis für die erfolgreiche Akquirierung von Drittmitteln und ist somit für die beteiligten Institute auch von hoher wirtschaftlicher Bedeutung. Hier sind insbesondere das 6. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission (Integrated Projects SCOUT, VATICAN, QUANTIFY), Förderungsinstrumente der HGF (Impuls- und Vernetzungsfond, Initiative des FZJ unter Beteiligung von PA) und die Deutsche Forschungsgemeinschaft (regionaler SFB zur Eisphase) zu nennen. Das Projekt sichert den 50%-Anteil an mehreren von der EU-geförderten Drittmittelvorhaben bzw. integriert die dort bereitgestellte Expertise.

Das in PAZI-2 bearbeitete Thema ist von strategischer Bedeutung, um den wachsenden Luftverkehr möglichst umweltverträglich gestalten zu können. Für die Luftfahrtindustrie ist es wichtig, frühzeitig zu wissen, wie die Emissionen von Rußpartikeln die Bewölkung und das Klima beeinflussen und auf welche Weise man diesem Problem entgegen kann. Nur so kann die Industrie den Nutzen ihrer umfangreichen, langfristigen Investitionen sicherstellen. Frühzeitiges Wissen eröffnet dabei einen internationalen Wettbewerbsvorteil.

Die Kenntnis der Rußbildung beeinflusst die technische Auslegung von Triebwerken. Die Ergebnisse des Projekts bilden die Grundlage für die frühzeitige Erkennung und Verminderung möglicher, schädlicher Umweltwirkungen durch innovative Triebwerke, Treibstoffe und Betriebsabläufe im Luftverkehr. Mit der Industrie wird unter Wahrung der Neutralität der Forschung zusammengearbeitet. Das Projekt unterstützt umweltbezogene Daseinsvorsorge, die zu den Kernaufgaben des DLR gehört.

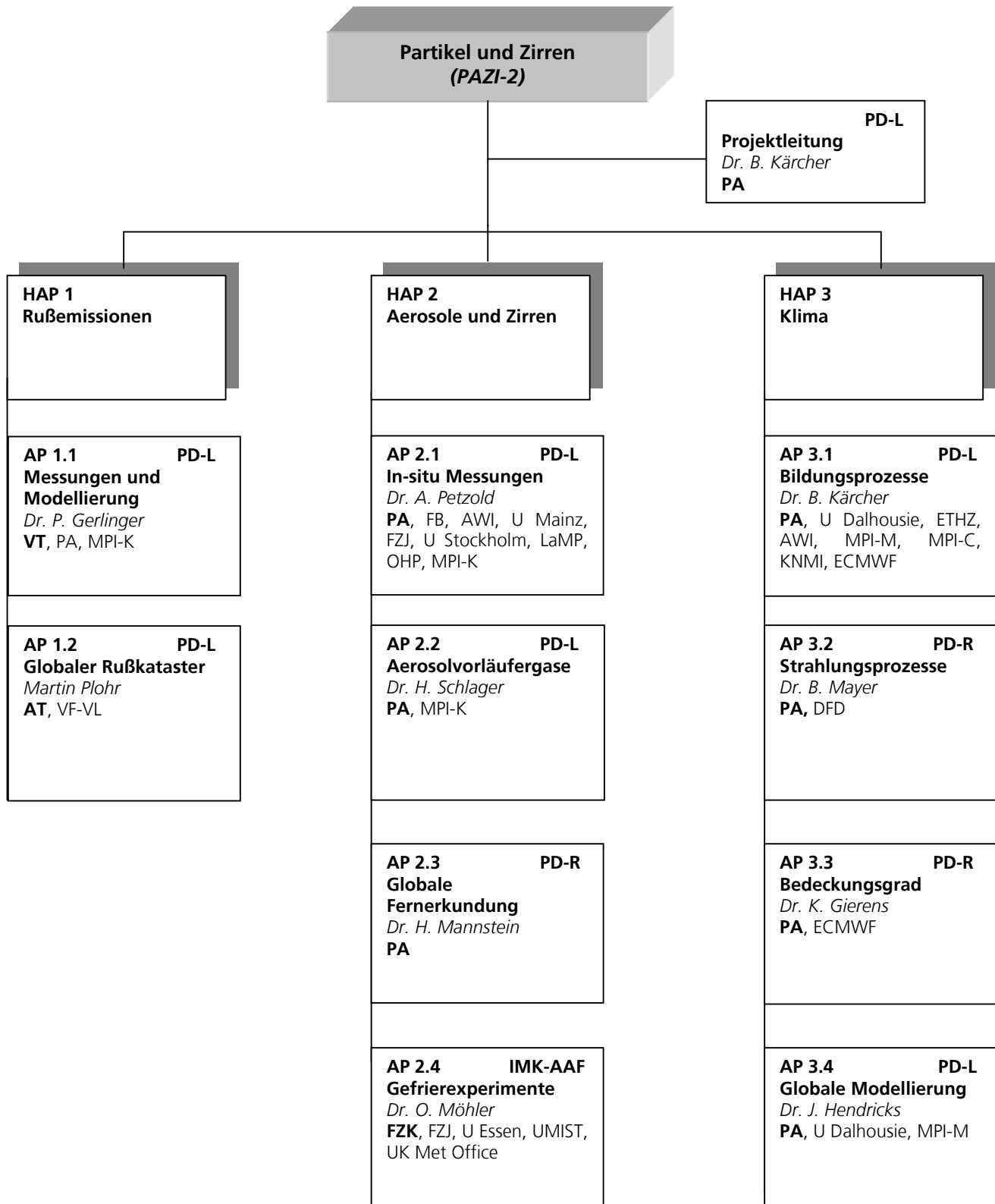
4. Struktur und Organisation

Auftragnehmer der Programmdirektionen Luftfahrt und Raumfahrt ist die Gemeinschaft der Instituts- /Einrichtungsleiter (PA in Kooperation mit DFD, VT, AT in Kooperation mit VF-VL), die das Projekt gemäß der PACE-P Rahmenrichtlinie realisieren. Sie verantworten die Durchführung des Projektes nach anerkannten Regeln von Wissenschaft und Technik. Die beteiligten Institute treffen Leistungs- und Ressourcenvereinbarungen. Die Programmdirektionen Luftfahrt und Raumfahrt verfolgen die Projektdurchführung anhand der vereinbarten Dokumentationen und der festgelegten Meilensteine. Die kundenseitige Gesamtverantwortung liegt bei PD-L.

Die Projektleitung liegt bei PA, der Projektleiter ist Priv.-Doz. Dr. Bernd Kärcher. Er wird in den Management- und Controllingaufgaben von Dr. R. Busen unterstützt. Der Projektverlauf wird durch einen Lenkungsausschuß beobachtet. Dieser besteht aus den Leitern und Vertretern der beteiligten DLR-Institute, dem Projektcontroller, den Koordinatoren der Hauptarbeitspakete sowie dem Projektleiter. Dies sind im Einzelnen: Prof. U. Schumann, Prof. M. Aigner, Prof. H. Weyer, Dr. R. Busen, Dr. H. Schlager, Prof. R. Sausen und Dr. B. Kärcher. Der Lenkungsausschuß tagt einmal jährlich, bei Bedarf häufiger, und fungiert als Schlichtungsstelle.

Zur Dokumentation der geplanten Arbeiten und Kontrolle der erzielten Fortschritte werden jeweils am Ende eines Projektjahres Zwischenpräsentationen durchgeführt, deren Zusammenfassung in den jährlichen Ergebnisbericht von PA einfließt. Vierteljährlich werden der Stand des Projektbudgets und der Mittelabflüsse sowie Projektstatus und aktuelle Risiken in Form von Quartalsberichten erläutert. Veröffentlichungen in Fachjournalen und die Präsentation auf Fachtagungen und Workshops dienen der externen Erfolgskontrolle. Das Projekt wird durch Abgabe eines Abschlußberichtes beendet.

Die Projektstruktur ist im folgenden Organigramm dargestellt. Vorgesehen sind 3 Hauptarbeitspakete (HAP), mit insgesamt 10 Arbeitspaketen (AP). Von diesen Arbeitspaketen wird eines (AP 2.4) extern durch FZK finanziert. Die Aufgaben des Projektmanagements werden nicht als eigenes AP geführt, sind aber einem separaten Kostenträger (PD-L) zugeordnet. Die AP 2.3, 3.2 und 3.3 sind PD-R zugeordnet, alle übrigen außer AP 2.4 PD-L.



5. Geplante Leistungen

Die geplanten Arbeiten des Projekts PAZI-2 untergliedern sich in die folgenden Hauptarbeitspakete:

- HAP 1: Rußemissionen
- HAP 2: Aerosole und-Zirren
- HAP 3: Klima

Es folgt eine Zusammenfassung der wesentlichen Inhalte der Hauptarbeitspakete. Detaillierte Beschreibungen der einzelnen Arbeitspakete finden sich in den Anlagen zum Projektplan.

HAP 1: Rußemissionen

Ziel ist die Entwicklung verlässlicher Simulationstechniken für reale Brennkammern zur Prognose von Rußemissionen durch gezielte Verbesserung bestehender Rußmodelle.

Dieses HAP beinhaltet Messungen und Modellierung der Eigenschaften von Rußaerosol aus Flugzeugtriebwerken sowie assoziierter chemischer Komponenten. Es liefert in Kombination mit HAP 2 wichtige Eingangsgrößen für die Modellierung atmosphärischer Prozesse in HAP 3.

Mit Reaktormessungen, HBK-S Versuchen und Sondenmessungen an realen Brennkammern werden Bildungs- und Abbrandprozesse von Rußpartikeln aufgeklärt. Zusammen mit Grundlagenexperimenten werden verbesserte Module zur numerischen Simulation von Ruß erstellt und dreidimensionale Brennkammersimulationen durchgeführt. Auf der Basis der Versuche werden Rußkorrelationen validiert und ein vierdimensionales Kataster der Rußemissionen des globalen Luftverkehrs entwickelt.

HAP 2: Aerosole und Zirren

Ziel ist die experimentelle Bestimmung der Wirkung von Ruß aus Flugzeugen und anderen Aerosolpartikeln auf Zirren und deren optische Eigenschaften.

Dieses HAP beinhaltet in-situ Messungen der mikrophysikalischen, optischen und chemischen Eigenschaften von atmosphärischem Aerosol und Zirruswolken, die Fernerkundung von Zirren und Trends in der globalen Zirrusbewölkung sowie die Bestimmung von Aerosolvorläufergasen, insbesondere Schwefeldioxid (SO₂). Es liefert somit die wesentliche Grundlage für die Prozeßmodellierung und die globale Modellierung in HAP 3.

Zwei mehrwöchige flugzeug-getragene Meßkampagnen weisen die Bildungsprozesse von Zirren aus atmosphärischem Aerosol und aus dem Abgas von Flugzeugen in der oberen Troposphäre nach. Kontinuierliche Labormessungen (durchgeführt vom externen Partner FZK) in einer Aerosolkammer quantifizieren die eisbildenden Eigenschaften von Rußpartikeln und anderen Aerosolteilchen. Durch den Aufbau eines flugtauglichen Meßsystems zur Bestimmung der Konzentrationen von SO₂ in der oberen Troposphäre wird ein wichtiger Beitrag zum Verständnis der Bildungsprozesse des atmosphärischen Aerosols geleistet. Korrelationen zwischen den regionalskaligen Emissionen von Verkehrsflugzeugen und Änderungen im Zirrusbedeckungsgrad als auch langjährige Trends in der Zirrusbewölkung werden mit Satellitenbeobachtungen quantifiziert.

HAP 3: Klima

Ziel ist die Entwicklung von Rechenmodellen zur Quantifizierung der anthropogenen Klimawirkung von Aerosolen und der daraus entstehenden Zirren, speziell auch solcher aus dem Luftverkehr.

Dieses HAP beinhaltet die Modellierung der in HAP 2 durchgeführten Experimente mit dem Ziel, neuartige Parametersierungsschema für Bildung, optische Kenngrößen und Bedeckungsgrad zum Gebrauch in globalen Atmosphärenmodellen bereitzustellen. Die Erkenntnisse werden in das Klimamodell ECHAM integriert und die luftverkehrs-bedingten Änderungen des Aerosolbudgets und der Zirruseigenschaften quantifiziert.

Flugzeug-getragene Messungen optischer Eigenschaften von Eiskristallen in Zirren in Kombination mit Fernerkundungsmethoden werden ausgewertet, um eine realistische Parameterisierung der Strahlungswechselwirkung in bewölkter Atmosphäre im Klimamodell zu entwickeln. Die Messungen der mikrophysikalischen Wolkeneigenschaften werden ausgewertet, um die Simulation der Bildung und Entwicklung von Eisübersättigung und Zirren (inklusive des indirekten Effektes) unter Einschluß der wichtigsten Rückkoppelungseffekte im globalen Modell zu ermöglichen. Die Parameterisierung des fraktionellen Bedeckungsgrades im Klimamodell und im Wettervorhersagemodell wird den neuen Erkenntnissen angepasst. Ein neues Aerosol-Zirrus-Strahlungsmodul wird erarbeitet und in das Klimamodell integriert. Damit werden Störungen im Aerosolhaushalt, Änderungen im Strahlungsantrieb und somit die Klimawirksamkeit luftverkehrsbedingter Änderungen in der Bewölkung prognostiziert und bewertet.

Zeit- und Meilensteinplanung

Nachfolgendes Schema zeigt die Zeitplanung für alle Hauptarbeitspakete und Arbeitspakete der beteiligten DLR-Institute. Die Beiträge externer Partner sind im Anhang beschrieben. Rot markierte Bereiche geben Hauptmeilensteine (HMS) an, die unten tabellarisch erläutert sind. Blaue Bereiche geben die Meilensteine (MS) in den jeweiligen AP an; das Projektmanagement wird kontinuierlich geführt. Die MS sind im Anhang zu diesem Projektplan erläutert. Das extern finanzierte AP 2.4 ist im Anhang beschrieben.

	2004				2005				2006				2007			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP 1.1 Messung u. Modell				■	■								■			
AP 1.2 Rußkataster				■				■					■			
HAP 1 Rußaerosol													■			
AP 2.1 In-situ Messungen				■		■			■				■			
AP 2.2 Spurenstoffe		■								■						
AP 2.3 Fernerkundung				■				■			■				■	
HAP 2 Aerosole und Zirren							■				■					■
AP 3.1 Eisbildung				■				■							■	
AP 3.2 Strahlung						■							■		■	
AP 3.3 Bedeckungsgrad				■											■	
AP 3.4 Klimamodell		■								■					■	
HAP 3 Klima								■							■	
Projektmanagement	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

HMS 1	Messungen zur Rußoxidation abgeschlossen und zur Korrektur bestehender Rußmodelle ausgewertet	Dezember 2006
HMS 2	Vierdimensionales Rußkataster verfügbar	Juni 2007
HMS 3	Meßkampagnen (am HBK-S und realen Triebwerke) abgeschlossen und neues Rußmodell in 3D-Simulationen validiert	Dezember 2007
HMS 4	Flugmeßkampagne CIRCLE-1 abgeschlossen und Nukleationseigenschaften relevanter Aerosolpartikel bestimmt	Oktober 2005
HMS 5	Flugmeßkampagne CIRCLE-2 abgeschlossen, klimarelevante optische Parameter von Zirren bestimmt und Fernerkundung validiert	Oktober 2006
HMS 6	Partikelneubildungspotential und indirekter Effekt abgeschätzt	Dezember 2007
HMS 7	Aerosol-/Zirrenmodul in ECHAM implementiert und validiert	Dezember 2005
HMS 8	Validierte Parameterisierungen für ECHAM verfügbar	Juni 2006
HMS 9	Luftverkehrs-bedingte Bewölkungs- und Klimaänderung quantifiziert	Dezember 2007

Potentielle Nutzer

Eine verbesserte Darstellung von Aerosolen und Zirren in globalen Modellen bildet die Grundlage für weiterführende Studien zur Rolle der Zirruswolken für die Strahlungsbilanz, im hydrologischen Kreislauf, bei der mittelfristigen Wettervorhersage und für die Chemie der Atmosphäre. Die korrekte Erfassung der Klimawirkung von Zirren ist ein wesentlicher Baustein in zukünftigen Bewertungen natürlicher und anthropogen bedingter Klimaänderungen, z.B. im Rahmen des IPCC bei der Vorbereitung des vierten Assessment Reports.

Mehrere Gruppen haben ihre Bereitschaft zur Zusammenarbeit auf diesem Gebiet bekundet. Ihre Beiträge können den Impact von PAZI-2 steigern und mögliche Synergieeffekte über das Projekt hinaus nutzbar machen.

Beiträge folgender Partnerinstitutionen sind zu erwarten:

- Dalhousie University, Halifax, Kanada
- ETH Zürich, Institut für Atmosphäre und Klima
- MPI für Meteorologie, Hamburg
- European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), Reading, England
- Königlich Niederländisches Meteorologisches Institut, De Bilt, Holland
- MPI für Chemie, Mainz.

Die meisten Partner beabsichtigen, die neuen Zirrus-Parameterisierungen in Atmosphärenmodellen zu verwenden oder kooperieren bei der Entwicklung der Parameterisierungen. Darüberhinaus bietet das Projekt ein ideales Forum für alle Partner, die Anwendungsergebnisse im Hinblick auf Klima, Chemie und Wettervorhersage zu diskutieren. Die Nutzer lassen sich in drei Gruppen unterteilen:

Klima

U. Lohmann (U Dalhousie): Kopplung Aerosol-/Wolkenmodul an Eisphase; Effekte natürlicher und anthropogener Aerosole auf Zirren.

Th. Peter (ETH Zürich): Parameterisierung mesoskaliger Temperaturoszillationen

C. Timmreck H. Feichter (MPI Meteorologie): Kopplung Aerosolmodule M7 und SAM an die Eisphase; Partner im EU-Projekt PARTS.

Wettervorhersage

A. Beljaars, T. Hollingsworth (ECMWF): Berücksichtigung von Eiswolken im Wettervorhersagemodell; Tests mit der eindimensionalen Säulenversion, Implementierung in die volle dreidimensionale Version; Studium der Einflüsse auf Bedeckungsgrad, Feuchtefelder und anderer Größen; Zusammenarbeit wurde im Sommer 2002 begonnen.

Chemie

B. Bregman (KNMI): Implementierung eines Schemas zur Berechnung unsichtbarer Zirren im Chemie-Transport-Modell (CTM) TM3; Heterogene chemische Effekte an Zirren im Bereich der Tropopause mit neuen Reaktionsraten und -pfaden aus Laborstudien.

M. Lawrence (MPI Chemie): Verbesserung der Parameterisierung von Auswaschraten von Spurengasen an konvektiv-erzeugten Zirrusystemen unter Benutzung der Eisparameterisierung im CTM MATCH und dem Wolkenphysikmodell WRF. Verbesserung der Parameterisierung von Auswaschraten von Aerosolen in Zusammenarbeit mit H. Feichter.

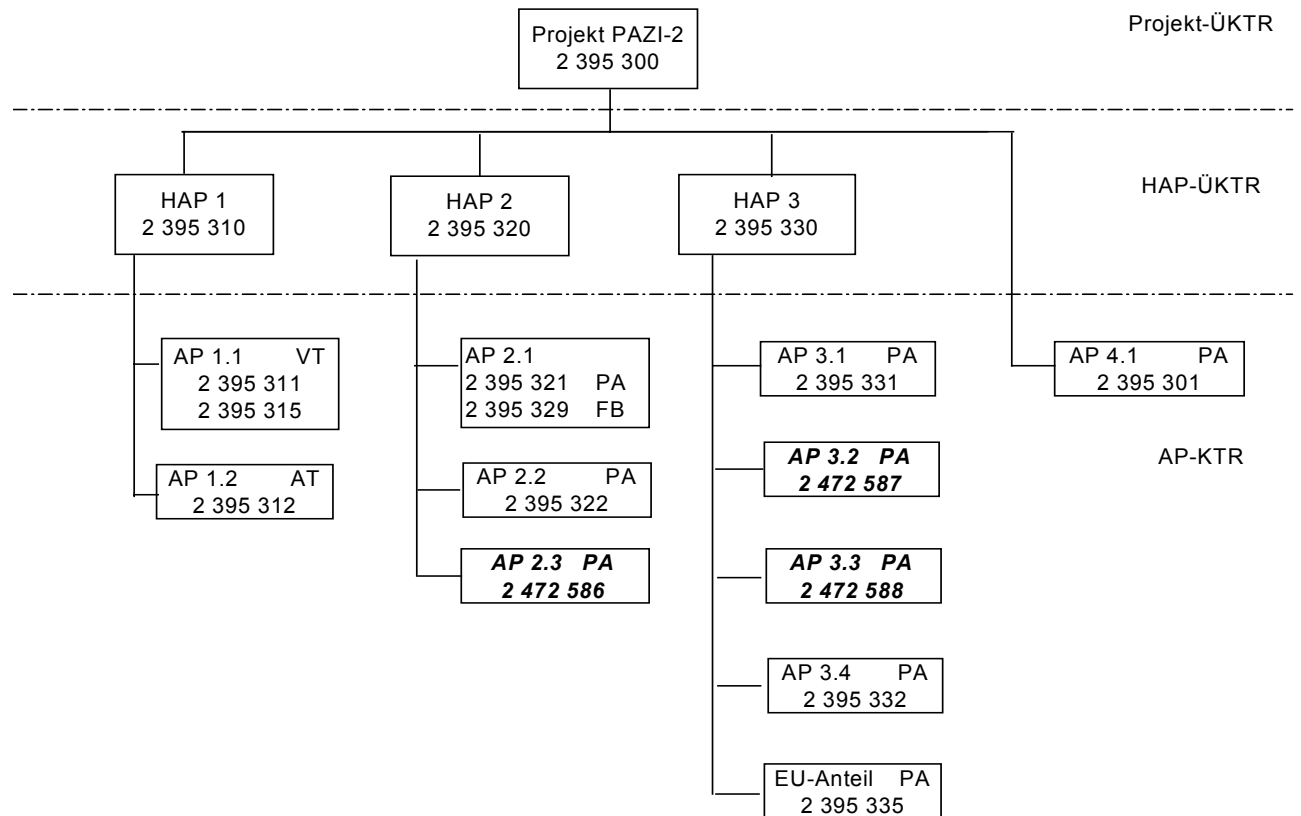
6. Erforderliche Ressourcen

6.1 Kostenträgerstruktur

Die Kostenträgerstruktur des Projekts richtet sich an der Projektstruktur (siehe Kap. 4) aus, um so die Kosten der verschiedenen Arbeitskomplexe transparent zu machen.

Das Projekt erhält in der 1. Ebene einen Überkostenträger (Projekt-ÜKTR), der alle Projektkosten zusammenfasst. In der 2. Ebene werden die jeweiligen Kosten der einzelnen Hauptarbeitspakete durch entsprechende Überkostenträger (HAP-ÜKTR) dargestellt.

In der 3. Ebene liegen die bebuchbaren Kostenträger der Arbeitspakete (AP-KTR), die den zugehörigen Hauptarbeitspaketen zugeordnet sind.



Kursiv und fett dargestellte Arbeitspakete sind PD-R zugeordnet. In den folgenden Tabellen sind die Angaben zu diesen AP grau hinterlegt.

6.2 Primäre Programmressourcen

Mit Ausnahme der lfd. Investitionen (LI) erfolgt die Finanzierung der *primären Programmressourcen* aus dem Programm-Kaufkraftkorridor. Die für das Projekt benötigten Investitionsmittel werden hier nur zur Information aufgeführt. Die Leiter der beteiligten Institute bestätigen durch ihre Vertragsunterschrift (siehe Kap. 8 "LRV"), dass sie die Mittel für die erforderlichen Projekt-Investitionen aus ihrem Instituts-Investitionsbudget zur Verfügung stellen.

Die folgenden Tabellen zeigen die auf die Jahre und Kostenträger verteilten Mengengerüste der benötigten Programmressourcen. Die von PD-R finanzierten Arbeitspakete sind in allen folgenden Tabellen grau hinterlegt.

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	KTR-Detail	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	UPJ (PJ)	SA (EUR)	SA-DNW (EUR)	SA-JV (EUR)
2004	2 395 301	55300	Basis	PA	Projektleitung			0,50	5.000		3.000
	2 395 311	44200	Basis	VT	Mess. / Modell.			2,00	48.000		40.000
	2 395 312	32510	Basis	AT	Rußkataster			1,00	10.000		4.000
	2 395 315	44200	VO-L	VT	JUWI VT *			0,00	0		0
	2 395 321	55300	Basis	PA	In-situ Messung			1,50	10.000		9.000
	2 395 322	55300	Basis	PA	Spurenstoffe			1,00	20.000		5.500
	2 395 329	56300	Sek	FB	IBL FB für PA	2 395 321	55300	0,00	0		0
	2 472 586	55300	Basis	PA	Fernerkundung			1,50	10.000		10.000
	2 395 331	55300	Basis	PA	Bildungsproz.			1,09	8.000		20.000
	2 472 587	55300	Basis	PA	Strahlungsproz.			1,50	5.000		5.000
	2 472 588	55300	Basis	PA	Bedeckung			1,00	10.000		65.000
	2 395 332	55300	Basis	PA	Glob. Modell.			2,00	10.000		192.500
	2 395 335	55300	Basis	PA	UPL-Anteil EU			0,41	2.000		0
	Summe:								13,50	138.000	0

UPJ = UPL-Personalkapazität (Personenjahre); SA = Sachmittel; SA-DNW = Sachmittel für DNW-BU; SA-JV = IT-Sachkosten

* Die Juwi-Stelle ist derzeit noch nicht besetzt. Die Kosten werden später eingestellt.

