



Herausgeber:
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
Der Vorstand

Redaktion:
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Briefadresse:
51170 Köln

Hausadresse:
Porz-Wahnheide
Linder Höhe
51147 Köln
Telefon: (0 22 03) 6 01-0
Telefax: (0 22 03) 6 73 10
E-Mail: pressestelle@dlr.de
Internet: <http://www.dlr.de>

Gestaltung:
MACH 8 Media Design Group, Mülheim/Ruhr

Druck:
Thierbach, Mülheim/Ruhr

Köln, im September 2002

ISSN 0938-2194
Abdruck (auch von Teilen)
oder sonstige Verwendung nur
nach vorheriger Absprache
mit dem DLR gestattet

Vorwort	2
Schwerpunkt Raumfahrt	4
Schwerpunkt Luftfahrt	28
Schwerpunkt Energie	46
Schwerpunkt Verkehr	50
Innovation	54
Projektträger	58
Auszeichnungen und Preise	62
Institute und Einrichtungen	68
Mitglieder und Gremien	69

■ Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) war im vergangenen Jahr geprägt durch einschneidende Veränderungen. Dabei wurden die neuen Herausforderungen, gekennzeichnet durch die Neugestaltung der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V. (HGF) und die Berufung eines neuen Vorstandes, nicht nur bewältigt, sondern mit Dynamik aufgenommen.

Nichts verdeutlicht dies mehr als die zahlreichen herausragenden Ereignisse des letzten Jahres. Zwar waren viele davon bereits mehrere Jahre vorher angestoßen worden, doch der in bislang einzigartiger Weise konzentrierte Erfolg stellt klar: Das DLR wirkt in der Spitzengruppe der Forschungseinrichtungen in Deutschland und Europa, ja in der Welt, mit. Besonders hervorzuheben sind die Weltraummissionen GRACE, ENVISAT und BIRD: die

Vorwort

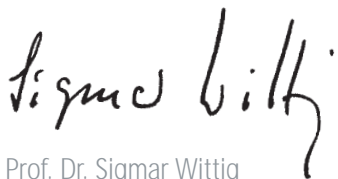
Erstgenannte, ein geowissenschaftlicher Satellit im Nationalen Raumfahrtprogramm, die Zweite, ein europäischer Satellit unter deutscher Systemführung für Umwelt- und Klimabeobachtung und die Dritte, ein DLR-Kleinsatellit zur Feuerbeobachtung. Der Start dreier Satellitenmissionen innerhalb eines Jahres ist für das DLR als Raumfahrtagentur und Forschungszentrum sichtbarer Beweis seiner Leistungsfähigkeit.

Mit ihren Erfolgen in der Forschung und der konsequenten Technologieentwicklung stehen die weiteren Schwerpunkte des DLR nicht zurück. So hat im ver-

gangenen Jahr unter anderem der erste Flug eines Hubschraubers mit optischer Flugsteuerung Luftfahrtgeschichte geschrieben. In der Laserforschung wurden neue Rekorde in der transmittierten Laserleistung erzielt, und der neu eingerichtete Schwerpunkt Verkehr liefert bereits aufschlussreiche Ergebnisse für die Modellbildung von Verkehrssystemen. Von diesen und weiteren Beiträgen enthält der Jahresbericht ebenso anschauliche wie faszinierende Beispiele. Ergänzt werden diese Arbeiten unter anderem durch neue Initiativen in der Nachwuchsförderung, wie die Einrichtung von Schülerlabors an vier Standorten des DLR.

Die eingangs angedeutete Änderung der Rahmenbedingungen ist vor allem geprägt durch die Mitgliedschaft in der neu konstituierten HGF. Diese ist nunmehr verantwortlich für eine programmorientierte Förderung, der ein Evaluierungsverfahren vorangestellt wird, dem sich die Mitgliedszentren – organisiert in Forschungsbereichen – stellen. Das DLR als Träger des Forschungsbereichs „Verkehr und Weltraum“ war der Pilot für die Evaluierung und hat sie, auch aufgrund seiner langjährigen Erfahrung in der programmatischen Steuerung seiner Aktivitäten, im Spätsommer 2002 mit Anerkennung der Gutachter überzeugend bestanden. Im Mittelpunkt der Mitwirkung in der HGF wird, im Einvernehmen mit deren Präsidenten, weiterhin die Bemühung stehen, keine unnötige Zentralisierung und Bürokratisierung der Forschung durch die neuen Strukturen entstehen zu lassen, sondern einen Mehrwert für Forschung und Technologieentwicklung zu verwirklichen.

Kaum weniger einschneidend war der Wechsel im Vorstand des DLR. Drei von fünf Positionen wurden während des vergangenen Jahres neu besetzt, darunter die des Vorsitzenden. Auf der wegweisenden Leistung des bisherigen Vorstandes und seines langjährigen Vorsitzenden, Prof. Walter Kröll, aufbauend, wird das Konzept des „Forschungsunternehmens DLR“ konsequent weiter verfolgt. Darüber hinaus wird neues, besonderes Augenmerk auf die Weiterentwicklung der fachlichen Arbeit gelegt, um das DLR aus seiner inneren Stärke heraus im nationalen und internationalen Kontext auch weiterhin zum Erfolg zu führen.



Prof. Dr. Sigmar Wittig
Vorsitzender des Vorstandes
des Deutschen Zentrums
für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Schwerpunkt Raumfahrt

Ergebnisse der ESA- Ministerrats- konferenz von Edinburgh

Die Mitgliedsstaaten der Europäischen Raumfahrtorganisation ESA und Kanada haben im November 2001 auf der Ministerratskonferenz im schottischen Edinburgh unter Leitung von Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn weitreichende politische Schritte zur Weiterentwicklung der europäischen Raumfahrt beschlossen. Die Tagesordnung umfasste politische Initiativen zur Implementierung der Europäischen Raumfahrtstrategie (ESS) sowie programmatische Beschlüsse, die sich als Folgeentscheidungen der Ministerratskonferenz 1999 in Brüssel und als Umsetzung der im November 2000 verabschiedeten Europäischen Raumfahrtstrategie (ESS) ergaben. Raumfahrt wird zu einem wichtigen Feld europäischer Politik: vor allem in den Bereichen Verkehr, Wirtschaft, Landwirtschaft und Technologie. Damit wird sie sich künftig noch sichtbarer an den Bedürfnissen der Bürgerinnen und Bürger Europas ausrichten. Das deutsche Ziel, die Raumfahrt noch stärker als genuine europäische Aufgabe zu organisieren und damit international noch wettbewerbsfähiger zu machen, fand bei den anderen ESA-Partnern weitgehende Zustimmung. Wichtige Strukturreformen wurden auf den Weg gebracht, die das Gesicht der europäischen Raumfahrt nachhaltig verändern: die ESA wird nun intensiv mit der EU zusammenarbeiten. Der Ministerrat der ESA und der Forschungsminsterrat der EU werden sich regelmäßig im „European Space Council“ treffen, um über grundlegende europäische Raumfahrtfragen zu beraten und bis 2003 ein gemeinsames europäisches Raumfahrtprogramm, die „European Space Policy“, zu verabschieden.

Insgesamt hat Deutschland auf der ESA-Ministerratskonferenz Projekte im Wert von rund zwei Milliarden Euro gezeichnet, die sich teilweise über einen Zeitraum von bis zu sechs Jahren erstrecken. Damit steht Deutschland mit einem ESA-Finanzierungsbeitrag von rund 25 Prozent nur knapp hinter dem größten Beitragszahler Frankreich mit etwa 27 Prozent der beschlossenen rund acht Milliarden Euro ESA-Gesamtbudget.

Eine Entscheidung von weitreichender politisch-strategischer Tragweite für die Rolle Europas in der Weltpolitik ist die Sicherung und Weiterentwicklung des Trägersystems Ariane. Von der deutschen Position, die Wettbewerbsfähigkeit der Ariane auf Dauer nur durch eine stärkere Industriebeteiligung und -verantwortung zu erhalten, konnten auch die anderen Mitgliedsländer überzeugt werden. Künftig soll die Systemverantwortung einem industriellen Hauptauftragnehmer übertragen werden. Damit war für Deutschland eine wichtige Voraussetzung geschaffen, den Anteil für die Weiterentwicklung der Ariane 5 von 22 auf fast 30 Prozent der Gesamtkosten zu erhöhen und dadurch die Führungsposition bei der neuen Oberstufe zu bekräftigen. Insgesamt wird Deutschland über die nächsten Jahre weitere 278 Millionen Euro in das Arianesystem investieren.

Beim europäischen Navigationssystem Galileo wurden in Edinburgh die rechtlichen Voraussetzungen für die Mitwirkung der ESA an dem Projekt geschaffen. Die abschließende Entscheidung über den Beginn der Entwicklungsphase von Galileo ist von den europäischen Verkehrsministern im März 2002 getroffen worden. Deutschland strebt die Systemführung an und will sich mit bis zu 25 Prozent an den Entwicklungskosten beteiligen. Galileo wird eines der wichtigsten europäischen Innovationsprojekte dieses Jahrzehnts sein. Deshalb ist das Navigationssystem Galileo wesentliches Kernelement der Zusammenarbeit von ESA und EU. Das zweite gemeinsame Projekt zwischen EU und ESA ist das Umweltprogramm „Global Monitoring for Environment and Security“ (GMES). Mit dieser Initiative soll im ersten Schritt ein Netzwerk von und für Nutzer und deren Bedürfnisse in Europa aufgebaut werden, mit dem die Möglichkeiten der Erdbeobachtung für eine Vielzahl von Anwendungen in Bereichen wie Umwelt-, Verkehrs- und Entwicklungspolitik oder etwa Katastrophenschutz zugänglich gemacht werden. Die deutsche Beteiligung an der Definitionsphase soll 25 Prozent betragen und ist damit der größte Anteil unter den Mitgliedstaaten.

Eine neue Priorität im ESA-Rahmen wurde mit der deutlichen Verstärkung der deutschen Beteiligung an der Entwicklung von Multimedia-satelliten gesetzt. Dieses Gebiet dürfte sich in den kommenden Jahren zu einem bedeutenden Geschäftsfeld für die Telekommunikationsindustrie in Europa entwickeln.

Die Weiterentwicklung der Europäischen Raumfahrtstrategie (ESS) wurde im Berichtszeitraum durch zwei politische Entscheidungsmeilensteine markiert:

Fortentwicklung der Europäischen Raumfahrtstrategie

- ▶ die Entschließung des ESA-Rats auf Ministerebene von November 2001,
- ▶ die Erteilung eines Verhandlungsmandats an die Europäische Kommission (EK) seitens des EU-Ministerrats. Die ESA-Entschließung würdigt die

bisherige Arbeit der gemeinsamen Arbeitsgruppe von ESA und EU und fordert die ESA-Exekutive auf, (a) als Fortsetzung der bereits im Jahre 2000 verabschiedeten Europäischen Raumfahrtstrategie (ESS) ein europäisches Raumfahrtprogramm bis Ende 2002 auszuarbeiten, das die Raumfahrtaktivitäten von ESA, EU und nationalen Agenturen in einem integrierten Gesamtansatz erfasst, (b) eine Rahmenvereinbarung mit der EU über Modalitäten der institutionellen Zusammenarbeit der beiden Organisationen zu entwerfen, die insbesondere die Voraussetzungen schafft, dass die ESA als Implementierungsagentur der EU tätig werden kann, und (c) eine informelle gemeinsame Tagung des Rates der EU und der ESA auf Ministerebene vorzubereiten, auf der die genannten Aktivitäten erörtert und in einen Aktionsplan einmünden sollen. Der Forderung des Europaparlaments, ein Weißbuch zur Raumfahrt anzufertigen, entspricht die EK durch Vorbereitung zunächst eines „Grünbuchs“ zur Raumfahrt. Hier sollen Themen angesprochen werden, die bisher in den Papieren zur ESS zurückgestellt wurden (Sicherheitsaspekte, „dual use“, Trägerpolitik).

Das mit Kabinettsbeschluss vom 16. Mai 2001 in Kraft gesetzte Raumfahrtprogramm der Bundesregierung gibt der deutschen Raum-

Fachprogramme des **Deutschen Raumfahrt- programms**

fahrt die längerfristige programmatische Perspektive und Orientierung vor und setzt die großen Wegmarken. Die Ausgestaltung der dort definierten Ziele in Form von abgestimmten Maßnahmen zu konkreten Raumfahrtprojekten erfolgt in den acht Fachprogrammen Kommunikation, Navigation,

Erdbeobachtung, Erforschung des Weltraums, Forschung unter Weltraumbedingungen, Raumstation, Raumtransport und Technik für Raumfahrtsysteme. In diesem Dokument, das in einem etwa zweijährigen Turnus aktualisiert werden soll, orientiert das DLR seine Planungen an der gültigen mittelfristigen Finanzvorschau der Bundesregierung, legt jedoch auch längerfristige Planungsperspektiven jenseits des finanziellen Planungshorizonts der Regierung dar – allerdings ohne übersteigerte Erwartungen wecken zu wollen. Maßgebliche Auswahlkriterien für die Vorhaben in den Fachprogrammen sind nachweislicher Nutzerbedarf, günstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis, wissenschaftliche Exzellenz und die Finanzierbarkeit innerhalb der vorgegebenen Finanzlinie. Die Fassung des Dokuments vom Mai 2000 wird gegenwärtig einer umfassenden Überarbeitung und Aktualisierung unterzogen. Damit soll veränderten politischen und ökonomischen Gegebenheiten im Umfeld der Raumfahrt sowie neuen programmatischen Festlegungen, insbesondere im Gefolge der ESA-Ministerratskonferenz von Edinburgh, Rechnung getragen werden.

Zertifizierung des DLR- Raumfahrt- managements

Das DLR setzt sich das Ziel, die Qualität seiner Produkte inklusive seiner wissenschaftlich-technischen Ergebnisse sowie seiner Managementleistungen zu sichern und zu verbessern. Die Qualität wird dabei an der Übereinstimmung des Erreichbaren mit den Kundenanforderungen gemessen. Um diese Qualität sicherzustellen, wird im DLR das Qualitätsmanagement (QM)-System nach DIN EN ISO 9000 : 2000 ff organisiert. Auf dieser Basis wird die instituts- bzw. einrichtungsbezogene und unternehmensweite Zertifizierungsfähigkeit angestrebt. In Umsetzung der Qualitätsleitlinien des DLR und in Übereinstimmung mit den Anforderungen des QM-Rahmensystems soll das QM-Teilsystem (QMS) des Raumfahrtmanagements (RFM) aufgebaut und die Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001: 2000 herbeigeführt werden. Die hierfür notwendigen Aktivitäten werden als Projekt durchgeführt, welches am 29.05.2001 gestartet wurde.

Das Projekt gliedert sich in die Hauptarbeitspakete

- ▶ Bestandsaufnahme,
- ▶ Definition des QM-Systems und Erstellung des QM-Handbuchs (QMH),
- ▶ Einführung des QM-Systems,
- ▶ Zertifizierung des QM-Systems.

Diese Arbeitspakete werden sequenziell-überlappend bearbeitet. Das Projekt befindet sich jetzt in der Einführungsphase des QMS. Das QMH und damit das QMS wurden erstellt und am 30. April 2002 von den Raumfahrtleitern des DLR freigegeben. In den Monaten April und Juni 2002 wurden alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des RFM durch Schulungen mit dem QMS vertraut gemacht. Durch DLR-interne Audits wird jetzt überprüft, ob das QMS des RFM auch „gelebt“ wird. Erste Ergebnisse zeigen, dass das QMS gut funktioniert. Das Projektende – das heißt die erfolgreiche Zertifizierung nach der Norm DIN EN ISO 9001 : 2000 – ist für Herbst 2002 vorgesehen.

Galileo

■ Galileo ist ein von der Europäischen Kommission in Zusammenarbeit mit der ESA geführtes Programm mit dem Ziel, bis 2008 ein ziviles, globales Satellitennavigationssystem aufzubauen. Galileo soll aus einem Raumsegment von 30 Satelliten bestehen, die gleichmäßig auf drei Bahnebenen in ca. 24.000 Kilometer Höhe verteilt sind und mit dem dazugehörigen terrestrischen Kontrollsegment eine globale Abdeckung garantieren. Gegenüber dem jetzigen Satellitennavigationssystem GPS wird Galileo eine größere Genauigkeit sowie eine höhere Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit bieten. Wichtigster Unterschied zu GPS ist aber die Fähigkeit von Galileo, dem Nutzer mitzuteilen, ob das System fehlerhaft arbeitet oder nicht (Integrität). Dies ist vor allem für sicherheitskritische Anwendungen (z.B. Luftfahrt) extrem wichtig.

Galileo wird eine große Zahl an Diensten bieten, die vom kostenlosen „offenen Dienst“ für den Massenmarkt über den kostenpflichtigen „kommerziellen Dienst“ (mit zusätzlichen navigationsbezogenen Daten) für professionelle und wissenschaftliche Anwendungen bis hin zum „öffentlich regulierten Dienst“ (mit Zugriffsbeschränkung) für hoheitliche Aufgaben reichen. Ebenso ist ein „Safety of Life Service“ vorgesehen, der einen öffentlichen Dienst mit Zugangsbeschränkung für sicherheitsrelevante Anwendungen darstellt.

Die Gesamtkosten von Galileo, das auf der Basis eines „Public Private Partnership PPP“ geschaffen werden soll, sind laut der von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebenen und Ende 2001 veröffentlichten Studie von PriceWaterhouseCoopers (PWC) nur geringfügig höher als die von der Kommission geschätzten 3.250. Allerdings wird laut PWC der öffentliche Anteil bei der Finanzierung Galileos ca. 2.500 Millionen Euro betragen und somit um 800 Millionen Euro über den ursprünglich angenommenen 1.700 Millionen Euro liegen. Die Mehrkosten beruhen größtenteils darauf, dass auch die Betriebsphase von Galileo durch öffentliche Mittel unterstützt werden muss. Auf deutscher Seite war für die Bereitstellung weiterer Gelder zur Finanzierung der erhöhten Kosten von Galileo ein neuer Kabinettsbeschluss erforderlich, der im Februar 2002 getroffen wurde. Im März 2002 hat dann der EU-Ver-

kehrsministerrat Mittel in Höhe von 450 Millionen Euro für die Entwicklungsphase von Galileo freigegeben und die Gründung eines gemeinsamen Unternehmens Galileo Joint Undertaking (GJU) zur Durchführung dieser Entwicklungsphase beschlossen. Das zugehörige ESA-Programm GalileoSat wurde von Deutschland Ende März 2002 mit 25 Prozent (Brutto-sozialproduktschlüssel) gezeichnet.

