

## PAZI-2 ANNUAL REPORT 2005

This document contains a short **summary of the Third Workshop** of the PAZI-2 project held in Oberpfaffenhofen, January 27, 2006. The workshop presentations covered **recent developments and future plans** to be carried out in the second half of the project. Like in former years, the meeting provided a stimulating environment, fostering scientific collaborations of the various groups. As appendices, this document also contains the **descriptions of work** of each work package (one page summaries, in German). The cumulative **list of publications** (as of January 2006, 48 publications/conference proceedings have either appeared, are in press, or are in preparation) is available as a separate document. All documents can be downloaded from the website <http://www.pa.op.dlr.de/pazi/>

### Meeting schedule

#### Friday January 27

09:00 B. Kärcher/U. Schumann Welcome and Project Overview

#### Session I – Progress Reports

|       |              |  |
|-------|--------------|--|
| 09:30 | A. Minikin   | PAZI-2/LAUNCH and PAZI-2/TROCCINOX – campaign overview                   |
| 09:40 | J.-F. Gayet  | PAZI-2/LAUNCH – LaMP results   |
| 10:00 | M. Fiebig    | PAZI-2/LAUNCH – IPA results  |
| 10:20 | Coffee       |  |
| 10:40 | F. Arnold    | PAZI-2/TROCCINOX – SO <sub>2</sub> measurements and results              |
| 11:10 | U. Burkhardt | Contrail-cirrus in ECHAM – concept summary                               |
| 11:20 | J. Hendricks | Aerosol/cloud module in ECHAM – progress summary                         |
| 11:40 | Lunch        |  |
| 12:50 | W. Krebs     | Coverage and radiative forcing of contrail cirrus – dissertation summary |
| 13:10 | K. Gierens   | Ice supersaturation in the ECHAM and the ECMWF global models             |
| 13:30 | P. Gerlinger | Modeling of soot in the THETA code – progress summary                    |
| 14:00 | O. Möhler    | AIDA ice nuclei measurements – campaign summary                          |
| 14:30 | F. Immler    | Lidar cirrus observations compared to ECMWF operational analyses         |
| 15:00 | Tea          |  |
| 15:30 | C. Voigt     | Aviation impact on UTLS ozone – brainstorming summary                    |

Session II – Status of Main Workpackages: Do we meet our goals in 2006?

|       |         |              |
|-------|---------|--------------|
| 15:50 | All     | Action items |
| 17:00 | Adjourn |              |

## Participants

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Frank Arnold          | MPI-K     |
| Ottmar Möhler         | IMK-FZK   |
| Hans Schlager         | DLR-IPA   |
| Robert Sausen         | DLR-IPA   |
| Claus Wahl            | DLR-VT    |
| Peter Gerlinger       | DLR-VT    |
| Horst Hüners          | DLR, PD-L |
| Klaus-Dieter Rockwitz | DLR, PD-R |
| Ulrich Schumann       | DLR-IPA   |
| Martin Plohr          | DLR-AT    |
| Holger Pabst          | DLR-FW    |
| Christiane Voigt      | DLR-IPA   |
| Jean-François Gayet   | LaMP      |
| Franz Immler          | AWI       |
| Waldemar Krebs        | DLR-IPA   |
| Hermann Mannstein     | DLR-IPA   |
| Claudia Emde          | DLR-IPA   |
| Ulrike Burkhardt      | DLR-IPA   |
| Johannes Hendricks    | DLR-IPA   |
| Michael Ponater       | DLR-IPA   |
| Andreas Minikin       | DLR-IPA   |
| Klaus Gierens         | DLR-IPA   |
| Ingo Sölch            | DLR-IPA   |
| Simon Unterstraßer    | DLR-IPA   |
| Bernd Kärcher         | DLR-IPA   |

The following issues from Session I are summarized in the presentation attached to this document:

team news:

- PhD-dissertation (ECHAM/MADE) completed, Axel Lauer (AP 3.4);
- PhD-dissertation (MSG) to be finished soon, Waldemar Krebs (AP 2.3);
- new PhD-students: Ingo Sölch (AP 3.1) and Simon Unterstraßer (AP 3.3);
- new team members: Ulrike Burkhardt (AP 3.4), Claudia Emde (AP 3.2), Christiane Voigt (AP 2.1);
- DLR-Wissenschaftspreis for PAZI-work (global Black Carbon cycle), Johannes Hendricks;

management information:

- project structure; overall goal and main products;
- project and individual workpackage status, overall summary;
- tasks, milestones, workflow, and additional work planned in 2006;

project highlights:

- aircraft measurements PAZI-2 / LAUNCH and PAZI-2 / TROCCINOX;
- coflame soot experiments and soot modeling with kinetic models and within the THETA-code;
- comparison of ECHAM with single particle soot measurements;
- update on aircraft inventory;
- contrail-cirrus detection with MSG;
- contrail-cirrus representation in ECHAM;
- modelling contrail-to-cirrus transition;
- representation of ice supersaturation in ECHAM and in the ECMWF Integrated Forecasting System.

In addition, we had very interesting external contributions given by Jean-François Gayet (ice crystal size distributions and phase functions measured during PAZI-2 / LAUNCH), Frank Arnold (processes controlling SO<sub>2</sub>-abundance in the troposphere and implications for CCN and new particle production), Ottmar Möhler (ice nucleation properties of soot and mineral dust particles as a function of internal mixing with sulphur and organics), and Franz Immler (lidar-based statistics of the occurrence of line contrails outside and embedded in cirrus, contrail-cirrus, and natural cirrus and relation to ECMWF cloud cover). We are grateful to our partners for presenting their results in the PAZI community.

The action items raised in the last annual report have all been tackled and the strategic decisions discussed in January 2005 have been enforced. Four new action items emerged from the general discussion in Session II:

- availability of air traffic movement data from EUROCONTROL/DFS and other organizations required to set up the emission inventory scheduled for June 2007 (Pabst, Hendricks, Sausen, Schumann et al.);
- discuss strategies to make use of available soot ice nucleation measurements in process and global models and to perform suitable experiments using aviation soot (Möhler, Kärcher, Gierens, Hendricks, Burkhardt, Unterstraßer, Sölch, Sausen, Schumann et al.);
- continued in-depth comparisons between IPA aerosol and trace gas measurements with ECHAM for validation purposes (Schlager, Minikin, Hendricks et al.);
- enter intensive planning phase of CIRCLE-2 during 2006 (Minikin, Gayet, Mayer, Pelon et al.).

The constructive discussion with our program managers from the aviation and space program at DLR is gratefully acknowledged.

**Overview presentation and workshop summary 27.1. 2006**



# PAZI-2 Third Annual Meeting Mid-term Workshop

27 January 2006

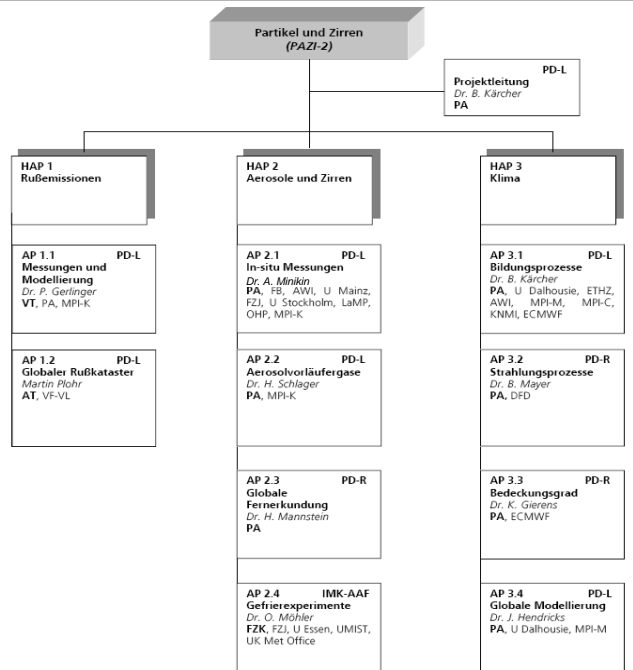
Institut für Physik der Atmosphäre

DLR Oberpfaffenhofen

## Meeting objectives and news

- Report progress made in the second project year 2005: [Session I now](#)
- Focus on summaries to stimulate further collaboration among participants
- Inform about workplan changes and summarize science news
- Workflow and look into the future: [afternoon Session II](#)
  
- New [PhD-students](#), Ingo Sölch (AP 3.1) and Simon Unterstraßer (AP 3.3)
- PhD-dissertation completed, Axel Lauer (AP 3.4)
- [PhD-dissertation](#) to be finished soon, Waldemar Krebs (AP 2.3)
- [Team upgrade](#), Ulrike Burkhardt (AP 3.4), Claudia Emde (AP 3.2), Christiane Voigt (AP 2.1)
- DLR- [Wissenschaftspreis](#) for PAZI-work (Johannes Hendricks)
  
- [Website](#) keeps you updated on latest developments and documents:  
<http://www.pa.op.dlr.de/pazi/>

## Project structure



## Overall project goals and main products

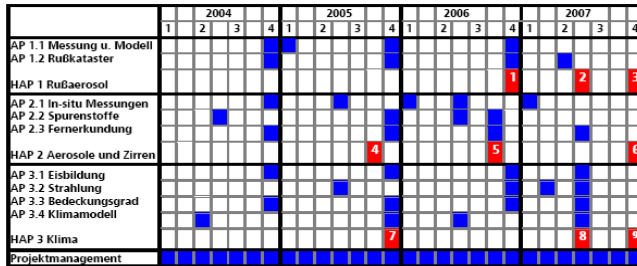
Development and application of simulation techniques for real combustors to predict soot properties at emission

Experimental determination of ice nucleating ability of aerosols and their impact on cirrus clouds and contrail-cirrus

Development and application of simulation techniques for the ECHAM climate model to predict the anthropogenic impact on cirrus, in particular the aviation impact

- a [numerical soot code](#) optimized for real combustor scenarios
- an [aerosol-cloud-radiation module](#) optimized for use in a climate model
- an updated 4D aviation soot emission inventory
- an [airborne SO<sub>2</sub> measurement system](#) based on chemical ionization mass spectrometry
- a high cloud climatology useful for model validation
- various [parameterization schemes](#) for ice formation, contrail-cirrus cover, and radiation
- experimental clarification of controlling factors of [soot formation](#) in jet engines
- experimental determination of [aerosol freezing](#) properties

## Project status



|       |   |               |
|-------|---|---------------|
| 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 2007     |
| HMS 9 | Luftverkehrs-bedingte Bewölkungs- und Klimaänderung quantifiziert   | Dezember 2007 |