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	KTR-Detail	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	UPJ (PJ)	SA (EUR)	SA-DNW (EUR)	SA-JV (EUR)
2005	2 395 301	55300	Basis	PA	Projektleitung			0,50	5.000		3.000
	2 395 311	44200	Basis	VT	Mess. / Modell.			2,00	81.000		40.000
	2 395 312	32510	Basis	AT	Rußkataster			1,00	10.000		4.000
	2 395 315	44200	VO-L	VT	JUWI VT *			0,00	0		0
	2 395 321	55300	Basis	PA	In-situ Messung			1,50	22.600		9.000
	2 395 322	55300	Basis	PA	Spurenstoffe			1,00	20.000		5.500
	2 395 329	56300	Sek	FB	IBL FB für PA	2 395 321	55300	0,06	10.000		0
	2 472 586	55300	Basis	PA	Fernerkundung			1,50	34.000		10.000
	2 395 331	55300	Basis	PA	Bildungsproz.			1,50	10.000		20.000
	2 472 587	55300	Basis	PA	Strahlungsproz.			1,50	5.000		5.000
	2 472 588	55300	Basis	PA	Bedeckung			1,00	10.000		36.000
	2 395 332	55300	Basis	PA	Glob. Modell.			2,00	10.000		192.500
	2395 335	55300	Basis	PA	UPL-Anteil EU			0,00	0		0
	Summe:								13,56	217.600	0

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	KTR-Detail	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	UPJ (PJ)	SA (EUR)	SA-DNW (EUR)	SA-JV (EUR)
2006	2 395 301	55300	Basis	PA	Projektleitung			0,50	5.000		3.000
	2 395 311	44200	Basis	VT	Mess. / Modell.			2,00	81.000		40.000
	2 395 312	32510	Basis	AT	Rußkataster			1,00	10.000		4.000
	2 395 315	44200	VO-L	VT	JUWI VT *			0,00	0		0
	2 395 321	55300	Basis	PA	In-situ Messung			1,50	27.800		9.000
	2 395 322	55300	Basis	PA	Spurenstoffe			1,00	10.000		5.500
	2 395 329	56300	Sek	FB	IBL FB für PA	2 395 321	55300	0,06	10.000		0
	2 472 586	55300	Basis	PA	Fernerkundung			1,50	34.000		10.000
	2 395 331	55300	Basis	PA	Bildungsproz.			1,50	10.000		20.000
	2 472 587	55300	Basis	PA	Strahlungsproz.			1,50	5.000		5.000
	2 472 588	55300	Basis	PA	Bedeckung			1,00	10.000		96.000
	2 395 332	55300	Basis	PA	Glob. Modell.			2,00	10.000		192.500
	2395 335	55300	Basis	PA	UPL-Anteil EU			0,00	0		0
Summe:								13,56	212.800	0	385.000

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	KTR-Detail	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	UPJ (PJ)	SA (EUR)	SA-DNW (EUR)	SA-JV (EUR)
2007	2 395 301	55300	Basis	PA	Projektleitung			0,50	5.000		3.000
	2 395 311	44200	Basis	VT	Mess. / Modell.			2,00	44.000		40.000
	2 395 312	32510	Basis	AT	Rußkataster			1,00	10.000		4.000
	2 395 315	44200	VO-L	VT	JUWI VT *			0,00	0		0
	2 395 321	55300	Basis	PA	In-situ Messung			1,50	10.000		9.000
	2 395 322	55300	Basis	PA	Spurenstoffe			1,00	5.000		5.500
	2 395 329	56300	Sek	FB	IBL FB für PA	2 395 321	55300	0,00	0		0
	2 472 586	55300	Basis	PA	Fernerkundung			1,50	34.000		10.000
	2 395 331	55300	Basis	PA	Bildungsproz.			1,50	10.000		20.000
	2 472 587	55300	Basis	PA	Strahlungsproz.			1,50	5.000		5.000
	2 472 588	55300	Basis	PA	Bedeckung			1,00	10.000		46.000
	2 395 332	55300	Basis	PA	Glob. Modell.			2,00	10.000		192.500
	2395 335	55300	Basis	PA	UPL-Anteil EU			0,00	0		0
Summe:								13,50	143.000	0	335.000

UPJ = UPL-Personalkapazität (Personenjahre); SA = Sachmittel; SA-DNW = Sachmittel für DNW-BU; SA-JV = IT-Sachkosten

Anmerkung:

Das im Anhang beschriebene AP 1.1 bezieht sich auf 3 PJ, inklusive einer Jungwissenschaftlerstelle. Die entsprechende Stelle wird nach Einstellung des JuWi (voraussichtlich Frühjahr 2004) in der Finanzierung nachgetragen.

Im AP 2.3 (KTR 2472586) sind für die Jahre 2004 - 2007 in den Sachmitteln jeweils 24.000 Euro für den Kauf von Datenträgern zur Archivierung der MSG-Daten enthalten (eine entsprechende Vereinbarung zwischen PA und DFD befindet sich im Anhang).

6.3 Sekundäre Ressourcen auf 2-er-KTR

Entfällt.

6.4 Innerbetriebliche Leistungen als ILV

Die Innerbetrieblichen Leistungen, deren Kosten innerbetrieblich verrechnet werden (ILV), sind aus dem Vorwegabzug finanziert. Typische Posten sind kleinere Werkstattleistungen, die nicht über 2er-Kostenträger kalkuliert und verrechnet werden (siehe Kap. 6.3), Nutzung der Fahrbereitschaft sowie Nutzung von Druckerei und Fotolabor.

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	Innerbetr. Leistung (IBL)	IBL-KST	Menge	Einheit
2004	2 395 311	44200	Basis	BMBF	IBL Werkstatt	48100	2.000	Euro

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	Innerbetr. Leistung (IBL)	IBL-KST	Menge	Einheit
2005	2 395 311	44200	Basis	BMBF	IBL Werkstatt	48100	4.000	Euro

6.5 Nutzung von Großanlagen für eigene und fremde Forschung

Die Nutzung von Großanlagen wird in der Kostenrechnung als eigener Posten ausgewiesen. Die Finanzierung erfolgt aus dem Vorwegabzug. Nutzt ein Institut seine Anlagen für die eigene Forschung, erfolgt die Verrechnung der Kosten auf dem entsprechenden 2er-Kostenträger der Forschungsaufgabe. Nutzt dagegen ein Institut die Anlage eines fremden Instituts für seine Forschung, so wird für die Kostenverrechnung ein eigens dafür eingerichteter 2er-Kostenträger verwendet.

Die folgenden Tabellen zeigen die auf die Jahre und Kostenträger verteilten Mengengerüste für die Nutzung von Großanlagen.

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	Anlage	A-KST	Menge	Einheit
2004	2395311	44200	Basis	BMBF	2395311	44200	HBK-S	44236	15	Tage

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	Anlage	A-KST	Menge	Einheit
2005	2395311	44200	Basis	BMBF	2395311	44299	HBK-S	44236	40	Tage
	2395329	56300	Sek	BMBF	2395321	55300	Falcon 20E Belegtage	56331	25	Tage
	2395329	56300	Sek	BMBF	2395321	55300	Falcon 20E Flugstunden	56331	45	Std.

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	Anlage	A-KST	Menge	Einheit
2006	2395311	44200	Basis	BMBF	2395311	44299	HBK-S	44236	40	Tage
	2395329	56300	Sek	BMBF	2395321	55300	Falcon 20E Belegtage	56331	25	Tage
	2395329	56300	Sek	BMBF	2395321	55300	Falcon 20E Flugstunden	56331	30	Std.

Jahr	KTR	KST	Korridor	Titel	Nutzer-KTR	Nutzer-KST	Anlage	A-KST	Menge	Einheit
2007	2395311	44200	Basis	BMBF	2395311	44200	HBK-S	44236	20	Tage

6.6 Kontraktor DNW Business Unit

Enfällt.

6.7 Kontraktor T-Systems SfR (IT-Sachkosten)

Die Kosten für IT-Leistungen von T-Systems SfR sind in den Kalkulationsblättern im Anhang spezifiziert. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die IT-Gesamtkosten des Projektes PAZI-2:

Übersicht IT - Kosten

KTR	2004	2005	2006	2007	Laufzeit
2395301	3.000	3.000	3.000	3.000	12.000
2395311	40.000	40.000	40.000	40.000	160.000
2395312	4.000	4.000	4.000	4.000	16.000
2395315	0	0	0	0	0
2395321	9.000	9.000	9.000	9.000	36.000
2395322	5.500	5.500	5.500	5.500	22.000
2395329	0	0	0	0	0
2472586	10.000	10.000	10.000	10.000	40.000
2395331	20.000	20.000	20.000	20.000	80.000
2472587	5.000	5.000	5.000	5.000	20.000
2472588	65.000	36.000	96.000	46.000	243.000
2395332	192.500	192.500	192.500	192.500	770.000
2395335	0	0	0	0	0
Summe	354.000	325.000	385.000	335.000	1.399.000

7. Kosten und Investitionen

Zusammenfassung der UPL-Vollkosten und Investitionen

(jahresweise für jeden KTR und Projektsumme; Einzelheiten siehe Kalkulationsblätter im Anhang)

Die UPL-Vollkosten berechnen sich aus den Mengengerüsten der benötigten UPL-Ressourcen (siehe Kap. 6). Bei den Personaleinzelkosten sind die verschiedenen Personalkategorien (unterschiedliche Verrechnungssätze für Kat I – Kat IV) sowie die Kostenstellen- und Verwaltungsgemeinkostensätze zu beachten. Für Großanlagen, Innerbetriebliche Leistungen und Kontraktorenleistungen sind die gültigen Verrechnungssätze zu verwenden. Die Einzelheiten gehen aus den Kalkulationsblättern im Anhang hervor.

Die folgende Tabelle stellt jahresweise und für die Gesamtlaufzeit die geplanten Kosten und Investitionen des Projekts für die einzelnen Kostenträger (Arbeitspakete) sowie die Summen der Hauptarbeitspakete (ÜKTR2) und die Projektsumme (ÜKTR1) dar.

ÜKTR1 Projekt	ÜKTR2 HAP	KTR AP	2004		2005		2006		2007		KTR-Summe	
			VKO (EUR)	LI (EUR)	VKO (EUR)	LI (EUR)	VKO (EUR)	LI (EUR)	VKO (EUR)	LI (EUR)	VKO (EUR)	LI (EUR)
2395300												
		<i>Projektleitung</i>										
		2395301	65.174	0	66.168	0	67.162	0	68.156	0	266.660	0
		<i>2395310</i>										
		2395311	363.386	106.000	430.030	24.000	430.592	16.000	376.487	0	1.600.495	146.000
		2395312	135.423	0	137.557	0	139.691	0	141.824	0	554.495	0
		2395315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Summe:</i>	<i>498.809</i>	<i>106.000</i>	<i>567.587</i>	<i>24.000</i>	<i>570.282</i>	<i>16.000</i>	<i>518.312</i>	<i>0</i>	<i>2.154.990</i>	<i>146.000</i>
		<i>2395320</i>										
		2395321	190.452	0	206.033	0	214.213	0	199.394	0	810.092	0
		2395322	139.778	100.000	141.765	100.000	133.751	60.000	130.738	30.000	546.032	290.000
		2395329	0	0	214.708	0	174.920	0	0	0	389.628	0
		2472586	191.452	0	218.433	0	221.413	0	224.394	0	855.692	0
		<i>Summe:</i>	<i>521.683</i>	<i>100.000</i>	<i>780.938</i>	<i>100.000</i>	<i>744.298</i>	<i>60.000</i>	<i>554.525</i>	<i>30.000</i>	<i>2.601.444</i>	<i>290.000</i>
		<i>2395330</i>										
		2395331	152.413	0	204.433	0	207.413	0	210.394	0	774.653	0
		2472587	181.452	0	184.433	0	188.076	0	190.394	0	744.354	0
		2472588	189.278	0	162.265	0	224.251	0	176.238	0	752.032	0
		2395332	431.057	0	435.030	0	439.003	0	442.976	0	1.748.065	0
		2395335	49.039	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Summe:</i>	<i>1.003.240</i>	<i>0</i>	<i>986.160</i>	<i>0</i>	<i>1.058.743</i>	<i>0</i>	<i>1.020.001</i>	<i>0</i>	<i>4.068.144</i>	<i>0</i>
		Summe:	2.088.906	206.000	2.400.853	124.000	2.440.485	76.000	2.160.994	30.000	9.091.238	436.000

VKO = Vollkosten; LI = Laufende Investitionen

8. Leistungs-/Ressourcenvereinbarung (LRV)

Die Leistungs-/Ressourcenvereinbarung (LRV) des Projekts ist ein Vertrag zwischen dem "internen Kunden" (Programmdirektion) und den "internen Auftragnehmern" (DLR-Institute/Einrichtungen). Die Institute/Einrichtungen verpflichten sich, die in diesem Projektplan definierten Aufgaben zu erfüllen, die Programmdirektion verpflichtet sich, die in diesem Projektplan ausgewiesene Finanzierung bereitzustellen. Die LRV berücksichtigt die Vorgaben des Projektplanes und die darin festgehaltenen Zuständigkeiten, insbesondere bezieht sie sich ausdrücklich auf die im Plan definierten Zielvorstellungen und die zu erbringenden Leistungen sowie auf die einzusetzenden Ressourcen und kalkulierten Kosten. Für das Projekt wird ein *Selbstkostenfestpreis* vereinbart.

Ab 2004 ist die Programmdirektion nicht mehr für die Zuteilung der Investitionsmittel verantwortlich, sondern die Institute verhandeln ihr gesamtes Investitionsbudget mit dem Investitionsmanagement, das dem Fachvorstand zugeordnet ist. Investitionsmittel, die für die Bearbeitung bestimmter Aufgaben im Projekt unbedingt benötigt werden, sind im Kap. 7 sowie in den Kalkulationsblättern im Anhang zum Projektplan (A.2.1) ausgewiesen. Die zuständigen Institutsleiter haben dies zur Kenntnis genommen und stimmen der Bereitstellung dieser Mittel zur gegebenen Zeit zu.

Die LRV wird von den Leitern der beteiligten Institute und Einrichtungen, von der Programmdirektion Luftfahrt/Projektmanagement und dem Projektleiter per Unterschrift für verbindlich erklärt.

<p>Institutsdirektor PA</p>  <p>(Prof. Dr. U. Schumann) 19.12.03</p>	<p>Institutsdirektor VT</p>  <p>(Prof. Dr. M. Aigner)</p>	<p>Institutsdirektor AT</p>  <p>(Prof. Dr. H. Weyer) Prof. Dr. H. Weyer</p>
<p>Einrichtungsleiter Flugbetrieb FB</p>  <p>(V. Harbers)</p>		
<p>Programmdirektion Luftfahrt Projektmanagement</p>  <p>(Dr. R. Ullrich) 26.02.04</p>	<p>Programmdirektion Raumfahrt Projektmanagement</p>  <p>(Dr. K.-D. Rockwitz)</p>	<p>Projektleiter</p>  <p>(Priv.-Doz. Dr. B. Kärcher)</p>
<p>Freigabe VO-L:</p>  <p>(Dr. J. Szodruich)</p>	<p>Freigabe VO-R:</p>  <p>(Prof. Dr. A. Bachem)</p>	

Anhang zum Projektplan PAZI-2

Arbeitspakete
Kostenkalkulationen
Literaturliste
Liste verwendeter Abkürzungen
Vereinbarung über Betrieb und Langzeitarchivierung MSG
Begleitschreiben externer Partner

A1. Anhang ARBEITSPAKETE

A1.1 Detaillierte Beschreibung der Arbeiten im HAP 1: Rußemissionen

A1.1.1 Zeit- und Meilensteinplan

	2004				2005				2006				2007			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP 1.1 Messung u. Modell																
AP 1.2 Rußkataster																
HAP 1 Rußaerosol													1		2	3

A1.1.2 Arbeitspaketbeschreibungen

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Messung und Modellierung		AP-Nr.: 1.1
Start (Monat/Jahr): Januar 2004		Dauer (Monate): 48
AP-Verantwortung: VT		Beteiligt: PA, MPI-K
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Aufklärung der Rußbildungs- und -abbaumechanismen in Flugzeugtriebwerken Verbesserung der Prognosefähigkeit von Ruß in dreidimensionalen Strömungsmodellen Klärung grundlegender Abläufe der Rußoxidation Weiterentwicklung kinetischer Rußmodelle Erweiterung der Datenbasis bei realen Triebwerken		
Arbeitsschritte: HBK-S Versuche und Grundlagenexperiment zur Rußoxidation Sonden- und laserspektroskopische Messungen in Brennkammern (halbtechn. Maßstab) Null- und eindimensionale Rußsimulationen mit komplexer Chemie Dreidimensionale Brennkammersimulationen Messungen in Zusammenarbeit mit Industriepartnern		Bearbeiter (OE): VT und Partner
Datum: Dezember 2006 Dezember 2007	Ergebnis: Messungen zur Rußoxidation abgeschlossen und ausgewertet 3D-Simulationen mit neuem Rußoxidationsmodell abgeschlossen und validiert; Meßkampagnen (HBK-S und reale Triebwerke) abgeschlossen und ausgewertet	von (OE): VT
Datum: Januar 2005 Dezember 2004 Dezember 2006	Zwischenergebnis/Meilenstein: PAZI-2 Brennkammer aufgebaut und betriebsbereit Reaktor zur Rußoxidation aufgebaut Mechanismus für Rußoxidation erstellt und validiert	von (OE): VT
Datum: 2005-2006	Input: Mitwirkung an HBK-S Meßkampagnen	von AP-Nr.: AP 2.1, MPI-K
Datum: 2004-2007	Output: Ausgewertete Daten der Messungen an realen Triebwerken	an AP-Nr.: AP 1.2

Problem- und Zielstellung

In den letzten Jahren wurden große Fortschritte bei der Charakterisierung von Rußpartikeln aus Flugtriebwerken im Nachlauf von Flugzeugen erzielt. So sind beispielsweise Emissionsindizes, Größenverteilungen und grobe chemische Komponenten kohlenstoffhaltiger Gemische bekannt. Defizite bestehen jedoch im grundlegenden Verständnis der Rußbildung in der Brennkammer und des Rußabbrandes im Triebwerk, sowie über die Bildung von und schwefelsäurebildenden Vorläufergasen (insbesondere schwerflüchtiger Kohlenwasserstoffe und Schwefeltrioxid). Diese Verständnislücken gilt es zu schließen, um die Messungen der Gefriereigenschaften von Rußpartikeln (AP 2.4) und die Erstellung eines globalen Rußpartikelkatasters (AP 1.2) zu unterstützen.

Mit einer Kombination aus Laborexperimenten und Messungen an realen Brennkammern führt dieses Arbeitspaket die im Vorläuferprojekt begonnenen Arbeiten fort, mit dem Ziel, die Prognosefähigkeit der Rußbildung und der mikrophysikalisch-chemischen Eigenschaften von Rußpartikeln aus Flugzeugtriebwerken zu verbessern und als Funktion der relevanten Triebwerksparameter (z.B. dem Luft-Treibstoffverhältnis des Brennstoffes) bereitzustellen. Eine genaue Charakterisierung der Rußpartikel aus Flugzeugtriebwerken ist von Bedeutung, denn es gibt Hinweise auf eine Korrelation zwischen Rußpartikeln und Zirruspartikeln, die einen Einfluss des Luftverkehrs auf die Bildung von Zirren nahelegen (Ström and Ohlsson, 1998).

Die Entwicklung mehrdimensionaler Verfahren zur Brennkammersimulation mit Rußmodellierung ist mit den Arbeiten der ersten Projektphase bei weitem nicht abgeschlossen. Insbesondere besteht eine Lücke zwischen den sehr komplexen kinetischen Modellen zur null- und eindimensionalen Rußsimulation und deren Anwendung auf mehrdimensionale Brennkammerströmungen. Letzteres erfordert aus Rechenzeitgründen starke Vereinfachungen, die zumeist auf Kosten der Genauigkeit gehen. Ein weiteres Problem besteht in der Anpassung der Rußmodelle auf turbulente Strömungen was deren Einbindung in PDF-Ansätze zur Turbulenzmodellierung erfordert.

Neben den eher anwendungsorientierten Fragestellungen welche die Schadstoffbildung in Brennkammern im realen und halbtechnischen Maßstab betreffen, bestehen in Hinblick auf die Rußbildung auch noch bedeutende grundlegende Fragen, vor allem im Bereich der Rußoxidation. Von zahlreichen Untersuchungen an brennstoffreichen, laminaren Vormisch- und Diffusionsflammen her ist bekannt, dass der Vorgang der Partikelbildung aus der Gasphase nur zu wenigen Prozent zur Rußbildung beiträgt. Dagegen werden mehr als 95% der Rußmasse durch heterogene Reaktionen der Rußoberfläche mit der sie umgebenden Gasphase gebildet. Nach dem derzeitigen Stand des Wissens dominieren Reaktionen von Acetylen und polyzyklischen Kohlenwasserstoffen (PAK) mit der Oberfläche von Rußpartikeln (reaktive Zentren) das Oberflächenwachstum. Der gegenläufige Prozeß des Massenabbaus (vorzugsweise durch Reaktionen mit OH-Radikalen und molekularem Sauerstoff) verläuft ebenfalls über Reaktionen mit der Oberfläche von Rußpartikel.

Die meisten Wachstumsmodelle basieren auf der Annahme, daß die Oberflächenwachstumsgeschwindigkeit proportional zur Anzahl der reaktiven Zentren auf der Partikeloberfläche ist. Es ist auch bekannt, daß die Wachstums- bzw. Oxidationsgeschwindigkeit vom Alter der Rußoberfläche abhängt. Dieser Alterungsprozeß wird formal durch eine Abnahme der Zahl der reaktiven Zentren beschrieben. Da Wachstumsmodelle im wesentlichen nur indirekt aus Messungen in Flammen abgeleitet wurden, in denen eine Vielzahl anderer Prozesse wie Koagulation, Diffusion, Thermophorese u.a. die experimentellen Ergebnisse stark beeinflussen, besteht erhebliche Unsicherheit in der quantitativen Beschreibung der Wachstums- und Oxidationsprozesse.

Lösungsstrategie

Die bisherigen Untersuchungen zur Ruß- und Schadstoffbildung am Austritt der PAZI-Modellbrennkammer sollen auf Messungen in der Brennkammer ausgedehnt werden. Diese Versuche werden unter Druck am Hochdruckbrennkammerprüfstand HBK-S mit der im Vorläuferprojekt aufgebauten, umfangreichen Instrumentierung durchgeführt. Für die numerische Simulation ist gerade der Rußbildungs- und oxidationsprozess in der Brennkammer von sehr hohem Interesse. Bisher liegen in diesem Bereich weltweit keine oder nur sehr ungenaue und veraltete Daten vor. Durch optischen Zugang zur PAZI-Modellbrennkammer lassen sich mit Hilfe laserspektroskopischer Messungen Aufschlüsse über die räumliche Verteilung des Rußes gewinnen (LII zur Erfassung des Rußvolumenbruchs und SV-CARS für die Bestimmung der Temperatur). Die bei VT verfügbaren Messtechniken werden durch das im EU-Projekt PARTEMIS entwickelte Instrumentarium (u.a. aus AP 2.1) zur mikrophysikalischen und chemischen Bestimmung des Rußaerosols ergänzt. Das MPI-K beabsichtigt massenspektrometrische Analysen von Chemiionen und kondensierbaren Gasen beizutragen; erste Vorgespräche hierzu fanden bereits statt.

Um die Übertragbarkeit der HBK-S Messungen auf reale Triebwerke zu gewährleisten, ist eine Fortsetzung der Meßkampagnen an realen Brennkammern und Triebwerken geplant (in Zusammenarbeit mit Industriepartnern). Darüber hinaus dienen diese Messungen auch dazu, die Datenbasis für die Erstellung globaler Rußkataster zu erweitern und für neuere Triebwerke Daten bereitzustellen. In diesem Zusammenhang ist auch vorgesehen, Kondensationskeime am Triebwerksaustritt zu erfassen.

Zur grundlegenden Untersuchung der Partikeloxidation ist ein Experiment geplant, in dem sich die Oxidation isoliert von anderen Prozessen untersuchen lässt. Hierzu soll ein bei VT entwickelter Rußgenerator eingesetzt werden, um ein homogenes Strömungsprofil mit definierter Rußverteilung zu erzeugen. Über kontrollierte Sauerstoffeinmischung und Variation der Länge des Quarzreaktors lässt sich dann die Partikeloxidation verfolgen. Das Temperaturprofil ist durch Wandheizung beeinflussbar. Die Probenahme erfolgt am Reaktorausritt durch Mikrosonden. Die Analyse der Proben wird dann mit Hilfe eines Partikelgrößenmessgeräts (SMPS), sowie durch den Einsatz gaschromatographischer und massenspektrometrischer Methoden durchgeführt. Mit dieser Apparatur ist die Möglichkeit gegeben, die Oxidation von jungen und sehr reaktiven Rußpartikeln, die den in der Brennkammer erzeugten Partikeln entsprechen, detailliert zu untersuchen. Die erzielten experimentellen Resultate fließen in das Partikeloxidationssubmodell eines bereits bestehenden Rußsimulationsmodells ein.

Die Weiterentwicklung des Rußmodells für dreidimensionale CFD-Simulationen wird ebenfalls stark durch das vorgesehene Grundlagenexperiment beeinflusst. Momentan basiert die Rußmodellierung auf der Lösung einer zusätzlichen Transportgleichung für den Rußvolumenbruch und der Bereitstellung entsprechender Bildungs- und Abbauterme in Flamelet-Tabellen. Die Flamelet-Tabellen werden mit einem komplexen eindimensionalen Verfahren mit detaillierter Chemie und Berechnung der Rußquellterme im Postprocessing erzeugt. Alle Weiterentwicklungen an den eindimensionalen Verfahren zur Rußmodellierung finden über den Flamelet-Ansatz somit auch in die mehrdimensionalen, vollturbulenten Berechnungen Eingang. Alternativ zum Flamelet-Ansatz ist die Untersuchung einer direkten Rußmodellierung im CFD-Code geplant. Damit ist man hinsichtlich der Verbrennungsmodellierung nicht mehr an die Gültigkeit des Flamelet-Ansatzes gebunden. Wie bisher wird dann im CFD-Code eine Transportgleichung für den Rußvolumenbruch gelöst. Allerdings erfordert dieser komplexere Ansatz die Verwendung detaillierter chemische Kinetik direkt im CFD-Code. Zur Schließung des Turbulenzproblems soll ein multi-variater assumed-PDF-Ansatz genutzt werden. Die Komplexität (und damit die Art) der bei 3D-Simulationen einsetzbaren Rußmodelle hängt nicht zuletzt auch wesentlich von der verfügbaren Rechenleistung und damit der Rechnerentwicklung ab. Die Verwendung detaillierter Reaktionsmechanismen in einem CFD-Code ist im Fall der Kerosinverbrennung nur mit reduzierten Reaktionsmechanismen möglich. In PAZI-2 soll auf ein Schema zurückgegriffen werden, dass im Rahmen des EU-Projekts SiA für Kerosin entwickelt wird.