Insgesamt ist das ESA-Programm GalileoSat gegenüber dem regulären Finanzierungsrahmen von 547 Millionen Euro um ca. 180 Millionen Euro überzeichnet. Dies ist primär darauf zurückzuführen, dass auch die Länder England, Frankreich und Italien das Programm mit 25 Prozent, also deutlich über ihrem jeweiligen Landes-Bruttosozialproduktschlüssel, gezeichnet haben. Zur Zeit laufen Verhandlungen zwischen den Ländern und der ESA, um eine Einigung bezüglich der jeweiligen nationalen Beteiligungshöhe zu erzielen und somit die Überzeichnungsproblematik zu lösen. Anschließend kann die Entwicklungs- und Validierungsphase von Galileo (2002 bis 2005) offiziell beginnen. Die Herstellung und die Starts der Satelliten sind Gegenstand der darauf folgenden Errichtungsphase von 2006 bis 2007. Ab 2008 soll der nominelle operationelle Betrieb von Galileo beginnen.

■ Ziel dieses Projektes ist die Etablierung eines Netzwerkes zur Nutzung des zukünftigen Europäischen Satellitennavigationssystems GALILEO. Das Projekt wird geleitet von Prof. Igenbergs, Fachgebiet Raumfahrt der Technischen Universität München. Das DLR hat im Rahmen des Projektes eine von drei erfolgreichen Nutzerkonferenzen im

Virtuelles Anwendungszentrum

Münchener Raum durchgeführt. Aufgabe dabei war es, die organisatorische Leitung und programmatische Ausrichtung des Internationalen Kongresses „Commercial Applications of Satellite Navigation“ im April 2001 im Europäischen Patentamt in München mit ca. 300 Teilnehmern aus zwölf Nationen maßgeblich zu unterstützen sowie ca. 50 relevante anwendungsorientierte Technologie-Transfer-Projekte für die Darstellung im Internet aufzubereiten. Der internationale Kongress hatte seinen Höhepunkt in der aktiven Teilnahme der Vizepräsidentin der Europäischen Kommission, Loyola de Palacio, die daran auch einen Besuch im DLR-Standort Oberpfaffenhofen anschloss. Die Verbindungen des DLR ermöglichten auch eine starke aktive Beteiligung der französischen Raumfahrt-Industrie und der französischen Raumfahrtagentur CNES sowie der Indischen Raumfahrtorganisation ISRO. Gegenwärtig laufen die Vorbereitungen für den Internationalen Nachfolgekongress unter dem Generalthema „The Challenge to commercialize GALILEO“ in 2003 und der Präsentation deutscher Firmen mit Bezug zu GALILEO auf der Technologie-Messe SITEF in Toulouse im Oktober 2002. Das virtuelle Anwenderzentrum ist ein Förderprojekt des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Technologie.

■ ENVISAT, der größte und bedeutendste europäische Erdbeobachtungssatellit, wurde am 28. Februar 2002

ENVISAT

mit einer Ariane 5 in eine polare Umlaufbahn gebracht. ENVISAT besitzt abbildende Instrumente (optisch und Radar), die zur Erstellung von Vegetationskarten und zur Überwachung von Naturkatastrophen bestimmt sind. Ebenso trägt ENVISAT hochempfindliche Atmosphäreninstrumente für die Verbesserung der Kenntnisse über Treibhausgase und der Ozonchemie sowie Instrumente zur hochgenauen Bestimmung der Topographie von Wasser und Eis. Der Satellit und die Instrumente konnten erfolgreich in Betrieb genommen werden. Während der zur Zeit laufenden Commissioning-Phase werden schwerpunktmäßig

die funktionellen Aspekte der Instrumente und des Satellitenbusses verifiziert und die Leistung der Instrumente optimiert. Außerdem werden die für die Auswertung genutzten Prozessoren kalibriert und validiert. Das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) des DLR beteiligt sich maßgeblich an der Prozessorentwicklung und unterstützt den Instrumentenbetrieb. Mit der Einrichtung des „Deutschen Processing and Archiving Centers“ (D-PAC), in dem die Instrumentendaten zu hochwertigen Datenprodukten verarbeitet und an die Nutzer verteilt werden, leistet das DFD einen umfassenden und zentralen Beitrag im Rahmen des ENVISAT-Bodensegments. Die in der „Commissioning-Phase“ gewonnenen Daten werden auch für die Validierung der Prozessoren genutzt. Mit ENVISAT werden die Beobachtungen der sehr erfolgreichen ERS-Satelliten kontinuierlich fortgesetzt. Darüber hinaus werden noch detailliertere und umfassendere Kenntnisse über Erde, Klima und Umwelt gewonnen. Nach der Inbetriebnahme und Überprüfung der Instrumente im Orbit wird das bisher umfassendste Spektrum an weltweiten Beobachtungsdaten über unseren Planeten für die wissenschaftliche Auswertung zur Verfügung stehen. Es sind wesentliche Impulse für die Atmosphärenforschung und die globale Klimaüberwachung zu erwarten.

■ SCIAMACHY ist ein für ENVISAT unter Federführung des DLR gebautes deutsch-niederländisches Atmosphärenspektrometer. Mit diesem neuartigen Instrument werden zahlreiche Spurengase in der Strato- und Troposphäre hochgenau und global gemessen. Mit dem erfolgreichen Öffnen des Deckels von SCIAMACHY für die Nadir-Blickrichtung (lotrecht zur

SCIAMACHY

Erdoberfläche) konnte der erste Teil der „Commissioning-Phase“ erfolgreich abgeschlossen werden. Die ersten Ergebnisse von Limb- und Nadir-Messungen sind sehr vielversprechend. Die Wissenschaftler am Institut für Umweltphysik der Universität Bremen konnten aus den gemessenen Spektren schon eine Reihe von Spurengasen ermitteln. Hierzu gehören Ozon- und Stickstoffdioxidprofile sowie die wichtigen Treibhausgase Methan, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid. Die operationelle Bearbeitung der gemessenen Spektren steht noch aus. Dafür werden als nächste Schritte die Boden-Prozessoren durch die ESA und das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) des DLR in Betrieb genommen. Anschließend wird eine umfangreiche Verifikations- und Validationskampagne durchgeführt, an der sich das DLR mit seinem Messflugzeug Falcon beteiligen wird.

■ DLR und Astrium GmbH haben am 25. März 2002 eine Kooperationsvereinbarung über die Realisierung

TerraSAR-X

des TerraSAR-X Satellitensystems unterzeichnet. Damit wird erstmals in Deutschland ein Raumfahrtprojekt der Erdbeobachtung in öffentlich-privater Partnerschaft unter erheblicher finanzieller Beteiligung der Industrie realisiert.

Bei TerraSAR-X handelt es sich um einen hochauflösenden, im X-Band operierenden Radarsatelliten der neuen Generation, der Mitte 2005 gestartet werden soll. Dieses Projekt ist die konsequente wissenschaftliche und technologische Fortführung der erfolgreichen nationalen Radarmissionen X-SAR (1994) und SRTM (2000) sowie der mit erheblichem finanziellen Aufwand betriebenen Vorentwicklungen zur SAR-Technologie. Das Projekt wird von einer breiten wissenschaftlichen Gemeinde in Deutschland unterstützt. Darüber hinaus wurde seitens der Astrium GmbH ein attraktives Marktpotenzial für aus X-Band Daten abgeleitete Informationsprodukte identifiziert. TerraSAR-X wird hochauflösende Daten und Informationen für unterschiedliche Aufgaben des Staates und der Wirt-

schaft bieten, z.B. für die Überwachung der Umwelt („Waldmonitoring“), für die Regionalplanung (Bereitstellung großmaßstäblicher topographischer Karten), für den Katastrophenschutz (schnelle Verfügbarkeit von Wetter- und Tageslicht-unabhängigen Daten). Zur Europäisierung wurde das System als Vorschlag im ESA-Earth-Watch-Programm eingereicht und eine gemeinsame Konsolidierungsphase beschlossen, in der die Nutzung gemeinsam mit europäischen Partnern vorbereitet werden soll. Angestrebt wird ein nachhaltiger, operationeller Informationsservice als Bestandteil des im Aufbau befindlichen europäischen GMES-Service-Netzwerkes.

In Rahmen der vereinbarten Partnerschaft erhält die Astrium GmbH einen Auftrag des DLR für Entwicklung, Bau und Start des Satelliten. Das DLR übernimmt den Aufbau eines Satellitenbetriebssystems sowie des Nutzlastbodensegmentes für den Empfang der Radardaten sowie deren Prozessierung, Archivierung und Verteilung. Das DLR ist außerdem verantwortlich für den fünfjährigen Betrieb des Satelliten. Astrium verpflichtet sich zum Aufbau eines Vertriebssystems und zur Kommerzialisierung der TerraSAR-X-Daten und -Produkte durch die Infoterra GmbH. Bei Erreichung der heute vorhersehbaren Geschäftsentwicklung wird die Astrium GmbH nach Ablauf der Lebensdauer des Satelliten ein Nachfolgesystem finanzieren und so die Nachhaltigkeit des Geschäftes sichern.

Gegen Gewährung der exklusiven, kommerziellen Nutzungsrechte für die TerraSAR-X Daten beteiligt sich die Astrium GmbH an den Entwicklungskosten des Satelliten sowie in der Betriebsphase umsatzabhängig an den Satellitenbetriebskosten des DLR. Darüber hinaus investiert sie erhebliche Beträge in den Aufbau des Vertriebssystems sowie die Vermarktung der Satelliten-Daten und -Produkte. Die wissenschaftlichen Nutzungsrechte an den Daten verbleiben beim DLR. Das TerraSAR-X Preliminary Design Review konnte Ende März erfolgreich durchgeführt werden.

■ Am 17. März 2002 um 10:21 Uhr (MEZ), brachte eine Trägerrakete vom Typ Rockot die beiden Satellitenzwillinge der Mission GRACE ins Weltall. Sie sollen fünf Jahre lang aus ihrer rund 500 Kilometer hohen polaren Umlaufbahn das Schwerfeld der Erde untersuchen. GRACE steht für Gravity Recovery and Climate Experiment.

GRACE

Knapp 90 Minuten nach dem Start vom 800 Kilometer nördlich von Moskau gelegenen Weltraumbahnhof Plesetsk trennten sich die beiden GRACE-Satelliten von der Raketenoberstufe. Anschließend „meldeten“ sich die Forschungssatelliten bei der Bodenstation Weilheim.

Die GRACE-Satelliten umrunden die Erde in einem Abstand von 220 Kilometern zueinander. Da dieser Abstand sich unter dem Einfluss der Erdgravitation verändert, lässt sich das Schwerfeld unseres Planeten vermessen. Während der gesamten Missionsdauer von fünf Jahren werden die Messungen alle 30 Tage ein aktualisiertes Modell des Erdgravitationsfeldes liefern. Außerdem erstellt jeder der beiden Satelliten täglich bis zu 200 Profile der Temperaturverteilung und des Wasserdampfgehalts in der Atmosphäre und der Ionosphäre.

GRACE ist ein Gemeinschaftsprojekt der amerikanischen Weltraumbehörde NASA und des DLR. Das DLR-Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen ist für den Satellitenbetrieb und für den Datenempfang verantwortlich. Das Missionsmanagement liegt bei NASA/JPL. Gebaut wurden die beiden Satelliten von der Astrium GmbH in Friedrichshafen. Der Transport in die Erdumlaufbahn wurde von dem deutsch-russischen Unternehmen Eurockot, eine Astrium-Beteiligungsgesellschaft, durchgeführt. Die wissenschaftliche Datenauswertung erfolgt durch das GeoForschungsZentrum (GFZ) in Potsdam und das Center for Space Research an der Universität Texas in Austin, USA.

■ Der Geoforschungssatellit CHAMP (CHALLENGING Minisatellite Payload for Geophysical Research and Application) wurde am 15. Juli 2000 mit einer russischen COSMOS-Rakete erfolgreich vom Startgelände Plesetsk

CHAMP

gestartet. Der Satellit und die Subsysteme zeigen weiterhin sehr zufriedenstellende Funktion. Alle wissenschaftlichen Instrumente liefern sehr gute Daten. Das Bodensegment arbeitet einwandfrei.

Die CHAMP-Daten sind seit 15. Mai 2001 für eine Nutzergemeinde, die sich ständig vergrößert, frei verfügbar. Vom GeoForschungsZentrum (GFZ) in Potsdam werden stetig neue aufbereitete Daten von herausragender Qualität geliefert. CHAMP kann als eine international herausragende Geoforschungsmission bezeichnet werden.

GMES

■ GMES ist eine gemeinsame Initiative der Europäischen Kommission und der Europäischen Raumfahrtorganisation ESA für globale Umwelt- und Sicherheitsüberwachung. Ziel ist es, durch eine arbeitsteilige europäische Zusammenarbeit das Potenzial weltraumgestützter Technologien in Verbindung mit terrestrischen und sonstigen Datenquellen für den Informationsbedarf politischer Entscheidungsträger in der EU, insbesondere in den Bereichen Umwelt, Ressourcen-Management, Zivilschutz und Forschung zu erschließen. Sicherheitsrelevante Themen wie Krisenmanagement und Unterstützung humanitärer Hilfsaktionen sollen ebenfalls berücksichtigt werden. Dabei sollen Nutzerinteressen die Systemdefinition bestimmen. Am Ende soll ein aus europäischer Sicht eigenständiges, zuverlässiges und dauerhaft verfügbares Beobachtungssystem stehen, das in der Verantwortung der Nutzerorganisationen dauerhaft ohne Einsatz von FuE-Mitteln betrieben wird. Deutschland wird hierzu mit TerrSAR-X einen maßgeblichen Beitrag leisten.

Obwohl vorrangig der öffentliche Bedarf politischer Entscheidungsträger befriedigt werden soll, erwartet die Europäische Kommission, dass der private Sektor und Public-Private-Partnership-Initiativen eine wichtige Rolle in der Bereitstellung der notwendigen Informationen und Dienstleistungen spielen werden. GMES soll auch den Aufbau der Geodatenindustrie in Europa stimulieren, indem neue Marktsegmente erschlossen werden.

Der EU-Forschungsministerrat hat wie bereits zuvor der ESA-Ministerrat der Durchführung einer GMES-Definitionsphase im Zeitraum 2001 bis 2003 zugestimmt.

Die GMES-Definitionsphase soll in enger arbeitsteiliger Zusammenarbeit gemeinsam von ESA im Rahmen des EarthWatch-Programms und Europäischer Kommission unter dem 6. Rahmenprogramm gestaltet werden.

Auf nationaler Ebene konzentrieren sich die Arbeiten des DLR in seiner Rolle als deutsche Raumfahrtagentur darauf, die Detaillierung der GMES-Definitionsphase durch die Europäische Kommission (EK) und die ESA mitzugestalten und sich für die Durchsetzung deutscher Interessen (Berücksichtigung unserer Themen-

schwerpunkte, angemessene deutsche Beteiligung an den Forschungsaktivitäten) zu engagieren. Dies geschieht u.a. durch

- ▶ ein kontinuierliches Monitoring der EU/ESA Papiere zu GMES,
- ▶ nationale Informationsveranstaltungen zum GMES Programm,
- ▶ Anstoß und Beratungsdienste für die Bildung von Projektteams aus öffentlichen Nutzern, Industrie und Forschung für gemeinsame Anträge bei EK und ESA,
- ▶ regelmäßige Ressortrunden,
- ▶ fortlaufende Gespräche mit EU und ESA sowie
- ▶ Abstimmung mit GMES-relevanten nationalen, europäischen und internationalen Programmen.

Ende September 2001 veranstalteten das Forschungs- und Verkehrsministerium gemeinsam mit dem DLR eine nationale Informationsveranstaltung zu GMES. Angesprochen wurden Bundesbehörden, Landesbehörden sowie andere öffentliche Einrichtungen und mögliche GMES-Nutzer. Ende Juni 2002 wurde in einer weiteren nationalen GMES-Veranstaltung für die an der Implementierung von GMES interessierten Unternehmen und Wissenschaftler der bisherige Sachstand, welcher sich beispielsweise aus den Entscheidungen des ESA-Ministerrats ergibt, vorgestellt.

■ Das deutsch-amerikanische Projekt SOFIA (Stratosphären-Observatorium für Infrarot Astronomie) besteht aus einem flugzeuggetragenen Infrarotteleskop mit einem 2,7-Meter-Hauptspiegel. Die deutsche Beteiligung beinhaltet den Bau des Teleskops unter DLR-Leitung und einen zwanzigprozentigen DLR-Anteil am Missionsbetrieb in den USA. Als Gegenleistung stehen deutschen Astronomen 20 Prozent der Beobachtungszeit zu.

SOFIA

Dafür entwickeln und bauen die Wissenschaftler aus Mitteln ihrer Institute leistungsstarke und hochauflösende Empfänger (Infrarot-Kameras und -Spektrometer). Damit werden u.a. interstellare Gas- und Staubwolken und dort eingelagerte organische Moleküle untersucht, womit wesentliche Erkenntnisse über die Stern- und Planetenentstehung und über die Bausteine primitiver Lebensformen gewonnen werden.

Entwicklung, Fertigung und Test des Teleskops sind nahezu abgeschlossen. Im September 2002 wurden die Teleskopteile auf dem Luftweg in die USA transportiert und dort in die von NASA beigestellte, modifizierte Boeing 747 integriert. Nach abschließenden Tests beginnt ab Herbst 2004 der Flugbetrieb. Das SOFIA Science and Mission Operation Center wird mit deutscher Beteiligung bei der NASA in Kalifornien eingerichtet. Über insgesamt 20 Betriebsjahre werden astronomische Beobachtungen in 12 bis 14 Kilometer Höhe mit jährlich 160 Flügen von jeweils ca. sieben Stunden Messzeit durchgeführt.