← AP 2.1, 2.2, 2.4

← AP 3.1, 3.4

## Workpackage status (details see annual report)

### HAP 1 - Soot Aerosol

#### AP 1.1 - Soot Measurements and Modeling (VT)

- MS: PAZI-2 high pressure combustion chamber test rig (HBK-S) ready (1/05)
- MS: Soot oxidation measurements done (12/05)

#### AP 1.2 - Emission inventory (AT)

- MS: Parameter table for representative aircraft/engine combinations ready (12/05)

## Workpackage status (details see annual report)

### HAP 2 - Aerosols and Cirrus

AP 2.1 - In-situ Measurements (PA and partners) - CIRCLE expts

- MS: PAZI-2/TROCCINOX campaign done (4/05 - shifted from 8/05)
- MS: PAZI-2/LAUNCH additional campaign done (10/05)

AP 2.2 - SO<sub>2</sub> Instrument (PA and MPIK)

- MS: Prototype instrument developed (12/05)

AP 2.3 - Remote sensing (PA)

- MS: Cloud microphysical parameters derived (12/05)

AP 2.4 - AIDA ice nuclei measurements (FZK-AAF)

- *proceeds as planned*

## Workpackage status (details see annual report)

### HAP 3 - Climate

AP 3.1 - Processes (PA and partners)

- MS: 1D-column cirrus-cloud resolving model ready (12/05)

AP 3.2 - Radiation (PA)

- MS: Cirrus retrieval for MSG (6/05)

AP 3.3 - Cloud cover (PA and ECMWF)

- MS: Supersaturation scheme for ECMWF-IFS ready (12/05)

AP 3.4 - Global modeling (PA and partners)

- MS: Aerosol module MADE implemented in ECHAM (12/05)



## Status summary

- Project **proceeds as planned**, including cost development
- All **milestones completed**, mostly in time, most **delays compensated**
- Already **significant contributions** delivered
- **Additional activities** started to integrate most recent scientific findings
- Two large **field campaigns** successfully finished
- **48 publications / conference proceedings** have either appeared, are in press, or are in preparation

Completed and planned work, project highlights 

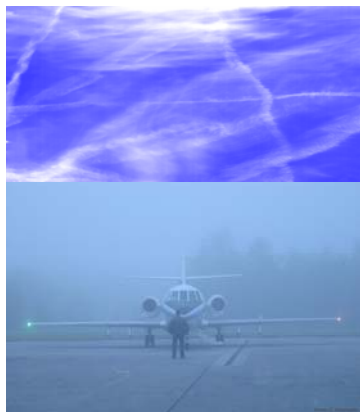
## Aircraft measurements: PAZI-2 / LAUNCH



**Deutscher Wetterdienst**  
Lindenberg Observatory

**LAUNCH-2005** Sep/Oct 2005

International **L**indenberg Campaign for **A**ssessment of **HU**midity- and **C**loud-  
Profiling Systems and its Impact on **H**igh-Resolution Modelling



### DWD-Goals

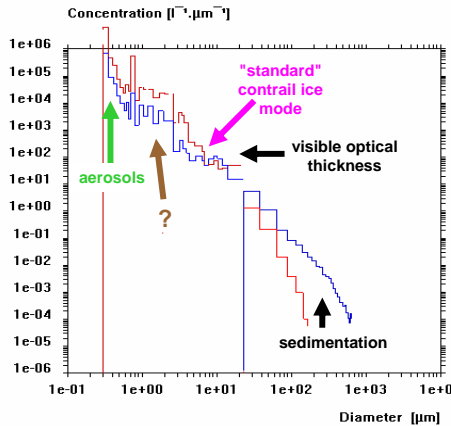
Assessment of ground-based temperature, humidity and wind-profiling systems, including satellite measurements  
Assessment of the impact of 4D data assimilation into a high-resolution weather forecast model from a network of stationary, ground-based water-vapor lidars in comparison to microwave profilers

### IPA-Goals

Study **properties of persistent contrails and their temporal evolution**  
Expand the existing data base of upper tropospheric relative humidity with accurate sensors  
Test contrail predictability and ability to forecast persistent contrails

*Fiebig, Gayet et al.*

## Workplan addition: PAZI-2 / LAUNCH



| Parameters     | Conc. of particles $D > 3 \mu\text{m}$ ( $\text{cm}^{-3}$ ) | Extinction ( $D > 3 \mu\text{m}$ ) ( $\text{km}^{-1}$ ) | Effective Diameter ( $\mu\text{m}$ ) | Asym. Parameter |
|----------------|---|---|--------------------------------------|-----------------|
| Old contrail   | 4.3   | 0.36  | 21                                   | 0.786           |
| Natural cirrus | 1.2   | 0.50  | 60                                   | 0.796           |

### Issues

- Contrail size distributions (important for lifetime and radiative impact)
- Interstitial aerosol size distributions (nuclei for contrail ice crystals, nonvolatile particle contribution)

Unprecedented measurements of contrail ice crystal size distributions derived from combined FSSP / polar nephelometer / 2D-C probe instruments

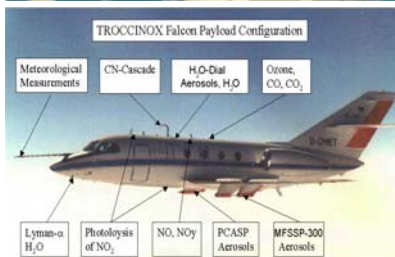
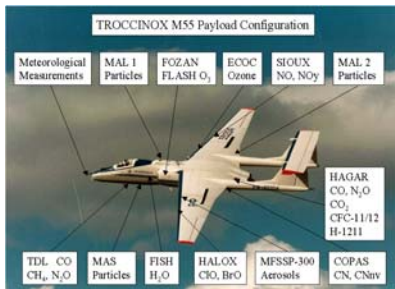
Results helpful for contrail simulations (AP 3.3) and global contrail-cirrus prediction (AP 3.4)

Fiebig, Gayet et al.

## CIRCLE-1 campaign: PAZI-2 / TROCCINOX

Geophysics

Falcon



### TROCCINOX-Goals

Improve knowledge about lightning-produced  $\text{NO}_x$  in tropical thunderstorms by quantifying the produced amounts, by comparing it to other major sources of  $\text{NO}_x$  and by assessing its global impact

Improve knowledge on the occurrence of other trace gases (incl.  $\text{H}_2\text{O}$ ) and ice crystals and aerosols in the upper troposphere and lower stratosphere in connection with deep convection as well as large scale upwelling motions

### PAZI-Goals

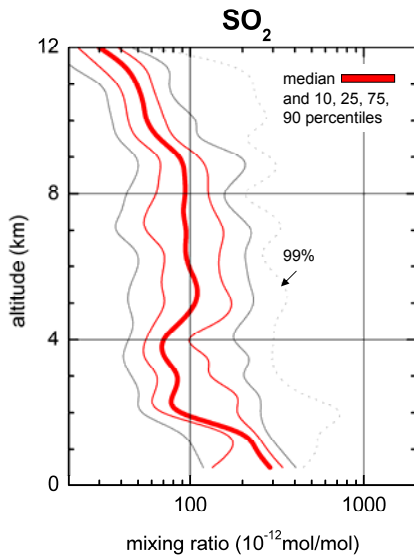
First measurements of  $\text{SO}_2$  with novel CIMS instrument (joint MPIK / IPA collaboration)

In-situ measurements of  $\text{H}_2\text{O}$  inside and out of clouds

In-situ measurements of aerosols and cirrus clouds

Minikin, Arnold, Schlager et al.

## Workplan change: PAZI-2 / TROCCINOX



### Issues

- Distribution of oxidized sulfur in the upper troposphere (measurements are sparse)
- Ice supersaturation (are our previous findings ubiquitous?)

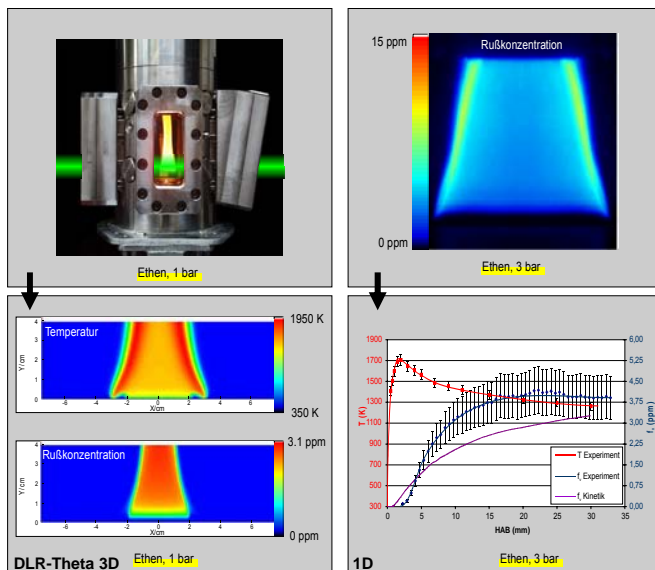
Unprecedented measurements of SO<sub>2</sub> concentrations in the upper tropical troposphere with a suite of instruments probing gas and particle phases

First in-flight tests of new instrument successful

Results helpful for estimating the aviation-induced sulfate aerosol enhancement (AP 3.1) and global model validation (AP 3.4)

*Minikin, Arnold, Schlager et al.*

## THETA / Coflame comparison



### Issues

- Coupling of a detailed soot model with finite-rate PAH chemistry to a complex fluid code
- Fix / optimize model parameters through comparisons to idealized experiments

Highly successful modeling of basic processes

Results helpful for validation of more complex soot oxidation schemes and future simulations of sooty turbulent flames within AP 1.1

Coflame experiment (PAZI-1) and simulations (PAZI-2)

*Gerlinger et al.*

## SP-2 / ECHAM4-MADE comparison

SP-2 is a single particle soot photometer using laser-induced incandescence to quantify BC above 0.15  $\mu\text{m}$  (NOAA, ESRL)

Single-particle measurements of mid latitude black carbon and light-scattering aerosols from the boundary layer to the lower stratosphere

J. P. Schwarz,<sup>1,2</sup> R. S. Gao,<sup>1</sup> D. W. Fahey,<sup>1,2</sup> D. S. Thomson,<sup>1,2</sup> L. A. Watts,<sup>1,2</sup> J. C. Wilson,<sup>3</sup> J. M. Reeves,<sup>3</sup> D. G. Baumgardner,<sup>4</sup> G. L. Kok,<sup>5</sup> S. Chung,<sup>1,2</sup> M. Schulz,<sup>6</sup> J. Hendricks,<sup>7</sup> A. Lauer,<sup>8</sup> B. Kürcher,<sup>7</sup> J. G. Slowik,<sup>9</sup> K. H. Rosenlof,<sup>1</sup> T. L. Thompson,<sup>1</sup> A. O. Langford,<sup>1</sup> M. Lowenstein,<sup>9</sup> K. C. Aikin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chemical Sciences Division, Earth System Research Laboratory, National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado, 80305 USA

