



Introduction / Einleitung
Overview / Übersicht

Introduction

In the "Research Park Leipzig/Permoserstraße" close to the Environmental Research Center, other research establishments and related businesses you find the Leibniz Institute for Tropospheric Research (IfT). Its name identifies the IfT as a member of the Leibniz Association. The IfT was founded for the investigation of physical and chemical processes in the polluted troposphere.



Fig. / Abb. 1: IfT main building. / IfT Hauptgebäude.

Meanwhile, a well-defined and globally unique research profile of IfT emerged, with a focus on aerosols, i.e. small airborne particles, and clouds. Despite their minute absolute amount, aerosols and clouds are essential parts of the atmosphere because they control the budgets of energy, water and trace substances of the Earth System. Human activities can change these highly disperse systems and thus feed back on human beings. This may happen via health effects caused by inhaled particles and fog droplets and through regional and global climate change.

Despite these strong connections between human beings, aerosols, and clouds, important physico-chemical processes of aerosol and cloud formation and the relationships with climate and health are poorly understood. This limitation is mainly due to difficulties with analyzing the very small samples and with the complex behavior of tropospheric multiphase systems, in which individual processes seldom can clearly be distinguished. In climate research this limitation is reflected in much larger uncertainties in predicted anthropogenic aerosol and cloud effects in comparison to numbers published by the Intergovernmental Panel on Climate Change for additional greenhouse gases.

Rapid advances in our understanding of tropospheric multiphase processes and an application of this process understanding to the prediction of the consequences of human impacts can only be expected from concerted approaches

Einleitung

Auf dem Gelände des „Wissenschaftsparks Leipzig/Permoserstraße“, in Nachbarschaft zum Umweltforschungszentrum, anderen Forschungseinrichtungen und verwandten Firmen, befindet sich seit 1992 das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. Sein Name weist es als Mitglied der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz aus. Gegründet wurde

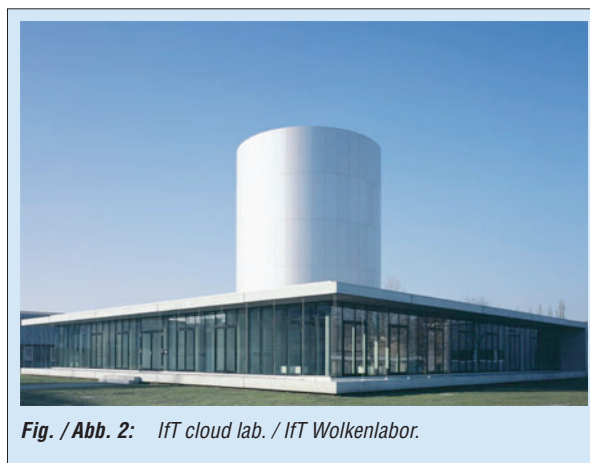


Fig. / Abb. 2: IfT cloud lab. / IfT Wolkenlabor.

es zur Erforschung physikalischer und chemischer Prozesse in der belasteten Troposphäre.

Inzwischen hat sich ein klares und weltweit einzigartiges Forschungsprofil herausgebildet, in dessen Mittelpunkt Aerosole, also kleinste luftgetragene Partikel und Wolken, stehen. Trotz geringster absoluter Mengen sind diese Partikel wesentliche Bestandteile der Atmosphäre, weil sie den Energie-, Wasser- und Spurenstoffhaushalt des Erdsystems beeinflussen. Menschliche Aktivitäten können die Eigenschaften dieser hochdispersen Systeme verändern und direkt sowie indirekt auf den Menschen zurück wirken. Das kann sowohl über die gesundheitlichen Wirkungen eingeatmeter Partikel und Nebeltröpfchen als auch über regionale und globale Klimaänderungen geschehen.

Trotz dieser wichtigen Beziehungen zwischen Mensch, Aerosolen und Wolken sind die physiko-chemischen Prozesse von Aerosol- und Wolkenbildung und die Wechselwirkungen mit Gesundheit und Klima noch wenig verstanden. Dies liegt vor allem an Schwierigkeiten bei der Analyse der beteiligten kleinsten Stoffmengen und an dem komplexen Verhalten troposphärischer Mehrphasensysteme, deren Einzelprozesse in der Atmosphäre nicht klar getrennt beobachtet werden können. In der gegenwärtigen Klimadiskussion zum globalen Wandel spiegelt sich diese Kenntnislage in den sehr viel größeren Unsicherheiten in allen zu Aerosol- und Wolkenwirkung veröffentlichten Zahlen im Verhältnis zu Treibhauseffekten der Gase wider.

from several directions. Consequently, the Leibniz Institute for Tropospheric Research conducts field studies in several polluted regions parallel to the development of analytical methods for aerosol and cloud research.

These tools are not only applied in field experiments but also in extensive laboratory investigations, which form a second major activity. A third and equally important approach consists of the formulation and application of numerical models that reach from process models to regional simulations of the formation, transformation, and effects of tropospheric multiphase systems. The process models in particular derive their parameters from laboratory experiments.

Field experiments

Field experiments elucidate the atmospheric life cycle and related processes of aerosol and cloud particles. This task is vastly more difficult than comparable trace gas studies, in which only one number has to be known for each substance at each point in time and space. Particle diameters in the nano and micrometer size ranging over more than six orders of magnitude occur in atmospheric aerosols and clouds, all of which play an important role in certain processes. All atmospheric condensable substances can be found in the



Fig. / Abb. 3: Laser beams transmitted at IFT by Polly (2-channel lidar), two Polly XT (6-channel lidars), and the EARLINET lidar (9-channel lidar). / Laserstrahlen über dem IFT von Polly (2-Kanal-Lidar), zwei Polly XT (6-Kanal-Lidar) und dem EARLINET-Lidar (9-Kanal-Lidar).



Fig. / Abb. 4: IFT research station Melpitz near Leipzig. / IFT-Forschungsstation Melpitz bei Leipzig.

Rasche Zuwächse beim Verständnis troposphärischer Mehrphasenprozesse und eine Anwendung dieses Prozessverständnisses auf die Vorhersage der Folgen menschlicher Eingriffe lassen sich nur durch ein konzertiertes Vorgehen in mehreren Richtungen erwarten. Das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung betreibt daher neben Feldstudien in belasteten Regionen auch die Entwicklung eigener analytischer Verfahren zur Untersuchung von Aerosolen und Wolken. Diese Verfahren werden auch in ausgedehnten Laboruntersuchungen eingesetzt, der zweiten Hauptarbeitsrichtung des Instituts. Ein dritter, gleichermaßen wichtiger Arbeitsansatz ist die Formulierung und Anwendung numerischer Modelle von der Prozessbeschreibung bis zur Beschreibung der regionalen Bildung, Umwandlung und Wirkung troposphärischer Mehrphasensysteme auf der Basis eigens durchgeführter komplexer Laborexperimente.