■ Das International Gamma Ray Astrophysics Laboratory (INTEGRAL) ist das Hauptprojekt in der Gamma-Astronomie und Hochenergieastrophysik der ESA in den nächsten

INTEGRAL

Jahren. Es wird den Himmel mit hoher spektraler und räumlicher Auflösung in den Energiebereichen 15 keV bis 10 MeV untersuchen. Gleichzeitig führt es eine Überwachung der Quellen im Röntgenbereich (3 bis 35 keV) und im optischen Bereich (V, 550 nm) durch.

Mit Hilfe der Gamma-Astronomie werden die energiereichsten Prozesse im Weltraum untersucht. Dabei werden einige der fundamentalsten Fragestellungen der Physik und Astrophysik behandelt, wie z.B. die Entstehung der Elemente in Nova und Supernova-Explosionen. Im Gamma-Bereich erhält man wichtige Informationen über Neutronensterne, schwarze Löcher, Gamma-Ray Bursts, Kerne aktiver Galaxien etc..

Für die beiden wissenschaftlichen Schwerpunkte trägt der Satellit zwei Hauptinstrumente:
 ► ein Spektrometer für Beobachtungen mit hoher Energieauflösung (SPI),
 ► ein Imager für Bilder mit guter Winkelauflösung (IBIS).

Zwei Monitorinstrumente runden den beobachtbaren Wellenlängenbereich ab.

Deutschland beteiligt sich mit dem Antikoinzidenzsystem (ACS) maßgeblich an dem Spektrometer. Daneben unterstützt Deutschland das INTEGRAL Science Data Centre (ISDC) in Genf, welches die INTEGRAL-Daten für die wissenschaftliche Gemeinschaft nutzbar macht.

Das Projekt wird gemeinsam mit Russland durchgeführt, das für den Start mit einer Proton-Rakete verantwortlich ist. Geplanter Starttermin ist der 17. Oktober 2002.

■ Mit Mars Express startet Europa voraussichtlich im Juni des Jahres 2003 seine erste Marsmission, um damit einen bedeutenden Beitrag zur Marsforschung zu liefern.

MARS EXPRESS

Nach einer Reise von einem halben Jahr soll Mars Express unseren Nachbarplaneten erreichen und für ein Marsjahr (entsprechend etwa zweier Erdjahre) aktiv Messungen durchführen. Die Mission besteht aus einem Satelliten mit sieben Experimenten sowie einer in England in internationaler Kooperation gebauten Landeeinheit. Zur Nutzlast

des Satelliten gehört auch die vom DLR Institut für Weltraumsensorik und Planetenerkundung in Berlin entwickelte High Resolution Stereo Camera (HRSC).

Die Instrumentierung der Mission ist speziell abgestimmt auf Kernfragen, wie die nach Leben auf dem Mars, nach seiner Klimageschichte, der Rolle und dem Verbleib von Wasser, der Existenz von anderen Ressourcen und der Erkundung von potenziellen Landestellen.

Die Leistungsdaten der HRSC sind auf die wissenschaftlichen Fragestellungen und auf die marsianischen Umweltgegebenheiten optimiert:

- ▶ Aufnahme der Oberflächenmorphologie und -topologie bei dreidimensionaler Auflösung von bis zu 10 Meter/Pixel,
- ▶ Aufnahme spezieller Details mit dem Teleobjektiv „Super Resolution Channel“ (SRC) mit einer Auflösung von bis zu zwei Meter/Pixel,
- ▶ photometrisch geeichte Farbaufnahmen für mineralogische Untersuchungen der Oberfläche und hochaufgelöste photometrische Messungen der Marsatmosphäre.

Mit HRSC werden während der 28-monatigen Mission etwa 50 Prozent der Marsoberfläche mit einer Auflösung größer als 20 Meter/Pixel abgedeckt. Mit dem Super Resolution Channel werden mindestens ein Prozent der Marsoberfläche mit einer geometrischen Auflösung von etwa zwei Meter/Pixel aufgenommen.

■ Die Eckpfeiler-Mission ROSETTA der ESA hat die Untersuchung des Kometen Wirtanen zum Ziel. Dies

ROSETTA

soll mit einem den Kometen umkreisenden Beobachtungssatelliten („Orbiter“) und

einem sanft auf dem Kometenkern landenden Fahrzeug („Lander“), das unter Führung des DLR in einer europäischen Kooperation entwickelt und gebaut wurde, erfolgen.

Kometen stammen noch aus der Entstehungszeit unseres Sonnensystems vor 4,6 Milliarden Jahren und sollen sich seitdem kaum verändert haben. Deshalb soll die Erforschung des Kometen Wirtanen wichtige Hinweise über die Entstehung unseres Sonnensystems bis möglicherweise zur Entstehung des Lebens auf der Erde liefern.

Die ROSETTA-Mission stellt eine besondere wissenschaftliche und technische Herausforderung dar. Nach dem voraussichtlichen Start im Januar 2003 soll eine über acht Jahre dauernde Flugphase folgen, bevor die Sonde Ende 2011 den Kometen erreicht. In einer Entfernung von 450 Millionen Kilometern von der Sonne soll in 2012 der Abstieg des Landers auf die Kometenoberfläche beginnen.

Seit Dezember 2001 ist der Lander in den Orbiter integriert; das System wird verschiedenen Umwelttests unterzogen, die Ende Juni 2002 abgeschlossen wurden. Vor dem Start müssen einige Subsysteme und Instrumente noch einmal ausgetauscht werden. Der Zeitplan dafür ist sehr eng, da aufgrund der Bahnmechanik ein zeitlich begrenztes Startfenster getroffen werden muss.

Von den zehn Instrumenten auf dem Lander stellen in sechs Fällen deutsche Wissenschaftler den „Principal Investigator“ (PI). Bei den elf Orbiterexperimenten sind es drei Principal Investigators und fünf Co-Investigators.

■ Zum Antrieb von Raumfahrzeugen kann der Druck des Sonnenlichts analog zum windgetriebenen Segel

Solar Sail

ausgenutzt werden. Da dieser Antrieb keinen Treibstoff benötigt, sind damit prinzipiell Missionen denkbar, die mit herkömmlichen

Antrieben kaum durchzuführen sind.

Weil der Lichtdruck jedoch sehr klein ist, benötigt man große Segelflächen und leichte Raumfahrzeuge, um kurze Reisezeiten zu Zielen im interplanetaren Raum zu erreichen. Damit ergibt sich für Solar Sail als Antriebstechnik das grundlegende Problem, sehr große leichtgewichtige Strukturen in den Orbit zu bringen. Zur Lösung dieses Problems wurde im DLR ein Segel-Konzept entwickelt, das auf entrollbaren Masten und ausziehbaren Foliensegeln beruht. Das Konzept – Ende 1999 in einem Bodenentfaltungstest erfolgreich demonstriert – ist heute im internationalen Vergleich führend. Als Folgeschritt wurde zwischen ESA und DLR ein In-Orbit-Entfaltungstest vereinbart. ESA und DLR bilden dazu eine gleichberechtigte Auftraggebergemeinschaft gegenüber dem industriellen Auftragnehmer. Von DLR-Instituten im Rahmen des Kern-

gebiets Solar Sail erstellte Sachleistungen fließen als Beistellungen in den Auftrag ein. Mit der Entwicklung der Flughardware soll Anfang 2003 begonnen werden.

■ COROT ist eine Kleinsatellitenmission mit den zwei wissenschaftlichen Zielen:

- ▶ Untersuchung von Sternbeben (Astroseismologie),
- ▶ Suche nach extra-solaren Planeten mittels hochgenauer Registrierung des Sternlichtes.

Corot

COROT ist die erste Satellitenmission, die systematisch

sehr viele Sterne nach extrasolaren Planeten absuchen wird. Dabei wird der Satellit mit sehr hoher Empfindlichkeit den Helligkeitsabfall des Zentralgestirns während der Planetendurchgänge vor der Sternscheibe messen.

Unter Führung der französischen Raumfahrtagentur CNES sind auf deutscher Seite neben dem DLR die Universität Köln, die Thüringer Landessternwarte Tautenburg, das Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching sowie verschiedene Unternehmen beteiligt. Dabei werden z.B. entscheidende Teile der Flugsoftware von zwei kleinen mittelständischen Unternehmen entwickelt.

Der Start der Satelliten ist für November 2005 vorgesehen. Nach einer Test- und Kalibrationsphase von ca. zwei Monaten soll das erste Forschungsprogramm durchgeführt werden. Das Missionsende soll nach zweieinhalb Jahren erreicht sein.

■ Der Aufbau der ISS wurde kontinuierlich fortgesetzt. Die ISS verfügt bisher über Module, die den Systembetrieb mit einem permanenten Aufenthalt von drei Crew-

Fortschritte beim Bau und Betrieb der Internationalen Raum- station (ISS)

Mitgliedern ermöglichen und Ressourcen für einen beginnenden Experimentbetrieb gewährleisten. Weitere wichtige Infrastrukturelemente wurden im Berichtszeitraum hinzugefügt. So wurde u.a. der vorinstallierte kanadische Roboterarm (Canadarm2) auf ein mobiles System gesetzt, welches sich entlang der

„Stationstragstruktur“ bewegen kann und den Aktionsbereich des Arms vergrößert. Mit der „Material Science Glove Box“ wurde ein erstes europäisches wissenschaftliches Laborausstattungsgerät zur Station gebracht. Ein weiteres, eine hochkomplexe Minus-80-Grad-Probentiefkühlleinrichtung (MELFI), wurde an die NASA ausgeliefert. Bereits die erste Crew führte wissenschaftliche Experimente auf der Station durch, darunter die erste deutsche Nutzlast, ein Plasma-

kristallexperiment. Weitere Experimente in der „Frühen Nutzung“ sind u.a. DOSMAP vom DLR (Strahlenbiologie) und eine Serie von Proteinkristallzüchtungsexperimenten in ESA-/NASA-Anlagen. Seit Juni 2002 befindet sich die „Expedition Crew 5“ für ein halbes Jahr auf der Station.

Der Start des nahezu fertiggestellten europäischen Raumlabors Columbus ist für Oktober 2004 vorgesehen. Der erste Einsatz des ATV, des automatischen europäischen Transportvehikels, ist ebenfalls für 2004 vorgesehen. Durch Kostenüberläufe beim amerikanischen ISS-Beitrag sind erhebliche Probleme für den weiteren Ausbau der Station bis zur Fertigstellung entstanden. Seitens NASA wurden Maßnahmen zur Kostendämpfung und -kontrolle eingeleitet, die eine Zwischenlösung, das so genannte „ISS Core Complete“ favorisieren. So hat NASA unilateral entschieden, das Projekt X-38 einzustellen. Die Arbeiten zum Mannschaftsrettungsfahrzeug (CRV) wurden ebenfalls gestoppt und sollen im Rahmen der „Space Launch Initiative“ (SLI) neu ausgerichtet werden.

Deshalb ist z. Z. unklar, wann ein neues bemanntes Transport-system zur Verfügung steht und ob Kooperationsmöglichkeiten unter Anrechnung der bisherigen europäischen Vorleistungen bestehen. Neben dem Verzicht auf CRV soll das Wohnmodul der Station und ein Modul zur Bahnanhebung wegfallen. Mittelfristig können als Konsequenz der Streichungen nur drei statt sieben Astronauten an Bord der ISS arbeiten. Die von NASA in Betracht gezogenen Raumstations-Änderungen hätten gravierende Folgen für die Nutzung der ISS. Ohne ausreichende Crew-Zeit würde die europäische Nutzung stark eingeschränkt. Die Raumstationspartner haben einen Aktionsplan für die weiteren Maßnahmen zur Lösung der US-Problematik vereinbart. Ergebnisse und Beschlüsse über den weiteren Stationsaufbau sind nicht vor Ende 2002 zu erwarten.

Das DLR wird den Betrieb des europäischen Labormoduls Columbus vom Raumfahrt-Kontrollzentrum in Oberpfaffenhofen übernehmen. Im Rahmen eines Auftrags von ESA werden derzeit Beschaffung und Aufbau der Subsysteme für das Kontrollzentrum durchgeführt. Zu einem späteren Zeitpunkt sollen alle europäischen Betriebsaktivitäten im Rahmen eines einzigen Industrievertrags unter Einbeziehung des DLR durchgeführt werden. Das Nutzerunterstützungszentrum MUSC des DLR in Köln führt vorbereitende Arbeiten für die Betreuung von Anlagen und Experimente auf der ISS durch.

■ Die Aktivitäten im nationalen Projekt „Promotion industrieller Nutzer der ISS (PIN)“ wurden fortgesetzt.

Förderung indus- trieller Nutzung der ISS

Ein Schwerpunkt der laufenden PIN-Phase zwei ist die Entwicklung von Pilotprojekten. Für ein ISS-Nutzungsvorhaben eines Unternehmens der Großindustrie sollen im Herbst 2002 Vor-experimente im Rahmen einer Parabelflugkampagne durch-

geführt werden. Andere Maßnahmen zur Realisierung von Pilotprojekten konnten durch Kooperationen initi-

iert werden. Im Rahmen der Zusammenarbeit mit der deutschen Raumfahrtindustrie als Dienstleister für die Nutzer der ISS wurde zwischen dem DLR und dem Betriebszentrum der Firmen Astrium, OHB und ZARM in Bremen (BEOS) eine Kooperationsvereinbarung getroffen. Weitere deutsche Raumfahrtfirmen wollen dieser Vereinbarung beitreten.

■ Die dritte DLR-Parabelflug-Kampagne mit dem Airbus A 300 ZERO G fand im Herbst 2001 mit elf deutschen Experimenten aus den Bereichen Biologie, Humanphysiologie, Physik und Technologie statt.

DLR-Parabelflugkampagne 2001

zur Vorbereitung der ISS-Nutzung

Besonders erfreulich war der volle Erfolg der wissenschaftlichen und technologischen Experimente auf der großen Anlage TEMPUS zur elektromagnetischen Levitation von Metallproben. Neben den wissenschaftlichen Experimenten stand im Vordergrund die Erprobung neu entwickel-

ter Spulensysteme, die auf einem DLR-Patent (Superpositionsprinzip) beruhen. Das Potenzial der Anlage TEMPUS konnte damit erweitert werden. Wissenschaftliche Experimente können nun innerhalb der 22 Sekunden dauernden Schwerelosigkeitsphase bei Parabelflügen noch erfolversprechender durchgeführt werden. Außerdem wurde die Kampagne genutzt, um auch diesen Bereich der Raumfahrt in der breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen.

Die DLR-Kampagne hat erneut gezeigt, dass Flugzeug-Parabelflüge insbesondere in der Humanphysiologie, aber auch zur Technologie-Erprobung eine unverzichtbare Alternative für Experimente unter Schwerelosigkeit sind. Als verlässliche, regelmäßige und damit gut planbare Missionsgelegenheit mit einer Zugriffszeit von minimal sechs Monaten haben Parabelflüge eine einzigartige Bedeutung für das Programm Forschung unter Weltraumbedingungen (FuW), ganz besonders auch zur Vorbereitung für die ISS-Nutzung.

■ Im Juli 2001 wurde die erste Phase der internationalen „Short-term bed rest-Integrated Physiology“ -

Integrated Physiology IP 2001/ 2002

Studie durchgeführt. Zielsetzung dieser ESA/DLR-Kooperationsstudie ist es, zunächst Basis-

daten für den kombinierten Effekt einer veränderten Ernährung und eingeschränktem Bewegungsfreiraum, beides Probleme, denen Astronauten bei Weltraummissionen ausgesetzt sein können, auf unterschiedliche Stoffwechselfunktionen des Körpers zu gewinnen.

Hier ist insbesondere die Expertise des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in der Durchführung von komplexen metabolischen Bilanzstudien gefragt. An der Untersuchung nehmen Wissenschaftler aus elf verschiedenen Ländern teil. Die Untersuchungen werden in 2003 abgeschlossen. Die Ergebnisse aus den Experimenten der Studie bilden einerseits die Grundlage für die Entwicklung von Maßnahmen zur Bekämpfung dieser Effekte während Langzeitmissionen unter Weltraumbedingungen. Gleichzeitig sind sie auch für die geriatrische Medizin von wesentlicher Bedeutung.

■ Als Ergebnis eines internen Wettbewerbs wurde durch den DLR-Vorstand am DLR-Institut für Raumsimulation das Center of Excellence „Zentrum für Erstarrung Unterkühlter Schmelzen (ZEUS)“ für zunächst drei Jahre (2002 bis 2004) eingerichtet. ZEUS ist Teil des Instituts für Raumsimulation und trägt zum Kerngebiet „Materialdesign aus der Schmelze“ bei. Im Zentrum werden innovative Verfahren zur Untersuchung

Zentrum für Erstarrung Unterkühlter Schmelzen ZEUS

der Eigenschaften und des Erstarrungsverhaltens metallischer Legierungsschmelzen entwickelt, wobei sowohl behälterfreie Levitationsverfahren (elektromagnetisch, elektrostatisch) als auch Öfen auf Aerogelbasis zum Einsatz kommen. Die Messung thermophysikalischer Eigenschaften und die Untersuchung der Dynamik der Erstarrung aus der unterkühlten Schmelze stehen im Vordergrund der Arbeiten. Ergänzend zu den bodengebundenen Versuchen werden Experimente unter Mikrogravitation durchgeführt. Dabei sollen auch die für die Raumstation vorgesehenen Nutzlasten MSL-EML (Materials Science Laboratory – Electromagnetic Levitator) und ARTEMIS (Aerogel Technology for Microgravity Solidification), die im nationalen Mikrogravitationsprogramm mit hoher Priorität entwickelt werden, genutzt werden.

Es ist das Ziel von ZEUS, die am Institut vorhandene Expertise auf dem Gebiet der Untersuchung flüssiger Metalle und ihres Erstarrungsverhaltens zu bündeln und in industrienahen Projekten anzuwenden. ZEUS und seine Mitarbeiter sind federführend im DFG-Schwerpunktprogramm „Phasenumwandlungen in mehrkomponentigen Schmelzen“ und beteiligen sich maßgeblich an den ESA-MAP-Programmen (Microgravity Application Promotion) zur anwendungsorientierten Nutzung der Raumstation. Für das sechste Rahmenprogramm der EU hat ZEUS Interessenbekundungen zur Einrichtung von Exzellenznetzwerken und integrierten Projekten abgegeben.