<sup>2</sup> Earth and Atmospheric Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado, 80309

<sup>3</sup> Denver, Colorado, 80208 USA

<sup>4</sup> Instituto de Ciencias de la Atmosfera, Ciudad Universitaria, 04510,

CO, 80304

<sup>5</sup> Centre National de la Recherche Scientifique, Bat 70, 91191 Gif-sur-Yvette Cedex, France

<sup>6</sup> Leibniz Universität Hannover, D-30614 Hannover, Germany

<sup>7</sup> Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139 USA

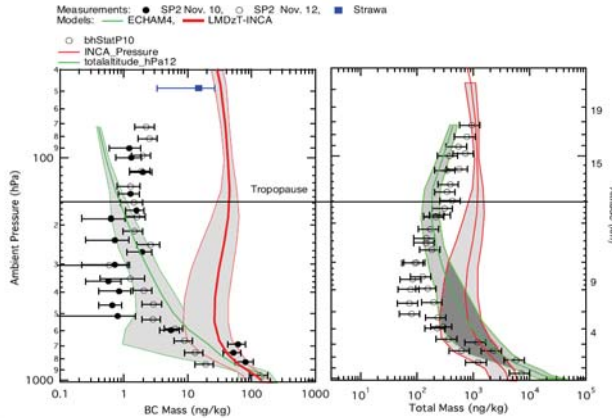
<sup>8</sup> University of Colorado, Boulder, Colorado, 80309 USA

<sup>9</sup> Institute of Physics, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK

NASA WB-57F

measurements taken at Houston, TX in 2004;

future developments will allow measurements of the full BC mass distribution



Hendricks et al.

## Toward a novel 4D aircraft (soot, NO<sub>x</sub>) inventory

| JT9D-7R4G2 [1PW029]        |     |        |        |         |          |  |
|----------------------------|-----|--------|--------|---------|----------|--|
| e.g., B747, B767, A300,... |     |        |        |         |          |  |
| FL                         | Ma  | Thrust | m_Fuel | Tt3     | pt3      |  |
| [hft]                      | [-] | [kN]   | [kg/s] | [K]     | [kPa]    |  |
| 240                        | 0,5 | 68,549 | 0,952  | 704,092 | 1191,118 |  |
| 240                        | 0,5 | 77,481 | 1,107  | 732,042 | 1316,304 |  |
| 240                        | 0,5 | 85,021 | 1,26   | 758,556 | 1424,773 |  |
| 240                        | 0,5 | 90,583 | 1,401  | 782,972 | 1506,835 |  |
| 240                        | 0,6 | 4,407  | 0,165  | 483,96  | 318,911  |  |
| 240                        | 0,6 | 8,19   | 0,22   | 514,274 | 391,854  |  |
| 240                        | 0,6 | 13,488 | 0,291  | 545,414 | 481,846  |  |

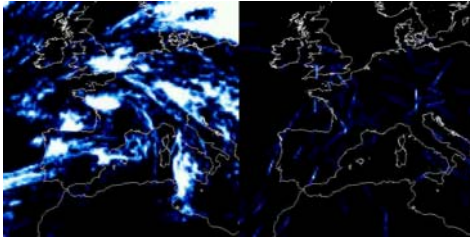
Tables of emission parameters for selected aircraft / engine combinations have been created

- encompasses the total (theoretically possible) range of engine parameters
- considers true flight levels (no altitude interpolation)
- next steps require the use of air traffic data

Plohr et al.

## Contrail-cirrus detection with MSG

MSG cirrus      air traffic movement data base

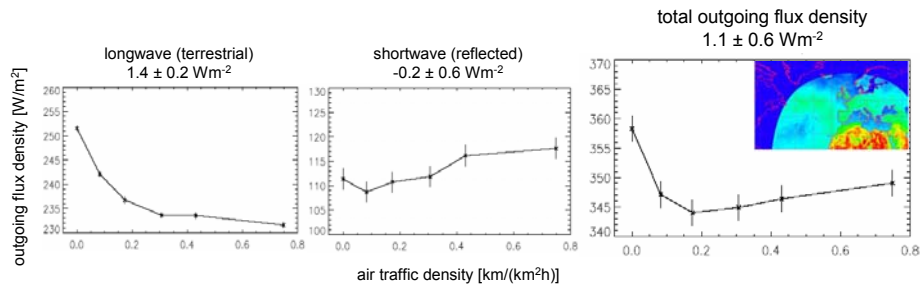


Feb - Dec 2004    15W - 20E    30N - 60N    0.25° x 0.25°

### Issues

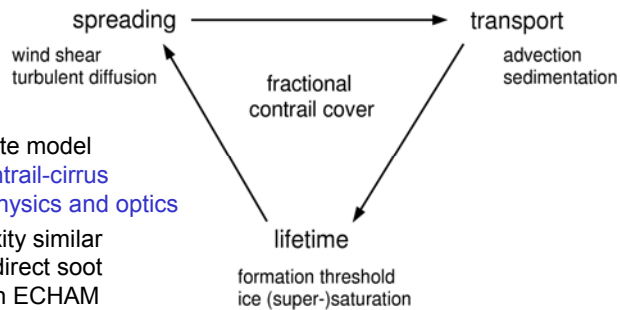
- Determination of aviation impact on high cloud cover and outgoing radiation
- Provide independent approach to climate model estimate (how can we compare both approaches?)

Unprecedented correlation of aircraft traffic density with visible and IR radiation fluxes



Krebs et al.

## Workplan extension: Contrail-cirrus in ECHAM

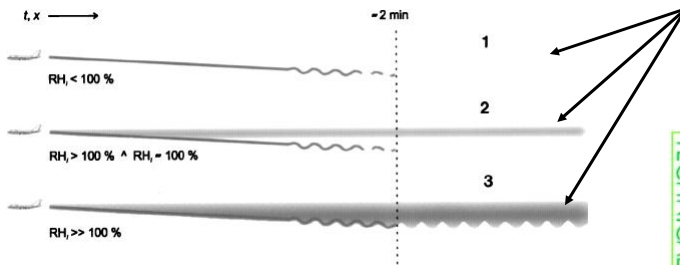


- Enable the global climate model to incorporate contrail-cirrus coverage, microphysics and optics
- Work load and complexity similar to treatment of indirect soot effects on cirrus in ECHAM
- For the first time, contrail-cirrus will be treated in a GCM; predict radiative impact with much higher confidence and narrow uncertainties of existing projections of aviation RF
- Prognostic contrail-cirrus concept for ECHAM has been set up, work started; incorporate remote-sensing results (Krebs, AP 2.3) and, at a later stage, small-scale contrail studies (Unterstraßer, AP 3.3)

Burkhardt et al.

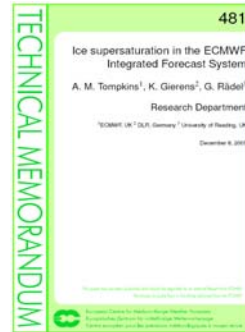
## Workplan extension: Contrail-to-cirrus transition

- Subgrid-scale contrail work defined in AP 3.3 (small-scale simulations of developing contrails)



different contrail morphologies—depending on type of aircraft and ambient conditions

- Investigate how the contrail-to-cirrus transition depends on emissions, wake dynamics, atmospheric state
- ECMWF Technical Memorandum on ice supersaturation published, work continues

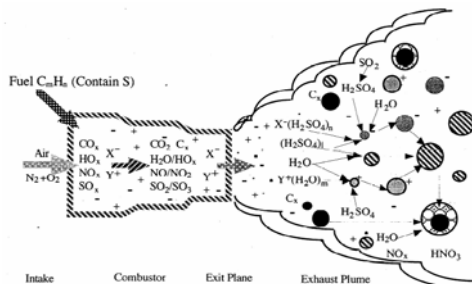


Untersträßer, Gierens et al.

## Extra work in 2006 ...



In which conditions do airfoil-induced contrails form and what are their microphysical characteristics?  
Is this new class of artificial ice clouds atmospherically relevant?



What is the mixing state of soot / sulfur mixtures in expanding aircraft wakes up to the regional scale (timescale ~ days)?

How does the mixing state-dependent ice nucleation ability of these soot / sulfate mixtures changes over time and thus determines the indirect effect?

## Session II - Tasks and milestones 2006

|                           | 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 | ← AP 1.1      |
| 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  | ← AP 2.1, 3.2 |
| 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 2007     |               |
| HMS 9 | Luftverkehrs-bedingte Bewölkungs- und Klimaänderung quantifiziert   | Dezember 2007 |               |

## Workplan shift: CIRCLE-2 airborne field campaign

Quantification of optical properties of cirrus particles using airborne, spaceborne and ground-based sensors.

Focus: Extensive characterization of optical and radiative properties of natural and anthropogenically influenced cirrus (with and without lower clouds; preferably over water).

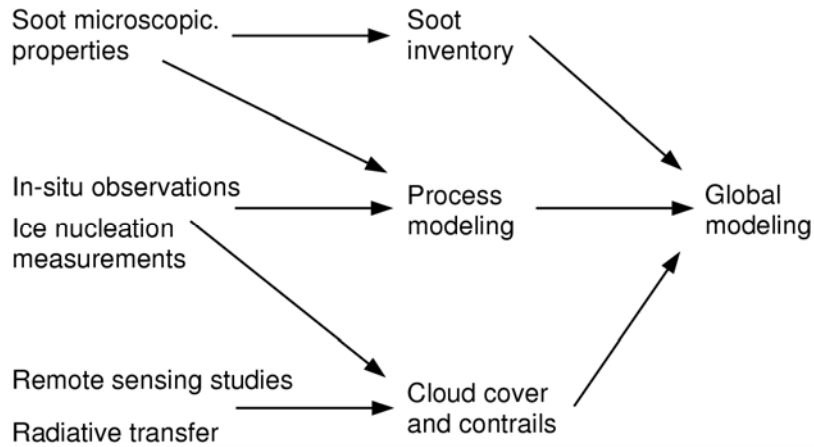
Goal: Radiation case studies and validation of satellite retrievals with unprecedented instrumentation (synergy).

Use MSG information (15 min coverage)  
Exploit synergy with CALIPSO (active=lidar/radar + passive=satellite + in-situ)

**Joint CNES / DLR / NASA mission now scheduled for May/June 2007.**

Seek ESA support for financial back-up.