Feldexperimente

Die Feldexperimente des Instituts dienen der Aufklärung des atmosphärischen Kreislaufs der Aerosol- und Wolkenpartikel und der damit verbundenen Prozesse. Die Komplexität des Systems wird dabei unter anderem dadurch bestimmt, dass in Aerosolen und Wolken Partikel auftreten, deren Größe sich im Nano- und Mikrometerbereich um mehr als sechs Zehnerpotenzen unterscheiden kann, die dem entsprechend auch unterschiedlichen Umwandlungsprozessen unterliegen. Außerdem kann man alle kondensationsfähigen Stoffe des Erdsystems im Aerosol finden, von denen eine große Zahl das Klima und die Biosphäre und deren Wirkung beeinflussen. Als Folge dieser Vielfalt und der mengenbedingten analytischen Schwierigkeiten sind wesentliche globale Aerosol- und Wolkeneigenschaften noch wenig bekannt.

Diese Unsicherheit beginnt schon bei den Partikelquellen, die Forschungsgegenstand am

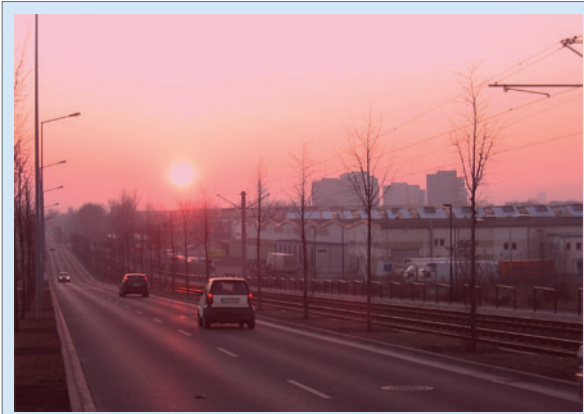


Fig. / Abb. 5: Arterial road in Leipzig. / Hauptverkehrsader in Leipzig.

aerosol and a large number of them contribute to climate and biospheric effects. Essential aerosol and cloud properties of this multidimensional system are not well established on a global scale yet.

The uncertainty and thus the research efforts of the Leibniz Institute for Tropospheric Research start with particle sources. The combustion of fossil and contemporary fuels is one of the most prominent aerosol sources. However, these sources are still poorly characterized in terms of climate-relevant aerosol parameters. In collaboration with car manufacturers the institute establishes size dependent particle emission data of cars at test stands, in particular in the nanometer size range that was not covered by conventional emission studies. According to long-term urban and rural measurements of the institute emissions of particles and their precursor gases are subject to strong physical and chemical transformations that need to be followed with high-resolution sensors in order to identify the underlying processes.

Not even the largest highly polluted regions in the plumes of North America, Europe, the Indian subcontinent, Amazonia, and Eastern Asia are



Fig. / Abb. 6: View from the Campus of Peking University on a heavily polluted day. / Blick vom Gelände der Peking Universität an einem stark verschmutzten Tag.

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung sind. Die Verbrennung fossiler und nachwachsender Brennstoffe zur Energieerzeugung und im Verkehr sind wichtigste Aerosolquellen. Wie sich aus Messungen des Instituts an vielen urbanen Stellen und kontinentalen Hintergrundstationen ergab, unterliegen die Emissionen von Partikeln und deren Vorläufern enormen physikalischen und chemischen Umwandlungen, die mit hoher zeitlicher Auflösung verfolgt werden müssen, um die beteiligten Prozesse aufzuklären.

Selbst die am höchsten verunreinigten Regionen über Nordamerika, Europa, dem indischen Subkontinent, dem Amazonasgebiet und Ostasien sind noch bei weitem nicht hinreichend bezüglich ihrer Aerosolbelastungen und den daraus resultierenden Klimawirkungen charakterisiert. Auf diese Regionen konzentrieren sich daher in internationaler Zusammenarbeit die



Fig. / Abb. 7: Monitoring station Leipzig-Eisenbahnstrasse (red building). / Messstation Leipzig-Eisenbahnstrasse (rotes Gebäude).

Feldexperimente des Instituts. Seit einigen Jahren nehmen Untersuchungen des Mineralstaubes im Quellgebiet der Sahara aber auch im Fernfeld über dem Atlantik und im Labor wachsenden Raum ein. Durch Nutzung eines kommerziellen Verkehrsflugzeuges der Lufthansa werden dabei die örtlich und zeitlich begrenzten Einzelerperimente auf regelmäßig beflogenen interkontinentalen Routen in der oberen Troposphäre verbunden.

Daneben werden an Bergstationen, mit Hubschraubern und mit gecharterten Flugzeugen Studien durchgeführt, die sich dem Verständnis von Einzelprozessen, wie der Partikelneubildung, der physikochemischen Veränderung des Aerosols beim Wolkendurchgang und dem Einfluss von Aerosolen auf die Entwicklung von Wolken widmen.

Laborexperimente

In der Atmosphärenforschung werden kontinuierlich physikalisch-chemische Modelle zur Be-



Fig. / Abb. 8: The helicopter-borne payload ACTOS approaching airport Kiel-Holtenau. / Die hubschraubergestützte Messplattform ACTOS kurz vor der Landung auf dem Flugplatz Kiel-Holtenau.

sufficiently characterized in terms of aerosol burdens and ensuing climate effects. Thus, the institute focuses its participation in international field campaigns and dedicated long-term studies on South and East Asia. In recent years the study of mineral dust near its most important Saharan source and in the far field over the Atlantic have gained more weight in the institute's research. By means of a commercial aircraft operated by Lufthansa, the results of the regional experiments are connected through regular intercontinental CARIBIC flights.

Process studies are conducted at suitable locations such as mountain observatories, with a helicopter and with a small, chartered aircraft. These experiments are dedicated to particle nucleation, particle processing through clouds and the influence of anthropogenic aerosols on the optical properties of clouds.

Laboratory experiments

In atmospheric research, there is a continuous development of physico-chemical models for the description of the most relevant process. These models are based on process parameters, which need to be determined in physical and chemical laboratory experiments.