■ Zwischen Januar 2001 und Juni 2002 wurden mit drei Starts der ARIANE-5 und zwölf Starts der ARIANE-4 insgesamt 20 Satelliten gestartet. Der Start von V 142 (AR-510) am 12.07.01 vom europäischen

ARIANE-5

Raumflugzentrum in Kourou führte wegen einer Anomalie der Oberstufe nicht zum gewünschten Ergebnis: der Zielorbit des Kommunikationssatelliten ARTEMIS wurde nicht erreicht. Zum Verständnis und zur Behebung des

Fehlermechanismus (explosionsartiger Zündvorgang des Oberstufentriebwerks AESTUS) wurden auf den Testständen des DLR Lampoldshausen von DLR und Astrium Deutschland bis zum Februar 2002 umfangreiche Testserien zum Zündvorgang des AESTUS durchgeführt – wobei auch in kürzester Zeit umfangreiche Umbauten am P4-Teststand zur besseren Simulation der Zündbedingungen erfolgten. Schließlich konnte im Februar 2002 die Requalifikation des Triebwerks erfolgreich abgeschlossen und der Start der nächsten ARIANE-5 mit dem ESA-Satelliten ENVI-SAT freigegeben werden. Dieser fand erfolgreich am 28.02.2002 statt. Auf der ESA-Ministerratskonferenz Ende 2001 wurde das ARIANE-5-Plus-Programm in vollem Umfang genehmigt. Als Ergebnis soll im Jahre 2006 die „B“-Variante der neuen kryogenen Oberstufe der ARIANE-5, deren „A“-Variante im Herbst 2002 erstmals starten soll, einsatzbereit sein und eine Nutzlastkapazität von bis zu 12.000 kg nach GTO ermöglichen.

■ Die Wettbewerbsfähigkeit zukünftiger Raumtransportsysteme wird sich an den Transportkosten, der operationellen Flexibilität, der Zuverlässigkeit des Systems und schließlich der Verbesserung der Umweltverträglichkeit messen. Dies erfordert neue Technologien wie auch neue Ansätze bei Entwurf, Bau und Betrieb zukünftiger Raumtransporter.

ASTRA

Im ASTRA-Programm wird die Weiterentwicklung von Systemfähigkeiten und Technologien dort gefördert, wo der Bedarf für die kostengünstige Entwicklung und den wirtschaftlichen Betrieb eines künftigen marktfähigen Raumtransportsystems gesehen wird und wo die Kompetenzen und Interessen der deutschen Industrie und Wissenschaft liegen. Mit ASTRA wird zudem das Ziel verfolgt, deutsche System- und Fachkompetenz in Industrie, Hochschul- und DLR-Instituten zu fördern und so die Voraussetzungen dafür zu schaffen, diese konkurrenzfähig in die nächste Phase der Entwicklung eines neuen Raumtransportsystems im europäischen Rahmen einzubringen.

Inhaltlich widmet sich ASTRA der Untersuchung kostengünstiger Konzepte für teilweise wiederverwendbare Systeme und der Entwicklung und Verifizierung neuer Technologien und Techniken schwerpunktmäßig dort, wo Kompetenzen und Interessen der deutschen Industrie und Wissenschaft liegen. So werden Technologieentwicklungen auf dem Gebiet der Strukturen, Bauweisen und Materialien, der Antriebe, dem aerothermodynamischen Entwurf sowie der Flugführung und -steuerung vorangetrieben. Die im Rahmen des ASTRA-Programms entwickelten neuen Technologien für die automatische Landung eines antriebslosen Raumtransportsystems werden mit dem Erprobungsträger PHOENIX im „Flugexperiment Automatische Landung“ auf der nordschwedischen Testrange Vidsele getestet.

Vertieft untersucht werden zwei erfolgversprechende Systemkonzepte: Der suborbitale „HOPPER“ und das „Liquid Fly-Back Booster (LFBB)“-Konzept. Zusätzlich aufgenommen wurde die Untersuchung von Systemkonzepten und wiederverwendbaren Booster-Stufen und -Triebwerken auf Basis russischer Technologie und Erfahrung (Khronichev und Energomash).

Finanziert wird ASTRA mit Mitteln des Bundes, der Länder Bremen und Baden-Württemberg, mit erheblichen Eigenleistungen der Industrie, der Hyperschall-Sonderforschungsbereiche der DFG und nicht zuletzt mit FuE-Mitteln des DLR. Die Gesamtleitung des ASTRA-Programms liegt beim Raumfahrtmanagement des DLR in Bonn, das auch für den Bremer Senat die Projektträgerschaft für die Förderung der PHOENIX-Entwicklung mit Mitteln des Landes Bremen übernommen hat.

■ ARTEMIS, ein ESA-Telekommunikationssatellit (Kosten ca. 900 Millionen Euro, an diesen ist Deutschland mit etwa zwölf Prozent beteiligt) zur Erprobung innovativer

ARTEMIS Rettungsmanöver

Spitzentechnologien (wie z.B. die optische Kommunikation für Verbindungen zwischen einzelnen Satelliten), wurde am 17. Juli 2001 mit einer Ariane-5-Trägerrakete gestartet. Bereits 30 Minuten nach dem Start stellte sich heraus, dass die Trägerrakete Ariane-5 aufgrund einer Fehlfunktion der Oberstufe den Satelliten auf einer Übergangsbahn abgesetzt hatte, deren Apogäum (erdfernster Punkt) lediglich eine Höhe von 17.000 Kilometern und nicht wie geplant von 36.000 Kilometern aufwies. Ein konventioneller Satellit wäre aufgrund des massiven Startfehlers verloren gewesen; bei ARTEMIS konnte jedoch mit Hilfe von Ionentriebwerken, die ursprünglich für ganz andere Navigationszwecke auf dem Satelliten integriert waren, eine sensationelle Rettungsmaßnahme eingeleitet werden.

Der in Deutschland entwickelte innovative Ionenantrieb, dessen Wirkungsgrad zehnmal höher ist als der eines chemischen Antriebssystems, liefert ausreichend Antriebskapazität, um ARTEMIS allmählich auf den regulären Orbit in 36.000 Kilometern Höhe anzuheben. Alle Manöver zur Anhebung der Bahn verliefen bisher äußerst erfolgreich und dank des einwandfreien Funktionierens aller Systeme des Satelliten mit hoher Effizienz im Treibstoffverbrauch.

Parallel zur Vorbereitung der Manöver wurden die Fernmeldenuftlasten des Satelliten auf ihre Funktionstüchtigkeit geprüft. Höhepunkte waren dabei die Übertragungstests mit dem Erdbeobachtungssatelliten SPOT-4 der französischen Raumfahrtagentur CNES, bei denen Bilddaten per Laserstrahl zu ARTEMIS gesandt und von dort per Funk zum Verarbeitungszentrum der Firma Spot Image in Toulouse weitergeleitet wurden. Alle Tests bestätigten, dass die ARTEMIS-Nutzlasten funktionsfähig sind und für den Einsatz zum Nachweis von Technologien und zur Erschließung von Kommunikationsdiensten bereit sind.

Derzeit befindet sich der Satellit im Anflug auf seine Endposition im geostationären Orbit, den er voraussichtlich im November dieses Jahres erreichen soll. Für

eine fast schon verloren gegebene Mission zeichnet sich damit durch den Einsatz deutscher Raumfahrttechnologie die Wende zum Erfolg ab, da ARTEMIS letztlich in der Lage sein dürfte, seine Aufgabe für die Nutzer von seiner geostationären Position aus über mindestens fünf Jahre planmäßigen Betriebs wahrzunehmen.

■ TRIQUAS („Tripel- und Quadrupel-Solarzellen für Raumfahrtanwendungen“) ist ein Fördervorhaben aus dem Bereich „Satellitenbus-Technologien“, das im April 2002 als Verbund-Projekt begonnen wurde und von der Firma RWE-Solar (vormals ASE) mit Eigenmittelbeteiligung sowie dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) zunächst in einer ersten Entwicklungsphase bis Ende 2003 durchgeführt werden soll.

TRIQUAS Multikaskaden- Solarzellen

der Firma RWE-Solar (vormals ASE) mit Eigenmittelbeteiligung sowie dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) zunächst in einer ersten Entwicklungsphase bis Ende 2003 durchgeführt werden soll.

Die Notwendigkeit zur Entwicklung neuartiger Multikaskaden-Solarzellen (auch Mehrfachübergangs-Solarzellen genannt) ergibt sich vornehmlich aus dem weltweit erkennbaren Bedarf an Raumfahrt-Solarzellen mit Wirkungsgraden von über 26 Prozent, wie sie in naher Zukunft speziell für Hochleistungs-Kommunikations-Satelliten benötigt werden. Satelliten mit elektrischen Leistungen von bis zu 30 kW und mehr sind bereits geplant bzw. befinden sich im Vorentwicklungsstadium.

„Tripel- und Quadrupel-Solarzellen“ nutzen das einfallende Sonnenlicht besser aus und können nach derzeitigem Kenntnisstand die höchsten Wirkungsgrade bei der photovoltaischen Umsetzung des Sonnenlichts hervorbringen. Tripelsolarzellen (Triple Junction Solar Cells) mit Wirkungsgraden von 27 Prozent sind kürzlich in den USA bereits in kommerziellen Raumfahrtprogrammen eingesetzt worden.

Erstmals in Europa werden nun im Projekts TRIQUAS grundlegende Arbeiten durchgeführt, die unter Verwendung spezieller Halbleiter langfristig zu Quadrupel-Solarzellen führen werden. Neben neuen Materialien müssen auch neuartige Schichtstrukturen genutzt werden, um die notwendige Strahlungsresistenz für den Einsatz im Weltraum zu erzielen.

Abschließendes Ziel des Verbundprojektes TRIQUAS ist die Entwicklung einer Quadrupel-Solarzelle (Vierfachübergangs-Solarzelle) mit einem Wirkungsgrad von mehr als 30 Prozent einschließlich der Entwicklung neuartiger, zuverlässigerer und industrietauglicher Herstellungsprozesse für Multikaskaden-Solarzellen, die zukünftig für Hochleistungssatelliten mit kommerziellen und wissenschaftlichen Nutzlasten eingesetzt werden können.

■ Das Projekt „APS-Sternsensor“ stellt eine Kombination von technologischer Vorentwicklung eines Sternsensors der nächsten Generation (Firma Jena-Optronik DJO) mit gleichzeitiger Entwicklung eines neuartigen elektro-optischen Detektorelementes (Institut für Mikroelektronik, IMS) dar.

Sternsensor APS

Gegenüber den derzeit noch gebräuchlichen „Charge Coupled Device“-Sensoren (CCD) bietet ein „Active Pixel Sensor“ (APS) erhebliche Vorteile hinsichtlich der technischen Leistungsparameter und der praktischen Realisierung. Erd-, Sonnen- oder Stern-Sensoren sind von jeher für

Navigation und orbitale Lageregelung von Raumfahrzeugen unentbehrlich; mit APS-Detektoren als Basis-komponente wird ein beträchtlicher Entwicklungssprung realisiert. Active Pixel Sensoren sind zudem einsetzbar als wesentlicher Bestandteil zukünftiger Fernerkundungsinstrumente, für astronomische Teleskope und astrometrische Instrumente wie auch für den Aufbau optischer Satellitenortungs- und Überwachungssysteme. Bei der nächsten Generation von Sternsensoren sollen daher anwendungsspezifische Active Pixel Sensoren eingesetzt werden, die durch Integration von Verarbeitungs- und Steuerungselektronik auf einem einzigen Chip die Gesamtkomplexität des Sternsensors deutlich reduzieren bzw. eine erhebliche Reduktion der Masse und des Leistungsverbrauchs wie auch der Herstellungskosten ermöglichen werden. Darüber hinaus sollen im Projekt auch die Entwicklung von optischen, mechanischen und elektronischen Technologien für Sternsensoren der nächsten Generation zur Lagemessung von Satelliten unter Einsatz neuerer Entwicklungs- und Herstellungstechnologien vorangebracht werden.

Die Modifikation bzw. Umstellung von Satelliten-Lageregelungssystemen ist gegenwärtig in vollem Gange. Sämtliche bedeutenden Hersteller von geostationären Telekommunikations-Satelliten sehen derzeit für ihre Standard-Plattformen bereits auf Sternsensoren basierende Lageregelungssysteme vor. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass APS-Sternsensoren mit den o.g. Vorteilen gegenüber konventionellen Sternsensoren die Marktstellung des deutschen Sternsensor-Herstellers im globalen Wettbewerb deutlich verbessern wird.

■ Im deutschen Raumfahrtprogramm wird der Themenkomplex „Automatisierungstechnologien und Robotik für die Raumfahrt (A&R)“ betont und seine Bedeutung für zukünftige Anwendungen herausgestellt. Demzufolge hat das DLR Projekte zur Entwicklung von operationellen Systemen für den Einsatz im Umfeld der Raumstation und für den Betrieb von freifliegenden Systemen für Wartungs- und Servicearbeiten initiiert. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende Aktivitäten:

Einsatz moderner Automatisierungs- und Robotik- technologien in der Raumfahrt

(Robotik-Komponenten Verifikation auf der Internationalen Raumstation) wurde ein Vorhaben zur Qualifikation, in-flight-Verifikation und Demonstration von sogenannten Leichtbau-Robotik-Komponenten begonnen. Diese Komponenten stellen gegenwärtig die fortschrittlichsten Robotergelenkeinheiten weltweit dar. Ein aus diesen Einheiten aufgebauter Manipulator ist in der Lage, Massen in der Größenordnung seiner eigenen Masse unter irdischer Schwerkraft zu bewegen (bei herkömmlichen Manipulatoren beträgt das Verhältnis etwa 1:10 bis 1:15). Das Projekt baut auf den Ergebnissen nationaler und internationaler A&R-Projekte unter deutscher Beteiligung auf, wodurch auf technologische Vorentwicklungen der Industrie und des DLR zurückgegriffen werden kann. Die Mission erfolgt in Zusammenarbeit mit der russischen Luft- und Raumfahrtagentur Rosaviasmos. Die deutsche Hardware wird mittels eines russischen Trägers zur ISS gebracht und durch russische Kosmonauten außen am russischen Service Modul der ISS installiert. Ein entsprechendes Missionsab-

entwicklung von operationellen Systemen für den Einsatz im Umfeld der Raumstation und für den Betrieb von freifliegenden Systemen für Wartungs- und Servicearbeiten initiiert. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende Aktivitäten:

► Im Rahmen des nationalen Technologieprojektes ROKVISS

kommen wurde im November 2001 abgeschlossen. Als Starttermin für die Mission ist Anfang 2004 angestrebt. Die Betriebszeit im Orbit beträgt ein Jahr.

► Die Entwicklung eines mächtigen Software-Tools für die Vorbereitung, Unterstützung und Durchführung von Raumfahrtmissionen auf Basis moderner Methoden der virtuellen Realität wurde abgeschlossen. Die Zuführung dieses Werkzeuges zu konkreten Applikationen im Bereich des Betriebs und der Nutzung des Columbus-Orbitallabors wird gegenwärtig gemeinsam mit nationalen und internationalen Einrichtungen vorbereitet.

► In Machbarkeitsanalysen wurden Szenarien und technische Konzepte für einen freifliegenden Service-Roboter für Inspektions-, Wartungs-, Transport- und Reparaturaufgaben gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern untersucht. Ein Schwerpunkt war die sichere Rückführung gestrandeter nicht-kooperativer Satelliten. Mit der Konzipierung eines

Demonstrationsprojekts unter Verwendung russischer Hardware wurde begonnen. Begleitend dazu wurden Untersuchungen zur Ermittlung des Marktpotenzials für „orbitales Servicing“ von Satelliten angestellt unter besonderer Berücksichtigung der Frage, wie sich ein so genanntes „kooperatives Satellitendesign“ auswirkt. Unter kooperativem Design versteht man hier, dass ein Satellit bereits vom Design her auf entsprechende Dienstleistungen im Orbit vorbereitet ist.

► In Zusammenarbeit mit der kanadischen Raumfahrtagentur CSA wurden Arbeiten zum Thema „Ground Control of Space Systems“ (z.B. des Canadarm2 und seines Endeffektor-Gerätes „Special Purpose Dexterous Manipulator, SPDM“) begonnen. Ziel ist die gemeinsame Entwicklung eines tragfähigen und den Sicherheitsanforderungen (insbesondere aus der bemannten Raumfahrt) genügenden Bodenkontrollkonzeptes und einer daraus abgeleiteten Bodenstation. Das in beiden Agenturen vorliegende komplementäre Know-how verspricht dabei für beide Seiten nutzbringende Synergieeffekte. Ein weiterer Themenschwerpunkt der Zusammenarbeit bezieht sich auf das Verhalten von Manipulatorgelenken unter Schwerelosigkeit. Hier werden die aus der Verifikationsmission ROKVISS gewonnenen Gelenkparameter von beiden Partnern ausgewertet. Es wird aus der Zusammenführung der Ergebnisse die Optimierung der in der Vergangenheit bei beiden Partnern getrennt entwickelten Dynamikmodelle erwartet. Der dritte Schwerpunkt der Zusammenarbeit mit der CSA bezieht sich auf Fragen der Kontaktdynamik zweier Massen unter Schwerelosigkeit. Durch gemeinsam durchzuführende „Hardware-in-the-loop“-Experimente und die Zusammenführung der bestehenden Softwaremodelle wird eine Verbesserung des Verständnisses der dynamischen Vorgänge angestrebt. Die genaue Kenntnis der Vorgänge und die Fähigkeit zu ihrer realitätsnahen Simulation beim Herstellen eines physischen Kontakts zwischen Raumfahrzeugen spielt bei der Auslegung von Einfangs- und Andockmechanismen sowie beim Einsatz von Manipulatoren auf Raumfahrzeugen eine wichtige Rolle.