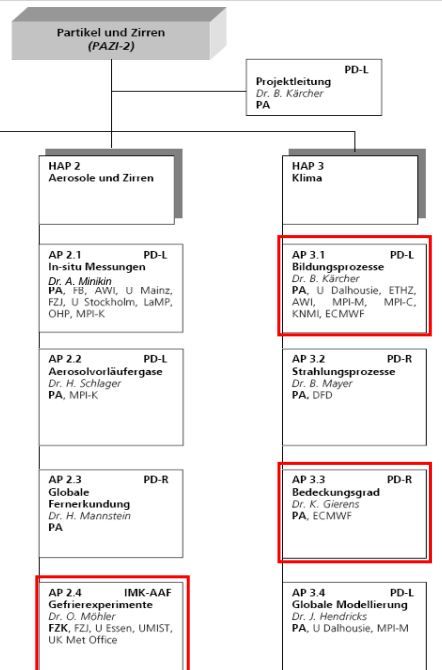
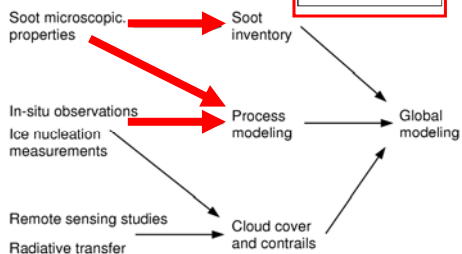
## Project workflow



## Tasks and milestones 2006

- Complete soot oxidation measurements and modeling
- Collect air traffic flow data
- Categorize ice nuclei measurements (esp. soot/sulfur)
- Evaluate potential for indirect soot effect at the cloud scale
- First results: contrail simulations

Gerlinger, Plohr, Möhler, Kärcher, Unterstraßer, Gierens et al.

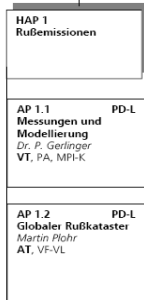
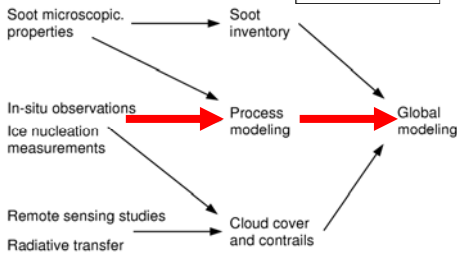




## Tasks and milestones 2006

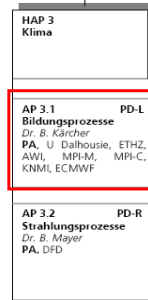
- Evaluate CIRCLE-1 (= LAUNCH and TROCCINOX) data
- Employ SO<sub>2</sub> instrument in campaigns outside PAZI-2
- SO<sub>2</sub> measurement global model intercomparison and validation
- Planning on CIRCLE-2
- First results: cirrus simulations

Minikin, Fiebig, Schlager, Voigt, Mayer, Kärcher, Sölch, Hendricks et al.



Partikel und Zirren (PAZI-2)

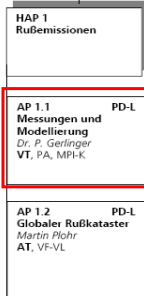
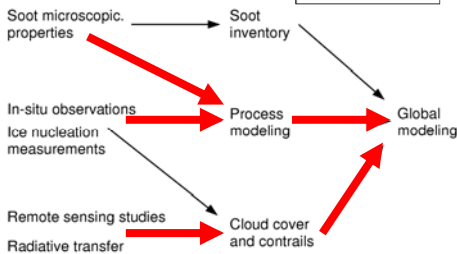
Projektleitung PD-L  
Dr. B. Kärcher  
PA



## Tasks and milestones 2006

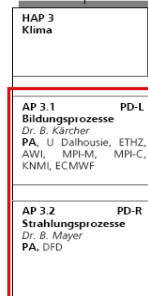
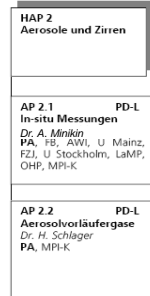
- Complete work on MSG analysis, robustness and uncertainties
- Model studies of optically relevant contrail properties
- Start work on radiation parameterization
- Upper tropospheric relative humidity from MOZAIC and ECMWF
- First results: global contrail cirrus and indirect effect studies

Krebs, Mannstein, Gierens, Emde, Mayer, Burkhardt, Kärcher, Hendricks et al.



Partikel und Zirren (PAZI-2)

Projektleitung PD-L  
Dr. B. Kärcher  
PA



**Workpackage summaries 1.1.2005 - 31.12.2005**

**HAP 1 / AP 1.1** Rußemissionen / Messungen und Modellierung  
**PI** Gerlinger, VT  
**Meilenstein(e)** Reaktor zur Rußoxidation aufgebaut (12/04, wurde 2/2005 erreicht);  
PAZI-2 Brennkammer aufgebaut und betriebsbereit

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Konstruktion und Aufbau der PAZI-2 Brennkammer: Die neu konstruierte PAZI-2 Brennkammer wurde Anfang 2005 fertig gestellt und unter heißen Bedingungen getestet. Durch zwei vollständig in Quarzglas ausgeführte Seitenwände besitzt diese Brennkammer einen guten optischen Zugang. Bei ersten Probetrieben am Hochdruckbrennkammerprüfstand Stuttgart (HBK-S) haben sich Probleme mit der Befestigung der Quarzglasfenster gezeigt, die zu mechanischen Deformationen und Fensterbrüchen führten. Dies konnte durch einen Brennkammerumbau (Fensterhalterung) behoben werden. Ferner traten in der Brennkammer thermoakustische Schwingungen auf (mit und ohne Sekundärlufteinblasung), deren Ursachen in Hinblick auf eine Minimierung untersucht wurden. Dazu sind dynamische Druckmessungen an verschiedenen Positionen in, vor und nach der Brennkammer vorgenommen worden. Durch den Einsatz einer Hochgeschwindigkeitskamera und durch die Nutzung der für LII verwendeten Slow Scan Kamera (phasengetriggert) konnten die Pulsationen zeitlich aufgelöst visualisiert werden. Momentan werden Maßnahmen untersucht, mit denen sich die auftretenden Brennkammerschwingungen weiter reduzieren lassen.

Mobilmachung und Einsatz der Meßtechniken: Im Berichtszeitraum wurde der mobile Lasercontainer für Temperatur- (SV-CARS) und Rußkonzentrationsmessungen (LII) fertig gestellt. Neben der Vielzahl an optischen Komponenten enthält er zahlreiche Steuerelemente für einen Betrieb mit Fernbedienung. Eine präzise Klimatisierung zur Aufrechterhaltung der Laserjustage beim Einsatz unter technischen Umgebungsbedingungen wurde erreicht und eine Temperaturstabilität von  $\pm 1/4$  °C im Betrieb bestätigt. Sowohl die Lasermeßtechniken als auch die Abgas- und Ruß-Sondenmessverfahren sind einsatzbereit und wurden bei zwei Meßkampagnen im Jahr 2005 am HBK-S eingesetzt.

Mehrdimensionale Brennkammersimulationen: Im Berichtszeitraum ist ein neues PAH- und Rußmodell entwickelt und im THETA-Code implementiert worden. Es basiert auf detaillierter Chemie für die Gasphase und ist damit in Hinblick auf die Rechenzeit relativ aufwendig, dafür aber allgemein einsetzbar. Die bei der Verbrennung entstehenden Komponenten Benzol und Azethylen stellen bei diesem Modell die Ausgangsstoffe für die Bildung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAHs) dar. Da die große Vielzahl an PAHs bei dreidimensionalen Simulationen nicht berücksichtigt werden kann, basiert die PAH-Modellierung auf deren Unterteilung in eine beliebig vorwählbare Anzahl von PAH-Klassen (Bin-Modell oder sectional approach). Jede Klasse steht für PAHs in einem bestimmten Atommassenbereich. Für sie werden Transportgleichungen gelöst wobei sich prinzipiell alle PAH-Wachstums- und Abbauprozesse berücksichtigen lassen. Implementiert wurden ein Wachstum der PAHs durch Azethylen-Anlagerung und durch Koagulation von PAHs verschiedener Größenklassen. Die PAH-Oxidation ist durch Reaktionen mit O<sub>2</sub> und OH beinhaltet. Die schwersten PAHs bilden schließlich Rußpartikel. Zur Beschreibung des Rußes werden Transportgleichungen für den Rußvolumenbruch und die Anzahl der Rußpartikel pro Volumen gelöst. Das Rußwachstum erfolgt durch die Anlagerung von Azethylen und/oder von PAHs. Agglomeration führt wiederum zu einer Reduzierung der Zahl an Rußpartikeln. Die Oxidation des Rußes kann durch O<sub>2</sub> und OH erfolgen. Das Rußmodell ist in der beschriebenen Form inzwischen vollständig implementiert und getestet.

Zur Berücksichtigung des Einflusses der Turbulenz auf die chemischen Umsatzraten wird ein multi-variater assumed PDF-Ansatz (vorgegebene PDF) verwendet. Er beruht auf einer Gauß-Verteilung für die Temperatur und einer multi-variater Beta-Verteilung für die Gaskomponenten und PAHs. Die Temperatur-PDF ist implementiert, an der Spezies-PDF wird gearbeitet.

Grundlagenexperiment zur Rußoxidation: Der Rußoxidationsreaktor zur isolierten Untersuchung der Oxidation von Rußpartikeln wurde geringfügig verspätet fertig gestellt und Anfang 2005 in Betrieb genommen. Als Rußquelle dient eine vorgemischte Ethylenflamme, bei der sich durch Variation des Brennstoff/Luft-Verhältnisses gewünschte Ruß-Größenverteilungen einstellen lassen. Die Rußquelle musste zunächst stabilisiert werden, um reproduzierbare Bedingungen zu erreichen. An Oxidationsreaktor wurden zahlreiche Untersuchungen zur Charakterisierung der Zustände im Reaktor und zur Rußoxidation durchgeführt. Dabei wurden die Temperatur im Reaktor, die Partikelgröße und die Verweilzeit variiert.

Messungen an realen Triebwerken: Mit einem EEPS-Gerät (Engine Exhaust Particle Sizer) wurden Partikelgrößenverteilungen online im Abgas eines Kleinflugzeug (Robin DR400 mit Lycoming O-360 Motor) gemessen. Die Zeitauflösung von 10 Hz erlaubte auch die transiente Bestimmung von Partikelgrößenverteilungen. Der verwendete Kraftstoff war AVGAS 100 LL. In Zusammenarbeit mit dem

Schweizerischen Bundesamt für Zivilluftfahrt konnte ein gesamter ICA-Zyklus und Cruise vermessen werden. Die Testpunkte waren Taxi (7% Last), Approach (30%), Cruise (65%), Climb (85%) und Take Off (100%).