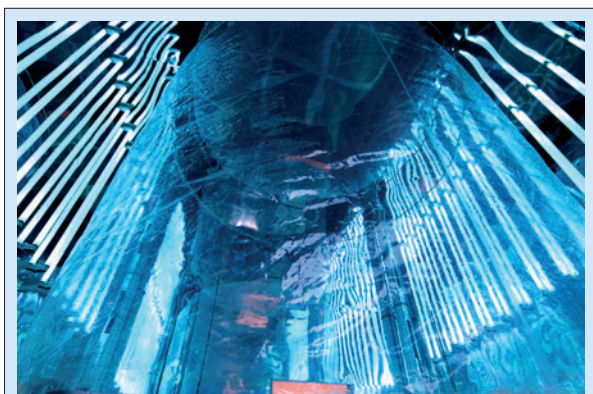


Fig. / Abb. 9: The IFT aerosol chamber (LEAK) with UV lamps. / Die IFT Aerosolkammer (LEAK) mit UV-LAMPEN.

schreibung der wesentlichen Prozesse entwickelt. Grundlage derartiger Modelle sind stets Prozessparameter, die in Laborexperimenten ermittelt werden müssen. Laborexperimente auf dem Stand der Basiswissenschaften Chemie und Physik müssen die Basis einer jeden Modellentwicklung sein.

In der Abteilung Physik wird im Bereich der Laborexperimente eine Vielzahl von Messmethoden entwickelt, die zur Partikelcharakterisierung in boden- und luftgestützten Feldmesskampagnen eingesetzt werden. Im Einzelnen betreffen diese Arbeiten die Weiterentwicklung von „Differential Mobility Analysen (DMA)“ zur Messung von Partikelgrößenverteilungen sowie komplexe Messsysteme zur physikalischen und chemischen Charakterisierung von Wolkentröpfchen und dem interstitiellen Aerosol, also denjenigen Aerosolpartikeln, die innerhalb von Wolken neben den Wolkentröpfchen selbst in der Gasphase suspendiert sind.

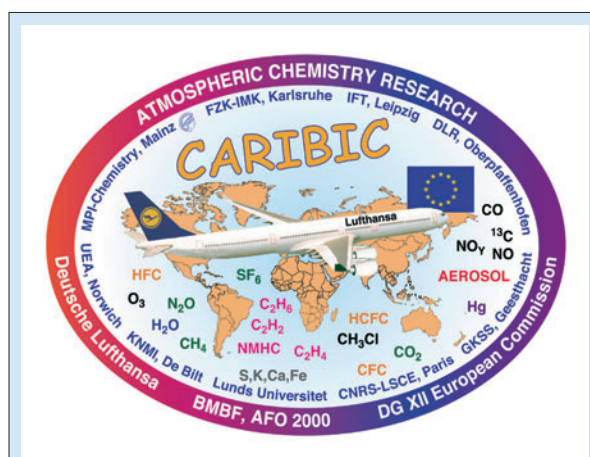


Fig. / Abb. 10: The logo of the international project CARIBIC (Civil Aircraft for Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container). / Das Logo des internationalen Projekts CARIBIC.

Optische Messmethoden werden zur Bestimmung der Extinktion von Partikeln und der Absorption von Spurengasen und Radikalen mittels der differentiellen Absorptionsspektroskopie (DOAS) angewendet. Mehrwellenlängenlidare und ein Windlidar werden zur Bestimmung von Aerosoleigenschaften, Aerosolflüssen und meteorologischen Parametern wie Temperatur, Feuchte und Wind im Labor weiterentwickelt und im Felde eingesetzt. Die Anteile „schwarzen Kohlenstoffs“ und mineralischer Aerosolkomponenten in Aerosolproben werden durch spektrale Absorptionsmessungen bestimmt.

In zwei Bereichen werden prozessorientierte Laboruntersuchungen gemeinsam von den Abteilungen Physik und Chemie durchgeführt. Diese abteilungsübergreifenden Aktivitäten betreffen zunächst einen als Laminarströmungsrohr

In the physics section of the institute laboratory experiments cover the development of a large number of methods to characterize atmospheric particles and drops, in particular their size distribution and thermodynamic properties. Complex measuring and sampling systems are being designed for the characterization of cloud drops and interstitial particles.

Spectroscopic techniques such as the Differential Optical Absorption Spectroscopy have been developed for the analysis of trace gases and aerosol particles. Multi-wavelength aerosol LIDAR (Light Detection and Ranging) systems are developed and deployed in the field for measuring atmospheric state parameters such as temperature, wind and relative humidity besides aerosol-optical characteristics and aerosol fluxes. Black carbon and mineral, light absorbing aerosol components are quantified with spectroscopic methods in aerosol and cloud samples.

The physics and chemistry sections in two main areas are carrying out process-oriented laboratory studies jointly. The first of these activities concerns a laminar flow tube reactor in which particle formation from (SO_2) and organic precursors (e.g., terpenes) is being investigated. With the large Leipzig Aerosol Cloud Simulator LACIS and related instrumentation the transition from a moist aerosol to a cloud is simulated in a dedicated.

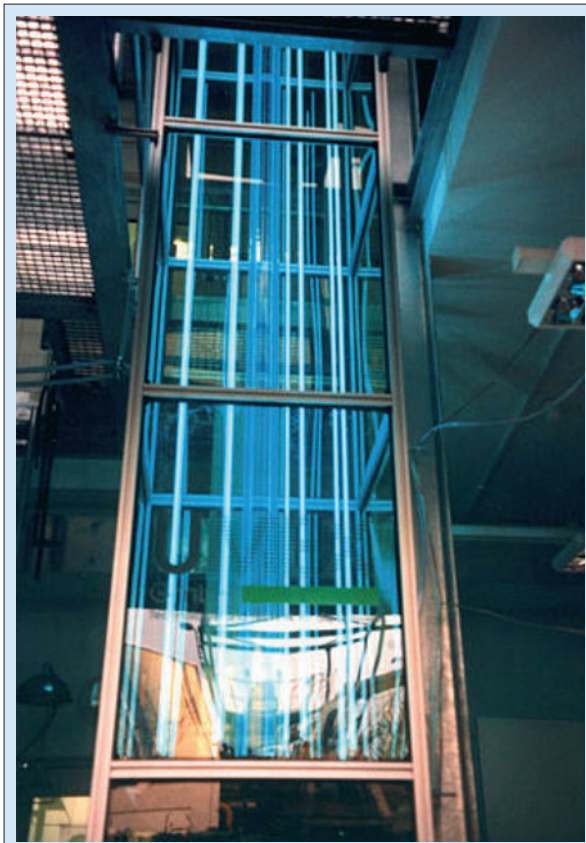


Fig. / Abb. 11: The IFT laminar flow tube reactor (IFT-LFT). / Der laminare Rohrreaktor des IFT.