■ Nanotechnologie, seit Mitte der 90er Jahre verstärkt im Blickpunkt der wissenschaftlichen Öffentlichkeit, hat in

Mikro- system- technik und Nano- technologie in der Raumfahrt

manchen Bereichen, wie etwa der Elektronik, der Werkstoffkunde oder der Biotechnologie, bereits Anwendungsreife erlangt. Nunmehr werden Überlegungen angestellt, die Nanotechnologie

auch für die Raumfahrt zu nutzen. Bei der Nanotechnologie geht es um Einflussnahme auf Materiestruk-

turen im Molekül- und Atom-Bereich, also auf der Größenskala unterhalb 100 Nanometern (1 Nanometer ist der milliardste Teil eines Meters; „Nano“ ist das griechische Wort für Zwerg). Die Besonderheiten der Nanotechnologie gegenüber der Mikrosystemtechnologie, die sich mit Strukturen im Mikrometerbereich (ein Mikrometer ist gleich 1.000 Nanometer) befasst, liegen darin, dass Veränderungen im atomaren Bereich der Materie zu Selbstorganisationseffekten mit neuen Wirkungsweisen und -mechanismen führen, die vorher nicht bestimmbar sind, was zu Werkstoffen mit oft unerwarteten neuen und überraschenden Eigenschaften führt. Um sich einen ersten Überblick zu verschaffen, ob und gegebenenfalls wie und wo die Nanotechnologie für die Raumfahrt nutzbar gemacht werden könnte, wurde die Untersuchung „ANTARES“ begonnen.

Gegenstand der Untersuchung ANTARES ist die Identifikation und Bewertung der verschiedenen Einsatzmöglichkeiten nanotechnologischer Verfahren in Technologie-Entwicklungen für die Raumfahrt. Repräsentanten aus verschiedenen Kompetenzzentren, Forschungsinstituten und sonstigen Einrichtungen/Forschungsstellen der Nanotechnologie-Szene in Deutschland wurden zu einem Workshop hinzugezogen, um in einem vertieften Dialog mit Raumfahrt-Experten das Spektrum der Möglichkeiten der Nanotechnologie in der Raumfahrt auszuleuchten.

Es kann festgestellt werden, dass es Ansätze für eine erfolgversprechende Nutzung für die Raumfahrt geben dürfte. So zeigen sich Möglichkeiten im optoelektronischen Bereich (strahlungsresistentere Solarzellen), bei Keramiken (transparent, hochfest und kratzfest), in der Tribologie, bei der Herstellung von Superkondensatoren sowie bei thermischen Schutzschichten. Neben der Ermittlung des gesamten Nanotechnologie-Spektrums als Technologiepotenzial für die Raumfahrt, steht bei ANTARES auch der Aspekt der Nutzung der Internationalen Raumstation (ISS) als Experimentallabor für die Nanotechnologie selbst zur Disposition. Besonders kritisch werden jedoch die Zugangshemmnisse sowie die erwarteten Ergebnisse unter Schwerelosigkeit bezogen auf den Mitteleinsatz beurteilt. Aber auch dieser Punkt bedarf noch einer intensiveren Analyse.

■ Im Jahre 2001 wurden zwischen Zuwendungsgeber (DLR) und potenziellen Zuwendungsempfängern aus

Elektrische Raumfahrt- antriebe

Forschung und Industrie die Schwerpunkte im Bereich der Raumfahrtantriebe für Satelliten und Sonden weit-

gehend definiert. Während für den Sektor „Chemische Kleinantriebe“ z.Z. keine dringlichen Entwicklungsaufgaben identifiziert wurden, konnten auf dem zukunftssträchtigen Sektor „Elektrische Antriebe“ für die nächsten Jahre drei Schwerpunkte ausgemacht werden:

► Weiterentwicklung der Radiofrequenz-Ionenantriebs-Technologie als Basis künftiger Antriebssysteme für kommerzielle und wissenschaftliche Satelliten und Raumfahrzeuge

Ziel dieses Vorhabens ist die kommerzielle Entwicklung einer weltweit konkurrenzfähigen Technologie für ein Ionenantriebswerk mit Gittersystem (GIT) nach dem Prinzip des deutschen Radiofrequenz-Ionenantriebswerks (RIT) der Schubklasse 200 mN, das sowohl für geostationäre Anwendungen (Nord-Süd-Positionshaltung und Transfer in den geostationären Orbit) als auch für Satelliten in erdnahen Umlaufbahnen (Bahnanhebung, Stationkeeping, Deorbiting etc.) sowie für interplanetare Missionen genutzt werden kann. Es wird vor allem eine Erhöhung des spezifischen Impulses bis auf 5.500 s angestrebt. Dies erfordert jedoch noch umfangreiche technologische Arbeiten bis zur endgültigen Beherrschung dieser Technologie (Ionenstrahldichte, Energieverteilung im Ionenstrahl, Gittererosion, Thermische Gitterverformungen, Strahlneutralisation etc.). Dies betrifft sowohl die Erstellung und Kalibrierung von Analyse-, Auslegungs- und Optimierungs-Modellen wie auch die Erprobung von Materialien, Komponenten und

funktionellem Zusammenwirken der einzelnen Systemkomponenten. Die Plasmadiagnostik der Vorgänge im Entladungsraum und im Austrittsstrahl soll Thema einer begleitenden wissenschaftlichen Untersuchung werden.

► Entwicklung eines HF-Neutralisators

Bisher verwenden alle Ionen- ebenso wie die Hall-Effekt-Triebwerke (HIT) ausschließlich Hohlkatoden-Plasmabrücken-Elektronenquellen mit Gleichstromlichtbogen als Strahlneutralisator. Diese Standardquellen besitzen einige Nachteile, wie komplizierte Bauweise, teure Herstellung, Störanfälligkeit, geringe Lebensdauer, thermische Trägheit, Sauerstoffempfindlichkeit. In zwei Vorhaben sollen drei auf unterschiedlichen Prinzipien beruhende Entwicklungsmodelle von Elektronenquellen so weit optimiert werden, dass sie mit den Plasmabrücken-Neutralisatoren konkurrieren können. Dazu müssen die Geometrie der Quelle sowie die Betriebsparameter Gasfluss, Hf-Spannung und -Leistung und die Einkopplungsspannung optimiert werden. Solche robusteren Neutralisatoren für Plasmaquellen wären auch für terrestrische Anwendungen von großer Bedeutung.

► Hocheffizienter Mehrstufen Plasma (HEMP)-Antrieb

Ziel der Machbarkeitsuntersuchung ist der Funktionsnachweis eines neuartigen Plasmaantriebs für die Lagekorrektur von Satelliten, mit dem ein höherer Wirkungsgrad unter gleichzeitiger Masseneinsparung erreicht werden soll. Als langfristiges Entwicklungsziel sollen dabei Gesamtwirkungsgrade von mehr als 70 Prozent bei hoher Strahldichte und geringer Strahldivergenz erreicht werden. Das Antriebskonzept basiert auf der bei Wanderfeldröhren üblichen Anordnung von magnetischen und elektrischen Feldern, in denen in diesem Fall das Antriebsmedium, ein Xenon-Plasma, erzeugt, beschleunigt und neutralisiert werden soll. Der untersuchte Antrieb verfügt über mehrere Beschleunigungsstufen sowie ein System aus periodischen Permanentmagneten zur Strahlfokussierung. Durch diese Konstruktion sollen einerseits Verluste weitgehend vermieden und andererseits hohe Plasmastrahldichten erreicht werden. Bei Verwirklichung einer besseren Fokussierung dürfte kaum Erosion auftreten. Ein weiterer Vorteil dieses Antriebskonzepts wäre die gegenüber herkömmlichen elektrischen Antrieben reduzierte Masse, da kein Neutralisator erforderlich ist.

Schwerpunkt Luftfahrt

Die Arbeiten im Programm Luftfahrt standen im Berichtszeitraum unter dem Zeichen einer deutlich intensivierten Zusammenarbeit mit unseren europäischen Partnern, insbesondere mit der französischen Luftfahrtforschungseinrichtung ONERA und dem Niederländischen Luft- und Raumfahrtforschungslabor NLR.

Mit der Unterzeichnung eines Kooperationsabkommens mit der ONERA auf dem Sektor der zivilen Transportflugzeuge im Rahmen des Aerosalons in Le Bourget 2001 wurden die Voraussetzungen geschaffen, um auch die Starrflüglertechnologien, wie zuvor schon die Hubschraubertechnologien, in einem weitgehend miteinander abgestimmten Forschungsprogramm zu bearbeiten. Mit dem NLR wurde insbesondere die Planung zur Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Flugführung vorangetrieben.

Nachdem das DLR sich an europäischen Forschungsprojekten im fünften Rahmenprogramm der EU bereits in großem Umfang beteiligen konnte, begannen im Jahr 2002 intensive Vorbereitungen für ein entsprechendes Engagement auch im sechsten Rahmenprogramm. Es werden hier interessante Möglichkeiten gesehen, mit Hilfe der zum Teil neu geschaffenen Förderinstrumente der Europäischen Kommission Vernetzungen mit Partnern aus Forschung und Industrie zu verstärken und zu verstetigen.

Im November 2001 stellte sich das Luftfahrtprogramm des DLR mit sehr gutem Erfolg einer Evaluation durch externe Gutachter. Es präsentierte dabei ein Mittelfristprogramm, dessen Forschungsthemen sich vor allem auf drei übergeordnete Aspekte konzentrieren:

- ▶ Bereitstellung effizienter Auslegungs- und Entwurfsverfahren sowie anwendungsreifer Technologien für zukünftige Luftfahrzeuge,
- ▶ Entwicklung von Konzepten für ein leistungsfähiges und sicheres Luftverkehrssystem,
- ▶ Analyse und Reduktion von schädlichen Umweltwirkungen des Luftverkehrs (Lärm und Emission).

Im Jahr 2002 wurde das Programm mit dieser Grundausrichtung in den Forschungsbereich Verkehr und Weltraum der Helmholtz-Gemeinschaft integriert.

■ Moderne Flugzeuge dürfen bei Start und Landung nur wenig Lärm verursachen und müssen in Zukunft noch leiser werden. Dies gilt insbesondere für zukünftige Überschallverkehrsflugzeuge. Ein großer Teil des Lärmes in dieser Flugphase stammt von den Triebwerken des Flugzeuges. Der Triebwerkslärm kann reduziert werden, wenn es gelingt, mit weniger Schub zu starten und zu landen. Das wird durch Hochauftriebssysteme ermöglicht, die deutlich geringeren Widerstand haben als derzeit verwendete Systeme.

„Leise“ Hoch- auftriebs- systeme

Im Rahmen des vom DLR geleiteten EU-Forschungsprojektes EPISTLE (European Project for Improvement of Supersonic Transport Low speed Efficiency) ist eine Entwurfsmethodik für widerstandsarme, d.h. "leise" Hochauftriebssysteme von Überschallverkehrsflugzeugen erarbeitet worden. Im Gegensatz zu den bei transsonischen Verkehrsflugzeugen üblichen Systemen ist beim Hochauftriebssystem des Überschallverkehrsflugzeuges der vordere Teil des Flügels eine Klappe, die nach unten ausgeschlagen wird. Dadurch wirkt ein kleiner Teil des Auftriebes des Flügels auf eine in Flugrichtung zeigenden Fläche. So wird Vortrieb erzeugt, der nicht von den Triebwerken zu liefern ist und somit wird Lärm reduziert.

Im Rahmen eines projektinternen Wettbewerbs war ein Basis-Hochauftriebssystem einer Überschallflugzeug-Konfiguration zu verbessern und dessen Widerstand zu senken. Das DLR konnte mit Hilfe moderner numerischer Strömungssimulationstechniken (DLR Navier-Stokes Strömungslöser FLOWer) ein besseres Hochauftriebssystem entwerfen. Die signifikant beste Widerstandsreduktion des Wettbewerbes konnte so erreicht werden. Im DLR Entwurf wird die Strömung über die Klappentiefe, die nach außen zunehmenden Ausschlagswinkel und andere Entwurfsparameter so beeinflusst, das auf den ausgeschlagenen Klappen Wirbel entstehen, die erhebliche Widerstandsreduktionen ermöglichen.

Der Widerstand des Basis-Hochauftriebssystems der Überschallverkehrsflugzeug-Konfiguration konnte so um 20 Prozent reduziert werden. Die Leistungsfähigkeit des numerischen DLR-Entwurfs wird in Windkanaltests quantifiziert.

■ Bei Start und Landung von heutigen transsonischen Verkehrsflugzeugen werden hohe Anforderungen an das Hochauftriebssystem des Tragflügels gestellt, da für diese Flugphasen der maximale Auftriebsbeiwert um mehr als das

Numerische Verfahren erlauben bessere Auslegung von Hoch- auftriebssystemen

Doppelte erhöht werden muss. Um das zu realisieren, werden an Vorder- und Hinterkante des Flügels Klappen ausgefahren. Zum einen wird dadurch die Flügelfläche erhöht, zum anderen ermöglicht die Strömung durch die entstandene Spalte eine wesentliche Erhöhung des Maximalauftriebs. Problematisch bei solchen Hochauftriebssystemen ist der Einfluss des Triebwerks, da die Triebwerksaufhängung eine Unterbrechung des Vorflügels erfordert. Mit modernen Rechenverfahren zur Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen konnte jetzt erstmals der nicht unbeträchtliche Einfluss der Triebwerks-Umströmung auf das ausgeschlagene Klappensystem ermittelt werden. Während in früheren Untersuchungen der Einfluss des Triebwerksstrahls ermittelt und in seiner Größe bestimmt wurde, zeigen neuere Untersuchungen einen weiteren Effekt: Bei hohen Anstellwinkeln, wie sie bei Start und Landung auftreten, entstehen an den Triebwerksgondeln Wirbel, die in der Folge über Nasenklappe und Tragflügel streichen. Diese Wirbel können je nach Zustand und Lage das Hochauftriebsverhalten positiv oder negativ beeinflussen. Die numerische Simulation erlaubt jetzt die Vorhersage dieses Verhaltens und ist damit ein Schlüsselwerkzeug zum Entwurf von Hochauftriebssystemen.

■ Bei Flugzeugen der Klasse A380 ist die maximale Spannweite durch die Platzverhältnisse auf Flughäfen begrenzt. Zur Steigerung der aerodynamischen Leistung bei

Verbesserung der Startleistung der A380 durch Winglets

einer Limitierung der Spannweite werden so genannte Winglets eingesetzt. Bei Winglets handelt es sich um vertikal nach oben gebogene Flügelenden, die aerodynamisch gesehen ähnlich wirken wie eine Vergrößerung der Spannweite, jedoch eine Begrenzung der horizontalen Spannweite erlauben. Für die A380 bestand bereits eine Auslegung von

Winglets für den Reiseflug, jedoch waren die Auswirkungen bei ausgefahrenem Hochauftriebssystem unbekannt und man befürchtete negative Auswirkungen auf den erzielbaren Maximalauftrieb. Daher wurde durch numerische Simulation mit dem DLR-TAU Code für eine komplette A380-Konfiguration mit Klappensystem und Triebwerken der Einfluss von Winglets im Startfall untersucht. Es handelte sich hierbei um die bisher komplexeste Konfiguration, für die numerische Analysen durchgeführt wurden. Es konnte gezeigt werden, dass die Winglets auch im Startfall zu einer Verbesserung der aerodynamischen Leistung führen. Eine Verschlechterung des Ablöseverhaltens trat nicht ein.

■ Die Einstellung von ausgefahrenen Klappen am Flügel eines Flugzeuges im Landeanflug kann einen

Wirbel- schleppen im Experiment

erheblichen Einfluss auf die Entstehung und den Zerfall von Wirbelschleppen im Nachlauf hinter dem Flugzeug haben. Wegen dieser Wirbelschleppen müssen

nachfolgende Flugzeuge einen ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten. Gelingt es, Maßnahmen zu entwickeln, die dafür sorgen, dass entweder nur wesent-

lich schwächere Wirbel entstehen oder diese wesentlich rascher zerfallen, so können mehr Flugzeuge pro Zeiteinheit den nur begrenzt vorhandenen Luftraum nutzen, und es können auch Start- und Landefrequenzen erhöht werden.

Zu diesem Zweck werden neben numerischen Methoden auch moderne optische Messverfahren wie die Particle Image Velocimetry (PIV) zur experimentellen Erfassung momentaner Geschwindigkeitsfelder sowohl im großen Windkanal des DNW als auch in der Katapultanlage der französischen Luftfahrtforschungseinrichtung ONERA in Lille mit freifliegenden Modellen eingesetzt.

Im Rahmen des EU-Projektes EUROLIFT gelang es erstmalig, das komplexe dreidimensionale Strömungsfeld um die Klappen und in den Spalten eines Flügels in Hochauftriebskonfiguration im Windkanal der AIRBUS in Bremen mittels des DLR-PIV-Systems zu erfassen. Die Auswirkung unterschiedlicher Klappenkonfigurationen und -stellungen auf die Wirbelschleppen im Fernfeld wurde zusammen mit der französischen Partnereinrichtung ONERA im Rahmen des von der EU geförderten C-WAKE Projektes in der Katapultanlage der ONERA in Lille untersucht.

Die Ergebnisse geben wichtige Hinweise dafür, wie Flugzeugflügel und -klappen verändert werden müssen, um Wirbelsysteme rascher ungefährlich werden zu lassen.

■ Wesentlich für Flugsicherheit und Komfort eines Flugzeuges ist die Kenntnis der dynamischen Dämpfungswerte, für deren Ermittlung nach wie vor die experimen-

Dynamische Kompetenz für A380

telle Simulation im Windkanal das verlässlichste Werkzeug ist. Das DLR betreibt gemeinsam mit dem DNW-Niedergeschwindigkeitswindkanal Braunschweig eine so genannte dynamische Derivatwaage, die in den letzten Jahren laufend verbessert wurde und in

Europa einmalig ist. Die Testanlage ist jetzt für A380 eingesetzt worden, um die erforderliche Qualifikation für dieses Flugzeug beim Langsamflug vorzunehmen. Dabei konnten gegenüber den aerodynamischen Vorgaben für dieses Flugzeug beträchtliche Abweichungen identifiziert werden, die zur Überarbeitung im Hinblick auf die Gierdämpfung führten. Damit wurde ein wesentlicher Beitrag zum guten Gelingen des Produktes A380 geleistet.

■ Fluglärm ist schon seit langem ein bedeutendes Umweltproblem. Im Rahmen des

CEAR Werkzeug zur Analyse von Maßnahmen zur Fluglärmminderung

HGF-Strategieprojekts „Leiser Flugverkehr“ wird derzeit unter Mitwirkung mehrerer DLR-Institute ein interdisziplinärer Maßnahmenkatalog zur

Fluglärmminderung entwickelt, der sowohl medizinische, technisch-physikalische als auch operationelle Aspekte berücksichtigt.