## **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Konstruktion und Aufbau der PAZI-2 Brennkammer: Die neue, optisch zugängliche PAZI-II Brennkammer ist fertig gestellt. Gleiches gilt für die Mobilmachung der Meßtechniken. Alle für HBK-S-Versuche vorgesehenen Meßmethoden sind ausgetestet und einsatzbereit.

Untersuchungen an der PAZI-2 Brennkammer: Im Rahmen zweier Meßkampagnen im Jahr 2005 wurden Untersuchungen an der neuen Brennkammer mit und ohne Sekundärlufteinblasungen durchgeführt. Der Brennkammerdruck lag dabei zwischen 5 und 15 bar, das Luft/Brennstoff-Verhältnis wurde zwischen 0,8 und 1,7 variiert. Wie erwartet bewirkte die zugeführte Sekundärluft eine starke Abnahme der Rußkonzentration. Es wurden umfangreiche, räumlich aufgelöste Meßdaten in Hinblick auf die Rußbildung gewonnen, die teilweise noch ausgewertet werden. Momentan wird versucht, die in der Brennkammer auftretenden thermoakustischen Schwingungen weiter zu reduzieren.

Mehrdimensionale Brennkammersimulationen: Das neu implementierte PAH- und Rußmodell ist in einem ersten Schritt an zahlreichen Modellflammen mit unterschiedlichen Brennstoffen validiert worden. Unter anderem wurde auch das im Rahmen von PAZI-1 durchgeführte Grundlagenexperiment (Coflame-Brenner) gerechnet. Die Simulationen haben eine sehr gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Rechnung aufgezeigt. Darüber hinaus konnten zahlreiche Modellparameter optimiert und der Einfluss der Zahl an PAH-Klassen untersucht werden. Erste Simulationen turbulenter rußender Flammen werden momentan vorgenommen. Den bisher gerechneten Flammen lagen als Brennstoffe relativ kurz-kettige Kohlenwasserstoffe zu Grunde. Für die Simulation von Kerosin wird ein Reaktionsmechanismus benötigt, der klein genug ist, um bei dreidimensionalen Rechnungen eingesetzt zu werden, der andererseits aber auch eine genaue Vorhersage von Benzol und Azethylen ermöglicht. Daran wird momentan gearbeitet,

Grundlagenexperiment zur Rußoxidation: Vor Durchführung der eigentlichen Rußoxidationsexperimente war die Reproduzierbarkeit und Stabilität der Rußquelle zu gewährleisten. Dies wurde im Berichtszeitraum erreicht. Bei den Untersuchungen zur Oxidation von Rußpartikeln mit Sauerstoff wurde die Abnahme des mittleren Rußdurchmessers und der Partikelanzahl in Abhängigkeit von der Temperatur, der Verweilzeit und des Sauerstoffgehalts untersucht. Die daraus hervorgegangenen Resultate dienen der Validierung von Rußoxidationsmodellen. Die Datenbasis soll durch weitere Untersuchungen verbessert werden.

Messungen an realen Triebwerken: Zeitaufgelöste (0.1 s) Messungen von Partikelverteilungen wurden im Abgas eines Kleinflugzeug durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, daß AVGAS Nanopartikel produziert und der Durchmesser der Partikel mit dem Lastpunkt zunimmt (von 35 nm bei 7% auf 58 nm bei 100% Last).

## **Input/Output**

O: Ergebnisse aus den experimentellen Untersuchungen des AP 3.1 wurden als Validierungsdaten an die numerischen Teilbereiche übergeben. Die Mitwirkung von AP 2.1 und MPI-K an den HBK-S Meßkampagnen verschiebt sich auf Grund der noch zu reduzierenden Brennkammerschwingungen auf 2006.

## **Publikationen**

Di Domenico, M., P. Gerlinger, and M. Aigner

Detailed Soot Formation Model in Flames.

Proceedings of the European Combustion Meeting, 2005.

Di Domenico, M., P. Gerlinger, and M. Aigner

Modeling Soot Formation in Methane Diffusion Flames.

AIAA paper 2006-1163, 2006

Di Domenico, M., P. Gerlinger, and M. Aigner

Modeling Soot Formation in Laminar Ethylene-Air Diffusion Flames.

eingereicht für: 42nd AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit, 2006.

Geigle, K.P., Y. Schneider-Kühnle, M. Tsurikov, R. Hedef, R. Lücknerath, V. Krüger, W. Stricker, and M. Aigner

Investigation of laminar pressurized flames for soot model validation using SV-CARS and LII

Proceedings International Symposium on Combustion, Vol. 30, pp. 1645-1653, 2005

- Geigle, K.P., M.S. Tsurikov, W. Meier, V. Krüger, and R. Hedef  
Laser-induced incandescence and shifted vibrational CARS in laminar premixed flames at atmospheric and elevated pressures.  
Proceedings of the International Bunsen Discussion Meeting and Workshop on Laser-induced incandescence: qualitative interpretation, modelling, application, 2005
- Kanjarkar, S., C. Wahl, and M. Aigner  
Investigation of Nano-Soot Particle Oxidation in a Flow Reactor  
9<sup>th</sup> International ETH-Conference on Combustion Generated Particles, 2005
- Krüger V., K.P. Geigle, Y. Schneider-Kühnle, R. Hedef, M. Tsurikov, and M. Aigner  
Mesure par LII de la concentration et de la taille de la suie dans une flamme prémélangée laminaire  
12. Congres Francais de Mecanique (CFM), angenommen, 2005
- Schneider-Kühnle, Y.  
Experimentelle Untersuchung rußender Hochdruckflammen mit laserdiagnostischen Messmethoden..  
DLR Forschungsbericht 2005-06
- Tsurikov, M.V., K.P. Geigle, V. Krüger, Y. Schneider-Kühnle, W. Stricker, R. Lücknerath, R. Hedef, and M. Aigner  
Laser-based Investigation of Soot Formation in Laminar Premixed Flames at Atmospheric and Elevated Pressures Investigation of Nano-Soot Particle Oxidation in a Flow Reactor  
Combustion Science and Technology, Vol. 177, pp. 1635-1862, 2005
- Wahl, C., Th. Rindlisbacher, and L. Hjelmberg  
Microphysical and chemical properties of nanoparticles emitted by flight engines  
24<sup>th</sup> Annual AAAR Conference, 2005
- Wahl, C., H. Jaafar jr, and M. Kapernaum  
Soot formation and identification of soot precursors in a fuel rich ethylene flame  
9<sup>th</sup> International ETH-Conference on Combustion Generated Particles, 2005

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <b>HAP 1 / AP 1.2</b> | Rußemissionen / Globaler Rußkataster  |
| <b>PI</b>             | Plohr, AT   |
| <b>Meilenstein(e)</b> | Tabellen emissionsrelevanter Parameter für ausgewählte Flugzeug-Triebwerk-Kombinationen erstellt (MS 2-2) |

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Thermodynamische Modelle der in Meilenstein MS 2-1 als repräsentativ ausgewählten 52 Jet- und 4 Turboprop-Triebwerkstypen wurden auf der Basis öffentlich verfügbarer Daten (ICAO Aircraft Engine Emissions Data Base, Jane's Aero Engines) erstellt.

Mit Hilfe dieser thermodynamischen Modelle wurden mit einem Triebwerkssyntheseprogramm Tabellen der emissionsrelevanten Parameter über den gesamten Einsatzbereich erstellt.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Für die in MS 2-1 ausgewählten 52 Jet- und 4 Turboprop-Triebwerke wurden thermodynamische Modelle erstellt. Dazu wurden die durch öffentlich zugängliche Quellen (ICAO Aircraft Engine Emissions Data Base, Jane's Aero Engines, diverse Fachzeitschriften, Herstellerwebseiten) verfügbaren Informationen gesammelt. Auf der Basis der darin enthaltenen Informationen für den Betriebspunkt 100% Schub am Boden im Stand („Take-off“ im ICAO LTO-Zyklus) wurden individuelle Rechenmodelle für jeden repräsentativen Triebwerkstyp ausgelegt.

Mit Hilfe der übrigen Betriebspunktdaten der ICAO-Datenbank für den Boden/Stand-Fall wurde das Verhalten dieser Modelle abseits vom Auslegungsbetriebspunkt (Off-Design) überprüft und gegebenenfalls der Verlauf der Komponentenwirkungsgrade ermittelt, so dass sich eine maximale Übereinstimmung der Simulationsergebnisse mit den Werten aus der Datenbank ergab.

Zur abschließenden Validation der Modelle wurden die Daten typischer Triebwerks-Betriebspunkte im Reiseflug berechnet und, sofern verfügbar, mit den in den Quellen angegebenen Werten verglichen. In allem Fällen konnte eine sehr gute Übereinstimmung festgestellt werden.

Anschließend wurden die Emissionskorrelationen für NO<sub>x</sub>, CO und HC für die einzelnen Triebwerkstypen erstellt. Dazu wurden auf der Basis der in der ICAO-Datenbank verfügbaren Messwerte aus der Emissionszertifizierung für jedes Triebwerksmodell individuelle Referenzfunktionen für NO<sub>x</sub>, CO und HC ermittelt. Dabei wurden die Emissionsindizes der jeweiligen Spezies mit dem zugehörigen charakteristischen Parameter korreliert. Die so erhaltenen Referenzfunktionen wurden anschließend in die Simulationsmodelle der Triebwerke implementiert.

Die Emissionskorrelation für Ruß soll im Laufe des nächsten Jahres anhand der dann verfügbaren Messergebnisse aus PAZI-2, AP 1.1 und 2.4, überprüft und gegebenenfalls verbessert werden; daher wurden bisher nur die Rußdaten der ausgewählten Triebwerkstypen gesammelt und aufbereitet, die endgültige Implementierung erfolgt dann unmittelbar nach Abschluss des MS 2-3.

Mit Hilfe der so erstellten Triebwerks-Simulationsmodelle und der bis hierhin verfügbaren Emissionskorrelationen wurden Tabellen der emissionsrelevanten Parameter und der Emissionsindizes für alle repräsentativen Triebwerkstypen und alle theoretisch erreichbaren Betriebspunkte berechnet. Aus diesen Tabellen werden bei der abschließenden Katastererstellung die relevanten Daten automatisiert ausgelesen und entsprechend dem Flugprofil der jeweiligen Flugzeug-Triebwerk Kombination zugewiesen.