Fig. / Abb. 12: Mini Raman lidar Polly XT in an air-conditioned cabinet. / Mini-Ramanlidar Polly XT im klimatisierten Gehäuse.

ausgeführten Reaktor, an dem die Bildung von Partikeln aus anorganischen (SO_2) und organischen Vorläufersubstanzen (z. B. Terpenen) untersucht wird. Neben einer kleinen, schon mehrfach eingesetzten Version befindet sich der große Strömungsreaktor LACIS im Aufbau, in dem das Wachstum von Aerosolpartikeln zu Wolkentröpfchen sowie deren Gefrieren untersucht werden.

In der Abteilung Chemie werden Gasphasenreaktionen der Radikale OH und NO_3 in Strömungsreaktoren untersucht. Diese Reaktionen sind von Interesse für die Ozon- und Partikelbildung, verursacht durch anthropogene oder biogene flüchtige Kohlenwasserstoffe. Zur Untersuchung der chemischen Identität von Partikelinhaltsstoffen steht die Leipziger Aerosolkammer (LEAK) zur Verfügung. In einem Einzeltropfenexperiment werden Phasentransferparameter für Spurengase und Radikale untersucht. Die Bestimmung von Phasentransferparametern und reaktiven Aufnahmekoeffizienten wird dabei auf bisher nicht betrachtete chemische Spezies und Oberflächen ausgeweitet. Im Bereich von Flüssigphasenmechanismen werden Reaktionen von nichtradikalischen Oxidantien mittels der sog. Stopped-Flow-Technik mit optischem Nachweis untersucht. Einen besonderen Schwerpunkt bilden schließlich die Experimente mit Radikalreaktionen in wässriger Lösung, die in der Umwelt in den Tröpfchen von Wolken, Regen und Nebel sowie in wässrigen Partikeln ablaufen. Hier werden zum Verständnis der Oxidation organischer Spurengase im troposphärischen Mehrphasensystem eine Vielzahl von Reaktionen der Radikale OH und NO_3 sowie Reaktionen von halogenhaltigen Oxidantien untersucht. Letztere Spezies sind von Interesse bei der Freisetzung von Halogenverbindungen aus maritimen Seesalzpartikeln, der sog. Halogenaktivierung.

The chemistry section conducts several process-oriented laboratory studies. Gas phase reactions of the radicals OH and NO₃ are being investigated in flow reactors. These reactions are important for ozone and particle formation caused by biogenic and anthropogenic emissions of volatile hydrocarbons. The chemical identity of atmospheric particles will be characterized in reaction chambers. In a single drop experiment, phase transfer parameters of trace gases and radicals are being determined for different chemical species and surfaces. Mechanisms of non-radical oxidations in the liquid phase are being studied with the stopped-flow technique and optical detectors. Experiments with radical reactions in the liquid phase form a core activity of the laboratory experiments because of their importance for processes in haze particles, fogs and clouds. For the understanding of the oxidation of organic trace gases in the tropospheric multi-phase system a large number of reactions with the OH and NO₃ radicals are being studied as well as reactions of halogenated oxidants. The latter species are of interest for the emission of reactive halogen compounds from sea salt particles.

Several laboratory experiments are dedicated to the chemical characterization of atmospheric organic aerosol components. Besides the conventional combustion techniques, mass spectroscopic and chromatographic techniques coupled directly to analysis by mass spectrometry or capillary electrophoresis with different sampling and segregation techniques are being developed. The close cooperation of the physics and chemistry section has led to the development of a patented and commercially exploited sampling method for narrow well-defined particle size ranges that is coupled directly to the mass spectroscopic analyses.

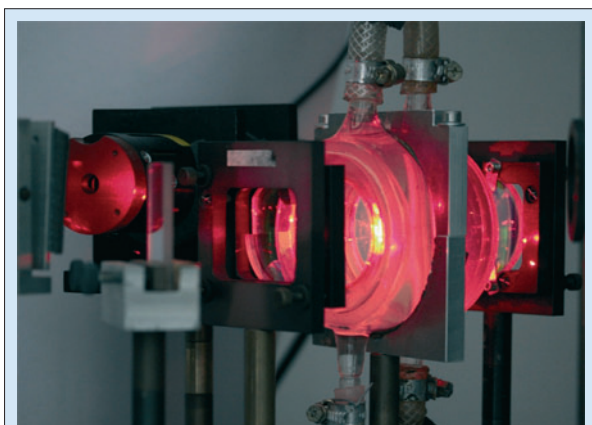


Fig. / Abb. 13: Experimental set-up including White cell optics, reaction cell and solid state laser for the kinetic investigation of nitrate-radical (NO₃) reactions in aqueous solution. / Versuchsaufbau zur Messung der Kinetik von Nitratradikalreaktionen (NO₃) in wässriger Lösung mit Festkörperlaser, Whitespiegel-Konfiguration und Reaktionszelle.

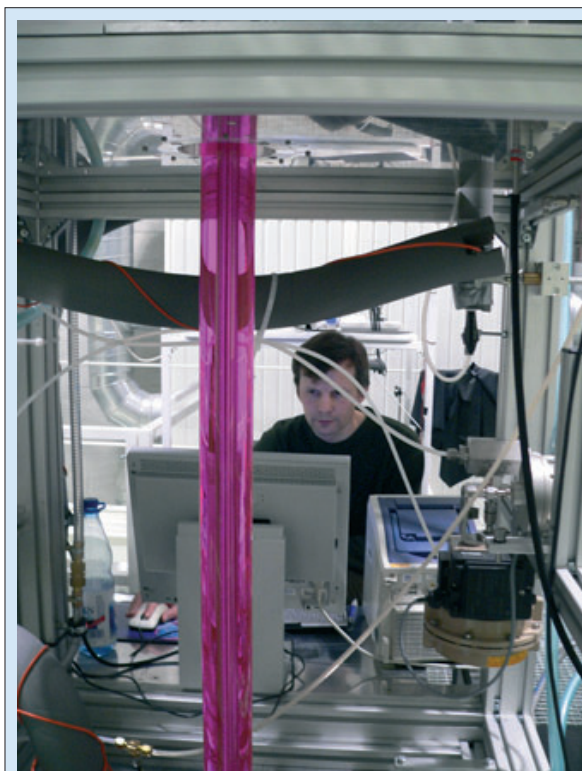


Fig. / Abb. 14: The "Leipzig Aerosol Cloud Interaction Simulator" (LACIS). / Der Wolkenkanal (LACIS).

In der analytischen Messtechnik werden in Laborexperimenten Verfahren zur besseren chemischen Charakterisierung der organischen Bestandteile von Aerosolpartikeln entwickelt und getestet. Diese Techniken beruhen zumeist auf massenspektrometrischen Verfahren, die in verschiedenen Kopplungstechniken eingesetzt werden. Im Bereich der Probenahmetechniken gibt es auch hier eine enge Kooperation mit der Abteilung Physik zur Entwicklung einer gezielten Abscheidung von Partikeln bestimmter Größe und deren kontinuierlicher chemischer Analyse.