Im Rahmen des Projekts werden in Göttingen moderne Verfahren zur rechnerischen Prognose der Fluglärmbelastung entwickelt. Derartige Verfahren stellen ein wesentliches Hilfsmittel zur umweltgerechten Lärmminderungsplanung dar und werden insbesondere beim Ausbau von Verkehrsflughäfen als Planungswerkzeug eingesetzt.

Sowohl für Airlines als auch für die Flugzeughersteller ist es von Interesse, wie sich technische Lärminderungsmaßnahmen am Einzelflugzeug oder Änderung der Flottenzusammensetzung auf die gesamte Lärmbelastung im Flughafenumfeld auswirken. Dazu wurde in Göttingen das Effizienzanalyseprogramm CEAR (Calculated Effect of Aircraft-specific Reduction of noise) entwickelt, mit dem für Verkehrsflughäfen eine schnelle aber nichtsdestoweniger belastbare Prognose der Auswirkungen sowohl technischer als auch operationeller Lärminderungskonzepte erstellt werden kann. Hierdurch kann der Effekt von strategischen Entscheidungen der Fluggesellschaften und Hersteller auf die Lärmbelastung schon heute aufgezeigt werden. Erste Anwendungen fand das Programm in einem für die Deutsche Lufthansa durchgeführten Forschungsauftrag.

■ Das hohe Potenzial der Laminar-Technologie zur Reduzierung des Widerstandes von Verkehrsflugzeugen konnte bisher in zahlreichen Windkanalversuchen und im Flugversuch (A320 HLFC Seitenleitwerk) nachgewiesen werden. Offen war bisher, ob die für die Absaugung der Grenzschicht notwendigen porösen Oberflächen auch wirkungsvoll gegen Vereisung und Verschmutzung geschützt werden können. Der Schutz

gegen Vereisung konnte jetzt erstmals im Flugversuch erfolgreich nachgewiesen werden.

Anti-Icing am Laminarflügel im Flug erprobt

Das DLR-Versuchsflugzeug Do228 wurde im Rahmen des EU-Programms HYLTEC nach dreijähriger Entwicklungszeit aufwendig umgerüstet. Der rechte Flügel wurde mit einem System zur Grenzschichtabsaugung sowie mit drei unterschiedlichen Systemen zur Reinhaltung und Enteisung ausgerüstet: Anti-Icing durch Bleed Air, Reinhaltung durch eine Krüger-Klappe sowie ein fluidisches System auf Basis eines Glykol-Wasser-Gemisches zur Reinhaltung und Enteisung.

Das DLR-Versuchsflugzeug Do228 wurde im Rahmen des EU-Programms HYLTEC nach dreijähriger Entwicklungszeit aufwendig umgerüstet. Der rechte Flügel wurde mit einem System

zur Grenzschichtabsaugung sowie mit drei unterschiedlichen Systemen zur Reinhaltung und Enteisung ausgerüstet: Anti-Icing durch Bleed Air, Reinhaltung durch eine Krüger-Klappe sowie ein fluidisches System auf Basis eines Glykol-Wasser-Gemisches zur Reinhaltung und Enteisung.

Die Vereisungsuntersuchungen erfolgten in Oberpfaffenhofen mit Hilfe eines speziell ausgerüsteten Sprühflugzeugs der Firma Dornier. Für beide Enteisungssysteme konnte die Funktionsfähigkeit demonstriert werden. Die Effektivität der Bleed Air Enteisung war sogar deutlich besser als die des konventionellen Bleed Air Systems. Damit ist ein weiterer wichtiger Meilenstein auf dem Weg zur industriellen Anwendung der Laminar-Technologie erreicht worden. Die Erprobung des Reinhaltungssystems begann im Sommer 2002.

■ Die Modellierung und Analyse physikalischer Effekte, die noch vor wenigen Jahren weder numerischen

Einsatz moderner Software- technik im Designprozess von Flugzeugen und Turbinen

noch experimentellen Methoden zugänglich waren, bilden das wesentliche technologische Verbesserungspotenzial für den Flugzeugbau der Zukunft. Heute können zur genauen Simulation

des Verhaltens von Turbinen und Flugzeugen gekoppelte Rechnungen eingesetzt werden, in denen mehrere physikalische Prozesse und ihre Wechselwirkungen berücksichtigt werden.

Im Rahmen des Projekts AMANDA wurden zwei Szenarien implementiert. Zum einen wurden die am DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik entwickelten Strömungslöser FLOWer und TAU mit Programmen zur Berechnung von Deformationen (DLR-Institut für Aeroelastik) gekoppelt. Dadurch konnte die Wechselwirkung der Umströmung mit der aus der Druckwirkung der Strömung resultierenden Verformung eines elastischen Flugzeugs untersucht werden. In einer zweiten Anwendung, der Simulation einer luftgekühlten Turbinenschaufel, wurde der am DLR-Institut für Antriebstechnik zur Berechnung von Turbinenströmungen entwickelte Trace-Code mit einem Programm zur Berechnung der Temperaturverteilung im Inneren der Turbinenschaufeln gekoppelt.

Zur Integration der Simulationskomponenten in komplexe Gesamtanwendungen wurde die bei der DLR-Organisationseinheit SISTEC (Simulations- und Software-Technik) unter Verwendung moderner Softwaretechnologien (objekt-orientiertes Design, Java, CORBA) entwickelte TENT-Software eingesetzt. TENT ermöglicht die verteilte Ausführung der Komponenten in einem Rechner-Netzwerk und kontrolliert den

Datentransfer zwischen ihnen. Über eine graphische Benutzerschnittstelle können die einzelnen Simulationskomponenten konfiguriert und zu einem Workflow zusammengestellt werden.

Als Ergebnis des Projekts AMANDA entstand durch Kombination vorhandener und bewährter Simulationscodes der verschiedenen Einzeldisziplinen ein fortschrittliches Werkzeug zur Durchführung gekoppelter Simulationen. Das System wird zur Zeit in mehreren Projekten eingesetzt und weiterentwickelt.

■ Die Flatterinstabilität bei der Umströmung eines elastischen Tragflügels ist im allgemeinen ein nichtlineares Phänomen, das aus dem Wechselspiel zwischen aerodynamischen, elastischen und trägheitsbedingten

Neue Erkenntnisse beim transsonischen Flattern

Kräften resultiert. Um die physikalischen Zusammenhänge beim transsonischen Flattern besser ergründen zu können, wurde für die experimen-

tellen und numerischen Untersuchungen eine einfache Geometrie (2D-Flügel) gewählt, so dass die typischen transsonischen Phänomene in möglichst reiner Form auftreten.

Experimentell wurden im Transsonischen Windkanal Göttingen verschiedene Erscheinungsformen von Grenzyklen kleiner Amplitude gefunden, an denen ein oder zwei Freiheitsgrade beteiligt waren, bei denen eine wechselseitige Erregung auftrat oder wo mehrfach übereinanderliegende stabile Niveaus möglich waren (coexistierende Grenzyklen). Es konnte demonstriert werden, dass – wie bei einem nichtlinearen System prinzipiell möglich – sehr kleine Kontrollkräfte ausreichen, um den Systemzustand zu beeinflussen und damit Flatterschwingungen zu unterdrücken.

Grenzyklen traten auf bei freier und erzwungener Transition, in einer perforierten und einer adaptiven Messstrecke, so dass ausgeschlossen werden kann, dass es sich um Artefakte handelt. In entsprechenden Experimenten mit einem konventionellen Profil

NACA 0012 wurden keine vergleichbaren stabilen Grenzyklen kleiner Amplitude gefunden. Flatterrechnungen, basierend auf gemessenen aerodynamischen Kräften, liefern Stabilitätsgrenzen, die gut mit den direkt bestimmten Flattergrenzen übereinstimmen. Eine numerische Simulation der instationären Kraftbeiwerte für erzwungene harmonische Nickschwingungen spiegelt qualitativ den experimentell gemessenen Verlauf über der Machzahl wider. Die numerische Simulation im Buffetbereich führte auf eine Frequenz für die selbsterregten Stoßoszillationen, die durch die Experimente bestätigt wurde.

Die gewonnenen Einsichten führen zu dem Schluss, dass für die Begrenzung der Flatteramplituden im transsonischen Bereich drei mögliche Mechanismen verantwortlich sein können: die Hinterkantenablösung, 3D-Effekte und die Wechselwirkung zwischen Stoß und dem darunter liegenden marginalen Ablösegebiet. Auf Grund dieser Arbeiten konnte das HGF-Programm AEROSTABIL (verbesserte Vorhersage von aeroelastischen Instabilitäten im erweiterten transsonischen Flugbereich) gewonnen werden, in dem diese Problemstellung systematisch für 3D-Konfigurationen weiter erforscht wird.

■ Ein wichtiges Ziel der Forschungsarbeiten ist, die Entwicklungskosten im Bereich des aerodynamischen Entwurfs eines Flugzeuges zu verringern. So werden bisher für Windkanalmessungen mehrere Windkanalmodelle gefertigt, um Entwurfsdaten zu

„Fußabdrücke“ der Strömung erfassen mit Hilfe von Pressure Sensitive Paint

gewinnen. Windkanalmodelle sind nicht nur sehr teuer, sondern erfordern auch eine lange Fertigungszeit. Hier wurde nun im DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik in Göttingen durch die Entwicklung eines Systems zur flächigen Erfassung von Druckverteilungen mit Hilfe von Pressure Sensitive Paint (PSP) eine wesentliche Verbesserung im transsonischen Geschwindigkeitsbereich erreicht.

Das optische PSP-Verfahren erlaubt, berührungslos Druckverteilungen z.B. auf der Oberfläche eines Flugzeugmodells im Windkanal zu bestimmen. Die Empfindlichkeit des verwendeten optischen Sensors ist für Drücke im Bereich von 0,1 bis 1,5 bar optimiert, somit lassen sich transsonische Strömungen bei atmosphärischen Ruhedrücken besonders gut vermessen. Konventionelle Druckmessmethoden, die an diskreten Stellen den Wanddruck durch Druckanbohrungen messen, haben zwar eine höhere lokale Messgenauigkeit, liefern jedoch keine flächige Druckinformation und erfordern die Herstellung eines besonderen „Druckmodells“. Die Entwicklung des DLR-PSP-Systems ist für den transsonischen Geschwindigkeitsbereich jetzt zum Abschluss gebracht worden, so dass das System z.B. in den Windkanälen des DNW in Deutschland und den Niederlanden für Industrieprojekte eingesetzt werden kann. Da das System neben einer mit dem Windkanalbetrieb gekoppelten automatisierten Datenerfassung auch eine automatisierte online-Datenauswertung umfasst, wird eine hohe Produktivität erreicht.

Auf der Grundlage der beim DLR entwickelten Hard- und Softwarekomponenten wurde ein „Rundum-PSP-System“ erstellt, das alle sichtbaren Oberflächen eines Windkanalmodells zu erfassen erlaubt. Damit wird die Berechnung von Kräften und Momenten der untersuchten Windkanalmodelle möglich. Bei einem gemeinsam mit der Industrie durchgeführten Projekt wurde gezeigt, dass Kräfte- und Momentendaten sehr gut mit konventionell gewonnenen Daten übereinstimmen. Hiermit ist ein erster Schritt getan, um

künftig die PSP-Technik auch zu nutzen, um mit Hilfe der komplett erfassten Druckverteilungen auch Kräfte und Momente zu bestimmen.

■ Für Flugzeuge der nächsten Generation wird angestrebt, das Gewicht des Rumpfes um 30 Prozent und

„Schwarzer Rumpf“ – neue Bauweisen und Technologien für Flugzeuge der nächsten Generation

die Herstellkosten um 40 Prozent im Vergleich zur heutigen Struktur zu senken. Diese Zielsetzung macht einen Technologie-sprung erforderlich, der

mit dem Wechsel von Aluminiumlegierungen auf Kohlenstofffaserverbundkunststoffe (CFK) erwartet wird. Im Rahmen eines vom BMBF geförderten HGF-Projektes („Schwarzer Rumpf“) wurde im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR-Institut für Strukturmechanik, Braunschweig, DLR-Institut für Bauweisen- und Konstruktionsforschung, Stuttgart, DLR-Institut für Antriebstechnik, Köln-Porz) an der Realisierung eines solchen CFK-Rumpfes geforscht.

Ein grundlegendes Element der Arbeiten war das Concurrent/Integrated Engineering (CIE) auf der Basis eines einheitlichen Informationsmanagementkonzepts. Darüber hinaus war ein wesentlicher Bestandteil des Projektes die Entwicklung neuer faserge-rechter Bauweisen, welche die Potenziale von Faserverbunden optimal ausnutzen und auf spezifische Fragestellungen bei Flugzeugstrukturen durch neue Konzeptionen antworten. Unterstützt wurde der Konzeptentwurf durch die vertiefte Analyse von strukturmechanischen und materialtechnischen Fragestellungen der Faserverbund-Strukturen.

Zum Erreichen der gesetzten wirtschaftlichen Zielfunktion wurden auf Basis der vor-geschlagenen Bauweisen entsprechende fertigungstechnische Konzepte und Ideen mit dem Ziel einer Integralfertigung von Faserverbundbauteilen entwickelt. Die Arbei-ten wurden in Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Karlsruhe (FZK-Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse) in Bezug auf die Umweltverträglichkeit bei der Herstellung, dem Einsatz und bei der Entsorgung von Rumpfkompone-nten untersucht.

Eine Zielsetzung des Projektes war die Realisierung einer Full-Scale-Demonstrationsstruktur (Durchmesser vier Meter) eines CFK-Rumpfes für eine A320 mit neu- en, an den Werkstoff angepassten Bauweisen mittels wirtschaftlicher Fertigungstechnologien. Der gefertig- te Abschnitt einer „typical fuselage“-Struktur spiegelt wichtige Ergebnisse und Erkenntnisse des Projektes wider und wurde im Mai 2002 auf der Internationalen Luft- und Raumfahrt Ausstellung (ILA) in Berlin zum er- sten Mal der Öffentlichkeit präsentiert.

■ In der Luft- und Raumfahrt ist die Einführung neu- er Fertigungstechnologien aufgrund der kostspieligen

Das Single Line Injection Verfahren

und aufwendigen Zu- lassungsverfahren nur für Technologien mit außerordentlich ho- hem Potenzial sinn- voll. Bei der Beurtei- lung dieses Potenzials steht im zivilen Flug- zeugbau neben der Optimierung der strukturellen Leistungsfähigkeit zunehmend die Sen- kung der Fertigungskosten im Vordergrund, da sich ei- ne deutliche Verschärfung des internationalen Wett- bewerbs abzeichnet. Als Antwort auf den steigenden Kostendruck wurde am DLR-Institut für Struktur-

mechanik ein Fertigungsverfahren für Faserverbund- bauteile entwickelt, welches eine deutliche Reduktion der Fertigungskosten bei qualitativ sehr hochwertigen Bauteilen ermöglicht. Das als Single Line Injection (SLI) bekannte und vom DLR patentierte Verfahren (DE 198 53 709) basiert darauf, kostengünstige und dennoch leistungsstarke Faserhalbzeuge im Auto- klaven zu qualitativ besonders hochwertigen Faser- verbundbauteilen zu verarbeiten. Der erste Erfolg im kommerziellen Flugzeugbau war die Qualifikation des SLI-Verfahrens für die Verkleidungsteile des Trieb- werkpylons der Do 328 Jet im Jahr 1998. Seitdem sind alleine für diese Anwendung 141 Flugzeuge mit jeweils sechs Bauteilen ausgerüstet worden.

In einer Kooperation des DLR-Instituts für Struktur- mechanik mit der Invent GmbH wurde unter Nutzung des SLI-Patentes ein Konzept für die Fertigung von Bugfahrwerksklappen für das Regionalverkehrsflug- zeug Fairchild Dornier Do728 erarbeitet. Trotz des Risikos einer „Single Source“-Beauftragung und der notwendigen Material- und Verfahrensqualifikation entschied sich die Firma Fairchild Dornier wieder für das vom DLR entwickelte Fertigungsverfahren. Der Erfolg dieser fertigungstechnischen Innovation im Flugzeugbau zeigt sich besonders an folgenden Merkmalen: Die Kennwerte der für die Materialqua- lifikation im SLI-Verfahren hergestellten Lamine übertrafen die Kennwerte der im konventionellen Prepreg-Verfahren hergestellten Lamine in vielen Bereichen.

Das SLI-Fertigungskonzept für die Bugfahrwerksklappen war bereits beim ersten Fertigungsversuch so ausgereift, dass dieser erste Bauteilsatz direkt zur Auslieferung kam. Die für die Serienfertigung prognostizierten Vorteile des SLI-Verfahrens bei den Fertigungskosten konnten bei der nachgeschalteten Kostenanalyse voll bestätigt werden. Der im Rahmen der Qualifikation durchgeführte und als höchst kritisch eingeschätzte Vogelschlagversuch wurde entgegen den Erwartungen vieler Spezialisten äußerst erfolgreich bestanden. Durch die erfolgreiche und hochwertige Zusammenarbeit aller Beteiligten konnte darüber hinaus eine Vertrauensbasis geschaffen werden, die den Einstieg in Bauteile mit noch höherer Sicherheitsklasse und Komplexität ermöglicht.