### **Input/Output**

I: Liste der statistisch relevanten Flugzeug-Triebwerk Kombinationen (MS 2-1); O: Tabellen emissionsrelevanter Parameter für die ausgewählten repräsentativen Triebwerke

### **Publikationen**

Keine.

**HAP 2 / AP 2.1** Aerosole und Zirren / In-situ Messungen  
**PI** Minikin, PA  
**Meilenstein(e)** Meßkampagnen PAZI-2/TROCCINOX und PAZI-2/LAUNCH durchgeführt

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Die Planung für die CIRCLE-1-Flugzeugmesskampagne wurde gegenüber dem Stand im PAZI-Projektplan revidiert, unter anderem um eine effizientere Durchführung von DLR Falcon-Missionen mit IPA-Beteiligung in 2005 zu ermöglichen. Für PAZI-Projektziele relevante Messungen wurden im Rahmen von zwei externen Flugzeug-Feldkampagnen mit der Falcon durchgeführt: bei TROCCINOX im Februar und LAUNCH im September 2005. Dabei wurden auch Flugmissionen zum direkten Nachweis des indirekten Aerosoleffekts durchgeführt, die aber noch nicht erfolgreich waren, im Wesentlichen auf Grund ungünstiger meteorologischer Bedingungen.

Die TROCCINOX-Messkampagne (<http://www.pa.op.dlr.de/troccinox/>) fand in Aracatuba im brasilianischen Bundesstaat Sao Paulo statt. Es wurden im Zeitraum 4.-19. Februar 2005 mit der Falcon 11 lokale Meßflüge durchgeführt, davon die ersten 6 Meßflüge mit einer erweiterten, insbesondere auf PAZI-Fragestellungen abzielenden in-situ Instrumentierung (u.a. CR-2-Frostpunkthygrometer, DLR-IPA; Wasserdampf-TDL, Jülich; SO<sub>2</sub>-Massenspektrometer, DLR-IPA/MPI-K). Ein wichtiger Punkt war hierbei der erste Einsatz des SO<sub>2</sub>-Instrumentes (AP 2.2). Die so erweiterte Instrumentierung kompensierte das Fehlen ursprünglich für CIRCLE-1 vorgesehener Meßgeräte externer Partner (Aerosol-Massenspektrometer, Mainz; Eisswassersammler, Jülich), die nicht rechtzeitig zur Verfügung gestellt werden konnten. Bei den durchgeführten Meßflügen wurden u.a. Zirren und Gebiete hoher Luftfeuchte in 9-12 km Höhe vermessen, die im Zusammenhang mit Frontsystemen oder hochreichender Konvektion standen.

Die PAZI-2/LAUNCH-Meßkampagne (<http://www.pa.op.dlr.de/pazi-falcon/>) wurde in Begleitung zu der bodengebundenen LAUNCH-Studie des DWD in Lindenberg durchgeführt. Hierzu wurden mit der Falcon in Kooperation mit den ATC Centern in Karlsruhe und München fünf Meßflüge durchgeführt, die die Beprobung persistenter Kondensstreifen unterschiedlicher Flugzeugtypen zum Ziel hatten. Hierzu wurden von A. Dörnbrack neue Vorhersagen von Auftrittsgebieten von Kondensstreifen (nach modifiziertem Schmidt-Appleman-Kriterium) sowie von Gebieten mit geeigneten Bedingungen für die Ausbildung persistenter Kondensstreifen basierend auf ECMWF-Daten entwickelt und für die Flugplanung eingesetzt. Flugbewegungsdaten der DFS wurden zusammen mit ECMWF-Daten für die Analyse der Lage und Verdriftung persistenter Kondensstreifen genutzt. Die Falcon-Instrumentierung umfasste Messungen der Luftfeuchte, der Aerosolmikrophysik und Spurengasen (DLR-IPA) sowie von Eiskristalleigenschaften (Univ Clermond-Ferrand).

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Bei TROCCINOX gelang erstmalig die Erprobung eines neuen Meßgeräts zur Bestimmung des Wasserdampfgehalts der oberen Troposphäre mit TDL-Methodik. In mehreren Fällen wurden im Bereich von Zirren hohe Eisübersättigungen bis zu 140% gemessen. Weitergehende Auswertungen werden in den nächsten Monaten durchgeführt werden. Bei PAZI-LAUNCH gelang es in einigen Fällen Kondensstreifen bis zu einem geschätzten Plumealter von ca. 20 min teilweise mehrfach zu beproben. Erste vorläufige Auswertungen zeigten von natürlichen Zirren systematisch abweichende mikrophysikalische Eigenschaften. Darüber hinaus wurden wertvolle operationelle Erfahrungen für die künftige Durchführung von Missionen zur Charakterisierung persistenter Kondensstreifen gewonnen.

### **Input/Output**

O: Qualitätsgeprüfte Messdaten von Falcon-Messflügen bei PAZI-2/TROCCINOX in TROCCINOX-Datenbank (<http://www.pa.op.dlr.de/troccinox/private/database/>; Kennwort-geschützt). Datenbank mit Meßdaten der PAZI-2/LAUNCH-Meßdaten ist in Vorbereitung (für Frühjahr 2006).

### **Publikationen**

Keine.

**HAP 2 / AP 2.2**            Aerosole und Zirren / Aerosolvorläufergase  
**PI**                            Schlager, IPA  
**Meilenstein(e)**           Prototyp SO<sub>2</sub>-Meßsystem aufgebaut (mit Arnold, MPI-K)

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Ein flugzeug-getragenes ITCIMS (Ion Trap Chemi-Ionisation Mass Spektrometer) - Instrument wurde aufgebaut. Zur Kalibrierung im Flug wurde eine SO<sub>2</sub>-Quelle mit isotopisch markiertem SO<sub>2</sub> realisiert.

Das ITCIMS-Instrument wurde an Bord der Falcon bei der TROCCINOX-Meßkampagne in Brasilien bei 5 Lokalflügen und bei der SCOUT-Meßkampagne in Darwin bei 9 Lokalflügen und 12 Transferflügen zwischen Deutschland und Australien im Februar 2005, beziehungsweise Nov./Dez. 2005, für atmosphärische SO<sub>2</sub>-Messungen eingesetzt.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Der ITCIMS-Prototyp wurde planmäßig fertiggestellt. Der Meilenstein 2005 wurde damit erreicht.

Der Einsatz des ITCIMS-Instrumentes an Bord der Falcon bei der TROCCINOX- und SCOUT-Kampagne verlief erfolgreich. Zusammen mit den ITOP-Messungen in 2004 liegen nun SO<sub>2</sub>-Verteilungen von der planetaren Grenzschicht bis in die mittlere/obere Troposphäre für mittlere Breiten, subtropische und tropische Gebiete vor. Die Messungen beinhalten Beobachtungen der Hintergrundverteilung aber auch Fallstudien, bei denen direkt im Ausströmbereich hochreichender Konvektion gemessen wurde.

Geplant ist ein Vergleich gemessener SO<sub>2</sub>-Vertikalprofile aus verschiedenen geographischen Breiten mit Simulationen des globalen ECHAM4/MADE Klimamodells (AP 3.4). Die Messungen schaffen eine wertvolle Grundlage zur Validierung des Modellsystems.

### **Geplante Arbeiten 2006**

Fertigstellung einer Publikation mit Beschreibung des ITCIMS-Instrumentes (s.u.).

Auswertung der SO<sub>2</sub>-Messungen bei den Falcon-Flügen 2005.

Einsatz des ITCIMS-Instrumentes bei der AMMA-Kampagne im August 2006.

### **Input/Output**

Im Berichtszeitraum nicht vorgesehen.

### **Publikationen**

Speidel, M., R. Nau, F. Arnold, and H. Schlager:

Sulfur dioxide measurements in the troposphere and lower stratosphere over Europe: Deployment of a novel aircraft-based ion trap CIMS instrument with permanent in-flight calibration, in preparation, 2005



**HAP 2 / AP 2.3**            Aerosole und Zirren / Globale Fernerkundung  
**PI**                            Mannstein, PA  
**Meilenstein(e)**            Wolkenphysikalische Parameter abgeleitet

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Programmierung und Implementierung verschiedener Retrieval- Methoden (tabellen-basiert, künstliche neuronale Netzwerke) zur Ableitung wolkenphysikalischer Parameter und der Strahlungsbilanz aus METEOSAT-8 Daten.

Bestimmung des Kondensstreifenbedeckungsgrades aus AATSR und AVHRR Daten für das Jahr 2004.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Für einzelne METEOSAT-8 Szenen wurden die wolkenphysikalischen Parameter optische Dicke und Partikelgröße mit den in AP 3.2 erreichten Methoden bestimmt. Die derzeit verfügbare Rechenkapazität reicht jedoch nicht aus, um mit dieser Methode alle verfügbaren METEOSAT-8 Daten in vertretbarer Zeit zu bearbeiten.

Im Rahmen des ESA-DUE Projektes ‚contrails‘, das eng mit der Thematik von PAZI-2 verknüpft ist, wurde für das gesamte Jahr 2004 wurde aus METEOSAT-8 Daten für Europa und den Ost-Atlantik der Zirkusbedeckungsgrad, die terrestrische Ausstrahlung und der solare reflektierte Strahlungsfluß mit einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten bestimmt und mit dem Flugverkehr in Beziehung gesetzt. Von EUROCONTROL wurde ein räumlich und zeitlich hoch aufgelöster Datensatz zum Flugverkehr über Europa und dem Nordatlantik zur Verfügung gestellt. Dadurch konnte der im Jahr 2000 aus einem begrenzten Datensatz gefundene und in Mannstein und Schumann (2005) veröffentlichte Zusammenhang zwischen Flugverkehrsdichte und Zirkusbedeckung eindeutig bestätigt werden. Desweiteren wurde die terrestrische Ausstrahlung und die reflektierte Strahlung mit der Flugverkehrsdichte korreliert und so zum ersten mal der Einfluß des Flugverkehrs auf die Strahlungsbilanz aus Satellitendaten direkt abgeleitet.

Für denselben Zeitraum wurde aus einem umfangreichen Datensatz an AVHRR und AATSR Daten der Bedeckungsgrad an linearen Kondensstreifen für den Nordatlantischen und Europäischen Raum ermittelt. Die bei der AAC Konferenz (2003) vorgestellte Hypothese, daß der zusätzliche Bedeckungsgrad an Zirren etwa das 10-fache des Bedeckungsgrads an linearen Kondensstreifen beträgt, wurde beim Vergleich zwischen diesen Resultaten und den aus METEOSAT-8 gewonnenen Bedeckungsgraden bestätigt.