Modellierung

Zur Beschreibung der komplexen atmosphärischen Vorgänge werden Modellsysteme verschiedener Dimension und Komplexität für die Mikro- bis Mesoskala entwickelt, überprüft und angewendet. Zur Modellierung von troposphärischen Multiphasenprozessen erfolgen vor allem Arbeiten zur Entwicklung von Wolkenmodulen, die eine komplexe Multiphasenchemie mit einer detaillierten Mikrophysik verbinden. Mit deren Integration in komplexe dreidimensionale Modelle kann man die vielfältigen Wechselwirkungen zwischen Aerosolpartikeln, Gasen und Wolken in einem gekoppelten dreidimensionalen Meteorologie-Chemie-Transport-Modell beschreiben, und so zu einer Verbesserung des Systemverständnisses der Troposphäre gelangen. Mit einem solchen Modellsystem hat man

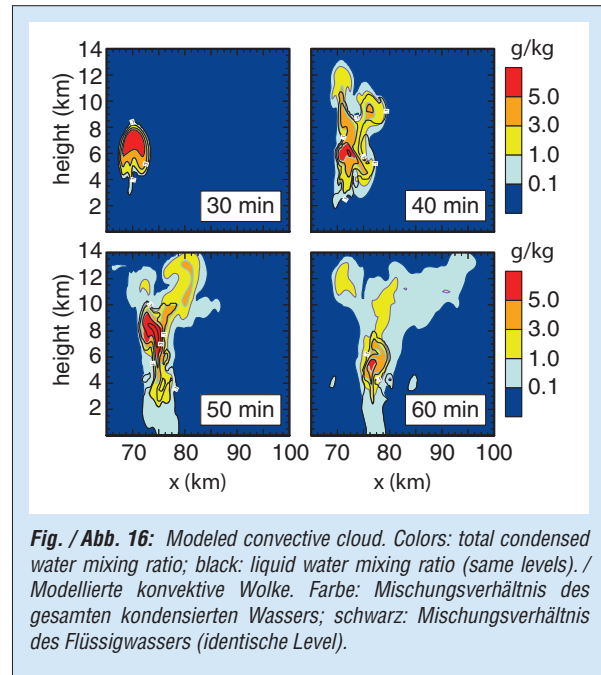
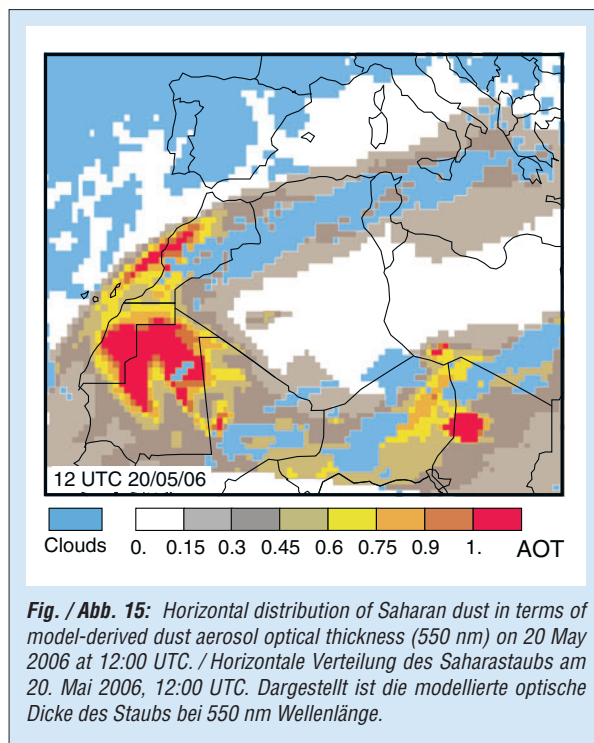
Modeling

For the description of complex atmospheric processes, model systems of varying dimensions and complexity are developed, tested and applied to micro and mesoscale problems. For the modeling of tropospheric multiphase processes cloud modules are developed, which combine a complex multiphase chemistry with a detailed microphysics. With their integration in complex three-dimensional models the manifold interactions between aerosol particles, gases and clouds can be described in a coupled three-dimensional meteorology-chemistry-transport model. With this model system as a toolbox scientific as well as legal tasks are addressed.

Models are indispensable tools in the search for efficient and cost-effective possibilities of compliance of relevant limit values for the protection of human health for gaseous and particulate air pollutions defined or suggested in directives by the European Commission. As done in the past for the Federal Environmental Agency and the Saxonian government, the Leibniz Institute for Tropospheric Research will work on this field in the context of national and international projects in the future too.

The latest example of this kind of activity is the investigation of the formation of secondary aerosol particles in regions with high ammonia emissions, caused from agriculture and livestock husbandry. The simulations were conducted with the complex three-dimensional modeling system COSMO-MUSCAT.

The multiscale model ASAM, developed in the modeling department, was used for simulations in