■ Textile Faserverbunde versprechen die gleichzeitige Reduktion von Gewicht und Herstellungskosten

Gestickt, geflochten und genäht: Optimierte Faser- verbunde

zukunftiger Flugzeug-primärstrukturen. Dabei werden trockene Fasern mit hocheffizienten Textiltechniken genäht, geflochten oder auch gestickt. Anschließend wird in einer geeigneten Form, z.B. Epoxidharz, als Matrixmaterial injiziert. Für zug- und druckbelastete Bauteile mit großen Aussparungen (z.B. Augenstäbe) ist die TFP-Technik (Tailored Fibre Placement), bei der Faserbündel in mehreren Schichten auf ein Trägermaterial aufgestickt werden, besonders geeignet. Das DLR hat für solche Strukturen ein Auslegungsverfahren entwickelt, das sich am Wachstumsprozess biologischer Strukturen orientiert und die Faserbündel nahe der Richtung der Hauptnormalspannungen orientiert. Damit wurde eine Höhenleitwerkschwinge für den Airbus A340-300 optimiert. Gegenüber einer schon voroptimierten Faserverbundbauweise mit Geweben konnte eine nochmalige Gewichtsreduktion von 22 Prozent erzielt werden. Der Auslegungsalgorithmus beruht u.a. auf der DLR-Software TRAVEST, die über einen Softwarepartner vermarktet wird.

zukunftiger Flugzeug-primärstrukturen. Dabei werden trockene Fasern mit hocheffizienten Textiltechniken genäht, geflochten oder auch ge-

■ Beim Streben nach immer leichteren Flugzeugstrukturen haben Airbus und DLR die Rumpfe der

Beulen erlaubt: leichterer A340- Rumpf durch neues Auslegungskonzept

ansah, lässt man nun eine weitere Laststeigerung in den Nachbeulbereich zu. Dieses neue Auslegungskonzept erlaubt die Ausschöpfung struktureller Reserven bei unverminderter Sicherheit. Das DLR hat das Airbus-eigene Auslegungstool ISSY dergestalt erweitert, dass mit wenig Zusatzaufwand eine Gewichtsoptimierung einer gesamten Tonne vorgenommen werden kann. Am Beispiel der A340-Sektion 16 konnte für einen der kritischsten Lastfälle eine Gewichtsreduktion der Haut von 15 Prozent erzielt werden. Daneben wurde für Airbus ein virtueller Versuchsstand aufgebaut und verifiziert, der die Anzahl aufwendiger Bauteilversuche stark verringert. Im Rahmen des vom DLR koordinierten EU-Projekts POSICOSS werden derzeit entsprechende Auslegungsverfahren für Faserverbundrumpfe der Zukunft erarbeitet.

Airbus-Familie ins Visier genommen. Großversuche an Rumpftonnen der A340 haben die Vermutung bestätigt, dass die Strukturen hohe Tragreserven aufweisen. Während man bislang das Auftreten erster Beulen in der Haut als maßgeblich

■ 2001 wurde der in Europa einmalige fliegende Simulator ATTAS erstmals mit erheblich erweiterten, komplexeren Regelgesetzen geflogen. Dabei wurden alle Aspekte eines Flugzeuges, wie zum Beispiel die Aerodynamik, das Triebwerksverhalten, aber auch alle Sensoren nichtlinear mit mathematischen Modellen abgebildet. Damit wird eine nie zuvor da gewesene Simulationsgüte im Fluge erreicht. Flugzeughersteller können so auf ein hervorragendes Instrument zurückgreifen, um bereits früh im Entwurfsprozess neuartige Flugsteuerungskonzepte

ATTAS in der Atmosphäre

zu beurteilen. Neben Software werden dabei auch neue Hardwarekonzepte, wie zum Beispiel der aktive Sidestick, ein Steuerorgan für Piloten mit Krafterückmeldung, erprobt. Die Bewertung von Systemkonzepten und Flugeigenschaften noch bevor ein Prototyp zum Fliegen gekommen ist, erlaubt es, Entwicklungszyklen und damit letztendlich auch Kosten und Risiken erheblich zu reduzieren.

■ Am 28. Januar 2002 wurde Luftfahrtgeschichte geschrieben: Der erste Flug eines Hubschraubers mit seriennaher optischer Flugsteuerung („Fly-by-Light“) fand statt. Der Fliegende Hubschrauber-Simulator (FHS) des DLR startete in Ottobrunn zum

Helikopter Light- Show

erfolgreichen Erstflug und erreichte damit einen wesentlichen Meilenstein des Technologieprogramms zur Entwicklung des Erprobungsträgers und Fliegenden Simulators auf der Basis des Hubschraubers EC135. Seit 1995 wird von den Firmen Eurocopter Deutschland (ECD) und Liebherr Aerospace Lindenberg (LLI) zusammen mit der Wehrtechnischen Dienststelle der Bundeswehr (WTD61) und dem DLR an dem Programm gearbeitet, das aus Mitteln des Bundesverteidigungsministeriums, des DLR und der beteiligten Industriefirmen finanziert wird.

Mit dem Erstflug, der sich allerdings gegenüber der ursprünglichen Planung erheblich verzögert hat, wurde die Erprobung der redundanten, optischen Flugsteuerung im Kernbereich erfolgreich abgeschlossen. Die Vorteile der „Fly-by-Light“-Steuerung im Vergleich zur elektrischen Datenübertragung liegen in der weitgehenden Immunität gegen elektromagnetische Störungen, günstigeren Eigenschaften zur Realisierung fortschrittlicher Systeme und im geringen Gewicht. Nach dem Abschluss der Erprobung des Gesamtsystems und dessen Zulassung wird der Versuchsträger ab Herbst 2002 für Nutzungsprogramme verfügbar sein.

Mit Inbetriebnahme des FHS beim DLR wird den Ämtern, der Industrie und den Forschungsinstituten in Europa ein Versuchsgerät zur Verfügung stehen, das wesentliche Beiträge zur Entwicklung und Qualifizierung von neuen Technologien für zukünftige Hubschraubergenerationen liefern wird: Moderne Flugregelungs-, Flugführungs- und Informationssysteme, einschließlich automatischer Betriebsarten, verbessern die Fliegbarkeit des Fluggeräts, reduzieren die Pilotenbelastung und erschließen neue Einsatzbereiche. Damit wird die volle Nutzung des Leistungspotenzials des Hubschraubers möglich und anspruchsvolle Ziele, wie die Realisierung des Allwetterflugs in Bodennähe z.B. für Rettungsflüge, werden bei erhöhter Flugsicherheit erreichbar.

Gemeinsam den Rotor- Wirbeln auf der Spur

■ Die Lärmreduktion ist ein wesentliches Forschungsziel in der Hubschrauber-aerodynamik und -aeroakustik. Das DLR arbeitet seit vielen Jahren auf dem Gebiet der aktiven Rotorsteuerung mit dem Ziel, den Lärm, aber auch Vibrationen und Leistungen des Hubschraubers zu beeinflussen. In einem früheren (1994) Windkanalversuch HART (Higher harmonic control Aeroacoustic Rotor Test) wurden von den Partnern DLR, DNW, ONERA, NASA und US Army grundlegende und richtungweisende Daten und Erkenntnisse gewonnen, die heute weltweit genutzt werden. Um die verbliebenen Fragestellungen zu physikalischen Effekten der Wirbelsysteme im Rotornachlauf auf die Aerodynamik, Dynamik und Akustik

aktiv gesteuerter Rotoren zu beantworten, wurde ein Nachfolgetest HART II von denselben Partnern und mit dem gleichen Rotortyp (BO-105-Modellrotor des DLR) realisiert, der im Oktober 2001 in der LLF (Large Low-speed Facility) des DNW stattfand. Die Zusammenarbeit der Partner wurde über das US/German Memorandum of Understanding „Helicopter Aeromechanics“, über ein US/French Memorandum of Agreement sowie über andere bilaterale Vereinbarungen koordiniert und finanziert.

Mit Hilfe modernster Messtechniken, wie „3-Component Particle Image Velocimetry“, optischer Blattpositionsmessung mittels „Stereo Pattern Recognition“ sowie Blattdruck- und Mikrofonmessungen wurden die bisher unbekannt physikalischen Effekte der Wirbelentstehung hinter einem Rotorblatt als auch die Alterung dieser Wirbel während ihres Fluges durch die Rotorebene erstmalig genau vermessen. Dabei war es für die mögliche Anzahl der Messpunkte besonders wichtig, dass die Partner im Vorfeld ihre jeweiligen Simulationsprogramme nutzten, um den Ort der Wirbel und damit die Messpositionen vorherzusagen. An jeder Position wurden dann 100 Aufnahmen von verschiedenen Rotor-Umdrehungen gemacht, um auch statistische Aussagen über die Periodizität des Wirbelfeldes und Abweichungen davon zu gewinnen.

Die Reaktion der Partner auf die Qualität und Quantität der Daten sowie die Durchführung des HART II Tests unter Leitung des DLR unterstreicht eindrucksvoll dessen Kompetenz und Akzeptanz auf dem Gebiet der Rotormessungen im Windkanal. Die umfangreichen Daten (ca. ein TeraByte Rohdaten) stehen den beteiligten Partnern zwei Jahre lang exklusiv zur Verfügung, um den Vorsprung auf dem Gebiet der Rotormodellierung, insbesondere des Wirbelnachlaufes, zu sichern. Danach werden die Daten teilweise der internationalen Forschung zur Verfügung gestellt; das Interesse daran wurde bereits jetzt bekundet.

■ Die Untersuchung von neuen Strukturen hinsichtlich ihrer Sicherheit bei einem Crash wird immer häufiger mit Hilfe von

CAST – Hubschrauber „fiel erfolgreich ins Wasser“

Computer-Simulationen durchgeführt. Gründe dafür sind sowohl die hohen Kosten und der Zeitaufwand, die mit Crashversuchen ver-

bunden sind, als auch die Möglichkeit, mit der Simulation unterschiedliche Crash-Konfigurationen zu untersuchen. In dem EU-Projekt „Crashworthiness of Helicopter on Water: Design of Structures using Advanced Simulation Tools“ (CAST) arbeiten vierzehn Partner aus Industrie, Forschungseinrichtungen und Universitäten an der Entwicklung und Validierung von Werkzeugen zur Simulation des Wasseraufpralls und an neuen Designkonzepten der Zelle, die beim Aufprall auf Wasser eine erhöhte Crash-Sicherheit erbringen sollen.

Eine der herausfordernden DLR-Aufgaben in diesem Projekt war die Finite-Elemente Simulation des Wasseraufpralls eines WG30 Hubschraubers. Das komplexe Rechenmodell von Hubschrauber und Wasser – bestehend aus über einer Millionen Elementen – wurde auf einer Acht-Prozessoren-Maschine gerechnet, um das detaillierte Deformationsverhalten der Struktur zu ermitteln. In dieser numerischen Untersuchung wurde besonders auf die Integrität der Kabine, auf die Verzögerungspulse am Ort der Passagiere sowie auf die Wasserdruckverteilung auf der Zellenunterseite geachtet. Der spektakuläre Crashtest auf Wasser wurde in der neuen Anlage (LISA) des italienischen Luftfahrt-Forschungszentrums CIRA durchgeführt. Mit der „pre-test“ Simulation war es möglich, die Verformungen der Unterbodenstruktur und der Spante und auch die Beschleunigungsniveaus und Druckverläufe, die beim Crashtest beobachtet und gemessen wurden, vorherzusagen.

Die hervorragende Korrelation der Ergebnisse aus Test und Rechnung sind ein wichtiger und erfolgreicher Schritt bei der Validierung der Modellierungs- und Simulationsmethodik. Es wurde eine richtungsweisende Möglichkeit demonstriert, den Entwurf und die Nachweisführung einer Hubschrauber-Gesamtstruktur hinsichtlich Crashesicherheit künftig verstärkt durch validierte Simulationstools zu unterstützen, bzw. den erforderlichen Testaufwand erheblich zu reduzieren oder im Sinne eines „virtuellen Tests“ gänzlich zu ersetzen.

■ Wenn die prognostizierte Verdreifachung des Luftverkehrs bis 2020 Realität wird, werden die meisten

TARMAC sicheres und effizientes Roll- verkehrs- management auf Flughäfen

großen und mittleren Flughäfen in Europa nicht mehr ohne ein System zum Rollverkehrsmanagement auskommen. Diese Systeme sollen die Sicherheit des Luftverkehrs auch bei steigendem Verkehr im Flughafenbereich erhalten – ein jetzt schon aktuelles Thema, wie die jüngsten Unglücke gezeigt haben. Ein weiteres Ziel ist die optimale Nutzung der Kapazität der vorhandenen Infrastrukturen und Ressourcen, da dem Flughafenbau enge Grenzen ge-

setzt sind. Das DLR prägt seit über zehn Jahren entscheidend die Forschung und Entwicklung im Bereich A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance and Control Systems).

Anfang 2002 hat das DLR sein internes A-SMGCS-Projekt TARMAC (Taxi And Ramp Management And Control) abgeschlossen und im Rahmen einer Abschlussveranstaltung auf dem Forschungsflughafen Braunschweig einem Fachpublikum erfolgreich präsentiert. In den vier Projektjahren hat das DLR mit einem Aufwand von fast 90 Personenjahren eine weltweit einzigartige A-SMGCS-FuE-Plattform geschaffen. Einerseits wurden wesentliche Kernelemente eines A-SMGCS konzipiert, entwickelt und im Simulations- und Feldversuch – teils auf operationellen Großflughäfen – validiert. Dazu gehören neuartige Sensorsysteme, wie das NRN (Nahbereichsradarnetz), neuartige Bord-Boden-Kommunikationssysteme, wie der ADL (Advanced Data Link), die Multisensordatenfusion zur automatischen Erfassung und Bewertung der Verkehrslage, automatische Planungssysteme zur optimierten Nutzung der Landebahnkapazität sowie neuartige synthetische Lagedarstellungsdisplays für ein besseres Situationsbewusstsein der Lotsen und Piloten. Andererseits wurden aber auch einmalige Versuchsanlagen für Feld- und Simulationstests geschaffen, in denen jetzt A-SMGCS-Lösungen für Kunden maßgeschneidert werden können. Durch die erfolgreiche Integration und Demonstration von TARMAC konnte auch die Tragfähigkeit des Gesamtkonzepts – ein ganzheitlicher Systemansatz – nachgewiesen werden. Zusätzlich zu der Entwicklung der technischen Systeme wurden auch die zugehörigen Fragestellungen der operationellen Nutzungskonzepte sowie der Implementierung solcher Systeme angegangen. Diese Arbeiten sollen den Schwerpunkt eines Folgeprojekts ATAIR (Advanced TARMAC Applications, Integration and Research) darstellen, das voraussichtlich im Januar 2003 startet.

■ Um den spezifischen Kraftstoffverbrauch von Flugtriebwerken weiter zu reduzieren und den Wirkungsgrad zu erhöhen wird angestrebt, die Gaseintrittstemperatur in der Hochdruckturbinen innerhalb der

Neue Schutzschichten

– heißere Triebwerke

nächsten Jahre auf über 1.700 Grad Celsius anzuheben. Dieser Temperatursprung kann nur durch gesteigerte Kühlung sowie drastische Verbesserungen im Werkstoffbereich erreicht werden. Ziel des Projekts „Gasturbine“, welches unter Feder-

führung des DLR zusammen mit vier weiteren HGF-Forschungseinrichtungen bearbeitet und 2002 erfolgreich abgeschlossen wurde, war es, durch den Einsatz von Schutzschichten die Hochtemperatureignung von Turbinenwerkstoffen nachhaltig zu verbessern.

Hierzu wurden keramische Wärmedämmschichtsysteme mit Hilfe der Aufdampftechnik (EB-PVD) hergestellt, die um ca. 150 Grad Celsius erhöhte wirksame Gaseintrittstemperaturen erlauben. Durch statistisch gestützte Parameterstudien wurde nicht nur ein besseres Verständnis zwischen Beschichtungsprozess, Mikrostruktur der keramischen Wärmedämmschicht und deren mechanischen und thermischen Eigenschaften erlangt. Auch die Reproduzierbarkeit der Beschichtungsverfahren für die Schutzschichten wurde erheblich verbessert. Bei der Untersuchung der komplexen Alterungs- und Schädigungsmechanismen wurde die maximale Einsatztemperatur von Wärmedämmschichten auf Zirkonoxidbasis mit 1200 Grad Celsius bestimmt, wobei Sintervorgänge schon bei deutlich geringeren Temperaturen auftreten und so zu einer vorzeitigen Degradation der Schichten führen.

Komplex ablaufende Schädigungsverläufe erforderten Lebensdauermodelle, die durch eine Vielzahl von Eingangsparametern geprägt sind, wobei die Oxidation und die Bildung eines thermisch gewachsenen Oxids den Hauptanteil an der Schädigung haben. In einem neu entwickelten Prüfstand konnte zur Überprüfung der Lebensdauermodelle durch gleichzeitiges Aufbringen von thermischen und mechanischen Lasten auf innengekühlten Proben die Ermüdungsbeanspruchung einer Turbinenschaufel unter Triebwerksbedingungen simuliert werden.

Für eine zweite neue Werkstoffklasse - Titanaluminide hoher Kriechfestigkeit, die wegen ihres geringen Gewichts die Nickelbasislegierungen bei Laufschaufeln in der Niederdruckturbinen ersetzen sollen – konnten Oxidationsschutzschichten entwickelt werden, ohne die ein Langzeiteinsatz der Bauteile bei hoher Temperatur nicht möglich ist. Die neu entwickelten und inzwischen zum Patent angemeldeten Magnetron-Sputter-Schichten reduzierten die Massezunahme durch Oxidschichtbildung um bis zu zwei Drittel, was die Lebensdauer der Titanaluminidschaufeln deutlich verlängert.

■ Eine Turbomaschine besteht aus abwechselnd einer stehenden und einer rotierenden Schaufelreihe. Mittels experimenteller Untersuchungen wurde gezeigt, dass die

Clocking bringt Vorteile

relative Umfangspositionierung zweier aufeinander folgender stehender Schaufelreihen, die Statoren, den Gesamtwirkungsgrad der Turbomaschine um bis zu einem Prozentpunkt beeinflussen können. Dieses Phänomen wird als „Clocking“ bezeichnet und weist ein weiteres Optimierungspotenzial für Hochdruck- und Niederdruckturbinen in Flugtrieb-

werken als auch stationären Gasturbinen aus. Da bei ungleichen Schaufelzahlverhältnissen alle möglichen Relativstellungen zwischen benachbarten Statoren vorkommen, setzt die volle Ausnutzung des Clockingpotenzials eine einheitliche Schaufelzahl der Statoren voraus.

