



**Forschungszentrum Karlsruhe**  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



**Wissenschaftliche Berichte**  
FZKA 7042

Ergebnisbericht über Forschung und Entwicklung 2003

Institut für Meteorologie und Klimaforschung

Als Manuskript vervielfältigt.  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor.

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 76021 Karlsruhe

ISSN 0948-4310  
ISSN 0947-918X

## Institut für Meteorologie und Klimaforschung

(Leitung: Prof. Dr. H. Fischer, Prof. Dr. Ch. Kottmeier, Prof. Dr. U. Schurath, Prof. Dr. W. Seiler)

Das Institut für Meteorologie und Klimaforschung (IMK) wird gemeinsam mit der Universität Karlsruhe betrieben. Im Rahmen eines integrierten, interdisziplinären Ansatz werden experimentelle und theoretische Arbeiten durchgeführt, mit deren Hilfe das noch unzureichende Verständnis über die „Atmosphäre“ und die „Biosphäre“ als Systeme und ihre vielfältigen Wechselwirkungen mit den angrenzenden Kompartimenten verbessert wird. Durch Laborstudien und Feldmesskampagnen werden die beide Systeme steuernden physikalischen, chemischen und biologischen Prozesse bestimmt und die Stoffflüsse sowie die Spurenstoffverteilungen quantifiziert. Darauf aufbauend werden gekoppelte numerische Simulationsmodelle entwickelt, die zur Abschätzung der anthropogenen Einflüsse auf die Atmosphäre und Biosphäre sowie der daraus resultierenden Folgen für die Umwelt, u.a. das Klima, die Wasserverfügbarkeit und die Biodiversität, eingesetzt werden. Auf dieser Basis werden schließlich Empfehlungen für Abhilfemaßnahmen sowie Anpassungsstrategien erarbeitet. Organisatorisch ist das Institut in die Bereiche Troposphärenforschung (IMK-TRO), Atmosphärische Spurenstoffe und Fernerkundung (IMK-ASF), Atmosphärische Aerosolforschung (IMK-AAF) und Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU) untergliedert. Die drei erstgenannten Bereiche befinden sich auf dem Gelände des Forschungszentrums, während das IMK-IFU in Garmisch-Partenkirchen angesiedelt ist. Im Rahmen der programmorientierten Förderung der Helmholtz Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren trägt das Institut für Meteorologie und Klimaforschung zum Programm „Atmosphäre und Klima“ im Forschungsbereich „Erde und Umwelt“ bei.

Im Bereich der Troposphärenforschung werden grundlegende Untersuchungen zu Klima, Wasserkreislauf und Spurenstoffhaushalten durchgeführt. Hierzu werden atmosphärische Prozesse wie Turbulenz, Konvektion, Wolkenbildung, Aerosolphysik, Niederschlagsentstehung und Austauschvorgänge an der Erdoberfläche durch Naturmessungen und mit theoretischen Verfahren eingehend untersucht. Die Ergebnisse werden in Modellen der Atmosphäre genutzt, um die Vorgänge im regionalen Wasserkreislauf und bei Wetterphänomenen geeignet darzustellen und vorherzusagen. Forschungsschwerpunkte sind die Transporte und Umwandlungen von Wasser, Energie, Spurengasen und Aerosolen in der Troposphäre. Die Forschung zur regionalen Klimavariabilität und zu Wettergefahren durch Sturm, Starkregen und Gewitter wird mit engem Anwendungsbezug durchgeführt. Die Einflüsse der Orographie und Landnutzung auf die Wind- und Niederschlagsverteilung und die Dynamik konvektiver Systeme werden durch Messungen und Modellrechnungen untersucht. Die Weiterentwicklung eigener Modellsysteme und die Geräteentwicklung, z.B. des Wassergehalts im Boden und in der Luft in allen Phasen, nimmt dabei einen breiten Raum ein. Die Ergebnisse aller Arbeiten finden Anwendung bei Fragen zum menschlichen Einfluss auf die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und auf das Klima sowie bei der Risikobewertung von Wettergefahren.