Instrumentierung VT

- SMPS mit CNC (6nm – 400nm)
- Rasterelektronenmikroskop (REM)
- Hochdruck-Flüssigchromatograph mit Diodenarray-Detektor
- Gasprobennehmer
- Gaschromatographie mit massenspektrometrischer Analyse (GC-MS)
- Laser-induced Incandescence (LII) and Fluorescence (LIF)
- Coherent Anti-Stokes Raman Scattering (CARS)

Instrumentierung PA / MPI-K

- Gemäß Antrag zum Drittmittelprojekt PartEmis

Mit Ausnahme von LIF sollen alle genannten Messtechniken am HBK-S eingesetzt werden. Die Einsetzbarkeit von LIF in rußenden Flammen wird geprüft. Die Sondentechniken kommen darüber hinaus beim Grundlagenexperiment zur Rußoxidation und bei den Messungen an realen Triebwerken zu Einsatz.

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Globaler Rußkataster		AP-Nr.: 1.2
Start (Monat/Jahr): Januar 2004	Dauer (Monate): 48	
AP-Verantwortung: AT	Beteiligt: VF-VL	
Arbeitsbeschreibung / Ziele:		
Bereitstellung relevanter Rußkenngrößen realer Flugzeug/Triebwerks-Kombinationen auf der Basis aktueller Verkehrsdaten Weiterentwicklung und Validierung der Korrelationen zwischen Flugzeug-/Triebwerks-Parametern und Rußemissionen		
Arbeitsschritte:		Bearbeiter (OE):
Sammeln und Aufbereiten von Luftverkehrsdaten für einen statistisch relevanten Zeitraum		VL und Partner
Auswahl und Modellierung statistisch relevanter Flugzeug-Triebwerk Kombinationen		AT
Anwendung der weiterentwickelten Rußkorrelation auf die Flugzeug-Triebwerk Kombinationen		AT
Zusammenfügen der Daten zu einem 4-D Kataster der Rußemissionen des Luftverkehrs		VL, AT
Datum:	Ergebnis:	von (OE):
Dezember 2007	4-D Kataster der Rußemissionen des Luftverkehrs erstellt	AT, VL
Datum:	Zwischenergebnis/Meilenstein:	von (OE):
Dezember 2004	Statistisch relevante Flugzeug-Triebwerk Kombinationen ausgewählt	AT
Dezember 2005	Tabellen der emissionsrelevanten Parameter für die ausgewählten Flugzeug-Triebwerk-Kombinationen erstellt	AT
Dezember 2006	Rußkorrelationen weiterentwickelt und validiert	AT
Dezember 2006	Verkehrsdaten des weltweiten Luftverkehrs für einen statistisch relevanten Zeitraum gesammelt	VL und Partner
April 2007	Rußdatenbank der Verkehrsflugzeugflotte erstellt durch Anwendung der Korrelation auf die Tabellen der emissionsrelevanten Parameter	AT
April 2007	Luftverkehrsdaten aufbereitet und standardisiert in einer Verkehrsdatenbank	VL
Datum:	Input:	von AP-Nr.:
Juni 2006	Rußparameter aus den Messkampagnen	1.1 HAP1, 2.4 HAP2
Datum:	Output:	an AP-Nr.:
Juni 2007	Vorabversion des 4-D Katasters fertig	3.4 HAP 3

Problem- und Zielstellung

Die Ruß-Emissionscharakteristiken realer Triebwerke unterscheiden sich stark sowohl für verschiedene Triebwerkstypen als auch für unterschiedliche Betriebszustände. Die Messungen an Modellbrennern und an realen Brennkammern liefern wertvolle Erkenntnisse über Produktions- und Oxidationsvorgänge bei der Bildung von Rußpartikeln und über die Eigenschaften der Partikel selbst, die in die Weiterentwicklung von Korrelationen einfließen. Diese Korrelationen sind die Voraussetzung für die Berechnung der vom globalen Luftverkehr in die Atmosphäre eingebrachten Rußmenge und ihrer Eigenschaften, da mit ihrer Hilfe die Variabilität der einzelnen Triebwerkstypen und globale Verkehrsdaten direkt berücksichtigt werden können.

Eine realitätsnahe Abschätzung des Rußpartikeleintrages aus Flugtriebwerken in die Atmosphäre, aufgelöst nach Ort und Zeit, ist daher nur möglich, wenn die spezifischen Emissionscharakteristiken realer Flugzeug/Triebwerk-Kombinationen und ihre Bewegungen im globalen Luftverkehr kombiniert werden.

Für aktuelle Verkehrsdaten sollen die Rußemissionen realer Flugzeug/Triebwerk Kombinationen nach Masse, Anzahl und Oberfläche bereitgestellt werden. Hierzu werden Korrelationen herangezogen, die in PAZI entwickelt wurden und anhand der Messungen in HAP 1 und 2 weiterentwickelt und validiert werden sollen. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sollen zu neuen, detaillierteren Katastern der Rußemissionen des globalen Luftverkehrs führen, die sowohl räumlich als auch zeitlich feiner aufgelöst sind und Eingang in die Atmosphären- und Klimamodelle finden können.

Lösungsstrategie

Im Vorläuferprojekt wurden Angaben über die Rußemissionen von Triebwerken aus vorhandenen und im Rahmen des Projekts durchgeführten neuen Messungen mit Triebwerkparametern aus Triebwerks- und Flugleistungsrechnungen in Beziehung gesetzt. Auf diesem Wege konnte eine bei AT vorhandene Korrelation zur quantitativen Ermittlung der Rußemissionen realer Triebwerke weiterentwickelt und validiert werden. Mit dieser Korrelation wurden höhen spezifische mittlere Emissionsindizes (mg Ruß je kg Brennstoff) erzeugt, die zusammen mit einer Brennstoffmassenstrom-Datenbank des globalen Luftverkehrs, die gemeinsam mit VL auf der Basis einer dort vorhandenen Verkehrsdatenbank entwickelt wurde, die Angabe mittlerer höhen spezifischer Rußemissionsmengen ermöglicht haben. Anzahl und Oberfläche der Partikel konnte dabei nur mit Hilfe eines einfachen Ansatzes angegeben werden, der für alle Triebwerkstypen gleich war.

Mit Hilfe der Ergebnisse der in PAZI-2 geplanten Versuche kann die Korrelation nochmals überprüft und ein verbesserter Ansatz zur Charakterisierung der Rußpartikel entwickelt werden. Zur weiteren Validierung könnten auch Messungen an realen Triebwerksbrennkammern oder Brennkammersegmenten herangezogen werden, wie sie bei AT in Kooperation mit Partnern aus der Industrie durchgeführt werden.

In Folge bereits erfolgter und aktuell betriebener Weiterentwicklung der Korrelationen und Simulationsprogramme bei AT und VL kann im Rahmen von PAZI-2 die vom globalen Luftverkehr emittierte Rußmasse nach Menge, Ort und Zeit aufgelöst angegeben werden. Dazu werden die Rußemissionen realer Flugzeug/Triebwerk Kombinationen auf den in einer Verkehrsdatenbank verzeichneten tatsächlich geflogenen Flugrouten ermittelt. Um eine solche Datenbank zu erstellen, müssen die weltweit gesammelten Verkehrsdaten bei VL von Fehlern bereinigt und standardisiert werden. Aufbauend auf diesen Daten können bei AT statistisch relevante Flugzeug-Triebwerk Kombinationen bestimmt und modelliert werden. Diese Modelle liefern dann Tabellen der emissionsrelevanten Parameter, auf die die Korrelationsmethoden angewandt werden können, um die Rußdaten zu erzeugen, die dann gemeinsam mit VL auf die Verkehrsdatenbank übertragen werden. Die Triebwerksdatenbanken selber ermöglichen auch spätere, weitergehende Untersuchungen.

Die beschriebenen Methoden sind erprobt und kommen bereits in verwandten EU-Projekten wie PartEmis und Aero2K zur Anwendung.

A1.2 Detaillierte Beschreibung der Arbeiten im HAP 2: Aerosole und Zirren

A1.2.1 Zeit- und Meilensteinplan

	2004				2005				2006				2007			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP 2.1 In-situ Messungen				■			■		■				■			
AP 2.2 Spurenstoffe		■						■		■						
AP 2.3 Fernerkundung				■				■				■			■	
HAP 2 Aerosole und Zirren								4				5				6

A1.2.2 Arbeitspaketbeschreibungen

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: In-situ Messungen		AP-Nr.: 2.1
Start (Monat/Jahr): Januar 2004		Dauer (Monate): 48
AP-Verantwortung: PA		Beteiligt: FB; U Mainz (IAP), U Stockholm (ITM), U Clermont-Ferrand (LaMP), FZJ, CNRS (OHP), MPI-K
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Nachweis heterogener Gefrierprozesse bei der Bildung von Zirren Nachweis des indirekten Effektes des Luftverkehrs bei der Zirrenbildung Quantifizierung optischer Eigenschaften von Zirruspartikeln		
Arbeitsschritte: Vorbereitung von Meßapparaturen Bereitstellung meteorologischer Analyseverfahren (MM5, ECMWF, Trajektorien) Durchführung der Meßkampagnen CIRCLE-1/-2 Erstellung von Datenbanken und Analyse		Bearbeiter (OE): PA und Partner
Datum: Dezember 2007	Ergebnis: Zirroseigenschaften und Einfluß des Luftverkehrs nachgewiesen	von (OE): PA
Datum: Dezember 2004 August 2005 August 2006	Zwischenergebnis/Meilenstein: Meßapparaturen der neuen Fragestellung angepaßt Meßkampagne CIRCLE-1 zur Durchführung vorbereitet Meßkampagne CIRCLE-2 zur Durchführung vorbereitet	von (OE): PA und Partner
Datum:	Input:	von AP-Nr.:
Datum: Januar 2006 Januar 2007	Output: Datenbank zu CIRCLE-1 fertig Datenbank zu CIRCLE-2 fertig	an AP-Nr.: 3.1 HAP 3 3.2 HAP 3

Problem- und Zielstellung

Um die beiden eingangs im Projektplan genannten Einflußmechanismen des Luftverkehrs auf die Zirrenbildung voneinander zu trennen und zu quantifizieren, muß eindeutig gezeigt werden, daß in der Atmosphäre heterogene Gefrierprozesse eine Rolle bei der Zirrenbildung spielen und inwieweit das Rußaerosol aus Flugzeugtriebwerken dabei mitwirkt. Außerdem ist es wichtig, die optischen Eigenschaften von Zirren in den Flugniveaus besser als bisher zu quantifizieren, um eine Verbesserung der Strahlungsparameterisierung in globalen Modellen zu erreichen. In Ergänzung der Messungen im Vorläuferprojekt soll hier der Schwerpunkt auf gezielt durchgeführten Fallstudien liegen, es können aber weiterführende Analysen aus früheren Meßkampagnen (speziell aus dem EU-Projekt INCA) eingebracht werden.

Die Messungen umfassen (i) Wasserdampf und Temperatur zur Bestimmung möglicher kritischer relativer Feuchten, bei denen Wolkenbildung einsetzt; (ii) Aerosoleigenschaften zur Bestimmung von Größenverteilung, chemischer Zusammensetzung und anderen die Wolkenbildung kontrollierenden Parametern; (iii) Eigenschaften der Zirruswolken zur Bestimmung des Eiswassergehaltes, der Phasenfunktion der Eiskristalle und anderer den Strahlungstransport in Zirren kontrollierenden Parametern. Sie liefern damit eine wichtige Grundlage zum Verständnis der Bildung von Zirren, insbesondere der Bildung optisch dünner Zirren im Bereich der Tropopause, und zur Validierung der Parameterisierungen aus HAP 3.

Lösungsstrategie

Es werden zwei ausgedehnte Meßkampagnen mit einer sorgfältigen meteorologischen Vorbereitung durchgeführt. Die Kampagnen (in Planung mit der Falcon) haben zum Inhalt:

- I. Suche nach direkter Evidenz für heterogene Eisbildung in Zirren in Regionen mit hoher Auftrittswahrscheinlichkeit dünner und unsichtbarer Zirren in mittleren Breiten und (b) Suche nach direkter Evidenz für Zirrusbildung aus gealtertem Flugzeugaerosol in Gebieten, in denen Flugzeugabgase akkumulieren, z.B. über Mehrfachdurchflüge (CIRCLE-1: Cirrus Cloud Experiment; 32 Belegtage, 50 Flugstunden, Basis Teneriffa-Nord vorbehaltlich kompletter Finanzierung).
- II. Meßflüge korreliert mit Satellitenüberflügen mit dem Ziel, optische Parameter von Eiskristallen zu quantifizieren, in Verbindung mit boden-gestützten Lidar-Messungen (dünne Zirren, Ozon) und Photometer-Messungen (CIRCLE-2; 25 Belegtage, 30 Flugstunden, Basis Oberpfaffenhofen o.Toulouse).

Alle Flüge finden im Herbst in Gebieten statt, in denen die Abkühlprozesse nur geringe synoptische Vertikalgeschwindigkeiten erzeugen (< 10 cm/s). In den Monaten September/Okttober/November werden in den o.g. Regionen in etwa 10 km Höhe Auftrittshäufigkeiten dünner Zirren zwischen 40 und 70% beobachtet.

Zur Risikominimierung wird folgende Auswertestrategie vorgeschlagen, die je nach meteorologischer Situation entweder alternativ oder parallel zu I und II zur Anwendung kommt: großflächige Beprobung von tendenziell eisübersättigten Gebieten innerhalb und außerhalb verschmutzter Luftmassen; nachfolgend Analyse der chemischen Zusammensetzung des eisbildenden Aerosols. Falls hier ein Kontrast zwischen sauberen und verschmutzten Proben statistisch signifikant nachgewiesen werden kann, erfolgt die Untersuchung der Herkunft der Proben mittels Trajektorienanalysen. Diese sollen im Zusammenspiel mit mesoskaligen Simulationen auch zur Planung der Meßflüge eingesetzt werden.

Die Kampagne CIRCLE-1 wird mit einer umfangreichen Partikelinstrumentierung durchgeführt, ähnlich der Instrumentierung im EU-Projekt INCA. Hierbei spielt die Messung des totalen Eiswassergehaltes mit anschließender Bestimmung der Größenverteilung der Eiskristallresiduen zusammen mit chemischen Analysen des Vorläufereaerosols eine wichtige Rolle. Von zentraler Bedeutung sind auch präzise Messungen der relativen Feuchte bei der Wolkenbildung.

Bei CIRCLE-2 liegt der Schwerpunkt auf optischen Instrumenten und Fernerkundung. Erfahrungen hierzu liegen ebenfalls aus INCA vor. Die Routinemessungen von Zirren über dem Observatoire de Haute-Provence (OHP) des Centre Nationale de Recherche Scientifique (CNRS), sowohl mit dem dortigen Lidarsystem als auch mit dem Mobilien Aerosol Lidar MARL des Alfred-Wegener-Institutes (AWI) in Bremerhaven sind für einen Vergleich mit dortigen in-situ Messungen in der Höhe gut geeignet. Die künftigen Messungen des METEOSAT 2 (MSG) eignen sich aufgrund ihrer 15-minütigen Auflösungen und Informationen aus 4 Spektralbereichen ideal zum Vergleich. CIRCLE-2 soll mit der Validierung der CALIPSO-Mission (unter Federführung der CNES) mit regionalen französischen Kampagnen koordiniert werden, wozu ein gemeinsamer Planungsworkshop in 2004 vorgesehen ist.

Das FZ Jülich (ICG1) steuert zwei Instrumente zu den Messungen bei: Mit dem Meßgerät FISH (Fast In Situ Stratospheric Hygrometer, Dr. Cornelius Schiller) wird in hoher Zeitauflösung die Wasserdampfübersättigung bei Eisbildung gemessen. Mit dem Eiswassersammler (Dr. Martina Krämer) werden Eispartikel definierter Größe in Zirren gesammelt und bis zur Analyse konserviert. Anschließend wird gleichzeitig das ungelöste und gelöste Material im Eiswasser analysiert. Die chemische Zusammensetzung der löslichen und unlöslichen Inhaltsstoffe im

Eiswasser soll Auskunft über die Herkunft der Eiskeime geben. Der Anteil an unlöslichen Partikeln im Eiswasser läßt Rückschlüsse auf den Bildungsweg der Eispartikel zu. Integriert im Eiswassersammler ist die Probenahme von gesamten und interstitiellen Aerosolpartikeln geplant. Die Partikel sollen der gleichen Analyse wie das Zirruseiswasser unterzogen werden. Durch Vergleich zwischen der chemischen Zusammensetzung der Aerosolpartikel mit dem Eiswasser sollen Erkenntnisse über die Eigenschaften, die Aerosole zu Eiskeimen machen, gewonnen werden.

Die Universität Mainz und das MPI für Chemie unter der Leitung von Prof. Dr. Stephan Borrmann steuert größen aufgelöste (ab 20 nm) Messungen der chemischen Aerosolzusammensetzung im Hintergrundaerosol sowie von Einzelpartikeln mit dem Aerosol-Massenspektrometer (AMS) sowie begleitende Laboranalysen bei. Im Detail sind dies: quantitative Analyse verschiedener anorganischer Substanzen im Aerosol (vor allem Sulfat, Nitrat und Ammonium) im Größenbereich von 30 nm bis 2 µm; quantitative Messung der Summe der organischen Verbindungen im Aerosol; fraktionierte Massen-Größenverteilung der obengenannten Verbindungen; Charakterisierung des Hintergrundaerosols sowie des gealterten Flugzeugaerosols. Ferner im Labor: Untersuchungen zur Identifikation der organischen Substanzen (z.B. Acetylen, polyzyklischer aromatische Kohlenwasserstoffe); Untersuchungen zur Rußcharakterisierung (insbesondere volatiler und semi-volatiler Substanzen auf der Oberfläche der Rußpartikel). Ein optionaler Einsatz des AMS am HBK-S ist bei Bedarf nach Abstimmung mit VT möglich.

Mit dem mobilen Aerosol-Raman-Lidar MARL (Mobile Aerosol Raman Lidar) und einem Sonnen- und Sternphotometer des AWI Bremerhaven werden die Flugzeugmessungen auf den geplanten Kampagnen durch bodengestützte Beobachtungen von Zirren und Aerosolen ergänzt werden (Prof. Dr. Otto Schrems). MARL liefert Höhenprofile des Rückstreuoeffizienten und der Volumenpolarisation mit einer zeitlichen Auflösung von wenigen Minuten und einer Höhenauflösung von 10-100 m sowie Wasserdampfprofile. Die Meßdaten werden mit folgender Zielsetzung analysiert: (a) Auftrittshäufigkeiten von Zirren; (b) räumliche und zeitliche Variabilität; (c) Bestimmung mikrophysikalischer Parameter; (d) Vergleich mit den Flugzeug- und Satellitenmessungen; (e) Wasserdampfprofile. Die eingesetzten Sonnen- und Sternphotometer arbeiten im Spektralbereich von 350 - 1050 nm und liefern das Spektrum der optischen Dicke des Aerosols. Gleichzeitige Messungen mit Photometer und Lidar ermöglichen daher die Abschätzung der optischen Dicke oder des Extinktionskoeffizienten der Zirruswolke und die Bestimmung des Hintergrundaerosols. Durch kontinuierliche Tag- und Nachtmessungen bei "clear sky" oder Zirrusbedingungen mit Photometer und Lidar kann somit die zeitliche Variabilität des Hintergrundaerosols und der Zirren bestimmt werden.

Das MPI-K wird unter Federführung von Prof. Dr. Frank Arnold eine elektrostatische Sonde (ESP) zu den Messungen beisteuern. Die ESP soll positiv und negativ geladene Fragmente von Zirrusteilchen messen, die beim Durchflug von Zirren auftreten. Kürzlich wurden derartige Teilchen sowohl mit der ESP als auch mit einem Massenspektrometer gemessen. Diese Teilchen können am Flugzeug mechanisch erzeugt werden und verbleiben nach dem Befliegen der Luftmasse in der Atmosphäre zurück. Derzeit gibt es keine Erfahrungen zur Bedeutung solcher Prozesse. Die ESP erfordert nur geringen Platz und keinen Operateur auf der Falcon. Die Expertise auf dem Gebiet der chemischen Ionenmassenspektroskopie fließt auch in AP 2.2 beim Aufbau eines fluggetragenen Meßsystems zur Bestimmung von SO₂ in der freien Troposphäre ein.

Zum Erreichen der Ziele ist über oben beschriebenen Möglichkeiten hinaus die Expertise anderer Gruppen von Bedeutung: Counterflow Virtual Impactor (CVI) für Eiswassergehalt mit chemischer Charakterisierung der Residuen durch Kopplung des CVI mit Massenspektrometern (U Stockholm, Dr. Johan Ström); Polares Nephelometer zur Bestimmung der Phasenfunktion und der Streueigenschaften und Cloud Particle Imager (CPI) zur Abschätzung der Form von Eiskristallen (LaMP Clermont Ferrand, Dr. Jean-Francois Gayet); hochauflösendes Bodenlidar des Service d'Aeronomie zur Bestimmung der Zirrusrückstreuung und optischen Tiefe (CNRS / OHP).

Instrumentierung bei der Kampagne CIRCLE-1

CVI (1 Rack) und FISH (½ Rack);
Massenspektrometer AMS (2 Racks);
Aerosole (CPSA, Volatiliäts-CPCs, Tandem DMA, Absorptionsphotometer: 2 Racks);
Partikelsonden (FSSP 100, FSSP 300, PCASP, evtl MASP); elektrostatische Sonde (ESP);
Eiswassersammler (Außenlast und ¼ Rack).

Instrumentierung bei der Kampagne CIRCLE-2

Aerosol-Lidar mit Rayleigh-Mie-Separierung; Wasserdampf-Lidar;
Aerosol-Mikrophysik (1½ Racks); inkl. PCASP, FSSP300, ESP;
Polares Nephelometer (½ Rack);
Cloud Particle Imager;
Mobiles Aerosol/Raman Lidar MARL und evtl. Rayleigh/Mie-Lidar des OHP am Boden.

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Aerosolvorläufgase		AP-Nr.: 2.2
Start (Monat/Jahr): Januar 2004	Dauer (Monate): 48	
AP-Verantwortung: PA	Beteiligt: MPI-K	
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Aufbau eines flugzeug-getragenen Messsystems für Schwefeldioxid (SO ₂) Messung von SO ₂ bei der CIRCLE-2 Kampagne Analyse der SO ₂ -Daten zusammen mit den CPSA CN- Daten hinsichtlich Aerosolneubildung		
Arbeitsschritte: Auswahl geeigneter Messtechnik und Aufbau eines Prototyps Laborcharakterisierung und luftfahrttechnische Zulassung Erster Flugeinsatz bei CIRCLE-2 und Datenanalyse		Bearbeiter (OE): PA und Partner
Datum: Dezember 2007	Ergebnis: SO ₂ -Verteilung in der oberen Troposphäre gemessen und hinsichtlich Partikelneubildung analysiert	Von (OE): PA
Datum: Juni 2004 Dezember 2005 Juli 2006 November 2006	Zwischenergebnis/Meilenstein: Meßtechnik ausgewählt Prototyp aufgebaut SO ₂ -Meßsystem aufgebaut CIRCLE-2 Messungen durchgeführt	von (OE): PA
Datum:	Input:	von AP-Nr.:
Datum: Januar 2007	Output: SO ₂ -Daten zu CIRCLE-2 in Datenbank	an AP-Nr.: 3.1 HAP 3

Problem- und Zielstellung

Die Oxidation von Schwefeldioxid (SO₂) zu Schwefelsäure (H₂SO₄) in der Atmosphäre kann zur Neubildung von Aerosolen führen, die zu Wolkenkondensationskernen heranwachsen können. Die Lebensdauer von SO₂ in der Atmosphäre gegenüber der Umwandlung zu H₂SO₄ über die Reaktion mit OH beträgt, abhängig von den Umgebungsbedingungen, etwa 1–4 Wochen. In photochemisch sehr aktiven Luftmassen kann die SO₂-Oxidation auch schneller erfolgen.

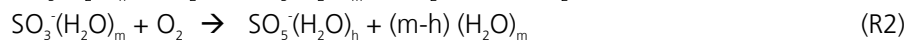
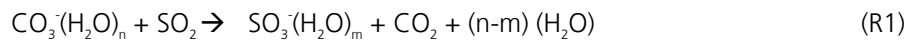
Die atmosphärischen Bedingungen und Prozesse, die zur Partikelbildung auf diesem Weg führen sind bisher nur sehr unzureichend untersucht, aber wichtig zur Beurteilung des Lebenszyklus schwefelsäurehaltiger Partikelemissionen des Luftverkehrs. Es wird vermutet, daß zumindest bei niedriger Aerosolbelastung und in photochemisch aktiven Luftmassen die Aerosolemissionen aus Flugtriebwerken zu Wolkenkondensationskeimen anwachsen können. Bei Emission oberhalb der lokalen Tropopause stellen diese Emissionen eine bedeutsame regionale Quelle stratosphärischen Aerosols dar. Die Quellen des stratosphärischen Aerosols (Vorläufgase SO₂ und OCS sowie Primärpartikel und Flugzeugemissionen) sind heute nicht exakt quantifizierbar.

Lösungsstrategie

Bei der CIRCLE-2 Messkampagne sollen SO_2 -Messungen zusammen mit CN-Messungen (CPSA) in Luftmassen mit unterschiedlicher SO_2 -Belastung und bei atmosphärischen Bedingungen, bei denen Partikelneubildung zu erwarten ist, durchgeführt werden. Zudem dienen die SO_2 -Messungen auch zur Charakterisierung der Luftmassen hinsichtlich des Einflusses anthropogener Emissionen (diese erreichen den Bereich der Tropopause über schnellen Vertikaltransport aus der Grenzschicht) und einem möglichen Einfluß anthropogener Spurengase und Aerosole auf die mikrophysikalischen Eigenschaften von Wolken.