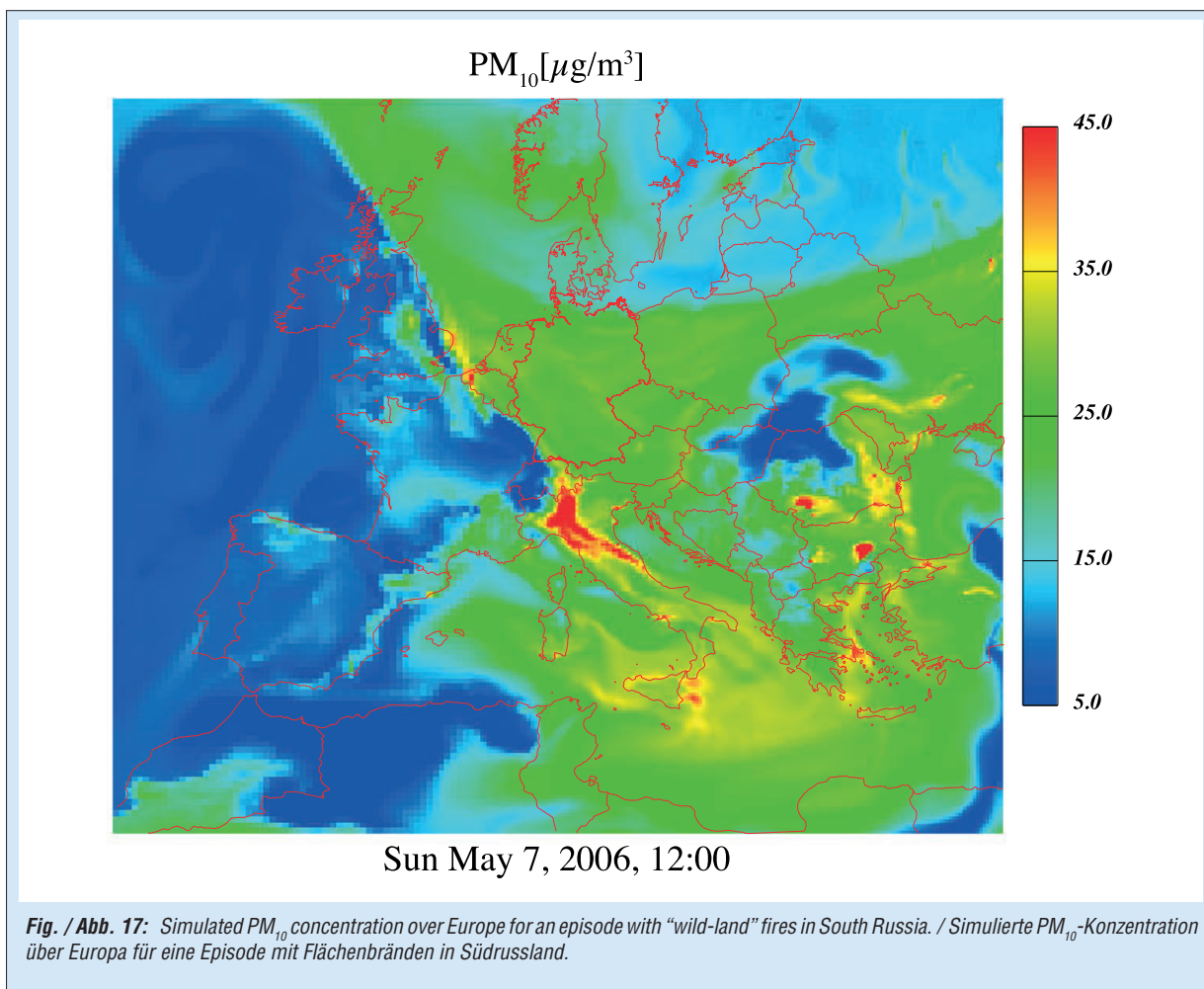
ein Instrument zur Bearbeitung wissenschaftlicher Aufgaben und gleichermaßen zur Beantwortung von Fragen zur Luftqualität im legislativen Bereich.

Bei der Suche nach effektiven und Kosten sparenden Möglichkeiten zur Einhaltung bestehender und zukünftiger nationaler und europäischer Grenzwerte für gasförmige Luftbeimengungen und Partikel unterschiedlicher Größe ist der Einsatz von Modellen unverzichtbar. Nach bisheriger guter Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt und dem Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft beabsichtigt das Institut, auch weiterhin auf diesem Gebiet national und international tätig zu sein. Jüngstes Beispiel dafür ist die Untersuchung der Bildung anorganischer sekundärer Aerosolpartikel, verursacht durch die Ammoniak-Emissionen bei der Tierhaltung und in der Landwirtschaft. Die Simulationen wurden mit dem komplexen dreidimensionalen Modellsystem COSMO-MUSCAT ausgeführt.

Mit dem in der Abteilung Modellierung entwickelten multiskaligen Modell ASAM (All Scale Atmospheric Model) wurden mikroskalige, gebäudeauflösende Modellsimulationen zum Zwecke der Validierung und weiterführenden Auswertung von Feinstaubmessungen des IFT an der Berliner Stadtautobahn durchgeführt.

Im Bereich Prozessstudien zur Aerosol- und Wolkendynamik erfolgen Arbeiten zu turbulenten Mischungsprozessen und deren Auswirkungen u. a. auf die Partikelneubildung. Hierfür wurde in der Abteilung Modellierung das eindimensionale Grenzschichtmodell TOPCAM (Third-Order PBL Chemistry Aerosol Model) entwickelt.

Gleichermaßen erfolgen Simulationen im Zusammenhang mit den geplanten Experimenten



the microscale domain "Berliner Stadtautobahn" with concern to particle measurements.

In the area of process studies concerning aerosol and cloud dynamics turbulent mixing processes and their effect on particle formation are studied with the third-order planetary boundary layer chemistry aerosol model TOPCAM. In a similar fashion the planned experiments in LACIS are simulated, in particular the hygroscopic growth as function of the nucleating particles and the carrier gas.

The model simulation of tropospheric multiphase systems is numerically highly demanding. The models need to be sufficiently accurate and numerically efficient to be used productively on existing computer systems. To this end the modeling department conducts an ongoing development.

am Wolkenkanal LACIS. Insbesondere ist ein von der chemischen Zusammensetzung abhängiges Diffusionswachstum in Abhängigkeit von der umgebenden Gasphase (einschließlich Wasserdampf) Ziel der Modellierung.

Die modelltechnische Behandlung eines so umfassenden atmosphärischen Systems ist numerisch sehr aufwendig. Die zu entwickelnden Modelle müssen hinreichend genau sein und numerisch sehr effizient auf den jeweils zur Verfügung stehenden Rechnerarchitekturen laufen. Zur Entwicklung auf diesem Gebiet liefert die Abteilung Modellierung wesentliche Beiträge.

Overview of the report

The medium-term scientific concept of the institute defines the *Three Major Research Themes*:

1. *Evolution, transport and spatio-temporal distribution of the tropospheric aerosol*
2. *Influence of the tropospheric aerosol on clouds and on the radiation budget*
3. *Chemical processes in tropospheric multiphase systems.*

The improvement of the predictability of the evolution and effects of tropospheric multiphase systems is the long-term goal of the research along the lines of the major themes.

The majority of the text contributions in the present report covers *Research Theme 1* in which particles of the largest source of mineral dust play a central role. Experimental and modeling reports covering this subject are the results over several research projects, which occupy IfT since 2004. The national research group SAMUM (Saharan Mineral Dust Experiment) is funded in part by the German Research Council and lead by IfT focuses on physical – mainly optical – characteristics of Saharan dust. SAMUM conducted a first major experiment in May/June 2006 in southern Morocco as closely as possible to the dust source. The report by **Heintzenberg et al.** covers the experimental work at the two ground stations in Ouarzazate and near Zagora and on the research aircraft Partenavia. This report is complemented by **Tegen et al.**, who developed a regional dust transport model, which they evaluated with the detailed experimental SAMUM data of several dust transport episodes.