Die weitere Bearbeitung und Veröffentlichung dieser Zwischenergebnisse zum AP 2.3 steht noch aus.

### **Input/Output**

I: Zirkus retrieval (AP 3.2); O: Datensätze zu Zirkus-Bedeckung und Strahlungsflussdichten aus METEOSAT-8 Daten für das Jahr 2004, Kondensstreifenbedeckung für 2004 aus AATSR und AVHRR Daten.

### **Publikationen**

Mannstein, H., and U. Schumann (2005): Aircraft induced contrail cirrus over Europe. *Meteorol. Z.*, 14 (4), DOI 10.1127/0941-2948/2005/0058, 549-554.

Mannstein, H., P. Spichtinger, and K. Gierens (2005): A Note on How to Avoid Contrail Cirrus. *Transport. Res.*, 10, 421-426.

Minnis, P., R. Palikonda, B.J. Walter, K.J. Ayers, and H. Mannstein (2005): Contrail properties over the eastern North Pacific from AVHRR data. *Meteorol. Z.*, 14 (4), DOI 10.1127/0941-2948/2005/0056, 515-523.

Palikonda, R., P. Minnis, D.P. Duda, and H. Mannstein (2005): Contrail coverage derived from 2001 AVHRR data over the continental United States of America and surrounding areas. *Meteorol. Z.*, 14 (4), DOI 10.1127/0941-2948/2005/0051, 525-536.

**HAP 2 / AP 2.4** Aerosole und Zirren / Gefrierexperimente  
**PI** Möhler, IMK-AAF  
**Meilenstein(e)** I/2005: AIDA I-Experimente mit Verbrennungsruß (CAST) durchgeführt.  
IV/2005: Auswertung AIDA I abgeschlossen.

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Auswertung und Publikation der Messkampagne AIDA I: Eisnukleation von Verbrennungsruß.  
Publikation der AIDA-Experimente zum Immersionsgefrieren von Russpartikeln in Schwefelsäuretröpfchen.  
Erste Experimente zum Einfluss von Oberflächenschichten (Schwefelsäure, Ammoniumsulfat, organisches Material) auf die Eisnukleation an trockenen Mineralpartikeln.  
Aufbau und erster erfolgreicher Laboreinsatz des neuen Messgeräts PHIPS zur gleichzeitigen Messung von Größe, Form und polarer Streufunktion einzelner Eiskristalle.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Rußpartikel mit unterschiedlichem Gehalt an organischem Kohlenstoff (OC) wurden mit dem so genannten CAST-Brenner bei unterschiedlichem Luft/Propan-Verhältnis erzeugt. Bei einer Temperatur von 208 K zeigten Partikel mit einem mittleren OC-Gehalt von 16% Eisnukleation bei geringerer Eisübersättigung als reine Schwefelsäuretröpfchen ähnlicher Größe. Bei einem OC-Gehalt von 40% war die Eisnukleation beinahe vollständig unterdrückt (Möhler et al., 2005a).

Rußpartikel aus einem Graphit-Funkengenerator zeigen Eisnukleation bei Eissättigungsverhältnissen zwischen 1.1 und 1.3. Intern gemischt mit Schwefelsäuretröpfchen zeigen dieselben Partikel Immersionsgefrieren bei etwa 20% geringerer Eisübersättigung als reine Schwefelsäuretröpfchen (Möhler et al., 2005b).

Eisnukleationsexperimente mit unterschiedlichen reinen und gemischten Aerosolpartikeln zeigen bei Zirrentemperaturen eine große Bandbreite von Gefrierfeuchten und Eisbildungsraten (Mangold et al., 2005). Neuere Experimente zum Gefrieren reiner Wassertröpfchen haben gezeigt, daß mit AIDA-Experimenten auch Eisnukleationsraten verlässlich gemessen werden können (Benz et al., 2005). Diese Arbeiten sind wichtige Meilensteine auf dem Weg der Entwicklung und Überprüfung von Parametrisierungen für die numerische Behandlung heterogener Eisnukleation in Modellen (in Kooperation mit B. Kärcher, AP 3.1).

Für den Einsatz auf HALO wird eine neues Meßgerät namens PHIPS (Particle Habit Imaging and Polar Scattering probe) entwickelt, das die Größe, Kristallform und polare Streufunktion einzelner Kristalle misst. Ein Prototyp wurde erstmals erfolgreich im Laboreinsatz an der AIDA-Wolkenkammer getestet.

### **Input/Output**

O: Gefrierfeuchten verschiedener Aerosole bei simulierten Zirrenbedingungen; Datensätze für den gezielten Vergleich mit Prozessmodellen.

### **Publikationen**

- Benz, S., K. Megahed, O. Möhler, H. Saathoff, R. Wagner, and U. Schurath  
T-dependent rate measurements of homogeneous ice nucleation in cloud droplets using a large atmospheric simulation chamber. *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, 176, 208-217, 2005.
- Mangold, A., R. Wagner, H. Saathoff, U. Schurath, C. Giesemann, V. Ebert, M. Krämer, and O. Möhler  
Experimental investigation of ice nucleation by different types of aerosols in the aerosol chamber AIDA: implications to microphysics of cirrus clouds. *Meteorol. Z.*, 14, 485-497, 2005.
- Möhler, O., C. Linke, H. Saathoff, M. Schnaiter, R. Wagner, A. Mangold, M. Krämer, and U. Schurath  
Ice nucleation on flame soot aerosol of different organic carbon content. *Meteorol. Z.*, 14, 477-484, 2005a.
- Möhler, O., S. Büttner, C. Linke, M. Schnaiter, H. Saathoff, O. Stetzer, R. Wagner, M. Krämer, A. Mangold, V. Ebert, and U. Schurath  
Effect of sulphuric acid coating on heterogeneous ice nucleation by soot aerosol particles. *J. Geophys. Res.*, 110, D11210, doi:10.1029/2004JD005169, 2005b.

**HAP 3 / AP 3.1**            Klima / Bildungsprozesse  
**PI**                            Kärcher, IPA  
**Meilenstein(e)**            APSCm-1D Säulenmodell erstellt

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Umwandlung eines mikrophysikalischen Trajektorienmodells in ein wolkenauflösendes Modell.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Die gekoppelte Parameterisierung zur homogenen und heterogenen Eisbildung in Zirren wurde erfolgreich getestet und wird zur Zeit in das Zirkulationsmodell ECHAM implementiert. Eine Beschreibung des Schemas wird zusammen mit einer Einschätzung atmosphärischer Implikationen publiziert (Kärcher et al., 2006).

Zur detaillierten Interpretation von Beobachtungen in Zirruswolken wurde das bestehende Trajektorienmodell APSCm zu einer eindimensionalen Säulenversion erweitert und kann somit als Zirruswolken-auflösendes Modell mit vereinfachter Meteorologie betrieben werden. Besonderheiten sind die Behandlung der Eisphase auf der Basis von Einzelpartikeln und ein neues Schema zur Bestimmung der Aufnahme von HNO<sub>3</sub> auf Eispartikeln. Das Modell wurde für eine Prinzipstudie einer schwach angetriebenen, arktischen Zirruswolke eingesetzt. Hierbei wurden die Generation von Übersättigung sowie die Mechanismen, die zur Dehydrierung und Denitrifizierung von Luftmassen führen, im Detail untersucht und die Ergebnisse publiziert (Kärcher, 2005).

In Kooperation mit der Gruppe Borrmann aus Mainz (MPI Chemie und Uni) werden erste Ergebnisse von flugzeug-getragenen Messungen in der freien Troposphäre mit dem Aerosolmassenspektrometer AMS publiziert (Schneider et al., 2006). Bei einem Arbeitsbesuch bei der Gruppe Fahey in Boulder (NOAA ESRL) wurden Arbeiten über tropische NAT-Partikel durchgeführt. Eine entsprechende Publikation befindet sich zur Zeit in der Begutachtung (Popp et al., 2005). Weiter wurde ein Vergleich von neuen Rußmessungen mit ECHAM angeregt.

Mit J. Hendricks (AP 3.4) wurden die ersten Studien zur möglichen großskaligen Zirrusmodifikation durch Rußpartikel aus Flugzeugen abgeschlossen und publiziert (Hendricks et al., 2005). Die Erstellung eines Konzeptes zur Behandlung des Transports, der Verbreiterung und der Mikrophysik von contrail-cirrus in den Wolken- und Strahlungsmodulen von ECHAM durch U. Burkhardt (AP 3.4) wurde unterstützt. Zusammen mit C. Voigt (AP 2.1) wurde mit der Zusammenschau und Interpretation aller verfügbaren Feldmessungen zur HNO<sub>3</sub>-Aufnahme auf Eispartikeln in Zirruswolken begonnen. Betreuung der Dissertation I. Sölch (3D-Wolkenauflösende Simulationen mittels Lagrangian Ice Crystal Tracking).

### **Input/Output**

O: Eindimensionales wolkenauflösendes Zirrusmodell mit komplexer Gas-Aerosol-Eismikrophysik

### **Publikationen**

- Hendricks, J., B. Kärcher, U. Lohmann, and M. Ponater  
Do aircraft black carbon emissions affect cirrus clouds on the global scale? *Geophys. Res. Lett.* 32, L12814, doi:10.1029/2005GL022740, 2005.
- Kärcher, B.  
Supersaturation, dehydration, and denitrification in Arctic cirrus. *Atmos. Chem. Phys.* 5, 1757-1772, 2005.
- Kärcher, B., J. Hendricks, and U. Lohmann  
Physically-based parameterization of cirrus cloud formation for use in global atmospheric models. *J. Geophys. Res.* 111, D01205, doi:10.1029/2005JD006219, 2006.
- Popp, P.J., T.P. Marcy, E.J. Jensen, B. Kärcher, D.W. Fahey, R.S. Gao, T.L. Thompson, K.H. Rosenlof, E.C. Richard, R.L. Herman, E.M. Weinstock, J.B. Smith, R.D. May, H. Vömel, J.C. Wilson, A.J. Heymsfield, M.J. Mahoney, and A.M. Thompson  
The observation of nitric acid-containing particles in the tropical lower stratosphere. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 5, 10 097-10 124, 2005.
- Schneider, J., S.S. Hings, B.N. Hock, S. Weimer, S. Borrmann, M. Fiebig, A. Petzold, R. Busen, and B. Kärcher  
Aircraft-based operation of an aerosol mass spectrometer: Measurements of tropospheric aerosol composition. *J. Aerosol Sci.* 37, in press, 2006.