Zum Erreichen der Ziele wird ein SO_2 -Meßsystem für den Flugzeugeinsatz in der freien Troposphäre aufgebaut. Als Meßtechnik soll chemische Ionisationsmassenspektroskopie verwendet werden. Der Meßaufbau wird aus einem Strömungsreaktor mit Ionenquelle, einem Massenspektrometer und einer SO_2 -Kalibrationsquelle bestehen. Welche Ionen-Molekül-Reaktion für den Nachweis von SO_2 am geeignetsten ist, wird zu Beginn des Projektes untersucht. Das Meßsystem soll so kompakt aufgebaut werden, dass es in einem Falcon-Standardinstrumentrack untergebracht werden kann. Der Aufbau des Gerätes erfolgt in Zusammenarbeit mit dem MPI-K in Heidelberg.

Ein vom MPI-K bereits für atmosphärische Messungen eingesetztes Nachweisschema für SO_2 benutzt die Reaktionsfolge:



Die bestimmende Reaktion für die Umsetzung dieser Reaktionsfolge ist R1. Die Konzentration von SO_2 ergibt sich damit aus

$$[\text{SO}_2] = 1/t k(\text{R1}) \ln(V) \quad \text{mit } V = [\text{SO}_5^-(\text{H}_2\text{O})_h]_t / [\text{CO}_3^-(\text{H}_2\text{O})_n]_t \quad (\text{R3})$$

wobei t die Reaktionszeit und $k(\text{R1})$ der Reaktionsgeschwindigkeitskoeffizient von R1 ist. Der Geschwindigkeitskoeffizient der Reaktion R1 wurde am MPI-K von Arnold und Mitarbeitern und am Air Force Research Laboratory in Hanscom, MA, von der Gruppe Viggiano im Laborexperiment gemessen.

Bei der Anwendung für flugzeuggetragene atmosphärische Messungen erfolgen die Reaktionen R1 und R2 in einem Strömungsreaktor, wobei der Druck und die Strömungsgeschwindigkeit je nach Messaufgabe optimiert werden müssen. Die Ausgangsionen können beispielsweise in einer Entladungsquelle erzeugt werden, die Reaktionszeit kann durch einen gepulsten Betrieb der Ionenquelle gemessen werden. Das Verhältnis der Ausgangs- und Produktionen wird massenspektrometrisch gemessen.

Für das SO_2 -Meßsystem ist somit der Aufbau folgender Komponenten erforderlich:

- Massenspektrometer mit kompakter Hochleistungspumpe
- Strömungsreaktor
- Ionenquelle
- Einlaßsystem
- SO_2 -Kalibrationsquelle (z.B. SO_2 -Permeationsquelle).

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Globale Fernerkundung		AP-Nr.: 2.3
Start (Monat/Jahr): Januar 2004	Dauer (Monate): 48	
AP-Verantwortung: PA	Beteiligt:	
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Verfolgung der zeitlichen Entwicklung von persistenten (nicht-linearen) Kondensstreifen und Zirrenfeldern mit MSG, AVHRR und MODIS Erweiterung der satelliten-gestützten Analysen von Korrelationen zwischen Luftverkehrsdichte und Kondensstreifen- bzw. Zirrusbewölkung		
Arbeitsschritte: Softwareentwicklung zur Bestimmung der Wolkenparameter Wolkenverfolgung und Klassifizierung nach Bildungsmechanismen Synthese und Abschätzung des Strahlungsantriebes		Bearbeiter (OE): PA
Datum: Dezember 2007	Ergebnis: Strahlungsantrieb abgeschätzt	von (OE): PA
Datum: Dezember 2004 Dezember 2005 Oktober 2006	Zwischenergebnis/Meilenstein: Algorithmen zur Wolkenverfolgung und –klassifizierung fertig Wolkenphysikalische Parameter abgeleitet Statistiken für Europa/Nordatlantik und andere Klimate fertig	von (OE): PA
Datum:	Input:	von AP-Nr.:
Datum: April 2007	Output: Wolkenklimatologie zur Validierung von ECHAM	an AP-Nr.: 3.4 HAP 3

Problem- und Zielstellung

Zirren können anhand ihrer Form und Struktur charakterisiert werden. Für die physikalisch korrekte Parameterisierung der Eigenschaften von Zirren in Modellen ist die Art der Zirrenbildung entscheidend. Durch hochreichende Konvektion gebildeter Ambosse, frontale Aufgleitschirme, an Gebirgen ausgelöste, quasistationäre Zirren und in langsamer Hebung autochthon gebildete Zirren haben jeweils unterschiedliche Bedingungen bei der Wolkenbildung, die möglicherweise bei der Modellbeschreibung der Zirren berücksichtigt werden müssen. In stark beflogenen Gebieten (z.B. Mitteleuropa oder Nordatlantik) addieren sich zur natürlichen Zirrusbedeckung in noch nicht hinreichend genau bekanntem Ausmaß lineare Kondensstreifen und daraus entstehende, nicht mehr durch ihre Form eindeutig als künstlich erzeugt identifizierbare Eiswolken.

Bei der Zirrenauflösung sind verschiedene Mechanismen wirksam: einerseits die Sedimentation, die durch Partikelgröße und Form bestimmt ist, und andererseits Erwärmung durch Absinkbewegungen in der oberen Troposphäre oder durch Konvergenz des Strahlungsflusses. Die relevanten Zeitskalen für Zirrusbildung und –auflösung bestimmen die Strahlungswirksamkeit der Eiswolken. Zur Abschätzung der Auswirkung der natürlichen und möglicherweise durch den Flugverkehr zusätzlich erzeugten oder modifizierten Zirren müssen die optischen Eigenschaften der Eiswolken über deren gesamte Lebensdauer betrachtet werden. Als Basis hierzu ist

eine statistische Analyse der Zirrenbildung und der jeweiligen weiteren Entwicklung bis zum Zerfall der Zirren mittels satelliten-gestützten Messungen unerlässlich.

Lösungsstrategie

Mit einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten und 12 spektralen Kanälen sowohl im sichtbaren als auch im thermischen Bereich des Spektrums bietet der SEVIRI Sensor auf MSG hervorragende Möglichkeiten, Zirrenfelder in ihrer zeitlichen Entwicklung zu verfolgen und dabei ihre Eigenschaften (mittlere Partikelgröße, optische Dicke) abzuschätzen. Da MSG, wie auch die anderen geostationären Satelliten, etwa 20% der Erdoberfläche im Blickfeld hat, können Aussagen über die Bildung und den Zerfall von Zirren für unterschiedliche Klimate gewonnen werden.

Da die räumliche Auflösung mit etwa $5 \times 5 \text{ km}^2$ des MSG zwar die Erfassung von Zirrenfeldern zulässt, aber der Interpretation der Struktur Grenzen setzt, sollen zur Erfassung von Kondensstreifen und zur Verifizierung höher auflösende Instrumente wie z.B. AVHRR oder MODIS und auch bodengestützte Kameras verwendet werden. Räumlich und zeitlich hochaufgelöste Flugverkehrsdaten werden zur Abschätzung des Einflusses des Flugverkehrs auf die Zirrenbildung verwendet.

Beitrag des Drittmittelprojektes COBI (BMBF)

Prof. Dr. R. Sausen, PA

Im BMBF-Projekt COBI sollen die Ursachen des Cold-Bias (die in globalen Zirkulationsmodellen systematisch zu niedrig simulierte Temperatur im Bereich der extra-tropischen Tropopause) identifiziert und behoben werden. Hierfür sind unter anderem der Wasserdampf und die hohe Bewölkung von Bedeutung. Eine Abschätzung des Einflusses von Wasserdampf und Wolken soll durch systematische Sensitivitätsexperimente erfolgen. Speziell für die Validierung der Wolkenparametrisierungen im Zirkulationsmodell soll eine aus Satellitendaten abgeleitete Wolkenklimatologie bereitgestellt werden.

Die in der Wolkenklimatologie enthaltenen Datensätze verschiedener Parameter werden eine Bedeutung haben, die weit über das Verbundvorhaben COBI hinausgehen. Die abgeleiteten Wolkenparameter für Zirren sind für das Projekt PAZI-2 von besonderer Bedeutung und sollen hier eingebracht werden (Details siehe Projektantrag zu COBI <http://www.pa.op.dlr.de/cobi/>).

Die Klimatologie der Wolken wird mit Daten des auf den polarumlaufenden NOAA-Satelliten installierten AVHRR-Instrumenten (Advanced Very High Resolution Radiometer) sowie ergänzend mit den Daten des SEVIRI-Instrumentes auf dem geostationären Satelliten Meteosat-Second-Generation (MSG) generiert. In der Wolkenklimatologie werden folgende Parameter bereitgestellt: Monatsmittel des Wolkenbedeckungsgrades in drei Höhenschichten im Bereich der Tropopause; Bedeckungsgrad dünner Zirruswolken; Temperatur am Wolkenoberrand; Flüssigwasser-/Eiswasserweg, Infrarot-Emissivität.

Die auf NOAA/AVHRR Daten basierende Wolkenklimatologie soll letztendlich einen Zeitraum von 20 Jahren (1986-2005) umfassen und Parameter wie Wolkengesamtbedeckungsgrad, Bedeckungsgrad der Zirren, Wolkenobergrenztemperatur sowie Flüssig- und Eiswasserwege etc. enthalten. Zusätzlich sollen die neuen Daten des MSG Satelliten einbezogen werden, um einerseits einen Abgleich mit AVHRR-Wolkenprodukten zu ermöglichen und um andererseits das durch die AVHRR-Daten abgedeckte Gebiet (Europa) zu vergrößern und die hohe zeitliche Bildfolge des MSG (15 Minuten) zu nutzen.

Das **AP 2.4 (Gefrierexperimente)** wird von FZK-IMK3 in Eigenverantwortung durchgeführt und extern finanziert. Aus diesem Grund wird im vorliegenden Projektplan auf die tabellarische Aufführung der geplanten Arbeiten und die Liste der Meilensteine verzichtet. Der Partner hat sich bereit erklärt, jährliche Berichte über den Stand der Arbeiten in AP 2.4 beizutragen. Die Ergebnisse der Gefrierexperimente fließen nach Auswertung der Messungen kontinuierlich in PAZI-2 ein. Zielgruppe der Ergebnisse ist HAP 3 (AP 3.2 und 3.3). Die Aufgaben in AP 2.4 lauten:

- Weiterentwicklung der experimentellen Methoden zur Bestimmung der kritischen Eisübersättigung, bei der in der AIDA-Kammer heterogene Eisnukleation (= simulierte Zirrenbildung) erfolgt.
- Quantifizierung der eisbildenden Eigenschaften von Ruß, beschichtetem Ruß und anderen für den Tropopausenbereich repräsentativen Partikeln.
- Bestimmung von Form, Wachstum und optischen Eigenschaften der Eispartikel.

Ein diese Gefrierexperimente ergänzender Beitrag der Universität Duisburg-Essen ist weiter unten in der Beschreibung dieses AP aufgeführt.

Problem- und Zielstellung

Zirren können sich durch homogene Eisnukleation in flüssigen Partikeln oder durch heterogene Eisnukleation im Kontakt mit festen Oberflächen des atmosphärischen Aerosols bilden. Im zweiten Fall beeinflusst die Struktur und der Zustand (z.B. chemische Alterung, Coating) der Oberfläche die Nukleationsrate wahrscheinlich wesentlich. Ob auf globaler Skala einer der beiden Mechanismen dominiert oder ob beide zusammen die Zirrusbildung bewirken, ist derzeit noch ungeklärt.

Atmosphärische Messungen der kritischen relativen Feuchten, bei denen Eisbildung einsetzt, sind äußerst schwierig und die Interpretation der Messdaten folglich mit großen Unsicherheiten behaftet. Aus diesem Grunde sind die Gefriermessungen in der Aerosolkammer AIDA (Aerosol Dynamics and Interactions in the Atmosphere, <http://imk-aida.fzk.de/>) für dieses Projekt von zentraler Wichtigkeit. In die Kammer können eisbildende Aerosoltypen mit realistischen Größenverteilungen eingebracht werden. Durch kontrollierte Druckerniedrigung werden nach einem gut verstandenen Mechanismus der Wärme- und Wasserdampf-Diffusion von der warmen Wand ins adiabatisch gekühlte Volumen entweder lang andauernd niedrige (wie bei der Entstehung von Zirren) oder kurzzeitig extrem hohe Eisübersättigungen (wie im Nachlauf von Flugzeugen) erzeugt, die den Phasenübergang auslösen. Eine umfassende Instrumentierung der AIDA-Kammer erlaubt mit sehr guter Zeitauflösung genaue Registrierungen aller für den Gefrierprozess ausschlaggebenden thermodynamischen und partikelbezogenen Parameter, insbesondere die Gastemperatur und den Wasserdampf-Partialdruck. Außerdem werden die spektralen und chemischen Kenngrößen des eisbildenden Aerosols bestimmt.

Lösungsstrategie

Die Messungen in der kühl- und evakuierbaren AIDA Kammer halten sich eng an das im Vorläuferprojekt PAZI vorgestellte Programm, wobei aber eine Reihe wichtiger instrumenteller Verbesserungen die Genauigkeit zukünftiger Messungen weiter erhöhen werden. Die gute Zusammenarbeit mit der Prozessmodellierung (AP 3.1), die durch gemeinsame Publikationen über homogene Gefrierprozesse in Schwefelsäure-Aerosolpartikeln bei hoher Eisübersättigung einschließlich der Dynamik des Eispartikel-Wachstums (Möhler et al., 2003; Haag et al., 2003) belegt ist, wird fortgesetzt.

Als wichtige methodische Verbesserung ist geplant, niedrige Abkühlraten bei möglichst hohen Eisübersättigungen durch entsprechende Regelung der Pumprate gezielt zu variieren, um neben den Verhältnissen in Leewellen oder im Nachlauf von Flugzeugen auch die Zirrenbildung bei großräumigen langsamen Hebungsprozessen simulieren zu können. Die schwierige Messung geringer Wasserdampf-Partialdrücke geschah bisher mit drei Geräten (Taupunktspiegel; photoakustischer Wasserdampf-Sensor der Universität Szeged/Ungarn; Lyman-Hygrometer FISH des FZJ). Diese Geräte messen außerhalb der Kammer die Summe aus partikelgebundenem (verdampftem) und interstitiellem Wasser mit unterschiedlichen Empfindlichkeiten und Zeitkonstanten. Auch diese Zusammenarbeiten sollen fortgesetzt werden. Zusätzlich wurde in Kooperation mit der Universität Heidelberg ein Diodenlasersystem aufgebaut, mit dem der interstitielle Wasserdampf separat mit hoher absoluter Genauigkeit und Zeitauflösung während der Nukleationsexperimente gemessen wird.

Es ist geplant, die Abhängigkeit der Nachweisschwelle für die Eisnukleation von der Abkühlrate systematisch zu untersuchen. Der Nachweis der Eisnukleation erfolgt simultan durch Messung der Depolarisation von rückgestreutem Laserlicht, durch den optischen Nachweis wachsender Eispartikel, durch FTIR-Spektroskopie (Fourier Transform Infrared Spektroskopie liefert zusätzlich Information über die Partikelzusammensetzung), und im Falle der Fortsetzung einer Zusammenarbeit mit dem MPI-K mit einem Partikel-Massen-spektrometer.

Neu ist auch die Messung der Größe und Form wachsender Eispartikel, die in Zusammenarbeit mit dem Met Office in Farnborough sowie mit UMIST in Manchester durchgeführt wird. Ein Cloud Particle Imager (CPI), der vor allem bei Flugzeugmessungen verwendet wird, wurde bei AIDA-Eisexperimenten bis -35°C bereits erfolgreich

getestet. Diese Messungen unterstützen die quantitative Auswertung der optischen in-situ-Messungen sowie die Modellierung der Wachstumsraten von Eisparkeln.

Die Eisexperimente werden mit verschiedenen Aerosolpartikeln erfolgen, wobei bevorzugt Verbrennungsruß-Partikel aus einem neuen Brennertyp (CAST-Brenner) verwendet werden. Wichtig erscheint hierbei die Variation des Gehaltes an organischem Kohlenstoff, der einen Einfluß auf die Eisnukleation von Rußpartikeln haben könnte. Außerdem werden Mineralstaub, evtl. Seesalzpartikel u.a. eingesetzt (Informationen über Partikelzusammensetzung auf Flugniveau werden aus HAP 2 einfließen). Durch Vergleich der Rußpartikel-Struktur (TEM-Aufnahmen) soll die Ähnlichkeit mit Flugzeugruß sichergestellt werden (Zusammenarbeit und Erfahrungsaustausch mit AP 1.1). Entweder durch Verwendung von schwefelhaltigem Brennstoff (Thiophen-Beimischung, Zudosierung von COS) oder mit einer eigens entwickelten Coating-Apparatur (thermisches Gradientenrohr) werden die Eigenschaften der eingesetzten Rußpartikel und anderer Partikelarten gezielt verändert. Mit Schwefelsäure beschichtete Partikel können durch Neutralisation mit NH_3 -Gas in Partikel umhüllt mit Ammoniumsulfat umgewandelt werden. Die Beschichtung mit organischem Material kann in-situ erfolgen.

AIDA-Instrumentierung:

- Höchstempfindliches schnelles Taupunkthygrometer.
- Interstitielle in-situ Wasserdampfmessung mit TDL-System.
- Schnelle Sensoren zur Messung der Kammerwand- und der Volumentemperatur.
- Ar^+ -Laser (488 nm) zur Messung der Streuintensität in Vor- und der Intensität und der Depolarisation in Rückwärtsrichtung (4° bzw. 176° Streuwinkel),
- Umfassende Instrumentierung zur Aerosolcharakterisierung (Anzahl, Größenverteilung auch bei vermindertem Druck und tiefer Temperatur).
- Empfindliche in-situ Extinktionsmessung, spektral aufgelöst vom UV ($0.2 \mu\text{m}$) bis ins IR ($13 \mu\text{m}$) mit zwei FT-Spektrometern.
- CAST-Brenner zur Erzeugung von Verbrennungsruß.
- Temperatur-Gradientenrohr zur Beschichtung von Aerosolpartikeln.
- Analytiken für Ruß und Coating-Bestandteile.
- Zusammenarbeit mit externen Gruppen (UMIST, Met Office, Astrophysik der Universität Jena); Instrumente zum Ice Particle Imaging.

Meilensteine

IV/2004	Aerosolherzeugung und AIDA-Instrumentierung einsatzbereit
I/2005	AIDA I (Eisexperimente mit Verbrennungsruß ohne/mit Coating) durchgeführt
IV/2005	Auswertung AIDA I abgeschlossen
I/2006	AIDA II (Auswahl der Aerosole nach Ergebnis aus CIRCLE-1, AP 2.1) durchgeführt
IV/2006	Auswertung AIDA II abgeschlossen
I/2007	AIDA III (Studium der Wachstumsdynamik nach Eisaktivierung) durchgeführt
IV/2007	Auswertung AIDA III abgeschlossen

Beitrag Universität Duisburg-Essen, Institut für Physikalische und Theoretische Chemie Prof. Dr. Reinhard Zellner und Dr. Sabine Seisel

Die Arbeitsgruppe Seisel / Zellner plant, im PAZI-Team die Gefrierexperimente an der AIDA um kinetische Laborexperimente zur Aufnahme von Wassermolekülen an Rußpartikeln zu erweitern. Die Arbeiten werden vorbehaltlich der Bewilligung einer externen Finanzierung durchgeführt und sind nachfolgende skizziert.

Ein wichtiger Parameter für die eisbildenden Eigenschaften eines Partikels ist die Wahrscheinlichkeit, mit der Wassermoleküle beim Stoß mit der Oberfläche haften, insbesondere im Bereich der Untersättigung. Im Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Duisburg-Essen werden zur Zeit Untersuchungen zur Adsorption von Wasser auf Ruß- und Mineralstaubpartikeln durchgeführt. Dabei werden kinetische Daten in Form von Aufnahmekoeffizienten sowie Bedeckungsgrade gewonnen, die in Wachstumsgeschwindigkeiten umgerechnet werden können. Erste Messungen mit Hilfe einer Knudsenzelle bei Zimmertemperatur liegen vor (Seisel et al., 2003).

Die Knudsen-Zelle ist ein Strömungsreaktor, der im molekularen Flußbereich arbeitet. Das bedeutet, daß Gas/Gas-Stöße weitestgehend unterdrückt werden und Gas/Wand-Stöße bevorzugt sind. Dadurch ist dieser Reaktor zur Untersuchung von heterogenen Reaktionen geeignet. Aus dem Verlust der Moleküle in der Gasphase kann zu jedem Zeitpunkt die Anzahl der adsorbierten Wassermoleküle bestimmt werden, woraus sich Bedeckungsgrade errechnen lassen. Knudsen-Messungen sind insbesondere bei Untersättigungen möglich; nur

bei extrem tiefen Temperaturen kann auch Sättigung erreicht werden. Die Ruß- und Mineralstaubproben werden durch Elementaranalyse, SEM-Aufnahmen, fraktionierende Siebung und BET-Messungen charakterisiert.

Zur Unterstützung der PAZI-2 Projektziele ist nunmehr geplant, folgende Untersuchungen durchzuführen:

Die Hydrophilie eines Partikels wird wesentlich von dessen Oberflächeneigenschaften bestimmt, die im Falle von Rußpartikeln u. a. von den Verbrennungsbedingungen abhängen (Chughtai et al., 1999). Daher soll der Ruß durch Verbrennen von vorgemischten gasförmigen oder flüssigen Brennstoffen in einem 1 bar laminaren Brenner erfolgen, in dem das Brennstoff/Sauerstoffverhältnis verändert werden kann.

Die Untersuchungen der Wasseraufnahme sollen temperaturabhängig in einem Bereich von 200 bis 300 K durchgeführt werden. Damit ist nicht nur der Temperaturbereich der oberen Troposphäre abgedeckt, sondern es lassen sich auch thermodynamische Daten für die Wasseraufnahme gewinnen, die in die Modellierung von Nukleationsprozessen Eingang finden können.

Um den Einfluß von Co-Adsorbaten auf die Wasseraufnahme zu untersuchen, werden ebenfalls Untersuchungen mit beschichteten Partikeloberflächen durchgeführt werden. Hierbei ist die Beschichtung mit Schwefelsäure, HNO_3 und einem ausgewählten Kohlenwasserstoff geplant. Zusätzlich zu den beschichteten Oberflächen werden Proben vermessen, die zuvor mit SO_2 , NO_2 oder O_3 reagiert haben, um mögliche Alterungsphänomene erkennen zu können.

Die Untersuchungen in der Knudsenzelle werden ergänzt durch spektroskopische Untersuchungen mit Hilfe einer DRIFTS (Diffuse Reflectance Infrared Fourier Transform-Spectroscopy)-Zelle, die zur Charakterisierung des chemischen Gehaltes sowie - in gewissen Grenzen - der Morphologie der Ruß- und Mineralstauboberflächen herangezogen werden können.

Durch diese Untersuchungen hoffen wir, Daten über die elementaren Prozesse der Wechselwirkung von Wasser mit Ruß- bzw. Mineralstauboberflächen zu erhalten, die die Gefrierexperimente in der AIDA-Kammer sinnvoll ergänzen können. Die Finanzierung erfolgt extern. Ein Teil der geplanten Arbeiten ist Gegenstand eines Antrages auf Gewährung einer Sachbeihilfe bei der DFG.

A1.3 Detaillierte Beschreibung der Arbeiten im HAP 3: Klima

A1.3.1 Zeit- und Meilensteinplan

	2004				2005				2006				2007			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
AP 3.1 Eisbildung				■				■				■				■
AP 3.2 Strahlung						■						■		■		
AP 3.3 Bedeckungsgrad				■				■				■				■
AP 3.4 Klimamodell		■						■			■					■
HAP 3 Klima								7							8	9

A1.3.2 Arbeitspaketbeschreibungen

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Bildungsprozesse		AP-Nr.: 3.1
Start (Monat/Jahr): Januar 2004		Dauer (Monate): 48
AP-Verantwortung: PA		Beteiligt: U Dalhousie, ETHZ, MPI-M, AWI, MPI-C, KNMI, ECMWF
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Erweiterung der Parameterisierung zur Eisbildung zum Einsatz im Klimamodell Aufklärung atmosphärischer Implikationen durch Prozeßstudien Interpretation von Ergebnissen aus Meßkampagnen (CIRCLE, AIDA und andere Projekte) Untersuchungen zur Spurengasaufnahme in Zirruspartikeln		
Arbeitsschritte: Erweiterung der Parametersierungen Anpassung des Prozeßmodells APSC an die Fragestellungen neuer Meßkampagnen Auswertung relevanter Feldmessungen (CIRCLE-1 und externe)		Bearbeiter (OE): PA
Datum: Dezember 2006	Ergebnis: Eisnukleationsschema bereitgestellt	von (OE): PA
Datum: Dezember 2004 Dezember 2005 Dezember 2006	Zwischenergebnis/Meilenstein: Parameterisierungsschema für Eisbildung fertig APSC Säulenversion erstellt und für externe Mischungen konfiguriert Meßkampagnen ausgewertet	von (OE): PA
Datum: Januar 2006	Input: Datenbank CIRCLE-1	von AP-Nr.: AP 2.1 HAP 2
Datum: Juni 2007	Output: Verbesserte Nukleationsparametersierung für Zirren	an AP-Nr.: AP 3.4 HAP 3

Problem- und Zielstellung

In den meisten großskaligen Modellen wird homogene Eisbildung in der oberen Troposphäre ignoriert. Hintergrund dafür ist, daß solche Modelle keine Eisübersättigung zulassen und somit die berechneten relativen Feuchtefelder stark fehlerbehaftet sind. Im Gegensatz dazu zeigen Beobachtungen, daß homogene Eisbildung bei relativen Feuchten über Eis von $> 140\%$ einsetzt und viele Gebiete in der oberen Troposphäre und im Bereich der Tropopause teilweise stark eisübersättigt sind. Für die Beschreibung heterogener Eisbildung gibt es derzeit keine Rechenvorschrift, die in diesen Höhenbereichen durch Messungen validiert ist.