The two projects TRACES (funded by the WGL-Pakt) and SOPRAN (funded by BMBF) complement SAMUM by studying the mobilization, transport and deposition of mineral dust on the Cape Verdes, where the physical and chemical characteristics of dust particles are analyzed at a long-term station. Laboratory experiments addressing the photochemistry of iron in marine particles complement the field studies. The influence of the ocean on the atmosphere is studied in project FILGAS, in which the organic film on the ocean surface is characterized. An interdisciplinary internal project adds multiphase modeling to these experimental approaches. **Weller et al.**, summarize first results in these dust-related projects, which also contribute to *Research Theme 3*.

The ongoing discussion of potential health effects of fine and ultrafine particles increases the value of solid long-term aerosol data taken at the IfT research station Melpitz northeast of Leipzig. Since 2004 size-segregated sampling has been

Übersicht der Einzelbeiträge

Das mittelfristige Arbeitskonzept des Instituts legt folgende übergeordnete *Forschungsthemen* fest:

1. *Evolution, Transport und raumzeitliche Verteilung des troposphärischen Aerosols*
2. *Einfluss des troposphärischen Aerosols auf Wolken und Strahlungshaushalt*
3. *Chemische Prozesse in troposphärischen Mehrphasensystemen.*

Langfristiges Ziel der damit verbundenen Arbeiten ist die Verbesserung der Vorhersagefähigkeit der Entwicklung und der Effekte von troposphärischen Mehrphasensystemen.

Im vorliegenden Jahresbericht trägt ein Großteil der Beiträge zu *Forschungsthema 1* bei, wobei die weltgrößte Mineralstaubquelle Sahara die Hauptrolle spielt. Die zugehörigen Berichte entstammen mehreren Forschungsvorhaben, die das IfT seit 2004 beschäftigen. Die vom IfT geleitete und stark getragene DFG-Forschergruppe SAMUM (Saharan Mineral Dust Experiment) führte 2006 ihr erstes Großexperiment in Südmarokko durch, um die physikalischen, vor allem optischen Eigenschaften des Saharastaubes so nahe wie möglich einer seiner Quellen zu charakterisieren. Der Bericht von **Heintzenberg et al.** dazu umfasst die Arbeiten an den beiden Bodenstationen in Ouarzazate und bei Zagora sowie die Strahlungsmessungen auf dem Forschungsflugzeug Partenavia. Dieser Bericht wird durch den Artikel von **Tegen et al.** fortgesetzt, die für SAMUM ein regionales Staubtransportmodell entwickelten und anhand mehrerer gut experimentell erfasster Staubepisoden evaluierten.

Die Projekte TRACES (PAKT-finanziert) und SOPRAN (BMBF-finanziert) untersuchen den Einfluss der Atmosphäre auf den Ozean insbesondere Mobilisierung, Transport sowie Deposition von Saharastaub auf den Kap Verden. Dort laufen auch Feldmessungen zur Charakterisierung der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Staubpartikeln neben Laborexperimenten zur Photochemie von Eisen in marinen Partikeln. Auch das Projekt FILGAS beleuchtet den Einfluss des Ozeans auf die Atmosphäre. Dort werden organische Oberflächenfilme charakterisiert, sowie durch Modellierung von atmosphärischen Multiphasenprozessen in einem abteilungsübergreifenden hausinternen IfT Projekt berücksichtigt. **Weller et al.** fassen erste Ergebnisse zu diesen drei Vorhaben zusammen. Die darin geschilderten Laborexperimente zur Photochemie von Eisen in marinen Partikeln sind auch für Hauptthema 3 von Bedeutung.

Die Feinstaubdiskussion erhöht die Bedeutung der Langzeitaerosolmessungen an der IfT-

added to the Melpitz measurements. **Spindler et al.**, present results of the past three years, which complement and widen the data taken since 1993. They demonstrate a substantial influx of particulate mass and anthropogenic aerosol components through long-range transport of air pollution, in particular in winter and from easterly directions. Also related to the Melpitz station **Poulain et al.**, show preliminary results of first field measurements with a High Resolution Time of Flight Aerosol Mass spectrometer during a recent intensive field campaign in January and February 2007.

Due to its high concentrations and its multiple formation processes the urban aerosol remains a major research focus of IFT. Results of related work are presented in several short contributions. With the data of an aerosol experiment near Beijing **Wiedensohler et al.** show that high precursor concentrations and favorable conditions can lead to rapid particle growth within one day from newly nucleated nanoparticles to sizes larger than 100 nm at which they become important for cloud processes. The related particle nucleation from the gas phase still poses many open questions. Mechanistic laboratory simulations on this subject have been conducted for many years at IFT with sulfuric acid as the major component. In a short contribution **Berndt et al.**, present results, which indicate that other SO_2 reaction products besides sulfuric acid, such a products of the HOSO_2O_2 radical, may be responsible for the nucleated particles. **Hinneburg and Knoth** report of micro-scale highly resolved model simulations, which they conducted for validating and evaluating aerosol measurements at the inter-urban freeway in Berlin. Finally, **Engelmann et al.**, present a new eddy correlation method for turbulent aerosol fluxes throughout the planetary boundary layer. This method is based on the combination of the IFT aerosol lidar and a Doppler lidar.

The reports concerning *Research Themes 2 and 3* reach from laboratory experiments via ground-based and helicopter-borne field experiments to the evaluation of high-tropospheric intercontinental flights and model simulations of convective cloud systems. **Wex et al.**, combine in their contribution the Leipzig Aerosol Cloud Simulator LACIS with two other particle growth instruments to show how the surface tension of wet particles influence their growth and critical supersaturation. Laboratory experiments are also addressing *Research Theme 3 Chemical processes in tropospheric multiphase systems*. By means of laser-photolysis **Hoffmann et al.**, derive liquid-phase reaction constants of important atmospheric radicals with oxygenated hydrocarbons. The results are used in further developments of the multiphase mechanism

Forschungsstation Melpitz nordöstlich von Leipzig. **Spindler et al.** stellen dazu Ergebnisse einer 2004 bis 2007 umfassenden, größen aufgelösten Charakterisierung der Partikelmasse PM_{10} vor, die die seit 1993 laufenden Langzeitaerosolmessungen ergänzen und erweitern. Sie zeigen einen erheblichen Eintrag von anthropogenen Aerosolkomponenten durch den Ferntransport kontinentaler Luftmassen, besonders im Winter aus östlicher Richtung. Auch auf Experimenten an der Forschungsstation Melpitz basierend zeigen **Poulain et al.** erste Feldergebnisse mit einem Aerosolmassenspektrometer in den Wintermonaten Januar bis Februar 2007.