In einem weiteren Schwerpunkt werden physikalische und chemische Prozesse in der Stratosphäre und Tropopausenregion durch *in situ* Messungen und durch Analyse von Satellitendaten unter Nutzung von numerischen Modellen studiert. Zu diesem Zweck werden auch komplexe Fernerkundungsgeräte für Ballons, Flugzeuge und Satelliten zur Erfassung von meteorologischen Zustandsgrößen und von Spurengasverteilungen im mesoskaligen und globalen Bereich entwickelt und eingesetzt. Die aus den Messungen gewonnenen Erkenntnisse über Transportvorgänge, Strahlungsflüsse, photochemische Umwandlungen und mikrophysikalische Prozesse (z.B. Sedimentation von Partikeln) dienen der Weiterentwicklung von dreidimensionalen Zirkulations- und Klimamodellen. Diese Modelle werden zur Untersuchung der Kopplung zwischen Änderungen bei atmosphärischen Prozessen und den Klimaänderungen sowie zur Vorhersage der zeitlichen Entwicklung der stratosphärischen Ozonschicht genutzt. Aus langfristigen Fernerkundungs-Messungen an Bodenstationen werden Aussagen zu Trends bei Konzentrationen atmosphärischer Spurenstoffe abgeleitet.

Heterogene Prozesse in atmosphärischen Mehrphasensystemen, welche den Einfluss des atmosphärischen Aerosols auf den Strahlungshaushalt sowie indirekte Klimawirkungen über die Wolken- und Zirrenbildung kontrollieren, die Oxidationskapazität der Troposphäre verändern und in der polaren Stratosphäre zum Ozonabbau beitragen, werden in der großen Aerosol-Versuchsanlage AIDA (Aerosol Interactions and Dynamics in the Atmosphere) untersucht. Diese einmalige Simulationskammer ermöglicht es, die Temperatur- und Druckverhältnisse von der bodennahen Grenzschicht bis in die mittlere Stratosphäre kontrolliert einzustellen. Auch lang anhaltende Wasser- und Eisübersättigungen, wie sie bei Hebungsprozessen in der Atmosphäre auftreten, lassen sich in der Kammer simulieren. Die Experimente werden durch numerische Prozessmodellierungen unterstützt mit dem längerfristigen Ziel, die Parametrisierung heterogener Prozesse in Zirkulations- und Klimamodellen zu verbessern.

Ein weiterer Schwerpunkt sind Untersuchungen zur Wechselwirkung zwischen der Biosphäre und der Atmosphäre. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Quantifizierung der noch weitgehend unverstande-

nen komplexen Wechselwirkungen zwischen der Biosphäre, Atmosphäre und Anthroposphäre, einschließlich ihrer vielfältigen Rückkopplungen. Die in Freiland- und Laborstudien erzielten Ergebnisse fließen in die Entwicklung prozessorientierter numerischer Modelle zur Simulation der Funktionsweise von Ökosystemen und zur Berechnung von Stoffströmen ein. Die gewonnenen Informationen und Instrumentarien werden dazu genutzt, Handlungsempfehlungen zur nachhaltigen Nutzung natürlicher Ressourcen unter Berücksichtigung des sich ändernden Klimas und Schadstoffeintrags abzuleiten sowie nationale Emissionskataster klimarelevanter Substanzen als Beitrag zum Kyoto-Protokoll zu erstellen. Dazu wird ein Forschungsprogramm mit einem ganzheitlichen Ansatz durchgeführt, in dem die relevanten naturwissenschaftlichen, sozialen und ökonomischen Aspekte miteinander vernetzt sind.

Zurzeit gehören dem Institutsbereich des Forschungszentrums an: 93 Akademiker, 26 Ingenieure, 23 sonstige Mitarbeiter und 27 Doktoranden. Im Bereich der Universität waren weitere 29 Mitarbeiter (14 Akademiker, 3 Ingenieure, 6 sonstige Mitarbeiter, 3 Doktoranden und 3 Auszubildende) tätig.