Im Vorläuferprojekt wurde in Zusammenarbeit mit der U Dalhousie begonnen, die Zirrenbildung systematisch mittels physikalisch basierter Gleichungen zu parameterisieren (Kärcher and Lohmann, 2002). Zunächst wurde die homogene Eisbildung aus unterkühlten Aerosolen behandelt und im Klimamodell ECHAM eingesetzt (Lohmann and Kärcher, 2002). Der aufgezeigte methodische Weg der konsistenten Behandlung von Zirren in Modellen, die den Bildungsprozeß räumlich und zeitlich nicht auflösen, soll im Projekt PAZI-2 konsequent ausgebaut werden. Am Ende sollen die Gefrierprozesse aller Aerosoltypen, die zur Zirrusbildung beitragen, durch eine vereinheitlichte Parameterisierung beschrieben werden. Die entwickelten Parameterisierungen werden zur Verwendung in Klima-, Wettervorhersage-, Chemie-Transport- und wolkenauflösenden Modellen verfügbar gemacht.

Das AWI (Prof. Dr. Otto Schrems) steuert zu diesen Arbeiten Laboruntersuchungen und quantenmechanische Rechnungen zur Aufnahme von Spurengasen durch Zirruswolkenpartikel bei. Ziel ist es, in Laborexperimenten die Aufnahme von Spurengasen an Eisoberflächen mit Fourier-Transform-Infrarot-spektroskopischen Methoden (FTIR) zu quantifizieren. Ergänzt werden diese Untersuchungen durch quantenmechanische Modellierungen (DFT, density functional theory). Die strukturellen und dynamischen Eigenschaften der Eisoberflächen sowie die Wechselwirkungen mit adsorbierten Spurengasen soll im Detail charakterisiert werden. Gleichgewichtsstrukturen an den Eisoberflächen, Adsorptionsenergien, Wasserstoffbrückenbindungen u.a. Parameter sollen bestimmt werden.

Lösungsstrategie

Als Basis für die weiterführende Behandlung der Aerosol-Zirren-Wechselwirkung im Klimamodell wird das vorhandene Parameterisierungsschema für die homogene Eisbildung in adiabatischen Luftpaketen um folgende Aspekte erweitert: Erweiterung des Schemas um heterogene Eisbildung unter Berücksichtigung der in der Aerosolkammer AIDA (AP 2.4) gemessenen, kritischen Übersättigungen bei denen Gefrieren einsetzt; Zulassung einer möglichen Konkurrenz zwischen verschiedenen Bildungsmoden; Validierung anhand von Prozeßstudien und Optimierung zum Einsatz im Klimamodell. Die bisherigen Simulationen der Eisbildung unter besonderer Berücksichtigung kammer-spezifischer Einflüsse wurden in PAZI abgeschlossen (Dissertation W. Haag).

Neben den hierfür einzusetzenden theoretischen Methoden wird zur Validierung der Ergebnisse und zur weiteren Interpretation ausgewählter Messungen aus den CIRCLE Kampagnen das im Rahmen des Vorläuferprojektes weiterentwickelte Aerosol-Zirren-Trajektorienmodell APSC (Advanced Particle Simulation Code, <http://www.op.dlr.de/~pa1c/apsc.html>) verwendet. Dieses Modell wird um mehrere gefrierfähige Aerosoltypen (in externer Mischung) erweitert und auch als eindimensionales Säulenmodell konfiguriert. In der Säulenversion erlaubt APSC eine vertiefte Interpretation der Feldmessungen. Weiter leistet dieses Arbeitspaket Unterstützung bei der Implementierung der Parameterisierungen und der Ankoppelung der Eisphase in globalen Modellen. Es bestehen somit enge Verbindungen sowohl zu den Messungen (HAP 1 und 2) als auch zur globalen Modellierung in AP 3.4. Schließlich werden die Modellvergleiche im Global Energy and Water Cycle Experiment (GEWEX, Working Group 2) weitergeführt.

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Strahlungsprozesse		AP-Nr.: 3.2
Start (Monat/Jahr): Januar 2004		Dauer (Monate): 48
AP-Verantwortung: PA		Beteiligt: DFD
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Interpretation optischer Kenngrößen aus in-situ Experimenten und Satellitendaten Verbesserung der Strahlungsparameterisierung für Zirren und Kondensstreifen in Klimamodellen		
Arbeitsschritte: Fernerkundung der räumlichen Struktur von Eiswolken und ihrer zeitlichen Änderung Entwicklung einer verbesserten Strahlungsparameterisierung für globale Modelle Validierung der Ergebnisse mit den gewonnenen Meßdaten der Kampagne CIRCLE-2		Bearbeiter (OE): PA
Datum: Dezember 2006	Ergebnis: Strahlungsparameterisierung fertig	von (OE): PA
Datum: Juni 2005	Zwischenergebnis/Meilenstein: Zirrus-Retrieval auf MSG angepaßt	von (OE): PA
Dezember 2006	Retrieval mit Meßdaten aus CIRCLE-2 validiert	
April 2007	Strahlungsparameterisierung validiert	
Datum: Januar 2007	Input: Datenbank CIRCLE-2	von AP-Nr.: AP 2.1 HAP 2
Datum: Juni 2007	Output: Verbesserte Strahlungsparameterisierung für Zirren	an AP-Nr.: AP 3.4 HAP 3

Problem- und Zielstellung

Der Strahlungstransport in Zirren stellt ein außerordentlich komplexes Problem dar. Dies hat seinen wesentlichen Grund in der sehr inhomogenen raum-zeitlichen Struktur von Eiswolken. Typischerweise existiert in voll ausgebildeten Zirren eine Bildungsschicht mit kleinen Eiskristallen ($< 20 \mu\text{m}$) am Oberrand, eine Sedimentationsschicht mit großen Eiskristallen ($> 100 \mu\text{m}$) am Unterrand und eine Übergangsschicht variabler Höhe mit bis zu mehreren Kilometern Dicke dazwischen. Ein weiteres Kernproblem bildet die Nichtsphärizität individueller Eiskristalle in den typischerweise nur ungenügend bekannten Größenverteilungen; die Anwendung der Mie'schen Theorie zur Beschreibung der Partikeloptik führt in der Regel nicht zu belastbaren Ergebnissen.

Neben Details zur Wolkenbildung müssen auch die Strahlungseigenschaften der Wolken in großskaligen Modellen parameterisiert werden. In Klimamodellen werden zur Beschreibung der langwelligen Strahlung die Emissivität und zur Beschreibung der solaren kurzwelligen Strahlung die optische Tiefe, die Einfachstreuung und der Asymmetrieparameter der Eiskristalle benutzt. Letztere werden über Eiswassergehalt und Effektivradius der Eiskristalle parameterisiert. Die zugrundeliegenden Parameterisierungen dieser Größen sind weiterhin grob, obwohl signifikante Verbesserungen seit der erstmaligen Berücksichtigung der Wolkenstrahlungseffekte in Klimamodellen in den siebziger Jahren erfolgten.

Wie in Voruntersuchungen gezeigt wurde, bestehen bei der Repräsentation von dünnen Eiswolken in ECHAM4 starke Defizite (Marquart und Mayer, 2002). Speziell im langwelligen Bereich sind die systematischen Unsicherheiten im unmodifizierten Modell so groß, daß sie eine objektive Beurteilung der Klimawirksamkeit von Zirren nahezu unmöglich machen. Ziel dieses Teilprojektes ist die Verbesserung der Strahlungsphysik von Zirren im Klimamodell. Um dieses Ziel zu erreichen, wird eine verbesserte Strahlungsparametrisierung für Eiswolken unter Einbeziehung ihrer Mikrophysik entwickelt und mit Hilfe von Satellitenbeobachtungen validiert.

Lösungsstrategie

Das Teilprojekt ist in drei Schritte unterteilt: die Fernerkundung der räumlichen Struktur von Zirruswolken und ihrer zeitlichen Änderung, die Entwicklung einer verbesserten Parametrisierung von Zirren für globale Modelle, sowie die Validierung der Ergebnisse mit den gewonnenen Messdaten.

Im ersten Schritt werden Fernerkundungsverfahren für die neuen Sensoren AATSR (auf ENVISAT) und SEVIRI (auf Meteosat Second Generation, MSG) entwickelt. Die Kombination der höheren räumlichen Auflösung und der beiden Beobachtungsgeometrien von AATSR mit der zeitlichen Auflösung von SEVIRI (15 Minuten) wird neue Erkenntnisse über die zeitliche Entwicklung von Zirren bringen. AATSR ist eine verbesserte Version des ATSR (Along Track Scanning Radiometer), der bereits im Vorläuferprojekt erfolgreich zur Bestimmung von Zirreneigenschaften verwendet wurde. Seine beiden Beobachtungsrichtungen erlauben außerdem, Informationen über die Form der Eispartikel zu gewinnen, deren Kenntnis für die Fernerkundung von entscheidender Bedeutung ist. Information über die zeitliche Entwicklung der Eiswolken soll aus SEVIRI gewonnen werden. Dieser Sensor schafft aufgrund seiner 12 Spektralkanäle und der Verfügbarkeit der Daten in 15-Minuten-Intervallen völlig neue Möglichkeiten. In diesem Zusammenhang soll auch die Möglichkeit geprüft werden, inwieweit die Kombination mit dem GERB-Sensor (ebenfalls auf MSG) genutzt werden kann, um den Einfluß von Zirren auf die Strahlungsbilanz direkt zu bestimmen. Die zu entwickelnden Fernerkundungsverfahren sollen während der Kampagnen mit in-situ-Messungen validiert werden.

Unabhängig davon wird eine verbesserte Strahlungsparameterisierung für den Einsatz in globalen Modellen entwickelt. Die bestehende Parameterisierung im Atmosphärenmodell ECHAM wird zunächst rein theoretisch, ohne Verwendung von Meßdaten, durch einen umfangreichen Vergleich mit Simulationen eines detaillierten Strahlungstransfermodells (libRadtran, <http://www.libradtran.org/>) evaluiert. Davon ausgehend werden zum einen die Modellphysik verbessert (beispielsweise durch Berücksichtigung von Streuung auch im langwelligen Bereich), zum anderen wird die Wolkenmikrophysik besser einbezogen, indem die optischen Eigenschaften direkt an die Parametrisierung der Mikrophysik angekopelt werden.

Schließlich soll im dritten Schritt die Repräsentation von Zirren in ECHAM (AP 3.4) mit Hilfe von Fernerkundungsdaten validiert werden. Hierzu wird insbesondere das bei AP 2.1 beschriebene Feldexperiment CIRCLE-2 genutzt. Ziel ist die Beantwortung der Frage, ob der Einfluß von Zirren auf die Strahlungsbilanz richtig wiedergegeben wird, zum anderen aber natürlich auch, ob die Zirruswolken selbst bzw. deren Verteilung, Mikrophysik und zeitliche Entwicklung realistisch sind. Durch Vergleich mit den aus AATSR, SEVIRI und GERB abgeleiteten Daten soll überprüft werden, wie realistisch und repräsentativ die entwickelten Parameterisierungen sind.

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Bedeckungsgrad		AP-Nr.: 3.3
Start (Monat/Jahr): Januar 2004		Dauer (Monate): 48
AP-Verantwortung: PA		Beteiligt: ECMWF
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Änderung der Behandlung von Zirren im Wettervorhersagemodell des ECMWF Durchführung wolkenauflösender und regionalskaliger Simulationen zur Kondensstreifenverbreiterung und zum indirekten Effekt Parameterisierung des Bedeckungsgrades von Kondensstreifen und Zirren für globale Modelle		
Arbeitsschritte: Definition und Durchführung numerischer Simulationen zur Bestimmung des skaligen fraktionellen Bedeckungsgrades Parameterisierung der Bedeckungsgrade von Kondensstreifen und Zirren Modifikation des Wolkenschemas im ECMWF Modell		Bearbeiter (OE): PA
Datum: Dezember 2006	Ergebnis: Bedeckungsgradschemata bereitgestellt	Von (OE): PA
Datum: Dezember 2004 Dezember 2005 Dezember 2006	Zwischenergebnis/Meilenstein: NASA Ames Mikrophysik Modul in MESOSCOPE integriert Parametersierungsschemata für Bedeckungsgrade fertig Bedeckungsgradsschemata in ECHAM und ECMWF validiert	Von (OE): PA
Datum: Dezember 2004	Input: Parameterisierungsschema für Eisbildung	Von AP-Nr.: AP 3.1 HAP 3
Datum: Juli 2007	Output: Verbesserte Bedeckungsgradparameterisierungen	an AP-Nr.: AP 3.4 HAP 3

Problem- und Zielstellung

In der oberen Troposphäre und im Bereich der Tropopause existieren Luftmassen, die zum Teil erhebliche Eisübersättigung aufweisen und in denen noch keine Wolkenbildung eingesetzt hat. Die großräumige Existenz solcher Gebiete wurde bis vor einigen Jahren stark angezweifelt, ist aber mittlerweile durch eine Reihe von in-situ Messungen mit unterschiedlichen Meßmethoden belegt (Jensen et al., 2001, Ovarlez et al., 2002). Eisübersättigung in Klima- und Wettervorhersagemodellen wird in der Regel nicht zugelassen, was zu fehlerbehafteten Simulationen der Feuchte- und Wolkenfelder führt. Erste Schritte zur Charakterisierung eisübersättigter Regionen mittels Daten des MOZAIC Meßprogrammes wurden publiziert (Gierens et al., 1999), ebenso wurden Satellitendaten (MLS) und Radiosondierungen zur Bestimmung der raumzeitlichen Verteilung der eisübersättigten Regionen ausgewertet (Spichtinger et al., 2002,2003)

Eng mit dem Problem der eisübersättigten Gebiete ist die Frage verknüpft, wie sich im globalen Modell eine Verbesserung der Prognose des Bedeckungsgrades hoher Eiswolken verbessern läßt. Bislang orientieren sich die meisten Parameterisierungen des Bedeckungsgrades an der berechneten (skaligen) relativen Feuchte und schreiben den Grad der Bewölkung in jeder Gitterbox (fraktionelle Bedeckung) empirisch vor. Diese Vorschriften erlauben keine Koppelung an die bei der Wolkenbildung oder –auflösung beteiligten physikalischen Prozesse.

Einen Fortschritt in Richtung einer physikalisch-basierten Beschreibung des Bedeckungsgrades unter Berücksichtigung der horizontalen Variabilität der Feuchte gibt es bisher nur bei tieferliegenden Wolken (Tompkins, 2001). Daher ist es das Ziel dieses Arbeitspaketes, eine Verbesserung der Parameterisierung der Bedeckungsgrade von Zirren und Kondensstreifen in globalen Modellen (AP 3.4) zu entwickeln.

Lösungsstrategie

Zunächst wird mit Hilfe einer einfachen Modifikation des Wolkenschemas im ECMWF-Modell Eisübersättigung zugelassen, in dem die Zirrenbildungsfeuchte von derzeit 100% auf höhere Werte angehoben wird. Da nicht a priori klar ist, wie das modifizierte Schema reagiert, sind umfangreiche Testläufe, Validierungen anhand von Fallstudien, und möglicherweise eine neue Abstimmung der Modellparameter erforderlich, bevor das geänderte Modell operationell betrieben werden kann. Zu Beginn des Projektes werden Erfahrungen mit einer Säulen-Version des ECMWF Modells gesammelt, die dann in die Arbeiten zur Modifikation des vollen dreidimensionalen Modells einfließen. Mit der Verfügbarkeit von verbesserten Parameterisierungen der Zirrenbildung aus AP 3.1 wird das Wolkenschema des ECMWF Modells sukzessive erweitert.

Eine ähnliche Vorgehensweise ist auch für die Erweiterung des ECHAM Modelles geplant. Um den fraktionellen Bedeckungsgrad von Wolken in einer Modellgitterbox zu bestimmen, werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Fluktuationen von Temperatur und relativer Feuchte aus Messungen bestimmt. Daraus wird der Anteil der Fluktuationen berechnet, der lokal unter Annahme bestimmter Gefriereigenschaften der eisbildenden Partikel zur Wolkenbildung führen würde. Diese Methode wurde bereits früher zur Berechnung des Bedeckungsgrades von Kondensstreifen angewendet (Gierens et al., 1997). Ein Vergleich mit dem für Flüssigwasserwolken von A. Tompkins entwickelten Schema ist ebenfalls geplant. Außer für Zirren wird in ECHAM auch der durch Kondensstreifen verursachte Bedeckungsgrad parameterisiert.

Um weitere wichtige Einflussgrößen für die Bildung und Auflösung von Kondensstreifen und Zirren zu studieren, wie z.B. Windscherung und vertikale Überlappung von Wolken, werden wolkenauflösende und mesoskalige numerische Simulationen durchgeführt. Für diese Zwecke wird das spektrale Mikrophysikmodul von NASA-Ames (Jensen et al., 1994) an das mesoskalige Modell MESOSCOOP angekoppelt und dem neuesten Stand der Technik anpaßt. Mit einer vereinfachten Modellversion wurde 1998 die Ausbreitung eines Kondensstreifens in eine Zirruswolke simuliert (Gierens und Jensen, 1998); ähnliche Rechnungen können also auch für PAZI-2 durchgeführt werden.

PAZI-2	Partikel und Zirren	TP/KG-Nr.:
AP-Titel: Globale Modellierung		AP-Nr.: 3.4
Start (Monat/Jahr): Januar 2004		Dauer (Monate): 48
AP-Verantwortung: PA		Beteiligt: U Dalhousie, MPI-M
Arbeitsbeschreibung / Ziele: Implementierung und Validierung neuer Methoden zur Simulation der Wechselwirkung von Aerosolen, Zirren und Strahlung im Klimamodell Quantifizierung anthropogen bedingter Änderungen der Eigenschaften von Zirren, der Zirrusbewölkung und des assoziierten Klimaeffektes unter besonderer Berücksichtigung des Luftverkehrs		
Arbeitsschritte: Aktualisierung des Rußkatasters und Aufbau eines Aerosol-/Wolkenmoduls Implementierung neuer Parameterisierungen und Ankoppelung an das Aerosol-/Wolkenmodul Validierung neuer Modellversionen Studien zur Klimawirkung von Eiswolken und Bewertung luftverkehrs-induzierter Veränderungen der Zirrusbewölkung		Bearbeiter (OE): PA und Partner
Datum: Dezember 2007	Ergebnis: Einfluß des Luftverkehrs auf Bewölkung und Klima bewertet	von (OE): PA
Datum: April 2004 Dezember 2005 Juni 2006 Juni 2007	Zwischenergebnis/Meilenstein: Ergebnisse aus PAZI vollständig ausgewertet Aerosolmodul MADE in ECHAM implementiert und validiert MADE an Wolken- und Strahlungsmodul angekoppelt Parameterisierungen implementiert und validiert	von (OE): PA
Datum: Dezember 2006 Dezember 2006 April 2007	Input: Parameterisierungen Erste Korrelationen Emissionen / Spurenstoffverteilungen Wolkenklimatologie zur ECHAM Validierung	Von AP-Nr.: AP 3.1 - 3.3 HAP 3 AP 2.2 HAP 2 AP 2.3 HAP 2
Datum: Dezember 2007	Output: Quantifizierung der Zirrusänderungen	an AP-Nr.:

Problem- und Zielstellung

Die Bedeutung von Wolken in Modellen der allgemeinen Zirkulation der Atmosphäre wurde in den siebziger Jahren erkannt (Arakawa and Schubert, 1974) und seitdem wurden wichtige Fortschritte bei der Repräsentation von Wolken, beispielsweise in Wettervorhersage- und Klimamodellen, erzielt. Dennoch sind Parameterisierungen von Wolken weiterhin ein aktives Forschungsthema, wobei bei Zirren die größten Unsicherheiten bestehen, die zum Teil durch ungelöste grundlegende Probleme (z.B. bei der Eisbildung und den Strahlungseigenschaften von Eiskristallen) verursacht werden.

Die Bedeutung von Aerosolen aus natürlichen und anthropogenen Quellen für Strahlung und Klima wurde erst etwa eine Dekade später erkannt (Charlson et al., 1987). Anfang der neunziger Jahre wurden die ersten Klimamodelle mit Modulen zur Beschreibung des Sulfataerosols ausgestattet (z.B. Feichter et al., 1996). Neben der großen Relevanz der Wolken wurde ebenfalls die Bedeutung der Aerosole für das globale Klima erkannt. Seitdem hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß Sulfat und andere Partikeltypen wie schwarzer/organischer Kohlenstoff, Mineralstaub und Seesalz klimarelevant sind. Es wurde in jüngster Zeit begonnen, diese verschiedenen Aerosoltypen mittels komplexerer Aerosolmodule in Klimamodelle zu integrieren, die auch aerosol-dynamische Transformationen beschreiben können. Es wird weiterhin versucht, sowohl den direkten Einfluß der Aerosole auf das Klima als auch ihren indirekten klimatischen Effekt, der über die Beeinflussung von Wolken erfolgt, zu beschreiben.

Die quantitative Bewertung des klimatischen Einflusses einer einzelnen Quelle von Partikeln auf Strahlung, Wolken und letztlich auf das Klima macht es erforderlich, die in der Atmosphäre ablaufenden, konkurrierenden Prozesse hinreichend genau zu kennen und modellmäßig zu erfassen. Hierbei liegt im Projekt PAZI-2 der Schwerpunkt auf der Bildung von Zirren aus dem atmosphärischen Aerosol unter Berücksichtigung der besonderen Rolle der Rußpartikel aus Flugzeugen, die in hohen Konzentrationen direkt in die eisbildenden Regionen eingebracht werden.

Ziel ist es daher, in Zusammenwirken mit anderen Arbeitspaketen im Projekt und mit den externen Partnern den Zusammenhang zwischen Aerosolen, Zirren und Strahlung in der oberen Troposphäre und im Bereich der Tropopause zu untersuchen und dabei den Einfluß des Luftverkehrs einzuordnen und zu quantifizieren. Besondere Schwerpunkte liegen auf der Aufklärung möglicher anthropogen bedingter Änderungen der mikrophysikalischen Struktur von Zirren, der Zirrusbewölkung und des assoziierten Klimaeffektes.

Lösungsstrategie

Die genannten Ziele sollen durch Erweiterung, Validierung und Anwendung des Klimamodells ECHAM in unterschiedlichen, an die jeweilige Fragestellung angepaßten Modellkonfigurationen erreicht werden. Hierbei wird auch die neue Modellversion ECHAM5 zur Anwendung kommen. Die Emissionskataster für die Partikelemissionen des Luftverkehrs sowie anderer bodengebundener Quellen werden unter Berücksichtigung neuer Ergebnisse aktualisiert. Das Klimamodell wird um die im Projekt verfügbar gemachten neuen Parameterisierungen für Eisbildung, Kondensstreifen und Bedeckungsgrad, sowie um eine neues Aerosoldynamikmodell erweitert. Das gesamte Modellsystem wird im Hinblick auf Aerosole und Wolken durch Vergleich mit Satellitendaten und gegebenenfalls in-situ Messungen validiert. Die skizzierten Arbeiten erfordern eine enge Kooperation mit den AP 3.1-3.3 über die gesamte Projektlaufzeit.

Die im Vorläuferprojekt begonnenen Arbeiten werden mit Hilfe einer Kombination aus neuen Parameterisierungen für Strahlung, Zirren, Kondensstreifen und Bedeckungsgrad und des operationellen Hamburger Aerosolmoduls weitergeführt. Mittelfristig ist jedoch die Koppelung der Eisphase an ein multimodales, globales Aerosolmodul vorgesehen. Das aktuell für Fragen des Kraftfahrzeug-Verkehrs in ECHAM4 implementierte Aerosolmodul MADE (Modal Aerosol Dynamics for Europe) wird auf die Version ECHAM5 übertragen und für Anwendungen in der oberen Troposphäre und der unteren Stratosphäre erweitert. Hier können Synergieeffekte mit parallel laufenden Arbeiten am MPI für Meteorologie (Implementierung der Aerosolmodule M7 und SAM in ECHAM5 und deren Koppelung an Wolkenphysik) ausgenutzt werden.

Mit der neuen Aerosoldynamik und Wolkenphysik im Klimamodell steht ein innovatives Werkzeug bereit, mit dem die Interaktion zwischen Kondensstreifen, Aerosolen und Zirren auf globaler Skala untersucht werden kann. Auf der Basis der ECHAM/MADE Simulationen und der gewonnenen experimentellen Ergebnisse werden Häufigkeit, Eigenschaften und Klimawirkung der Zirren bestimmt und der globale Einfluß des Luftverkehrs auf Zirren unter Berücksichtigung von Partikeln aus anderen anthropogenen und natürlichen Quellen quantifiziert.