Wegen seiner hohen Konzentrationen und der vielfältigen Bildungsmechanismen bleibt das urbane Aerosol ein wichtiges Forschungsthema des IFT, dessen Arbeiten dazu in mehreren Kurzbeiträgen vorgestellt werden. **Wiedensohler et al.** zeigen anhand eines Aerosolexperimentes in der Nähe Pekings, dass die anthropogene sekundäre Aerosolbildung dort unter günstigen Bedingungen zu einem so starken Anstieg der Partikelmasse führt, sodass aus der Gasphase gebildete Partikel innerhalb eines Tages bis in den Größenbereich von 100 nm aufwachsen. Diese Partikelnukleation aus der Gasphase wirft nach wie vor viele offene Fragen auf. Die seit Jahren am IFT laufenden mechanistischen Untersuchungen hierzu mit Schwefelsäure als Hauptbestandteil der neu gebildeten Partikel werden von **Berndt et al.** in einem Kurzbeitrag beschrieben. Offenbar spielen Peroxylradikale wie das Peroxymonosulfatradikal HOSO_2O_2 in der Partikelbildung eine wichtige Rolle. **Hinneburg und Knoth** berichten von mikroskaligen, gebäudeauflösenden Modellsimulationen zum Zwecke der Validierung und weiterführenden Auswertung von Feinstaubmessungen des IFT an der Berliner Stadtautobahn. Schließlich stellen **Engelmann et al.** eine neue auf der Kopplung zweier Lidarverfahren basierende Eddy-Korrelationsmethode vor, mit der erstmals Vertikalprofile des turbulenten Aerosolmassenflusses in der gesamten planetaren Grenzschicht bestimmt wurden.

Die Berichte zu den *Forschungsthemen 2 und 3* reichen von Laborsimulationen über Feldexperimente und Auswertungen hochtroposphärischer interkontinentaler Flüge bis hin zur Modellsimulation konvektiver Systeme. **Wex et al.** zeigen anhand von Experimenten mit der Kombination des Leipzig Aerosol Cloud Simulator LACIS mit zwei anderen Partikelwachstumsmessungen, wie die Oberflächenspannung der Partikel Wachstum und Tropfenaktivierung beeinflusst. Mit Laborstudien wird auch das *Hauptthema 3* bearbeitet. Mittels Laser-Photolyse ermittelten **Hoffmann**

CAPRAM 3.0 (Chemical Aqueous Phase Radical Mechanism), based on which **Tilgner et al.** present detailed model studies concerning aerosol/cloud interactions. All results derived to date demonstrate the potential importance of the liquid phase as reactive medium in the troposphere and suggest the implementation of these processes in chemical transport models.

For several years now the heterogeneous ice formation in super-cooled clouds is studied with the Ice-CVI (Counterflow Virtual Impactor) developed at IfT within an international consortium at Jungfraujoch, Switzerland. **Mertes et al.**, found that the ability of atmospheric particles for ice formation begins beyond 200 nm particle diameter, with increasing efficiency at larger sizes. They also found significant chemical differences in particles with ice-forming ability as compared to out-of-cloud aerosol composition. These differences indicate anthropogenic origins of these ice nuclei.

The influence of small-scale turbulence on the dynamics of cloud droplets plays a major role in the drop growth by coalescence and in the generation of large drops, which may cause precipitation. **Siebert and Shaw** report of helicopter-borne measurements of turbulence and dro size distribution in quasi homogeneous stratocumuli and demonstrate a qualitative connection between local turbulence and the occurrence of drops with diameters between 30 and 80 μm .

With a multi-year data set **Weigelt et al.**, investigate statistically the influence of deep convection on particle number in the upper troposphere. They use measurements of the CARIBIC project (Civil Aircraft for the Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container) complemented by back trajectories and satellite data. The analysis shows that deep tropical convection often contributes to the nanoparticle number while they scavenge larger particles.

Grützun et al., finally report on a model development, in which a spectral microphysical model has been combined with the mesoscale weather model COSMO of the German Weather Service. The present first results based on idealized data of a strong convective cloud over Midland, Texas.

et al. Geschwindigkeitskonstanten von Reaktionen wichtiger atmosphärischer Radikale mit sauerstoffhaltigen Kohlenwasserstoffen in wässriger Phase. Mit den Ergebnissen wird der Multiphasenmechanismus CAPRAM 3.0 (Chemical Aqueous Phase Radical Mechanism) verbessert, mit dem **Tilgner et al.** Modelluntersuchungen zur Aerosol-Wolkenwechselwirkung vorstellen. Ihre Ergebnisse zeigen die potentielle Relevanz der Flüssigphase als reaktives troposphärisches Medium und erfordern daher ihre Implementierung in höherskaligen Chemie-Transport-Modellen.

Mertes et al. untersuchen seit mehreren Jahren die heterogene Eisbildung mittels des am IfT entwickelten Eis-CVI (Virtueller Gegenstromimpaktor) innerhalb eines internationalen Konsortiums am Jungfraujoch, Schweiz und stellen fest, dass die Eisbildungsfähigkeit atmosphärischer Partikel ab etwa einer Größe von 200 nm beginnt und die Effizienz mit steigendem Durchmesser zunimmt. Sie finden deutliche Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der Eis bildenden Partikel im Vergleich zum Hintergrundaerosol, die einen anthropogenen Einfluss auf die heterogene Eisbildung vermuten lassen.

Der Einfluss kleinskaliger Turbulenz auf die Dynamik von Wolkentropfen spielt eine zentrale Rolle für das Tropfenwachstum und die Entstehung großer Wolkentropfen. **Siebert und Shaw** berichten von hubschraubergestützten Messungen von Turbulenz und Tropfengrößenverteilungen in Stratocumuli und zeigen einen Zusammenhang zwischen lokaler Turbulenz und dem Auftreten von Wolkentropfen mit Durchmesser zwischen 30 – 80 μm .

Mit Hilfe eines mehrjährigen Flugmessdatensatzes untersuchten **Weigelt et al.** erstmals statistisch den Einfluss hoher Wolken auf die Anzahlkonzentrationen von Aerosolpartikeln in der oberen Troposphäre (8-12 km Höhe). Dafür wurden Aerosolmesswerte genutzt, die im Rahmen des CARIBIC-Projekts (Civil Aircraft for the Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container) gemessen wurden. Diese wurden mit Rückwärtstrajektorien und Satellitenbildern auf eine Wolkenbeeinflussung hin überprüft. Eine statistische Analyse zeigte, dass hochreichende tropische Wolken sehr häufig zur Partikelneubildung beitragen.

Grützun et al. schließlich berichten über eine Modellentwicklung, die eine spektrale Wolkenmikrophysik mit dem mesoskaligen Wettermodell COSMO des Deutschen Wetterdienstes vereint und stellen erste Modellergebnisse mit idealisierten Beobachtungen einer hochreichenden konvektiven Wolke über Midland, Texas, vor.