**HAP 3 / AP 3.2**            Klima / Strahlungsprozesse  
**PI**                            Mayer, IPA  
**Meilenstein(e)**            Zirrus-Retrieval auf MSG angepasst

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Umfangreiche Strahlungstransport-Simulationen als Basis für die Entwicklung einer Zirrenerkennung für MSG, eines mikrophysikalischen Retrievals, sowie eines Verfahrens zur Berechnung von solaren und thermischen Strahlungsflussdichten aus MSG-Daten.

Anpassung der Zirrenerkennung auf MSG, Validierung und Anwendung.

Entwicklung eines Retrievals für optische und mikrophysikalische Eigenschaften von Zirren sowie deren Einfluss auf die Strahlungsbilanz

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Basierend auf detaillierten Strahlungstransportsimulationen mit libRadtran (Mayer and Kylling, 2005) wurde eine Zirrenerkennung entwickelt, die die Information der 7 thermischen Spektralkanäle von MSG optimal nutzt, um Zirren am Tag und in der Nacht mit einem einheitlichen Verfahren automatisch zu detektieren (die solaren Spektralkanäle wurden aus diesem Grund explizit ausgeklammert). Die Zirrenerkennung wurde mit Hilfe von MODIS-Beobachtungen validiert und in AP 2.3 auf einen umfangreichen Datensatz angewendet.

Ein Retrieval für mikrophysikalische und optische Parameter von Zirren (optische Dicke, Partikelgröße) basierend auf einer klassischen „lookup-table“ Methode wurde entwickelt und auf einzelne Szenen angewendet.

In einem völlig neuen Ansatz wurden umfangreiche Simulationen der 12 MSG-Kanäle für einen weiten Bereich von atmosphärischen Zuständen genutzt, um ein Verfahren zur Ableitung der reflektierten Solarstrahlung und der emittierten terrestrischen Strahlung aus MSG-Beobachtungen zu entwickeln. Dabei wurden atmosphärische Profile (u.a. Temperatur, Druck, Wasserdampf), Bodenalbedo und –temperatur, Wasser- und Eiswolken und deren optische und mikrophysikalische Eigenschaften, Sonnenstand und Beobachtungsgeometrie statistisch innerhalb vernünftiger Grenzen variiert. Für insgesamt 8 Millionen solcher Datensätze wurden Beobachtungen der 12 MSG-Kanäle sowie solare und thermische Strahlungsflußdichten simuliert. Basierend auf diesen Daten wurden mittels multi-linearer Regression und mit Hilfe eines neuronalen Netzes zwei Verfahren entwickelt, Strahlungsflußdichten aus MSG-Strahldichtebeobachtungen abzuleiten. Eine erster Vergleich mit CERES-Daten zeigte gute Übereinstimmung der Ergebnisse – eine detaillierte Validierung steht noch aus.

Nach diesen Entwicklungen stehen nun Werkzeuge zur Erkennung von Zirren, zur Quantifizierung ihrer optischen und mikrophysikalischen Eigenschaften sowie zur Bestimmung ihres Einflusses auf die Strahlungsbilanz zur Verfügung. Aufgrund der geostationären Position von MSG können diese Eigenschaften erstmalig mit einer zeitlichen Auflösung von 15 Minuten bestimmt werden. Dies ist sowohl für die Untersuchung von Tagesgängen erforderlich, als auch für die Bestimmung der Klimawirkung des Flugverkehrs (AP 2.3). Instrumente wie MODIS und CERES bieten zwar eine höhere Genauigkeit der Ergebnisse, liefern jedoch keine zeitliche Information und sind daher für solche Untersuchungen ungeeignet.

### **Input/Output**

O: Zirrenerkennung, Mikrophysik-Retrieval, Ableitung der solaren und thermischen Strahlungsflussdichten für AP 2.3

### **Publikationen**

Mayer, B. and A. Kylling

Technical note: The libRadtran software package for radiative transfer calculations: Description and examples of use. *Atmos. Chem. Phys.* 5, 1855-1877, 2005.

**HAP 3 / AP 3.3**  
**PI**  
**Meilenstein(e)**

Klima / Bedeckungsgrad  
Gierens, PA

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Parameterisierung für Eisübersättigung in ECMWF Modell eingebaut und getestet.

Doktorarbeit zu Contrail-to-Cirrus transition begonnen.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Die neue Wolkenphysik für das Integrated Forecast System (IFS) des ECMWF ist fertig, in das Modell eingebaut, getestet, und wird in der nächsten Version operationell. Es wird damit möglich, mit dem IFS eisübersättigte Regionen vorherzusagen, was auch ein notwendiger Schritt zur genaueren Simulation von Eiswolken ist. Das Modell verhält sich mit der neuen Parametrisierung wie erwartet: Der Bedeckungsgrad von Zirren ist (teilweise deutlich) geringer als im gegenwärtig operationellen Modell, die relative Feuchte in der oberen Troposphäre ist generell höher als vorher (damit wird das Modell realistischer), die mittleren Eiswassergehalte werden etwas geringer. Insgesamt hat das neue Schema keine negativen (aber auch keine positiven) Auswirkungen auf die Dynamik des Modells. Das neue Schema erlaubt auch, persistente Kondensstreifen vorherzusagen; die Verlässlichkeit des neuen Modells ist in dieser Hinsicht deutlich größer als die der aktuell operationellen Version.

Gegenwärtig werden weitere Vergleiche von Modelloutput mit Meßdaten von MOZAIC angestellt (Zusammenarbeit mit Tompkins, ECMWF).

Ein Doktorand (Simon Unterstraßer) wurde im September eingestellt, der numerische Simulationen zum Übergang Kondensstreifen → Zirrus (Contrail-to-Cirrus transition) durchführen wird. Dazu wird das Modell EuLag verwendet, mit einer neuen Version von Bulk-Wolkenmikrophysik für Eiswolken von Spichtinger (ETH Zürich) und Gierens. Erste idealisierte Simulationen des Nachlaufs von Flugzeugen liegen bereits vor, allerdings noch ohne die Mikrophysik.

### **Input/Output**

O: Verbesserte Bulk-Wolkenphysikroutinen für EuLag

### **Publikationen**

Tompkins, A.J., K. Gierens, and G. Rädcl

Ice supersaturation in the ECMWF Integrated Forecast System. European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, *Technical Memorandum No. 481*, 2005.

**HAP 3 / AP 3.4**            Klima / Globale Modellierung  
**PI**                            Hendricks, PA  
**Meilenstein(e)**            Aerosolmodul MADE in ECHAM implementiert und validiert

### **Durchgeführte Arbeitsschritte**

Anwendung und Validation des globalen Aerosolmodells ECHAM/MADE.  
Weiterentwicklung von ECHAM zur Implementation einer neuen Parameterisierung der Eisnukleation.  
Entwicklung einer Parameterisierung von Kondensstreifen-Zirren für ECHAM.

### **Erreichte (Zwischen-)Ergebnisse**

Mit dem Modellsystem ECHAM/MADE wurden Simulationen des globalen Aerosolhaushaltes durchgeführt und mit Messungen verglichen (Lauer et al., 2005). Das Modell ist in der Lage, wesentliche Merkmale der gemessenen räumlichen und zeitlichen Verteilungen des globalen Aerosols, einschließlich seiner Anzahlkonzentration, Größenverteilung und Zusammensetzung, wiederzugeben. Die Vergleiche zeigen jedoch auch, daß die aus Gründen der Rechenzeitbegrenzung gewählte Beschränkung auf eine bimodale Größenverteilung feiner Aerosolpartikel (Durchmesser < 1µm) zu Abweichungen von den gemessenen Größenverteilungen führen kann, was in Zukunft durch eine vergrößerte Modenzahl vermieden werden soll. Das Modell wurden im Rahmen der AeroCom Initiative mit anderen globalen Aerosolmodellen verglichen (Kinne et al., 2005; Textor et al., 2005). Es soll in naher Zukunft für eine verbesserte Simulation eisbildender Aerosole eingesetzt werden.

Die Aufnahme der in AP 3.1 entwickelten Parameterisierung der Konkurrenz homogener und heterogener Eisbildung in ECHAM (Kärcher et al., 2005) wurde weiter vorbereitet. Dazu wurde die ECHAM-Version, welche die multimodale mikrophysikalische Beschreibung unterschiedlicher Eismoden erlaubt (bisheriges Modell unimodal) am Deutschen Klimarechenzentrum (DKRZ) implementiert und hinsichtlich der Darstellung der Wechselwirkung unterschiedlicher Eismoden weiterentwickelt. Die Veröffentlichung der bisher in AP 3.4 erhaltenen Ergebnisse zum Einfluß von Rußemissionen des Luftverkehrs auf Zirren wurde abgeschlossen (Hendricks et al., 2005).

Zusätzlich wurde für ECHAM ein neues Konzept für die Parameterisierung von Kondensstreifen-Zirren entwickelt. Diese prognostische Parameterisierung ist eine Weiterentwicklung einer bestehenden diagnostischen Parameterisierung linearer, instantaner Kondensstreifen hinsichtlich der Verbreiterung, Advektion und Persistenz von Kondensstreifen-Zirren. Die Parameterisierung wird derzeit in ECHAM implementiert und soll später zur Abschätzung des maximalen Bedeckungsgrades und des klimatischen Effekts von Kondensstreifen-Zirren benutzt werden.

### **Input/Output**

O: Globales Aerosolmodell ECHAM/MADE

### **Publikationen**

- Hendricks, J., B. Kärcher, U. Lohmann, and M. Ponater, Do aircraft black carbon emissions affect cirrus clouds on the global scale? *Geophys. Res. Lett.* 32, L12814, doi:10.1029/2005GL022740, 2005.
- Kärcher, B., J. Hendricks, and U. Lohmann, Physically-based parameterization of cirrus cloud formation for use in global atmospheric models. *J. Geophys. Res.* 110, doi:10.1029/2005JD006219, in press, 2005.
- Kinne, S., et al., An AeroCom initial assessment - optical properties in aerosol component modules of global models. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 5, SRef-ID: 1680-7375/acpd/2005-5-8285, 8285-8330, 2005.
- Lauer, A., J. Hendricks, I. Ackermann, B. Schell, H. Hass, and S. Metzger, Simulating aerosol microphysics with the ECHAM/MADE GCM Part I: Model description and comparison with observations. *Atmos. Chem. Phys.* 5, SRef-ID: 1680-7324/acp/2005-5-3251, 3251-3276, 2005.
- Textor, C., et al., Analysis and quantification of the diversities of aerosol life cycles within AeroCom. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.* 5, SRef-ID: 1680-7375/acpd/2005-5-8331, 8331-8420, 2005.