KTR 2 395 311

Vollkostenkalkulation									
Projekt:		PAZI-2			Geschäftsjahr: 2004				
Arbeitspaket:		Messung und Modellierung							
KTR:		2395311							
Institut:		VT							
KST:		44200							
KST-GK (%):		55							
Wert Einheit									
1. Personalkosten									
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):									
Kat 1: BAT SV - Ila									
Menge Einheit Wert Einheit									
3.270 Ph 14.295 EUR 2,00 F									
Kat 2: BAT IlaT - Vb									
Ph 0 EUR									
Kat 3: BAT Vc - X									
Ph 0 EUR									
Kat 4: MTB									
Ph 0 EUR									
Summe 3.270 Ph 14.295 EUR									
Kostenteilegemeinkosten:									
7.904 EUR									
Verwaltungsgemeinkosten:									
13.543 EUR									
Kostensumme Personal: 267.126 EUR									
2. Sachkosten									
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)									
48.000 EUR									
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)									
EUR									
DNW-NOP									
EUR									
DNW-GUK									
EUR									
Summe DNW: 0 EUR									
Joint Venture (Finanzierung IK-M)									
JV SR-Consulting									
EUR									
JV Backup-Fileservices									
4.000 EUR									
JV Supercomputing									
36.000 EUR									
JV Dialog/Computeservices									
EUR									
Summe JV: 40.000 EUR									
Summe Sachkosten: 88.000 EUR									
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen									
ILV Fahrbereitschaft									
EUR									
ILV Druckerei									
EUR									
ILV Fotolabor									
EUR									
ILV Betriebserrichtungen									
2.000 EUR									
ILV TB (ohne Sachkosten)									
EUR									
Kostensumme IBL: 2.000 EUR									
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen									
A-KST									
Verr.-Satz (EUR/Einh)									
Menge Einheit Wert Einheit									
44236 1.083,30 40 Tage 16.250 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
Kostensumme Anlagennutzung: 16.250 EUR									
5. Gesamtkosten Preistyp: F 363.386 EUR									
6. Investitionen (PR-Kaufkraft) 106.000 EUR									
7. Preis / Kalkulationssumme 469.386 EUR									

¹ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation									
Projekt:		PAZI-2			Geschäftsjahr: 2005				
Arbeitspaket:		Messung und Modellierung							
KTR:		2395311							
Institut:		VT							
KST:		44200							
KST-GK (%):		55							
Wert Einheit									
1. Personalkosten									
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):									
Kat 1: BAT SV - Ila									
Menge Einheit Wert Einheit									
3.270 Ph 15.728 EUR 2,00 F									
Kat 2: BAT IlaT - Vb									
Ph 0 EUR									
Kat 3: BAT Vc - X									
Ph 0 EUR									
Kat 4: MTB									
Ph 0 EUR									
Summe 3.270 Ph 15.728 EUR									
Kostenteilegemeinkosten:									
13.543 EUR									
Verwaltungsgemeinkosten:									
13.543 EUR									
Kostensumme Personal: 264.297 EUR									
2. Sachkosten									
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)									
48.000 EUR									
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)									
EUR									
DNW-NOP									
EUR									
DNW-GUK									
EUR									
Summe DNW: 0 EUR									
Joint Venture (Finanzierung IK-M)									
JV SR-Consulting									
EUR									
JV Backup-Fileservices									
4.000 EUR									
JV Supercomputing									
36.000 EUR									
JV Dialog/Computeservices									
EUR									
Summe JV: 40.000 EUR									
Summe Sachkosten: 88.000 EUR									
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen									
ILV Fahrbereitschaft									
EUR									
ILV Druckerei									
EUR									
ILV Fotolabor									
EUR									
ILV Betriebserrichtungen									
EUR									
ILV TB (ohne Sachkosten)									
EUR									
Kostensumme IBL: 0 EUR									
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen									
A-KST									
Verr.-Satz (EUR/Einh)									
Menge Einheit Wert Einheit									
44236 1.083,30 20 Tage 11.966 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
Kostensumme Anlagennutzung: 11.966 EUR									
5. Gesamtkosten Preistyp: F 376.437 EUR									
6. Investitionen (PR-Kaufkraft) 16.000 EUR									
7. Preis / Kalkulationsumme 392.437 EUR									

¹ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation									
Projekt:		PAZI-2			Geschäftsjahr: 2006				
Arbeitspaket:		Messung und Modellierung							
KTR:		2395311							
Institut:		VT							
KST:		44200							
KST-GK (%):		55							
Wert Einheit									
1. Personalkosten									
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):									
Kat 1: BAT SV - Ila									
Menge Einheit Wert Einheit									
3.270 Ph 14.295 EUR 2,00 F									
Kat 2: BAT IlaT - Vb									
Ph 0 EUR									
Kat 3: BAT Vc - X									
Ph 0 EUR									
Kat 4: MTB									
Ph 0 EUR									
Summe 3.270 Ph 14.295 EUR									
Kostenteilegemeinkosten:									
14.739 EUR									
Verwaltungsgemeinkosten:									
13.543 EUR									
Kostensumme Personal: 266.267 EUR									
2. Sachkosten									
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)									
81.000 EUR									
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)									
EUR									
DNW-NOP									
EUR									
DNW-GUK									
EUR									
Summe DNW: 0 EUR									
Joint Venture (Finanzierung IK-M)									
JV SR-Consulting									
EUR									
JV Backup-Fileservices									
4.000 EUR									
JV Supercomputing									
36.000 EUR									
JV Dialog/Computeservices									
EUR									
Summe JV: 40.000 EUR									
Summe Sachkosten: 121.000 EUR									
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen									
ILV Fahrbereitschaft									
EUR									
ILV Druckerei									
EUR									
ILV Fotolabor									
EUR									
ILV Betriebserrichtungen									
EUR									
ILV TB (ohne Sachkosten)									
EUR									
Kostensumme IBL: 0 EUR									
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen									
A-KST									
Verr.-Satz (EUR/Einh)									
Menge Einheit Wert Einheit									
44236 1.083,30 40 Tage 13.527 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
Kostensumme Anlagennutzung: 13.527 EUR									
5. Gesamtkosten Preistyp: F 430.393 EUR									
6. Investitionen (PR-Kaufkraft) 16.000 EUR									
7. Preis / Kalkulationsumme 446.393 EUR									

¹ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation									
Projekt:		PAZI-2			Geschäftsjahr: 2007				
Arbeitspaket:		Messung und Modellierung							
KTR:		2395311							
Institut:		VT							
KST:		44200							
KST-GK (%):		55							
Wert Einheit									
1. Personalkosten									
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):									
Kat 1: BAT SV - Ila									
Menge Einheit Wert Einheit									
3.270 Ph 15.728 EUR 2,00 F									
Kat 2: BAT IlaT - Vb									
Ph 0 EUR									
Kat 3: BAT Vc - X									
Ph 0 EUR									
Kat 4: MTB									
Ph 0 EUR									
Summe 3.270 Ph 15.728 EUR									
Kostenteilegemeinkosten:									
13.543 EUR									
Verwaltungsgemeinkosten:									
13.543 EUR									
Kostensumme Personal: 270.397 EUR									
2. Sachkosten									
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)									
48.000 EUR									
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)									
EUR									
DNW-NOP									
EUR									
DNW-GUK									
EUR									
Summe DNW: 0 EUR									
Joint Venture (Finanzierung IK-M)									
JV SR-Consulting									
EUR									
JV Backup-Fileservices									
4.000 EUR									
JV Supercomputing									
36.000 EUR									
JV Dialog/Computeservices									
EUR									
Summe JV: 40.000 EUR									
Summe Sachkosten: 88.000 EUR									
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen									
ILV Fahrbereitschaft									
EUR									
ILV Druckerei									
EUR									
ILV Fotolabor									
EUR									
ILV Betriebserrichtungen									
EUR									
ILV TB (ohne Sachkosten)									
EUR									
Kostensumme IBL: 0 EUR									
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen									
A-KST									
Verr.-Satz (EUR/Einh)									
Menge Einheit Wert Einheit									
44236 1.083,30 20 Tage 11.966 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
0 EUR									
Kostensumme Anlagennutzung: 11.966 EUR									
5. Gesamtkosten Preistyp: F 376.437 EUR									
6. Investitionen (PR-Kaufkraft) 16.000 EUR									
7. Preis / Kalkulationsumme 392.437 EUR									

¹ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 395 321

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2004			
Projekt: PAZI-2		Arbeitspaket: In-situ Messungen		KTR: 2395321		Institut: PA	
KST: 55300		KST-GK (%): 35					
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten				Menge		Einheit	
Personaleinsatzkosten (PR-Kaufkraft):				Wert		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ia				2.453	Ph	11.719	EUR
Kat 2: BAT IIaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				2.453	Ph	11.719	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:				Wert		Einheit	
Verwaltungsgemeinkosten:						207,38	EUR
Kostensumme Personal:				Wert		Einheit	
				12.119,38		EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)						EUR	
DNW-NOP						EUR	
DNW-GUK						EUR	
Summe DNW:						EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)						EUR	
JV SR-Consulting						EUR	
JV Backup-F.leservices				8.800		8.800	EUR
JV Supercomputing							EUR
JV Dialog/Computeservices				200		200	EUR
Summe JV:				9.000		EUR	
Summe Sachkosten:				19.000		EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft						EUR	
ILV Druckerei						EUR	
ILV Fotolabor						EUR	
ILV Betriebsleistungen						EUR	
ILV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL:				0		EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST				Wert		Einheit	
Verr.-Satz (EUR/Einh)				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
Kostensumme Anlagennutzung:				0		EUR	
5. Gesamtkosten				Preis/typ ¹⁾		190.492 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						190.492 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2005			
Projekt: PAZI-2		Arbeitspaket: In-situ Messungen		KTR: 2395321		Institut: PA	
KST: 55300		KST-GK (%): 35					
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten				Menge		Einheit	
Personaleinsatzkosten (PR-Kaufkraft):				Wert		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ia				2.453	Ph	11.719	EUR
Kat 2: BAT IIaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				2.453	Ph	11.719	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:				Wert		Einheit	
Verwaltungsgemeinkosten:						207,38	EUR
Kostensumme Personal:				Wert		Einheit	
				12.119,38		EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				22.600		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)						EUR	
DNW-NOP						EUR	
DNW-GUK						EUR	
Summe DNW:						EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)						EUR	
JV SR-Consulting						EUR	
JV Backup-F.leservices				8.800		8.800	EUR
JV Supercomputing							EUR
JV Dialog/Computeservices				200		200	EUR
Summe JV:				9.000		EUR	
Summe Sachkosten:				31.600		EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft						EUR	
ILV Druckerei						EUR	
ILV Fotolabor						EUR	
ILV Betriebsleistungen						EUR	
ILV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL:				0		EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST				Wert		Einheit	
Verr.-Satz (EUR/Einh)				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
Kostensumme Anlagennutzung:				0		EUR	
5. Gesamtkosten				Preis/typ ¹⁾		206.033 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						206.033 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2006			
Projekt: PAZI-2		Arbeitspaket: In-situ Messungen		KTR: 2395321		Institut: PA	
KST: 55300		KST-GK (%): 35					
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten				Menge		Einheit	
Personaleinsatzkosten (PR-Kaufkraft):				Wert		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ia				2.453	Ph	11.719	EUR
Kat 2: BAT IIaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				2.453	Ph	11.719	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:				Wert		Einheit	
Verwaltungsgemeinkosten:						207,38	EUR
Kostensumme Personal:				Wert		Einheit	
				12.119,38		EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				27.800		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)						EUR	
DNW-NOP						EUR	
DNW-GUK						EUR	
Summe DNW:						EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)						EUR	
JV SR-Consulting						EUR	
JV Backup-F.leservices				8.800		8.800	EUR
JV Supercomputing							EUR
JV Dialog/Computeservices				200		200	EUR
Summe JV:				9.000		EUR	
Summe Sachkosten:				36.800		EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft						EUR	
ILV Druckerei						EUR	
ILV Fotolabor						EUR	
ILV Betriebsleistungen						EUR	
ILV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL:				0		EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST				Wert		Einheit	
Verr.-Satz (EUR/Einh)				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
Kostensumme Anlagennutzung:				0		EUR	
5. Gesamtkosten				Preis/typ ¹⁾		214.213 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						214.213 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2007			
Projekt: PAZI-2		Arbeitspaket: In-situ Messungen		KTR: 2395321		Institut: PA	
KST: 55300		KST-GK (%): 35					
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten				Menge		Einheit	
Personaleinsatzkosten (PR-Kaufkraft):				Wert		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ia				2.453	Ph	11.719	EUR
Kat 2: BAT IIaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				2.453	Ph	11.719	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:				Wert		Einheit	
Verwaltungsgemeinkosten:						207,38	EUR
Kostensumme Personal:				Wert		Einheit	
				12.119,38		EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)						EUR	
DNW-NOP						EUR	
DNW-GUK						EUR	
Summe DNW:						EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)						EUR	
JV SR-Consulting						EUR	
JV Backup-F.leservices				8.800		8.800	EUR
JV Supercomputing							EUR
JV Dialog/Computeservices				200		200	EUR
Summe JV:				9.000		EUR	
Summe Sachkosten:				19.000		EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft						EUR	
ILV Druckerei						EUR	
ILV Fotolabor						EUR	
ILV Betriebsleistungen						EUR	
ILV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL:				0		EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST				Wert		Einheit	
Verr.-Satz (EUR/Einh)				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
				0		EUR	
Kostensumme Anlagennutzung:				0		EUR	
5. Gesamtkosten				Preis/typ ¹⁾		189.344 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						189.344 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 395 322

Vollkostenkalkulation				Wert		Einheit	
Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2004					
Arbeitspaket: Aerosolvorläufergase							
KTR: 2395322							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
1. Personalkosten							
Personalienkosten (PR-Kaufkraft):				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635	Ph	11.256	EUR
Kat 2: BAT IlaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				1.635	Ph	11.256	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:						28.500	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						17.220	EUR
Kostensumme Personal:						111.276	EUR
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)						20.000	EUR
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							EUR
DNW-NOP							EUR
DNW-GUK							EUR
Summe DNW						0	EUR
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							EUR
JV SR-Consulting							EUR
JV Backup-Fileservices						5.400	EUR
JV Supercomputing						100	EUR
JV Dialog/Computeservices							EUR
Summe JV						5.500	EUR
Summe Sachkosten						25.500	EUR
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							EUR
ILV Druckerei							EUR
ILV Fotolabor							EUR
ILV Betriebs-einrichtungen							EUR
ILV TB (ohne Sachkosten)							EUR
Kostensumme IBL						0	EUR
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)				Menge	Einheit	Wert	Einheit
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
Kostensumme Anlagen-nutzung						0	EUR
5. Gesamtkosten				Preistyp ¹⁾ : F		136.776	EUR
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						100.000	EUR
7. Preis / Kalkulations-sume						236.776	EUR

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Wert		Einheit	
Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2005					
Arbeitspaket: Aerosolvorläufergase							
KTR: 2395322							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
1. Personalkosten							
Personalienkosten (PR-Kaufkraft):				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635	Ph	11.256	EUR
Kat 2: BAT IlaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				1.635	Ph	11.256	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:						28.500	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						17.220	EUR
Kostensumme Personal:						111.276	EUR
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)						20.000	EUR
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							EUR
DNW-NOP							EUR
DNW-GUK							EUR
Summe DNW						0	EUR
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							EUR
JV SR-Consulting							EUR
JV Backup-Fileservices						5.400	EUR
JV Supercomputing						100	EUR
JV Dialog/Computeservices							EUR
Summe JV						5.500	EUR
Summe Sachkosten						25.500	EUR
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							EUR
ILV Druckerei							EUR
ILV Fotolabor							EUR
ILV Betriebs-einrichtungen							EUR
ILV TB (ohne Sachkosten)							EUR
Kostensumme IBL						0	EUR
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)				Menge	Einheit	Wert	Einheit
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
Kostensumme Anlagen-nutzung						0	EUR
5. Gesamtkosten				Preistyp ¹⁾ : F		136.776	EUR
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						100.000	EUR
7. Preis / Kalkulations-sume						236.776	EUR

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Wert		Einheit	
Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2006					
Arbeitspaket: Aerosolvorläufergase							
KTR: 2395322							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
1. Personalkosten							
Personalienkosten (PR-Kaufkraft):				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635	Ph	11.256	EUR
Kat 2: BAT IlaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				1.635	Ph	11.256	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:						28.500	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						17.220	EUR
Kostensumme Personal:						111.276	EUR
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)						10.000	EUR
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							EUR
DNW-NOP							EUR
DNW-GUK							EUR
Summe DNW						0	EUR
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							EUR
JV SR-Consulting							EUR
JV Backup-Fileservices						5.400	EUR
JV Supercomputing						100	EUR
JV Dialog/Computeservices							EUR
Summe JV						5.500	EUR
Summe Sachkosten						15.500	EUR
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							EUR
ILV Druckerei							EUR
ILV Fotolabor							EUR
ILV Betriebs-einrichtungen							EUR
ILV TB (ohne Sachkosten)							EUR
Kostensumme IBL						0	EUR
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)				Menge	Einheit	Wert	Einheit
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
Kostensumme Anlagen-nutzung						0	EUR
5. Gesamtkosten				Preistyp ¹⁾ : F		136.776	EUR
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						60.000	EUR
7. Preis / Kalkulations-sume						196.776	EUR

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Wert		Einheit	
Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2007					
Arbeitspaket: Aerosolvorläufergase							
KTR: 2395322							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
1. Personalkosten							
Personalienkosten (PR-Kaufkraft):				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635	Ph	11.256	EUR
Kat 2: BAT IlaT - Vb					Ph	0	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MFB					Ph	0	EUR
Summe				1.635	Ph	11.256	EUR
Kostenteilungsgemeinkosten:						28.500	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						17.220	EUR
Kostensumme Personal:						111.276	EUR
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)						5.000	EUR
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							EUR
DNW-NOP							EUR
DNW-GUK							EUR
Summe DNW						0	EUR
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							EUR
JV SR-Consulting							EUR
JV Backup-Fileservices						5.400	EUR
JV Supercomputing						100	EUR
JV Dialog/Computeservices							EUR
Summe JV						5.500	EUR
Summe Sachkosten						10.500	EUR
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							EUR
ILV Druckerei							EUR
ILV Fotolabor							EUR
ILV Betriebs-einrichtungen							EUR
ILV TB (ohne Sachkosten)							EUR
Kostensumme IBL						0	EUR
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)				Menge	Einheit	Wert	Einheit
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
						0	EUR
Kostensumme Anlagen-nutzung						0	EUR
5. Gesamtkosten				Preistyp ¹⁾ : F		130.776	EUR
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						30.000	EUR
7. Preis / Kalkulations-sume						160.776	EUR

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 395 329

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2004			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Nutzung Falcon							
KTR		2 395 329					
Nutzer-KTR		2 395 321					
Flugbetrieb: FB							
KST		56300					
KST-GK (%)		50					
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten (PR-Kaufkraft)				Personaleinzelkosten (begrenzt):			
Kat 1: BAT SV - Ila				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 2: BAT IlaT - Vb				80	Ph	5.640	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MTB					Ph	0	EUR
Summe				80	Ph	5.640	EUR
Kostenstellengemeinkosten:						0	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						0	EUR
Kostensumme Personal:						5.640	EUR
Kostensumme Personal:						0	EUR
2. Sachkosten (PR-Kaufkraft)				Sachkosten (begrenzt)			
Summe Sachkosten:						10.000	EUR
3. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				A-KST Verr.-Satz (EUR/€inh)			
A-KST				Menge	Einheit	Wert	Einheit
56331				3.105,60	25 Tage	7.647	EUR
56331				2.660,90	30 Stk.	7.647	EUR
Summe						15.294	EUR
Kostensumme Anlagennutzung:						0	EUR
4. Gesamtkosten				Preistyp: f			214.708 EUR

¹ Preistyp: E = Entlastungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2005			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Nutzung Falcon							
KTR		2 395 329					
Nutzer-KTR		2 395 321					
Flugbetrieb: FB							
KST		56300					
KST-GK (%)		50					
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten (PR-Kaufkraft)				Personaleinzelkosten (begrenzt):			
Kat 1: BAT SV - Ila				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 2: BAT IlaT - Vb				80	Ph	5.268	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MTB					Ph	0	EUR
Summe				80	Ph	5.268	EUR
Kostenstellengemeinkosten:						0	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						0	EUR
Kostensumme Personal:						5.268	EUR
Kostensumme Personal:						0	EUR
2. Sachkosten (PR-Kaufkraft)				Sachkosten (begrenzt)			
Summe Sachkosten:						10.000	EUR
3. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				A-KST Verr.-Satz (EUR/€inh)			
A-KST				Menge	Einheit	Wert	Einheit
56331				3.105,60	25 Tage	7.647	EUR
56331				2.660,90	45 Stk.	14.974	EUR
Summe						22.621	EUR
Kostensumme Anlagennutzung:						0	EUR
4. Gesamtkosten				Preistyp: f			214.708 EUR

¹ Preistyp: E = Entlastungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2006			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Nutzung Falcon							
KTR		2 395 329					
Nutzer-KTR		2 395 321					
Flugbetrieb: FB							
KST		56300					
KST-GK (%)		50					
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten (PR-Kaufkraft)				Personaleinzelkosten (begrenzt):			
Kat 1: BAT SV - Ila				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 2: BAT IlaT - Vb				80	Ph	5.640	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MTB					Ph	0	EUR
Summe				80	Ph	5.640	EUR
Kostenstellengemeinkosten:						0	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						0	EUR
Kostensumme Personal:						5.640	EUR
Kostensumme Personal:						0	EUR
2. Sachkosten (PR-Kaufkraft)				Sachkosten (begrenzt)			
Summe Sachkosten:						10.000	EUR
3. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				A-KST Verr.-Satz (EUR/€inh)			
A-KST				Menge	Einheit	Wert	Einheit
56331				3.105,60	25 Tage	7.647	EUR
56331				2.660,90	30 Stk.	7.647	EUR
Summe						15.294	EUR
Kostensumme Anlagennutzung:						0	EUR
4. Gesamtkosten				Preistyp: f			214.708 EUR

¹ Preistyp: E = Entlastungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2007			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Nutzung Falcon							
KTR		2 395 329					
Nutzer-KTR		2 395 321					
Flugbetrieb: FB							
KST		56300					
KST-GK (%)		50					
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten (PR-Kaufkraft)				Personaleinzelkosten (begrenzt):			
Kat 1: BAT SV - Ila				Menge	Einheit	Wert	Einheit
Kat 2: BAT IlaT - Vb				80	Ph	5.640	EUR
Kat 3: BAT Vc - X					Ph	0	EUR
Kat 4: MTB					Ph	0	EUR
Summe				80	Ph	5.640	EUR
Kostenstellengemeinkosten:						0	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:						0	EUR
Kostensumme Personal:						5.640	EUR
Kostensumme Personal:						0	EUR
2. Sachkosten (PR-Kaufkraft)				Sachkosten (begrenzt)			
Summe Sachkosten:						10.000	EUR
3. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				A-KST Verr.-Satz (EUR/€inh)			
A-KST				Menge	Einheit	Wert	Einheit
56331				3.105,60	25 Tage	7.647	EUR
56331				2.660,90	30 Stk.	7.647	EUR
Summe						15.294	EUR
Kostensumme Anlagennutzung:						0	EUR
4. Gesamtkosten				Preistyp: f			214.708 EUR

¹ Preistyp: E = Entlastungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 395 331

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2004			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bildungsprozesse							
KTR: 2395331							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				1.780 Ph		77.968 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MFB				Ph		0 EUR	
Summe				1.780 Ph		77.968 EUR	
Kostenselbstgemeinkosten:				Ph		7.225 EUR	
Verwaltungsgemeinkosten:				Ph		19.502 EUR	
Kostensumme Personal:						124.413 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				8.000 EUR			
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices				7.800 EUR			
JV Supercomputing				12.000 EUR			
JV Dialog/Computeservices				200 EUR			
Summe JV				12.000 EUR			
Summe Sachkosten:						28.000 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft				EUR			
ILV Druckerei				EUR			
ILV Fotolabor				EUR			
ILV Betriebsleistungen				EUR			
ILV TB (ohne Sachkosten)				EUR			
Kostensumme IBL:						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Kostensumme Anlagenutzung:						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ.: F		152.413 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulations summe						152.413 EUR	

* Preis typ.: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2005			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bildungsprozesse							
KTR: 2395331							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				2.453 Ph		107.044 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MFB				Ph		0 EUR	
Summe				2.453 Ph		107.044 EUR	
Kostenselbstgemeinkosten:				Ph		18.221 EUR	
Verwaltungsgemeinkosten:				Ph		45.738 EUR	
Kostensumme Personal:						171.003 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000 EUR			
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices				7.800 EUR			
JV Supercomputing				12.000 EUR			
JV Dialog/Computeservices				200 EUR			
Summe JV				12.000 EUR			
Summe Sachkosten:						30.000 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft				EUR			
ILV Druckerei				EUR			
ILV Fotolabor				EUR			
ILV Betriebsleistungen				EUR			
ILV TB (ohne Sachkosten)				EUR			
Kostensumme IBL:						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Kostensumme Anlagenutzung:						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ.: F		204.433 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulations summe						204.433 EUR	

* Preis typ.: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2006			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bildungsprozesse							
KTR: 2395331							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				2.453 Ph		107.044 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MFB				Ph		0 EUR	
Summe				2.453 Ph		107.044 EUR	
Kostenselbstgemeinkosten:				Ph		18.221 EUR	
Verwaltungsgemeinkosten:				Ph		45.738 EUR	
Kostensumme Personal:						171.003 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000 EUR			
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices				7.800 EUR			
JV Supercomputing				12.000 EUR			
JV Dialog/Computeservices				200 EUR			
Summe JV				12.000 EUR			
Summe Sachkosten:						30.000 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft				EUR			
ILV Druckerei				EUR			
ILV Fotolabor				EUR			
ILV Betriebsleistungen				EUR			
ILV TB (ohne Sachkosten)				EUR			
Kostensumme IBL:						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Kostensumme Anlagenutzung:						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ.: F		207.413 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulations summe						207.413 EUR	

* Preis typ.: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2007			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bildungsprozesse							
KTR: 2395331							
Institut: PA							
KST: 55300							
KST-GK (%): 35							
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				2.453 Ph		107.044 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MFB				Ph		0 EUR	
Summe				2.453 Ph		107.044 EUR	
Kostenselbstgemeinkosten:				Ph		18.221 EUR	
Verwaltungsgemeinkosten:				Ph		45.738 EUR	
Kostensumme Personal:						171.003 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000 EUR			
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices				7.800 EUR			
JV Supercomputing				12.000 EUR			
JV Dialog/Computeservices				200 EUR			
Summe JV				12.000 EUR			
Summe Sachkosten:						30.000 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft				EUR			
ILV Druckerei				EUR			
ILV Fotolabor				EUR			
ILV Betriebsleistungen				EUR			
ILV TB (ohne Sachkosten)				EUR			
Kostensumme IBL:						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Kostensumme Anlagenutzung:						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ.: F		210.934 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulations summe						210.934 EUR	

* Preis typ.: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 472 588

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2004			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bedeckungsgrad		KTR 2 472 588					
Institut: PA		KST 55300		KST-GK (%) 35			
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MTB				Ph		0 EUR	
Summe				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kostenstellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Kostensumme Personal						114.278 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW						0 EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices						25.000 EUR	
JV Supercomputing						39.800 EUR	
JV Dialog/Computeservices						200 EUR	
Summe JV						65.000 EUR	
Summe Sachkosten						175.000 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft						EUR	
ILV Druckerei						EUR	
ILV Fotolabor						EUR	
ILV Betriebsbeirichtungen						EUR	
ILV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST						EUR	
Verr.-Satz (EUR/Einh)						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
Kostensumme Anlagennutzung						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ ¹⁾ : F		189.278 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						189.278 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2005			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bedeckungsgrad		KTR 2 472 588					
Institut: PA		KST 55300		KST-GK (%) 35			
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MTB				Ph		0 EUR	
Summe				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kostenstellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Kostensumme Personal						114.278 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW						0 EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices						15.000 EUR	
JV Supercomputing						20.800 EUR	
JV Dialog/Computeservices						200 EUR	
Summe JV						36.000 EUR	
Summe Sachkosten						150.278 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
LV Fahrbereitschaft						EUR	
LV Druckerei						EUR	
LV Fotolabor						EUR	
LV Betriebsbeirichtungen						EUR	
LV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST						EUR	
Verr.-Satz (EUR/Einh)						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
Kostensumme Anlagennutzung						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ ¹⁾ : F		150.278 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						150.278 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2006			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bedeckungsgrad		KTR 2 472 588					
Institut: PA		KST 55300		KST-GK (%) 35			
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MTB				Ph		0 EUR	
Summe				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kostenstellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Kostensumme Personal						114.278 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW						0 EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices						30.000 EUR	
JV Supercomputing						69.800 EUR	
JV Dialog/Computeservices						200 EUR	
Summe JV						100.000 EUR	
Summe Sachkosten						114.278 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
ILV Fahrbereitschaft						EUR	
ILV Druckerei						EUR	
ILV Fotolabor						EUR	
ILV Betriebsbeirichtungen						EUR	
ILV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST						EUR	
Verr.-Satz (EUR/Einh)						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
Kostensumme Anlagennutzung						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ ¹⁾ : F		224.251 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						224.251 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Geschäftsjahr: 2007			
Projekt: PAZI-2							
Arbeitspaket: Bedeckungsgrad		KTR 2 472 588					
Institut: PA		KST 55300		KST-GK (%) 35			
				Wert		Einheit	
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):				Menge		Einheit	
Kat 1: BAT SV - Ila				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kat 2: BAT IlaT - Vb				Ph		0 EUR	
Kat 3: BAT Vc - X				Ph		0 EUR	
Kat 4: MTB				Ph		0 EUR	
Summe				1.635 Ph		71.951 EUR	
Kostenstellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Kostensumme Personal						114.278 EUR	
2. Sachkosten				Wert		Einheit	
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)				10.000		EUR	
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW						0 EUR	
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices						15.000 EUR	
JV Supercomputing						20.800 EUR	
JV Dialog/Computeservices						200 EUR	
Summe JV						36.000 EUR	
Summe Sachkosten						150.278 EUR	
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen				Wert		Einheit	
LV Fahrbereitschaft						EUR	
LV Druckerei						EUR	
LV Fotolabor						EUR	
LV Betriebsbeirichtungen						EUR	
LV TB (ohne Sachkosten)						EUR	
Kostensumme IBL						0 EUR	
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen				Menge		Einheit	
A-KST						EUR	
Verr.-Satz (EUR/Einh)						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
						EUR	
Kostensumme Anlagennutzung						0 EUR	
5. Gesamtkosten				Preis typ ¹⁾ : F		150.278 EUR	
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)						EUR	
7. Preis / Kalkulationssumme						150.278 EUR	

¹⁾ Preistyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 395 332

Vollkostenkalkulation				Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2004	
Arbeitspaket: Globale Modellierung				KTR: 2395332			
Institut: PA				KST: 55300			
KST-GK (%) 35							
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):							
Kat 1: BAT SV - Ila	Menge	Einheit	Wert	Einheit			
	3270	Ph	142.594	EUR		200	Ph
Kat 2: BAT IlaT - Vb		Ph	0	EUR			
Kat 3: BAT Vc - X		Ph	0	EUR			
Kat 4: MFB		Ph	0	EUR			
	Summe		142.594	EUR			
Kostentellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Summe Personal:							
228.559 EUR							
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)							
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices							
JV Supercomputing							
JV Dialog-Computeservices							
Summe JV							
Summe Sachkosten							
202.500 EUR							
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							
ILV Druckerei							
ILV Fotolabor							
ILV Betriebs-einrichtungen							
ILV TB (ohne Sachkosten)							
Summe IBL							
0 EUR							
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Menge							
Einheit							
Wert							
Einheit							
Summe							
0 EUR							
Kostensumme Anlagennutzung							
0 EUR							
5. Gesamtkosten							
PreisTyp ¹⁾ : F							
334.059 EUR							
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)							
0 EUR							
7. Preis / Kalkulations-sume							
421.257 EUR							

¹⁾ PreisTyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2005	
Arbeitspaket: Globale Modellierung				KTR: 2395332			
Institut: PA				KST: 55300			
KST-GK (%) 35							
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):							
Kat 1: BAT SV - Ila	Menge	Einheit	Wert	Einheit			
	3270	Ph	142.594	EUR		200	Ph
Kat 2: BAT IlaT - Vb		Ph	0	EUR			
Kat 3: BAT Vc - X		Ph	0	EUR			
Kat 4: MFB		Ph	0	EUR			
	Summe		142.594	EUR			
Kostentellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Summe Personal:							
228.559 EUR							
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)							
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices							
JV Supercomputing							
JV Dialog-Computeservices							
Summe JV							
Summe Sachkosten							
202.500 EUR							
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							
ILV Druckerei							
ILV Fotolabor							
ILV Betriebs-einrichtungen							
ILV TB (ohne Sachkosten)							
Summe IBL							
0 EUR							
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Menge							
Einheit							
Wert							
Einheit							
Summe							
0 EUR							
Kostensumme Anlagennutzung							
0 EUR							
5. Gesamtkosten							
PreisTyp ¹⁾ : F							
435.030 EUR							
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)							
0 EUR							
7. Preis / Kalkulations-sume							
435.030 EUR							

¹⁾ PreisTyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2006	
Arbeitspaket: Globale Modellierung				KTR: 2395332			
Institut: PA				KST: 55300			
KST-GK (%) 35							
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):							
Kat 1: BAT SV - Ila	Menge	Einheit	Wert	Einheit			
	3270	Ph	142.594	EUR		200	Ph
Kat 2: BAT IlaT - Vb		Ph	0	EUR			
Kat 3: BAT Vc - X		Ph	0	EUR			
Kat 4: MFB		Ph	0	EUR			
	Summe		142.594	EUR			
Kostentellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Summe Personal:							
228.559 EUR							
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)							
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices							
JV Supercomputing							
JV Dialog-Computeservices							
Summe JV							
Summe Sachkosten							
202.500 EUR							
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							
ILV Druckerei							
ILV Fotolabor							
ILV Betriebs-einrichtungen							
ILV TB (ohne Sachkosten)							
Summe IBL							
0 EUR							
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Menge							
Einheit							
Wert							
Einheit							
Summe							
0 EUR							
Kostensumme Anlagennutzung							
0 EUR							
5. Gesamtkosten							
PreisTyp ¹⁾ : F							
439.009 EUR							
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)							
0 EUR							
7. Preis / Kalkulations-sume							
439.009 EUR							

¹⁾ PreisTyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

Vollkostenkalkulation				Projekt: PAZI-2		Geschäftsjahr: 2007	
Arbeitspaket: Globale Modellierung				KTR: 2395332			
Institut: PA				KST: 55300			
KST-GK (%) 35							
				Wert	Einheit		
1. Personalkosten							
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):							
Kat 1: BAT SV - Ila	Menge	Einheit	Wert	Einheit			
	3270	Ph	142.594	EUR		200	Ph
Kat 2: BAT IlaT - Vb		Ph	0	EUR			
Kat 3: BAT Vc - X		Ph	0	EUR			
Kat 4: MFB		Ph	0	EUR			
	Summe		142.594	EUR			
Kostentellengemeinkosten:							
Verwaltungsgemeinkosten:							
Summe Personal:							
228.559 EUR							
2. Sachkosten							
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)							
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)							
DNW-NOP							
DNW-GUK							
Summe DNW							
Joint Venture (Finanzierung IK-M)							
JV SR-Consulting							
JV Backup-Fileservices							
JV Supercomputing							
JV Dialog-Computeservices							
Summe JV							
Summe Sachkosten							
202.500 EUR							
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen							
ILV Fahrbereitschaft							
ILV Druckerei							
ILV Fotolabor							
ILV Betriebs-einrichtungen							
ILV TB (ohne Sachkosten)							
Summe IBL							
0 EUR							
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen							
A-KST Verr.-Satz (EUR/Einh)							
Menge							
Einheit							
Wert							
Einheit							
Summe							
0 EUR							
Kostensumme Anlagennutzung							
0 EUR							
5. Gesamtkosten							
PreisTyp ¹⁾ : F							
442.976 EUR							
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)							
0 EUR							
7. Preis / Kalkulations-sume							
442.976 EUR							

¹⁾ PreisTyp: E = Erlöspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

KTR 2 395 335

Vollkostenkalkulation		Geschäftsjahr: 2004	
Projekt:	PAZI-2		
Arbeitspaket:	EU - Anteil PARTS		
KTR	2395335		
Institut:	PA		
KST	55300		
KST-GK (%)	35		
		Wert	Einheit
1. Personalkosten			
Personaleinzelkosten (PR-Kaufkraft):		Menge	Einheit
Kat 1: BAT SV - Ila		673	Ph
Kat 2: BAT Iat - Vb			Ph
Kat 3: BAT Vc - X			Ph
Kat 4: MTB			Ph
Summe		673	Ph
Kostentellergemeinkosten:		29.410	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:		10.294	EUR
Verwaltungsgemeinkosten:		7.236	EUR
Kostensumme Personal		47.039	EUR
2. Sachkosten			
RHB, Reise, Sonstige usw. (PR-Kaufkraft)		2.000	EUR
DNW-BU (PR-Kaufkraft, separat)			EUR
DNW-NOP			EUR
DNW-GUK			EUR
Summe DNW			EUR
Joint Venture (Finanzierung IK-M)			EUR
JV SIR-Consulting			EUR
JV Backup-Freeservices			EUR
JV Supercomputing			EUR
JV Dialog/Computeservices			EUR
Summe JV			EUR
Summe Sachkosten		2.000	EUR
3. Kosten für Innerbetriebl. Leistungen			
ILV Fahrbereitschaft			EUR
ILV Druckerei			EUR
ILV Fotolabor			EUR
ILV Betriebsrichtungen			EUR
ILV TB (ohne Sachkosten)			EUR
Kostensumme IBL		0	EUR
4. Kosten für Nutzung eigener Anlagen			
A-KST			EUR
Verr.-Satz (EUR/Einh)			EUR
			EUR
			EUR
			EUR
			EUR
			EUR
			EUR
			EUR
Kostensumme Anlagenutzung		0	EUR
5. Gesamtkosten			
Investitionen (PR-Kaufkraft)			EUR
6. Investitionen (PR-Kaufkraft)		49.039	EUR
7. Preis / Kalkulationssumme		49.039	EUR

¹ Preistyp: E = Erstattungspreis mit Obergrenze; F = Festpreis

A3. Anhang LITERATURLISTE

- Arakawa, A., and W.H. Schubert, The interaction of a cumulus cloud ensemble with the large-scale environment. Part I, *J. Atmos. Sci.* 31, 674-701, 1974.
- Boucher, O., Influence of air traffic on cirrus occurrence, *Nature* 397, 30-31, 1999.
- Chahine, M., The hydrological cycle and its influence on climate, *Nature* 359, 373-378, 1992.
- Charlson, R.J., J.E. Lovelock, M.O. Andreae, and S.G. Warren, Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate, *Nature* 326, 655-661, 1987.
- Chughtai, A.R., N.J. Miller, D.M. Smith, and J.R. Pitts, *Carbonaceous particle hydration III*; *J. Atm. Chem.*, 34, 259-279, 1999.
- Feichter, J., E. Kjellström, H. Rodhe, F. Dentener, J. Lelieveld, G.-J. Roelofs, Simulation of the tropospheric sulfur cycle in a global climate model, *Atmos. Environ.* 30, 1693-1707, 1996.
- Gierens, K.M., U. Schumann, H.G.J. Smit, M. Helten, G. Zängl, Determination of humidity and temperature fluctuations based on MOZAIC data and parametrisation of persistent contrail coverage for general circulation models, *Ann. Geophys.* 15, 1057-1066, 1997.
- Gierens, K.M., U. Schumann, M. Helten, H. Smit, and A. Marenco, A distribution law for relative humidity in the upper troposphere and lower stratosphere derived from three years of MOZAIC measurements, *Ann. Geophys.* 17, 1218-1226, 1999.
- Gierens, K., and S. Brinkop, A model for the horizontal exchange between ice-supersaturated regions and their surrounding area, *J. Theor. Appl. Clim.* 71, 129-140, 2002.
- Goldfarb, L., P. Keckhut, M.-L. Chanin, and A. Hauchecorne, Cirrus climatological results from lidar measurements at OHP (44°N, 6°E), *Geophys. Res. Lett.* 28, 1687-1690, 2001.
- Haag, W., B. Kärcher, S. Schaefers, O. Stetzer, O. Möhler, U. Schurath, M. Krämer, and C. Schiller, Numerical simulations of homogeneous freezing processes in the aerosol chamber AIDA, *Atmos. Chem. Phys.* 3, 195-210, 2003.
- Heintzenberg, J., M. Hermann, B.G. Martinsson, and G. Papaspiropoulos, Number and sulfur derived 3-parameter aerosol size distributions in the tropopause region from CARIBIC flights between Germany and the Indic, *J. Aerosol Sci* 33, 595-608, 2002.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Aviation and the Global Atmosphere, J.E. Penner, D.H. Lister, D.J. Griggs, D.J. Dokken, M. McFarland (Eds.), Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K., 373pp., 1999.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climate Change 2000: The Science of Climate Change, Third Assessment Report of the IPCC, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K., 2001.
- Jakob, C., and J.-J. Morcrette, Sensitivity of the ECMWF model to the treatment of the ice phase, in: *Cloud Microphysics Parameterizations in Global Atmospheric Circulation Models*, World Meteorological Organization, Geneva, WMO/TD No. 713, 37-46, 1995.
- Jensen, E.J., O.B. Toon, S.A. Vay, J. Ovarlez, R. May, P. Bui, C.H. Twohy, B. Gandrud, R.F. Pueschel, and U. Schumann, Prevalence of ice-supersaturated regions in the upper troposphere: Implications for optically thin ice cloud formation, *J. Geophys. Res.* 106, 17253-17266, 2001.
- Kärcher, B., and S. Solomon, On the composition and optical extinction of particles in the tropopause region, *J. Geophys. Res.* 104, 27441-27459, 1999.
- Kärcher, B., and U. Lohmann, A parameterization of cirrus cloud formation: Homogeneous freezing of supercooled aerosols, *J. Geophys. Res.* 107 (D2), doi:10.1029/2001JD000470, 2002.
- Kondo, Y., M. Koike, H. Ikeda, B.E. Anderson, K.E. Brunke, Y. Zhao, K. Kita, T. Sugita, H.B. Singh, S.C. Liu, A. Thompson, G.L. Gregory, R. Shetter, G. Sachse, S.A. Vay, E.V. Browell, and M.J. Mahoney, Impact of aircraft emissions on NO_x in the lowermost stratosphere at northern midlatitudes, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 3065-3068, 1999.
- Kunz, O., B. Noll, R. Lücknerath, M. Aigner, and S. Hohmann, Computational Combustion Simulation for an Aircraft Model Combustor, AIAA paper 2001-3706, 2001.
- Lohmann, U., and B. Kärcher, First interactive simulations of cirrus clouds formed by homogeneous freezing in the ECHAM GCM, *J. Geophys. Res.* 107, 4105, doi:10.1029/2001JD000767, 2002.
- Marquart, S., and B. Mayer, Towards a reliable GCM estimation of contrail radiative forcing, *Geo-phys. Res. Lett.*, im Druck, 2002.
- Möhler, O., O. Stetzer, S. Schaefers, M. Krämer, A. Mangold, P. Budz, W. Haag, K. Mauersberger, B. Kärcher, and U. Schurath, Experimental investigations of homogeneous freezing processes in the aerosol chamber AIDA, *Atmos. Chem. Phys.* 3, 211-223, 2003.
- Noll, B., R. Kessler, P. Theisen, H. Schütz, M. Aigner, and S. Hohmann, Flow Field Mixing Characteristics of an Aero-Engine Combustor - Part II: Numerical Simulations, AIAA paper 2002-3708 2002.
- Ovarlez, J., F. Auriol, J.-B. Brissot, R. Busen, J.-F. Gayet, K. Gierens, H. Ovarlez, U. Schumann, and J. Ström, Water vapor measurements inside cirrus clouds in northern and southern hemispheres during INCA, *Geophys. Res. Lett.* 29, 1813, doi:10.1029/2001GL014440, 2002.

- Schumann, U., and G.T. Amanatidis, Aviation, aerosols, contrails and cirrus clouds, Proceedings of the European workshop in Seeheim, July 10-12, 2000, Air pollution research report 74, European Communities EUR 19428, Luxembourg, 317 pp, 2001.
- Schumann, U., und B. Kärcher, Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr Einfluß auf Kondensstreifen, Zirruswolken und Klima. Projektantrag beim HGF-Strategiefonds, Dezember 1999.
- Seisel, S., Y. Lian, Th. Keil, M.E. Trukhin, and R. Zellner, *The interaction of water with soot and mineral dust surfaces*, einzureichen bei Atmos. Chem. Phys, 2003.
- Ström, J., and S. Ohlsson, In-situ measurements of enhanced crystal number densities in cirrus clouds caused by aircraft exhaust, J. Geophys. Res. 103, 11355-11361, 1998.
- Tompkins, A.M., A prognostic parameterization for the subgrid-scale variability of water vapor and clouds in large-scale models and its use to diagnose cloud cover, J.Atmos.Sci. 59, 1917-1942, 2002.
- Wahl, C., A. Döpelheuer, and M. Aigner, Determination of Quantities and Properties of Aircraft Engine Generated Soot, 5th International ETH-Conference on Nanoparticle Measurement, 6th- 8th August 2001 ETH Zürich.
- Wielicki, B, R.D. Cess, M. King, D.A. Randall, and E. Harrison, Mission to Planet Earth: Role of Clouds and Radiation in Climate, Bull. Amer. Meteor. Soc. 76, 2125-2153, 1995.
- World Meteorological Organization (WMO), Scientific assessment of ozone depletion, Global Ozone Research and Monitoring Project, WMO Rep. 44, Geneva, 1998.
- Zuberi, B, A.K. Bertram, C.A. Cassa, L.T. Molina, and M.J. Molina, Heterogeneous nucleation of ice in $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - H_2O particles with mineral dust immersions, Geophys. Res. Lett. 29, 1504, doi:10.1029/2001GL014289, 2002.

A4. Anhang LISTE VERWENDETER ABKÜRZUNGEN

AFO	Atmosphärenforschungsprogramm des BMBF
AIDA	Aerosolkammer des FZK (Aerosol Interaction and Dynamics in the Atmosphere)
AMS	Aerosolmassenspektrometer
AP	Arbeitspaket
APSC	Advanced Particle Simulation Code
AT	DLR-Institut für Antriebstechnik
(A)ATSR	(Advanced) Along Track Scanning Radiometer
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
AWI	Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CARIBIC	Civil Aircraft for Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container
CARS	Coherent Anti-Stokes Raman Scattering
CIRCLE	Cirrus Cloud Experiment
CN	Condensation nuclei
CNRS	Centre National de Recherche Scientifique
COBI	Cold Bias in Atmosphere General Circulation Models (BMBF-Projekt, bis 02/2005)
CPC	Condensation Particle Counter
CPI	Cloud Particle Imager
CPSA	Condensation Particle Saturation Analyzer
CTM	Chemie-Transport-Modell
CVI	Counterflow Virtual Impactor
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DFT	Density Functional Theory
DEKLIM	Deutsches Klimaforschungsprogramm
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMA	Differential Mobility Analyzer
DWD	Deutscher Wetterdienst
ECHAM	ECMWF-Modell, Hamburg version (Klimamodell)
ECMWF	European Center for Medium-Range Weather Forecasts
ESP	Electrostatic Probe
EU	Europäische Union
GC-MS	Gaschromatographie mit massenspektrometrischer Analyse
GERB	Geostationary Earth Radiation Budget
GEWEX	Global Energy and Water Cycle Experiment
HBK-S	Hochdruckbrennkammer Stuttgart
HGF	Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
IFT	Institut für Troposphärenforschung Leipzig
INCA	Interhemispheric Differences in Cirrus Properties from Anthropogenic Emissions (EU-Projekt, abgeschlossen)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
FISH	Fast In-Situ Stratospheric Hygrometer
FSSP	Forward Scattering Spectrometer Probe
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
FZK-IMK	Forschungszentrum Karlsruhe, Institut f. Meteorologie und Klimaforschung
FZJ-ICG	Forschungszentrum Jülich, Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre
GEWEX	Global Energy and Water Cycle Experiment
GCM	General Circulation Model
HAP	Hauptarbeitspaket
KNMI	Königlich-Niederländisches Meteorologisches Institut
LII / LIF	Laser-induced Incandescence / Fluorescence
LM	Lokal-Modell des DWD
LRV	Leistungs- und Ressourcenvereinbarung
MADE	Modal Aerosol Dynamics for Europe
MARL	Mobile Aerosol Raman Lidar
MASP	Multi-Angle Spectrometer Probe
MLS	Microwave Limb Sounder
MOZAIC	Measurement of Ozone, Water Vapor, Carbon Monoxide, and Nitrogen Oxides by Airbus In-Service Aircraft
MPI	Max-Planck-Institut (M: Meteorologie, C: Chemie, K: Kernphysik)

MSG	Meteosat Second Generation
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NEPAIR	New Emission Parameter Covering the Whole Aircraft (EU-Projekt)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OHP	Observatoire de Haute Provence (Service d'Aeronomie, CNRS)
PA	DLR-Institut für Physik der Atmosphäre
PARTEMIS	Measurement and Prediction of Aerosols and Gaseous Precursors from Turbine Engines (EU-Projekt, abgeschlossen)
PARTS	Particles in the Upper Troposphere and Lower Stratosphere and Their Role in the Climate System (EU-Projekt, bis 12/2004)
PAZI	Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr Einfluß auf Kondensstreifen, Zirren und Klima (HGF-Strategiefondsprojekt, bis 06/2003)
PCASP	Passive Cavity Aerosol Spectrometer Probe
PSR / PFR	Perfectly Stirred Reactor / Plug Flow Reactor
QUANTIFY	Quantifying the Climate Impact of Global and European Transport Systems (Integrated Project im 6. Rahmenprogramm der EU, in Vorbereitung)
REM	Rasterelektronenmikroskop
SCOUT	Stratosphere-Climate Links with emphasis on the UTLS (Integrated Project im 6. Rahmenprogramm der EU, in Verhandlung)
SEVIRI	Spinning Enhanced Visible and Infra Red Imager
SiA	Soot in Aeronautics (EU-Projekt, bis 04/2006)
SPLAT	Single Particle Laser Ablation Time-of-flight mass spectrometer
TROCCINOX	Tropical Convection, Cirrus, and Nitrogen Oxides Experiment (EU-Projekt, bis 5/2005)
UMIST	University of Manchester Institute of Science and Technology
VATICAN	Variability, Trends and Predictability of the Atmospheric Composition (Integrated Project im 6. Rahmenprogramm der EU, in Vorbereitung)
VF	DLR-Institut für Verkehrsforschung
VT	DLR-Institut für Verbrennungstechnik
WMO	World Meteorological Organization

A5. Anhang MSG-VEREINBARUNG UND BEGLEITSCHREIBEN

Dem Projektplan sind Schreiben der folgenden Institute beigefügt:

- Forschungszentrum Karlsruhe, Prof. Dr. Ulrich Schurath
- Forschungszentrum Jülich, Prof. Dr. Martin Riese
- Alfred-Wegener-Institut Bremerhaven, Prof. Dr. Otto Schrems
- Johannes-Gutenberg-Universität und Max-Planck-Institut für Chemie Mainz, Prof. Dr. Stephan Borrmann
- Service d'Aeronomie - Institut Pierre Simon Laplace (IPSL), Dr. Philippe Keckhut
- Stockholm University, Dr. Johan Ström
- Laboratoire de Meteorologie Physique du CNRS, Dr. Jean-Francois Gayet
- ETH Zürich, Prof. Dr. Thomas Peter
- Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Dr. Bram Bregman
- Dalhousie University, Prof. Dr. Ulrike Lohmann
- Universität Essen, Prof. Dr. Reinhard Zellner

Betrieb und Langzeitarchivierung METEOSAT SECOND GENERATION

Am 28.08.2002 wurde der geostationäre, von EUMETSAT betriebene Satellit MSG (Meteosat Second Generation) erfolgreich gestartet. Der Testbetrieb läuft seit etwa Februar 2003, die ersten Daten sind unter anderem auf der EUMETSAT homepage verfügbar. Die Institute DFD und PA halten es für wichtig und notwendig, für die zukünftige Projekt- und Vorhabensentwicklung alle empfangenen Daten langfristig zu speichern, wie das bisher auch für NOAA-, Meteosat-, sowie TERRA- und AQUA-Daten der Fall ist.

Am 27.11. 2002 wurde eine Vereinbarung zwischen DFD und PA getroffen, die die Beschaffung der Empfangsanlage, die Kurzzeitarchivierung sowie die Anbindung an das DFD-DIMS regelt. Die Empfangsanlage wurde im Juni 2003 bestellt und soll im September 2003 geliefert werden. Mit dem Beginn des operationellen Betriebs von MSG ist Anfang 2004 zu rechnen.

Die neue Vereinbarung regelt die langfristige Archivierung der Daten. Details dazu, insbesondere die wissenschaftliche Begründungen, sind den beiliegenden Vermerken zu entnehmen. Insbesondere sind dort auch die Betriebskosten aufgeführt, die sich aus den Kosten für die Datenträger sowie den Personalkosten für die Betreuung ergeben. Die hier aufgeführten Kosten umfassen die Speicherung des gesamten Datensatzes (Vollscheibe, alle Kanäle, alle Termine). Die langfristige Archivierung der MSG-Daten setzt die Nutzung der Grossanlage DIMS des DFD voraus. In der hier vorgewonnenen Betriebskostenkalkulation (Medien + MSG-spezifischer Betrieb) wird diese Grossanlagennutzung nur nachrichtlich ausgewiesen. Die Grossanlagennutzung ist nicht Bestandteil dieser LRV.

Für den Betrieb des Empfangs sowie die Langzeitarchivierung der Daten wird zwischen PA und DFD folgende Aufteilung der Finanzierung vorgeschlagen:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| • Datenträger 12 TByte/ Jahr (PA) | ca. 24 kEuro pro Jahr |
| • Betrieb und Archivierung (DFD) | ca. 1-2 PM pro Jahr |

Zeitlicher Ablauf:

- Beginn der Archivierung aller Daten sobald MSG operationell sendet (nicht vor Januar 2004)
- Laufzeit: nicht zeitlich befristet, jedoch mindestens bis Ende 2007

Wir nehmen dieses Schreiben einschliesslich der beiden Anlagen zur Kenntnis und akzeptieren das darin vorgeschlagene Vorgehen und die Aufteilung der Kosten. Hauptverantwortlich für den Betrieb und die Archivierung der Daten ist das DFD.

Oberpfaffenhofen, den 8.7.2003


Prof. Dr. U. Schumann


Prof. Dr. S. Dech 6.8.03


Dr. E. Diedrich
Dr. K.D. Reiniger 11.08.03

**Forschungszentrum Karlsruhe
in der Helmholtz-Gemeinschaft**

Institut für Meteorologie und Klimaforschung

Leiter: Prof. Dr. H. Fischer
Prof. Dr. Ch. Kottmeier
Prof. Dr. U. Schurath
Prof. Dr. W. Seiler

Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung
wird gemeinsam betrieben mit der Universität Karlsruhe

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

Dr. Bernd Kärcher
Institut für Physik der Atmosphäre
DLR Oberpfaffenhofen
D-82234 Wessling

Datum: 17. Juli 2003
Bearbeiter/-in: Schurath
Telefon 07247/82-2659
Telefax 07247/82-4332
E-mail: schurath@imk.fzk.de
Unser Zeichen:
Ihre Mitteilung: e-mail vom 9. Juli 2003

Sehr geehrter Herr Dr. Kärcher,

wie Sie aus früheren Gesprächen mit Herrn Dr. Möhler und mir bereits wissen, möchte das Institut für Meteorologie und Klimaforschung des Forschungszentrums Karlsruhe, IMK-AAF, sich an dem Projekt PAZI-2 beteiligen, und zwar – wie in dem vorläufigen Projektplan näher ausgeführt – mit folgendem Beitrag:

Die Ausdehnung von Gebieten mit hoher Eisübersättigung in der oberen Troposphäre kann durch den Eintrag von Aerosolen reduziert werden, d.h. der Bedeckungsgrad durch klimawirksame Zirren nimmt dann zu. In der kühl- und evakuierbaren Aerosolkammer AIDA lassen sich die Verhältnisse in der oberen Stratosphäre simulieren. Dies betrifft insbesondere Eisübersättigungen, die gezielt eingestellt und - anders als in Experimentiereinrichtungen kleineren Maßstabs - über lange Zeiten aufrecht erhalten werden können. Dabei wird der Zeitpunkt der Eisbildung durch redundante Messmethoden sehr genau bestimmt. Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

1. Wie vergleichen sich natürliche Aerosole mit Aerosolen aus Verbrennungsprozessen, insbesondere mit Triebwerksruß, hinsichtlich der kritischen Eisübersättigung, bei der es zur heterogenen Eisnukleation (Zirrenbildung) kommt?
2. Wird die Wachstumsdynamik, von der die optischen Eigenschaften und damit die Klimawirksamkeit der entstehenden Eiswolken abhängen, bereits richtig modelliert, oder muss die Modellierung wesentlich verbessert werden?

Zur Beantwortung der Fragen wird eine klare experimentelle Strategie verfolgt, die in PAZI-1 entwickelt wurde.



Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
Mitglied der Hermann von Helmholtz-
Gemeinschaft Deutscher
Forschungszentren e.V. (HGF)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon 07247 / 82-0
Telefax 07247 / 82-5070
<http://www.fzk.de>

Vorsitzender des Aufsichtsrates:
Ministerialdirektor
Dr. Hermann Schunck
Vorstand (Geschäftsführung):
Prof. Dr. Manfred Popp (Vorsitzender)
Ass. jur. Sigurd Lettow
(stellvertretender Vorsitzender)
Dr.-Ing. Peter Fritz
Prof. Dr. Reinhard Maschuw

Sitz der Gesellschaft:
Weberstr. 5, 76133 Karlsruhe
Handelsregister:
Amtsgericht Karlsruhe HRB 302
Bankverbindungen:
Baden-Württembergische
Bank AG, Karlsruhe
Kto. 4 002 471 300 (BLZ 660 200 20)

Commerzbank AG, Karlsruhe
Kto 2 221 000 (BLZ 660 400 18)
Deutsche Bank AG, Karlsruhe
Kto. 0 236 521 (BLZ 600 700 04)
Dresdner Bank AG, Karlsruhe
Kto. 563 439 800 (BLZ 660 800 52)

Wichtig ist die Tatsache, dass wir in der Zwischenzeit erfolgreich verschiedene Methoden der Rußerzeugung entwickelt haben, um das Eigenschafts-Spektrum von Flugzeugruß erfassen zu können. Das ist wichtig, um die eisbildende Wirkung mit anderen natürlich vorkommenden Aerosolen vergleichen zu können.

Weiterhin wurden an AIDA mehrere neue Messmethoden eingesetzt, darunter ein Diodenlaser-Messsystem für Wasserdampf in Gegenwart von Eispartikeln, so dass nun die Qualität der Messergebnisse erheblich gesteigert werden kann.

Wir denken, dass der Nutzen unserer Experimente durch die enge Zusammenarbeit mit Anwendern und Modellierern im Rahmen von PAZI-2 maximiert wird und wir wichtige Beiträge zu den Kernfragen des Projekts leisten können.

Mit freundlichen Grüßen



(U. Schurath)

Institut für Chemie
und Dynamik der Geosphäre
Institut I: Stratosphäre
Prof. Dr. Martin Riese
Forschungszentrum Jülich
in der Helmholtz-Gemeinschaft



Forschungszentrum Jülich GmbH · ICG-I · 52425 Jülich
Fracht-/Paketanschrift: Leo-Brandt-Straße · 52428 Jülich

Dr. Bernd Kärcher
Deutsches Zentrum für
Luft- und Raumfahrt (DLR)
Institut für Physik der Atmosphäre
Oberpfaffenhofen

D-82234 Wessling

- Prof. Dr. M. Riese
- Ihr Ansprechpartner: ICG I/MR/BS
 - Bei Antwort bitte angeben: 2065
 - Telefon: 02461 61-
 - Telefax: 02461 61-
 - E-Mail: M. Riese@fz-juelich.de

Jülich, 28.07.2003

Absichtserklärung
Antrag zur Mitarbeit am gemeinsamen Forschungsvorhaben „PAZI-2“

Sehr geehrter Herr Dr. Kärcher,

wir möchten unser großes Interesse zu dem geplanten Projekt PAZI-2 bekunden. Wie in PAZI-1 möchten wir sowohl zu den Feld- als auch zu den Laborexperimenten an der Aerosolkammer AIDA wieder die Gesamt-Wassermessungen mit dem Messwert FISH beitragen. Zudem möchten wir wieder wie bei PAZI-2 das Gasphasenwasser erfassen, um Informationen über die Feuchte in- und außerhalb von Cirren zu erhalten.

Des weiteren würden wir gerne bei PAZI-2 unser neuentwickeltes Meßsystem AIS (Aerosol and Ice Sampler) zum Einsatz bringen, das erstmals Messungen flüchtiger und nicht-flüchtiger Substanzen im Aerosol und in den Cirruseispartikeln erlaubt.

Wir danken Ihnen für die stets sehr gute Zusammenarbeit.

Freundlichen Grüße

Prof. Dr. Martin Riese
Institutsleiter ICG I



Stiftung Alfred-Wegener-Institut, Postfach 12 01 61, D-27515 Bremerhaven

Herrn
PD Dr. Bernd Kärcher
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Physik der Atmosphäre

82234 Wessling

Stiftung
**Alfred-Wegener-Institut für
Polar- und Meeresforschung**
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institute for Polar and Marine Research

Prof. Dr. Otto Schrems

Telefon: +49/471-4831-1480
Telefax: +49/471-4831-1425
e-mail: oschrems@awi-bremerhaven.de

30. September 2003

Conc.: Participation of AWI in the PAZI II project

Dear Dr. Kärcher,

I would like to confirm that the Alfred Wegener Institute intends to participate in the work programs of the PAZI II project as specified in the proposal.

In particular, AWI is ready to accomplish the following tasks:

- Participation in the campaign circle-2 with a ground based aerosol and cloud lidar and a sun- and star photometer (AP 2.1)
- Laboratory and theoretical investigation on the uptake of trace gases on ice-surfaces (AP 3.1)

AWI will make its contribution to PAZI II on the basis of its own resources as they are available in upcoming annual budgets and carries out its obligations under its own responsibility.

Sincerely yours,

Prof. Dr. Otto Schrems



Stiftung Alfred-Wegener-Institut
für Polar- und Meeresforschung
Mitglied der Hermann von
Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren
e.V. (HGF)

Vorsitzender des
Kuratoriums:
Ministerialdirigent
Reinhard Junker
Direktorium:
Prof. Dr. Jörn Thiede
(Direktor)
Dr. Rainer Paulenz
(Verwaltungsdirektor)
Prof. Dr. Heinrich Müller
(Stellvertretender Direktor)

Sitz und Anschrift der
Stiftung:
Am Alten Hafen 26
27568 Bremerhaven
Telefon 0471/4831-0
Telefax 0471/4831-1149
<http://www.awi-bremerhaven.de>

Bankverbindung:
Commerzbank AG,
Bremerhaven
Konto: 34 91 925
(BLZ 292 400 24)

JOHANNES GUTENBERG - UNIVERSITÄT MAINZ
Fachbereich Physik

INSTITUT FÜR PHYSIK DER ATMOSPHERE



Herrn

Dr. Bernd Kärcher
NE-PA
DLR
Postfach 1116
82230 Weßling

Institut für Physik der Atmosphäre
Becherweg 21
Johannes Gutenberg - Universität Mainz
55099 Mainz
Telefon: 06131/39-22861
Fax: 06131/39-23532
Email: borrmann@mail.uni-mainz.de

Mainz, 14.07.03

Betreff: PAZI II Projekt; hier: „Letter of Support“

Sehr geehrter Herr Dr. Kärcher,

im Rahmen des PAZI I Projektes haben wir in Zusammenarbeit mit dem DLR und anderen Gruppen Messungen an Bord des Forschungsflugzeuges „Falcon“ durchgeführt mit dem Ziel Aussagen bezüglich der chemischen Zusammensetzung von Nanometerpartikeln im Abgasstrahl und in Kondensstreifen zu erhalten. Hierbei wurde weltweit erstmalig ein in-situ Echtzeit-Thermodesorptionsmassenspektrometer mit beträchtlichem experimentellem Erfolg eingesetzt. Auf Grund der bisher erhaltenen Messungen erscheinen uns weitere Experimente in Luftfahrtkorridoren und während Direktverfolgungen mit dieser Methodik äusserst sinnvoll. Aus diesen Gründen unterstütze ich Ihre Bemühungen um Realisierung weiterer PAZI Messflüge mit großem Enthusiasmus. Meine Gruppe würde zu einem solchen Projekt wieder das AMS Massenspektrometer beisteuern, das für die Falcon zertifiziert und zugelassen ist. Da das Massenspektrometer aber hinsichtlich seiner Eigenschaften gegenwärtig modifiziert wird, erscheint es möglich bei neuen Experimenten erheblich mehr Massenlinien zu erfassen, als bisher. Hierdurch könnten deutlich weiter gefasste Aussagen im Zusammenhang mit der chemischen Partikelzusammensetzung von Flugzeugemissionen getroffen werden.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. Stephan Borrmann



JOHAN STRÖM
ASSOCIATED PROFESSOR

Institute of Applied Environmental
Science

AIR POLLUTION LABORATORY

2003-06-11

Dear Bernd,

Thank you for inviting me to participate in the planned field experiment CIRCLE of PAZI-2. As we have discussed previously, coupling a CVI-probe to a mass spectrometer, or any other device that may chemically characterize particles contained in ice crystals will be extremely useful to improve our understanding about cirrus.

In the INCA experiment we occupied one and a half rack. One rack was used for the CVI infrastructure and instruments to analyze cirrus residual particles. The other half rack was occupied by a DMPS-system used to measure the aerosol size distribution in the Aitken size range.

For the CIRCLE experiment where the CVI will participate, I propose that we design a probe using flow settings optimized for chemical characterization of crystal residues. The old "tried and tested" probe is still available and can be used as in previous experiments.

With a priority on chemical characterisation I propose a baseline configuration for the physical observations of the residual particles. The list can be extended if we find it necessary.

- A Condensation Particle Counter to observe the total residual number density larger than 10 nm diameter.
- A small Optical Particle Counter to observe the residual particle size distribution of particles larger than 200nm diameter.
- Particle light absorption using a so called particle soot photometer.
- Filter samples for transmission electron microscopy.

The whole CVI payload will fit into one rack.

I am looking forward to this future collaboration within PAZI-2.

Sincerely yours,


Johan Ström

Postal address:
Stockholm University
ITM
Air Pollution Laboratory
SE-106 91 Stockholm, Sweden

Street address:
Frescativägen 54
www.itm.su.se

Telephone: +46 8 674 7287
E-mail: johan@itm.su.se



Université Blaise Pascal

LABORATOIRE DE
MÉTÉOROLOGIE PHYSIQUE
LaMP – UMR 6016 du CNRS

PD Dr. Bernd Kärcher
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Physik der Atmosphäre
D-82234 Wessling
Germany

24-June-2003

Joint Aircraft Measurements: (CIRCLE-1 and -2)

Dear Dr. Kärcher,

we are very pleased being invited to participate in the *CIRrus Cloud Experiment* (CIRCLE) scheduled for 2005 and 2006. In particular, the scientific goals of the PAZI-2 project comprise central objectives of our institute LaMP (*Laboratoire de Météorologie Physique*). These objectives mainly focus on cloud (cirrus, mixed-phase) formation linked to physico-chemical as well as cloud optical properties, and including methodologies to validate upcoming satellite scientific products (e.g. CALIPSO).

In this way we are developing an airborne platform for in-situ measurements of microphysical and optical properties of cloud and aerosol particles. The measurement platform will include :

- An upgraded version of the *Polar Nephelometer* for the measurement of the cloud particle scattering properties
- A *Cloud Particle Imager* (CPI) for the measurement of the morphological properties of cloud particles at high pixel resolution (2.3 microns)
- An airborne *Extinctionmeter* to measure the extinction coefficient at 3 wavelengths in parallel (visible to near IR)
- The *Nezvorov* probe for the integral measurement of the ice water content
- Conventional PMS (FSSP, 2D-C) probes
- An airborne CVI is also under development

Thus, our research objectives and in-situ measurement means are very close to the PAZI-2 project, so that we would be pleased to join this project. This may also give a unique opportunity to fly both the German (in situ) and new French (remote sensing) Falcon aircraft in parallel, if of course we succeed to elaborate cooperative projects.

Sincerely yours,

Nadine CHAUMERLIAC
Directeur du LaMP

Nadine Chaumerliac

Université Blaise Pascal – CNRS
24, avenue des Landais - 63177 AUBIERE Cedex
Tél.: (33) 04 73 40 73 73 - Fax: (33) 04 73 40 51 36
E-mail : DirectionLamp@opgc.univ-bpclermont.fr



Service d'Aéronomie
Equipe: Dynamique et Climat de l'Atmosphère Moyenne

Institut Pierre Simon Laplace

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université Pierre et Marie Curie - Université Versailles-Saint-Quentin



Philippe KECKHUT

Vérieres-le-Buisson, September, 5 2003

LETTER OF INTEND

The Service d'Aéronomie will be very interested to participate to the PAZI-2 campaign (Cirrus Cloud Experiment) the DLR planned to set up for Fall 2006.

For this campaign, we will be able to provide vertical measurements of aerosols, clouds, water vapor, ozone, above the Observatory of Haute-Provence (OHP) in south of France (44°N, 6°E) using lidars, and radiosondes. We can perform continuous measurements during clear nights. Cirrus and ozone profiles can also be obtained during daytime with lidar. Only one ozonosondes and PTU sondes per week is already fund in the framework of the monitoring program. UV and visible radiances over 360° at ground can also be obtained with two radiometers respectively covering the following wavelength domains: 280-320 nm and 300-3000 nm. A radiative model have been set up and validated during clear day using vertical profiles and radiometer outputs. A 360° numerical camera can provide visible pictures of the sky above OHP.

We will be also able to provide some climatologies of those parameters.

The researchers responsible for the quality of these measurements are:

Gerard Ancellet (Service d'Aéronomie): Ozone lidar

Christine David (Service d'Aéronomie): Aerosol lidar

Philippe Keckhut (Service d'Aéronomie): Cirrus and water vapor lidar

Jean-Marie Perrin (OHP): The radiative model

Gerard Thuillier (Service d'Aéronomie): Radiometers

Claude Vialle (Institut Pierre Simon Laplace): Radiosondes

Philippe Keckhut

Philippe Keckhut will coordinate OHP activities. (email Philippe.keckhut@aerov.jussieu.fr, phone : (33) 1 69 20 29 99, fax: (33) 1 64 47 43 11).



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Prof. Thomas Peter

Institute for Atmospheric and Climate Science
IACETH
Hönggerberg HPP
CH – 8093 Zurich
Switzerland

Voice +41 1 633 2756
Secretary +41 1 633 3903
FAX +41 1 633 1058
thomas.peter@ethz.ch
<http://www.iac.ethz.ch/>

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Physik der Atmosphäre
z.Hd. Herr Dr. B. Kärcher
D-82234 Wessling
Deutschland

Zurich, 4 October 2003

Re: German PAZI Project, “Particles and Cirrus Clouds”

Dear Dr. Kärcher

Thank you for the information on the German PAZI project. For several reasons there is high interest in atmospheric chemistry/climate research to obtain accurate representations of aerosol and ice particles in the atmosphere. This concerns mainly the upper troposphere, where ice clouds are known to have significant impact on the radiation budget and thus on climate. Furthermore, the upper troposphere and lower stratosphere are the regions of the atmosphere where heterogeneous chemistry on the ice particles of cirrus clouds may result in changes in chemical trace gases and in ozone, again influencing the Earth's radiation budget.

On the other hand, the current knowledge on how to represent aerosols and ice clouds in global numerical weather prediction models or in coupled chemistry-climate models is poor. For example, physically-based parameterizations are missing, which allow to describe the wide variety of cirrus clouds and their impact on the radiation budget, on the water budget due to dehydration, and on chemical budgets. Therefore, also in my own group at ETH we are currently performing research on these topics using process-related 1D and box-modeling and using laboratory experiments. In this context we would be interested in a collaboration with DLR on the PAZI research objectives, which would strengthen our ongoing cooperation with DLR on aerosol lidar research.

Yours sincerely

Thomas Peter
Professor for Atmospheric Chemistry
ETH Zurich

PO Box 201, 3730 AE De Bilt, The Netherlands



Visiting address: Wilhelminalaan 10

Telephone +31 30220 69 11

Telefax +31 30221 04 07



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
Institut für Physik der Atmosphäre
Z.h. Dr. B. Kärcher
D-82234 Wessling
Germany

Subject
German PAZI project

Date
4 juli 2003
Our reference
2003/1529
Your reference

Contact
Dr. B. Bregman
Direct dialling number
+31.302206388
Enclosure(s)
-

Dear Dr. Kärcher,

I am pleased to have received the information about the German PAZI project. Within the atmospheric chemistry – climate community there is high interest in accurate representation of ice particles in the atmosphere, in particular in the free troposphere and lower part of the stratosphere, i.e., the region of the atmosphere where ozone changes has the largest impact on the radiation budget. Apart from the importance for chemical trace gases, it is well known that ice clouds in general have a significant impact on the radiation budget and thus on climate.

However, the current knowledge how to represent ice clouds in global chemistry – climate models is very poor, and no parameterisation is available that describes the observed range of ice cloud properties. Therefore the Royal Netherlands Meteorological Institute gives high priority to ice cloud research. The research subject, however, is complex and requires a variety of detailed disciplines that is very difficult to cover by one institute. Our institute is therefore very pleased that the project PAZI covers crucial parts of the ice cloud research that deals with ice cloud formation processes, the interaction with anthropogenic nuclei, and parameterisations for global modelling for which we have not the expertise.



KNMI, Ministry of Transport,
Public Works and Water Management

21.06.050

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

Letter
2003/1529

Page 2



The PAZI research objectives perfectly link the objectives of the KNMI: to determine ice cloud properties from satellites, to calculate radiative forcing and chemical effects due to ice clouds using global three-dimensional chemistry – transport models for which we need the outcome from the PAZI project.

The KNMI strongly supports activities such as PAZI and aims for a fruitful corporation with mutual benefit.

With regards,

B. Bregman
for MB Bogers
Lettinga

Dr. B. Bregman
Senior Scientist atmospheric chemistry modelling
Atmospheric Composition Research Division
Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)
PO Box 2001
3730 AE De Bilt
Netherlands

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut

21.06.050

Atmospheric Science Program



Dalhousie University
Department of Physics and
Atmospheric Science
Halifax, Nova Scotia,
Canada B3H 3J5

Ulrike Lohmann
Canada Research Chair
Coordinator, Atmospheric
Science Programme
Phone: (902) 494-2324
Fax: (902) 494-5191
Email: Ulrike.Lohmann@Dal.Ca

25. Juli 2003

Betreff: Partikel und Zirren (PAZI) II

Sehr geehrter Herr Dr. Kärcher,

ich bin sehr gerne bereit, bei der Fortsetzung des Projektes Partikel und Zirren (PAZI) weiterhin mitzuarbeiten.

Meine Arbeit im Rahmen von PAZI-2 ist die Weiterführung von ECHAM Studien mit neuen, im Rahmen von PAZI-2 entwickelten Parameterisierungen zur Zirrenbildung. Diese Arbeit ergänzt sich gut mit den Zielen meiner Gruppe in Halifax, wo wir uns schwerpunktmäßig mit der Wirkung von Aerosolen auf die Wolkenbildung befassen.

Mit freundlichen Grüßen,



Dr. Ulrike Lohmann
Associate Professor in Atmospheric Science

Universität Duisburg-Essen

Campus Essen

Fachbereich Chemie
Institut für Physikalische
und Theoretische Chemie

Prof. Dr. Reinhard Zellner

Telefon: (0201) 183-3073
Telefax: (0201) 183-4307
e-mail: reinhard.zellner@uni-essen.de

Mein Zeichen: RZ/Pri/Kaerch/Schum0608

Essen, den 06. August 2003

Universität Duisburg-Essen · 45117 Essen

Herrn Prof. Dr. Ulrich Schumann
Herrn Dr. Bernd Kärcher
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DLR-Institut für Physik der Atmosphäre
Oberpfaffenhofen

82230 Wessling

Betreff: PAZI 2

Lieber Herr Schumann, lieber Herr Kärcher,

im Nachgang zu den bereits geführten Gesprächen möchten wir darum bitten,
unsere Arbeiten zur Kinetik der "Wasseraufnahme auf Ruß" in den

'Themenkomplex 2.4: Gefrierexperimente'

aufzunehmen. Eine Kurzbeschreibung unseres Projektes ist beigefügt.

Zur Finanzierung des Projektes werden wir einen Antrag im Normalverfahren an die
DFG richten. Wir wären dankbar, wenn Sie uns ein entsprechendes Schreiben
schicken könnten, in dem Sie auf die Bedeutung unserer Arbeiten für das PAZI-
Projekt hinweisen.

Wir freuen uns auf die Zusammenarbeit mit Ihnen.

Mit besten Grüßen

Prof. Dr. Reinhard Zellner

Anlage

Hausanschrift:
UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN
Campus Essen / Fachbereich Chemie
Universitätsstr. 5
45141 Essen

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**



DLR Institut für Physik der Atmosphäre
Postfach 11116, D-82230 Weßling

Institut für
Physik der Atmosphäre

Prof. Dr. Reinhard Zellner
Universität Duisburg-Essen
Campus Essen, FB Chemie
Universitätsstr. 5

45 141 Essen

Ihr Schreiben
Ihr Zeichen
Unser Zeichen
Ihr Gesprächspartner PD Dr. Bernd Kärcher
Telefon (08153) 28-1462
Oberpfaffenhofen, 20. August 2003

Ihr Antrag an die DFG / PAZI-2

Sehr geehrter Herr Professor Zellner,

mit Ihrem vorgeschlagenen Beitrag zu den Gefrierexperimenten, die im Rahmen des HGF/BMBF-Projektes PAZI in seiner zweiten Phase durchgeführt werden, können wir hoffen, kinetische Daten über Elementarprozesse der Wechselwirkung von Wasser mit Oberflächen potentiell eisbildender Aerosolpartikel zu erhalten. Diese Arbeiten würden die beim FZ Karlsruhe an der Aerosolkammer AIDA stattfindenden Gefrierexperimente in sinnvoller Weise ergänzen. PAZI-2 hat eine Laufzeit von 4 Jahren und startet am 1. Januar 2004.

Leider ist es uns nicht möglich, externe Partner aus Mitteln des PAZI-Projektes zu finanzieren. Wegen der großen Relevanz Ihrer Arbeiten für PAZI-2 möchten wir daher einen entsprechenden Antrag im Normalverfahren auf Gewährung einer Sachbeihilfe bei der DFG ausdrücklich unterstützen.

Mit freundlichen Grüßen

Priv.-Doz. Dr. Bernd Kärcher und Prof. Dr. Ulrich Schumann

e-mail: bernd.kaercher@dlr.de
WWW: <http://www.op.dlr.de/pa1c/>

Hausadresse
Oberpfaffenhofen
D-82234 Weßling
Telefon (08153) 28-0
Telex 5 26 419 dlrp d
Telefax (08153) 28-1841