Die Umsetzung des Clocking-Konzepts in die Turbinenauslegung setzt ein tiefes Verständnis der Physik voraus und fordert neben experimentellen Untersuchungen intensive instationäre numerische Untersuchungen des Clockingpotenzials. Die aerodynamische Schaufelreiheninteraktion wird primär durch die Stromabwirkung der Nachläufe bestimmt, deren relatives Auftreffen auf die jeweils nachfolgenden Statorschaufeln verschiedene Profilwirkungsgrade induziert. So wird bei niedrigen Reynoldszahlen, typischerweise in Niederdruckturbinen von Flugtriebwerken, der Umschlag laminar in turbulente Profilgrenzschichten durch den auftreffenden Nachlauf in Richtung Vorderkante gegenüber der freien Profilmströmung verschoben, die Folge sind dickere turbulente Grenzschichten und höhere Profilreibungsverluste. Bei Hochdruckturbinen bestimmt die über die Profiloberfläche eingeblasene Kühlluft erheblich den aero- und thermodynamischen Charakter des Nachlaufs. Der Nachlauf ist kühler, die Dichte ist höher, die Gradienten zwischen Hauptströmung und Grenzschichtströmung wesentlich höher. Dies schlägt sich selbstverständlich auf die Profilverluste nachfolgender Schaufeln beim Auftreffen des kühleren und mitunter durch die Hinterkantenausblausung auch impulsreicheren Nachlaufs der vorhergehenden Stator- und Rotorschaufelreihen erheblich nieder.

Die Untersuchung des Clockingpotenzials für Hochdruckturbinen mit Kühlluftausblausung wurde in numerischen Studien mit dem im DLR-Institut für Antriebstechnik entwickelten CFD-(Computational Fluid Dynamics-) Programmsystem TRACE in Zusammenarbeit mit der Siemens Power Generation erforscht. Dabei wurde die eineinhalbstufige Hochdruckturbinen der aktuellen Gasturbinengeneration mit der gesamten Profilkühlung in einer 3D-Stromröhre modelliert und sechs Relativstellungen zwischen dem ersten und dem zweiten Stator, äquidistant verteilt auf einem Teilungsumfang, in einer instationären numerischen Studie durchfahren. Es zeigte sich, dass die Beaufschlagung der schaufelnahen Statorbereiche des 2. Stators durch den Nachlauf des 1. Stators wenig wirkungsgradmindernd sind, während eine geringere Beeinflussung der Passagenkernströmung sich sehr positiv auf das Wirkungsgradverhalten auswirkt.

Lasermess- technik für die Motoren- entwicklung

■ Wesentliche Ziele heutiger Motorenentwicklung sind Schadstoff- und Verbrauchsreduzierung, die man durch Optimierung des Verbrennungsprozesses zu erreichen versucht. Einen entscheidenden Einfluss hierauf hat die Strömung im Zylinder, die durch die Formgebung der Einlasskanäle bestimmt wird. Als Bewertungskriterien für die Qualität der Strömung stehen den Entwicklern bisher nur sehr globale Strömungsgrößen zur Verfügung, mit denen man mittlerweile auf Erkenntnisgrenzen stößt. Neue Impulse für die weitere Verbesserung der Verbrennungsmotoren erhofft man sich von detaillierten Strömungsdaten, die die Versuchsingenieure die realen Strömungsabläufe erkennen lassen und die Berechnungsingenieure in die Lage versetzen, Rechenmodelle zu überprüfen und zu verbessern.

Die Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr (IAV), eine der drei großen Einrichtungen für die Motorenentwicklung in Europa, hat sich entschieden, die am DLR-Institut für Antriebstechnik entwickelte Doppler Global Velocimetry (DGV) – ein flächenhaftes, laseroptisches Geschwindigkeitsmessverfahren – für die Analyse der Zylinderströmung einzusetzen und hat mit dem DLR im Januar 2002 einen Kooperationsvertrag abgeschlossen. Die DGV-Messtechnik liefert die gewünschten vollständigen Strömungsdaten in sehr kurzer Messzeit und damit kostengünstig, weshalb sie für Entwicklungsversuche besonders geeignet ist – ein herausragendes Merkmal dieser Lasermesstechnik.

Ziel der Kooperation ist die anwendungsorientierte Verbesserung der DGV-Messtechnik und die Erschließung weiterer Anwendungsgebiete am Kolbenmotor, wie z.B. Messungen am geschleppten Motor, in Saug- und Abgaskanälen oder am Katalysator. Die Kooperationspartner sind davon überzeugt, durch dieses Vorhaben der Entwicklung des Verbrennungsmotors maßgebliche Impulse geben zu können.

■ Zukünftige für den militärischen Einsatz vorgesehene Flugtriebwerke müssen sich durch eine deutliche Steigerung des Schub-Gewichtsverhältnisses auszeichnen. Gleichzeitig müssen die Lebenslaufkosten deutlich reduziert werden, ohne Abstriche an der Zuverlässigkeit und der Betriebssicherheit zuzulassen. Diese Ziele lassen sich nur erreichen, wenn die Komponenten der Triebwerke in extremer Leichtbauweise

mit neuen Werkstoffen und Konstruktionskonzepten entwickelt sowie mit entsprechend optimierten Herstellungsverfahren produziert werden. Um den anvisierten Technologiesprung zu erreichen, haben sich 1998 fünf Institute und Einrichtungen

Nieder- druck- verdichter hohen Druckverhältnisses in Leichtbauweise

des DLR und die MTU Aero Engines als Industriepartner zu einem „Joint Team“ zusammengeschlossen. Entwicklungsziel ist ein höchstbelasteter transsonischer Verdichter. Im Vergleich zu einem vorhandenen z.Z. in der Serienproduktion befindlichen Verdichter, soll eine Verdichterstufe eingespart werden. Für die 1. Stufe, welche den Hauptteil der Leistungssteigerung bewältigen muss, bedeutet das eine Steigerung des Druckverhältnisses um 50 Prozent.

Mit dem vorgeschlagenen Einsatz von langfaserverstärkten Titanlegierungen als Rotorwerkstoff scheint diese Leistungssteigerung realisierbar zu werden. Die Entwicklung einer „hybriden Rotorbauweise“, bei der ein Teil des Titanblattes durch einen leichten Kohlefaser-Verbundwerkstoff ersetzt wird, ist für Realisierung des angestrebten Leistungs-Gewichtsverhältnisses unabdingbar. Mit dem Abschluss des ersten Projektes Ende 2001 wurde die aerodynamische Machbarkeit eines solchen Verdichters nachgewiesen. Es liegt ein Beschafelungsentwurf vor, der wesentliche Forderungen für den Triebwerksbetrieb erfüllt und dessen aerodynamisches Potenzial mit komplexen Strömungssimulationen im gesamten Arbeitsbereich untersucht wurde. Dieser Entwurf basiert auf den neuen Möglichkeiten bei der Schaufelgestaltung, welche die Werkstoffkonzepte ermöglichen.

Ausgehend von den grundlegenden Machbarkeitsuntersuchungen wurde die Fortsetzung der Arbeiten in einem zweiten Projekt mit einer Laufzeit von 2002 bis 2004 beschlossen. Die Werkstoff- und Konstruktionsuntersuchungen sollen mit der Entwicklung, dem Bau und der experimentellen Untersuchung eines Funktionsmodells für eine einzelne Rotorschaukel fortgesetzt werden.

Mit dem hier entwickelten modernsten Verdichterkonzept und dem dabei erarbeiteten Know-how wird ein Beitrag zur Zukunftssicherung des Triebwerksbaues und darüber hinaus der Turbomaschinenindustrie in Deutschland geleistet.

■ Die Verlängerung der Wartungsintervalle spielt beim Betrieb und bei Neuentwicklungen zukünftiger

Simultane Beobachtung der Rotor- schwin- gungen einer Hochdruck- turbinstufe

Flugtriebwerke eine wesentliche Rolle. Die Wartungsintervalle hängen neben anderen Faktoren, wie z.B. der thermischen Belastung, ganz entscheidend vom Ermüdungsverhalten der Schaufeln gegenüber aero-

dynamischer Zwangserregung ab. Die Zwangserregungsgefahr nimmt mit steigenden Druckverhältnis-

sen in der Turbine zu, das heißt vereinfacht gesagt, mit den Leistungssteigerungen. Um diese gefährlichen Phänomene erfassen zu können, müssen simultan die Schwingungen aller Schaufeln einer Stufe sowie eine repräsentative Anzahl von instationären Drücken an den Schaufeln beobachtet werden können. Kommerziell verfügbare Systeme zur Signalübertragung aus rotierenden in feste Systeme ermöglichen die Übertragung weder in der geforderten Anzahl von Kanälen noch in der sehr hohen Genauigkeit der Messsignale, wie sie für eine Code-Validierung nötig sind. Aufbauend auf gewonnenen Erfahrungen mit ähnlichen Messsystemen für Hubschrauberrotoren, wurde am DLR-Institut für Aeroelastik ein neues Messsystem entwickelt, das speziell für hochdrehende Turbinenuntersuchungen geeignet ist. Dieses System kann über gekühlte Präzisionsschleifringe 106 Signale vom rotierenden ins feste System übertragen. Die Signalbandbreite für instationäre Signale liegt bei 100 Kilohertz pro Kanal. Mit dieser Messanlage wurde der entscheidende Beitrag für die Erforschung von aerodynamischer Zwangserregung von hochbelasteten Turbinenschaufeln geleistet. Weiter ermöglicht diese Anlage die Erstellung hochpräziser Datensätze, wie sie zur Validierung von Rechencodes benötigt werden. Somit werden die Ergebnisse der geplanten Versuche direkt in den Entwicklungsprozess neuer Triebwerke mit einfließen. Die Anlage soll erstmals in dem europäischen Forschungsvorhaben „Aeroelastic Design of Turbine Blades II“ (ADTurb II) für Validierungsexperimente eingesetzt werden.

■ In einer gemeinsamen Aktion haben das DLR und die Deutsche Lufthansa AG im Oktober 2001 Überflugmessungen mit einem lärmtechnisch modifizierten Airbus A319 durchgeführt. Vom DLR-Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik in

Lärm- minderung an einem Airbus A319

amtes von Lufthansa Technik realisiert. Das Lärminderungspotenzial dieser Maßnahmen wurde durch Überflugmessungen auf dem Flughafen Cochstedt in Sachsen-Anhalt ermittelt.

Das beeindruckendste Ergebnis ist die erfolgreiche Unterdrückung zweier Töne, die durch Überströmen von Druckausgleichsöffnungen der Tragflächentanks auf der Flügelunterseite entstehen, durch das Anbringen von kleinen Wirbelgeneratoren jeweils unmittelbar vor den Öffnungen. Durch Beseitigung der beiden dissonanten Töne sinkt der maximale A-bewertete Anfluglärmpegel um bis zu sechs dB(A), insbesondere in größeren Entfernungen vom Flughafen, wenn das Flugzeug in seiner Reisekonfiguration bei reduzierter Triebwerksdrehzahl operiert. Eine Pegelminderung von sechs dB entspricht einer Viertelung der emittierten Schallleistung.

Lufthansa Technik baute nach Vorgaben des DLR eine gezahnte (Chevron-)Düse, mit der eines der beiden Triebwerke ausgerüstet wurde. Die von dieser Maßnahme erwartete Lärminderung des Strahlärms im Bereich von etwa ein dB(A) konnte bei den Flugversuchen bestätigt werden. Eine Lärminderung von ein dB mag gering erscheinen, wenn aber der gesamte vom Flugzeug emittierte Lärm um diesen Betrag gesenkt werden könnte, würde sich die Größe des Fluglärmteppichs um etwa 20 Prozent verringern, wie Rechnungen mit dem Fluglärmprognoseverfahren des DLR zeigen. Lufthansa wird sich für die zügige Umsetzung der Lärmierungsmaßnahmen in die Praxis einsetzen, so dass das Ergebnis dieser Aktion insgesamt zu einem Erfolg für die Anwohner in der weiteren Umgebung vieler Flughäfen wird.

Braunschweig wurden Modifikationen an der Zelle und vom DLR-Institut für Antriebstechnik in Berlin Modifikationen an einem der beiden Triebwerke vorgeschlagen und in Absprache mit Airbus Industry und dem Triebwerks-hersteller Snecma Moteurs sowie mit Genehmigung des Luftfahrtbundes-

■ Bei zwei internationalen Messkampagnen an einem Triebwerksteststand von QinetiQ in England im

Ruß- emissionen aus Strahltriebwerken

März 2001 und 2002 hat das DLR mit Partnern erstmals Eigenschaften von Ruß aus Brennkam-

mern und Triebwerken im Hinblick auf ihre Fähigkeit, Wolkenpartikel zu bilden, gemessen. Die Messungen waren Teil des EU-Projektes PartEmis (Measurement and prediction of emissions of aerosols from gas turbine engines) und des HGF/DLR-Projektes PAZI (Partikel aus Flugzeugtriebwerken und ihr Einfluss auf Kondensstreifen, Zirruswolken und Klima). Die Messungen erfassten die Leistungseinstellungen sowohl von älteren als auch modernen Brennkammern und verschiedene Schwefelgehalte des Kerosins. Die Proben-

nahme erfolgte sowohl am Austritt der Brennkammer als auch der Turbine. Dazu wurden die Temperatur- und Druckverhältnisse in der Turbine mit einem gekühlten Diffusor ohne bewegte Teile simuliert. Die Messungen zeigen, dass die Betriebsbedingungen der Brennkammer und der Schwefelgehalt nur einen geringen Einfluss auf die Größenverteilung und Konzentrationen der Kohlenstoffpartikel haben. Demgegenüber stieg jedoch die Aktivierbarkeit der kohlenstoffhaltigen Partikel zur Bildung von Wolkentröpfchen stark mit dem Schwefelgehalt im Treibstoff an. Erstmals konnte belegt werden, dass das Aerosol im Triebwerksabgas im relevanten Größenbereich $D > 10 \text{ nm}$ vollständig intern gemischt ist. Bei Reiseflugbedingungen bestehen die kohlenstoffhaltigen Partikel zu etwa 70 Prozent aus schwarzem (elementarem) Kohlenstoff und zu etwa 30 Prozent aus organischem Kohlenstoff. Die Fähigkeit eines Kohlenstoffpartikels zur Bildung von Wolken hängt vermutlich stark von organischen Kohlenstoffanteilen ab. Im Ruß-Aerosol wurden auch wasserlösliche Verbindungen nachgewiesen. Die Erfahrungen aus den Experimenten bilden eine Grundlage für die Modellierung der Rußwirkung auf das Klima im Projekt PAZI und fließen ein in eine Empfehlung für künftig anzuwendende Partikelmesstechniken bei der Zulassung von Flugzeugtriebwerken, die derzeit für die ICAO (International Civil Aviation Organisation) erarbeitet wird.

Schwerpunkt Energie

Der Schwerpunkt Energie trägt mit seiner konsequenten Ausrichtung auf ausgewählte Themen der Stromerzeugung dazu bei, dass eine nachhaltige Energieversorgung – nicht nur in Deutschland – möglich wird. Hierbei steht einerseits im Mittelpunkt, dass neue Ideen auf ihre Umsetzbarkeit hin überprüft werden, andererseits müssen Entwicklungen vorangetrieben werden, die Technologien näher an eine Wirtschaftlichkeit heranführen oder die Konkurrenzfähigkeit deutscher oder europäischer Industrie stärken.

Thematische Schwerpunkte bilden die solarthermische Kraftwerkstechnologie, Brennstoffzellen, schadstoffarme Verbrennung sowie die Entwicklung hocheffizienter Gasturbinen und die fachübergreifenden systemanalytischen Arbeiten. Außerdem ist die Laserforschung des DLR, die sich verstärkt auf wehrtechnische Aspekte konzentriert, im Schwerpunkt Energie angesiedelt.

■ Zum Thema „Visionen zur nachhaltigen Energieversorgung und -nutzung“ wurden am 13.9.2001 wesentliche Ergebnisse verschiedener Untersuchungen des DLR und

System- analyse

seiner Projektpartner zu Chancen und Perspektiven zukünftiger Energiesysteme vor dem Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung „Globale Umweltveränderungen“ (WBGU) präsentiert. Der Schwerpunkt der Darstellung lag auf den Möglichkeiten, die heutigen Nachhaltigkeitsdefizite der globalen und nationalen Ener-

gieversorgung zu überwinden. Der Nutzen wesentlicher Strategieansätze – deutlich rationellere Energienutzung und verstärkter Einsatz erneuerbarer Energien – konnte anhand differenzierter Studienergebnisse dargelegt werden. Mit den anderen Berichterstattem (Prof. Ernst Ulrich von Weizsäcker; Vertreter des IIA-SA, Laxenburg bei Wien) bestand Übereinstimmung über die heute grundsätzlich einzuleitenden Veränderungen in der Energieversorgung. Die wesentlichen Schlüsselaussagen der Präsentation des DLR werden u.a. auch Eingang in das Gutachten des WBGU zur zukünftigen Energieversorgung finden.

■ Ende 2001 wurde das EU-Projekt „Direct Solar Steam“ erfolgreich abgeschlossen. Das Projekt hat

Solar- forschung

in einem 500 Meter langen Versuchskollektor auf der südspanischen Plataforma Solar de Almeria gezeigt,

dass die Idee der direkten Verdampfung in solarthermischen Kraftwerken realisiert werden kann. Somit kann diese Technologie in einem nächsten Schritt der Komponentenoptimierung Richtung Marktreife vorangetrieben und in naher Zukunft im vorkommerziellen Maßstab demonstriert werden. Mit dieser neuen Technologie wird eine Kostensenkung von etwa 15 bis 20 Prozent erwartet.

In der für die kostengünstige großtechnische Produktion von solarthermischem Strom entwickelten Solarturmtechnik wurde ein neuartiger Receiver entwickelt, der ebenfalls eine erhebliche Kostenreduktion für dieses alternative Kraftwerkskonzept verspricht. Dieses neue Konzept vereinigt neue konstruktive Ansätze mit neuen keramischen Materialien und bietet durch seine modulare Gestaltung einen großen Spielraum für Anlagen verschiedener Leistungen.

■ Das DLR setzt mit neuen Daten einen Standard bei der Vermessung verdrallter, turbulenter Flammen. Notwendige Fortschritte bei der numerischen Simulation technischer Verbrennungsprozesse hängen stark von der Verfügbarkeit verlässlicher experimenteller Daten ab. Der Einsatz hochentwickelter und sich er-

Ver- brennungs- forschung

gänzender Lasermessverfahren ermöglicht dem DLR-Institut für Verbrennungstechnik in einzigartiger Weise,

umfassende Datensätze für die Validierung komplexer Simulationsmodelle bereitzustellen. Mit der Definition eines Brenners, der als Standardbrenner für Drallflammen im „International Workshop on Turbulent Non-Premixed Flames (TNF)“ eingeführt werden soll, und dem Einsatz unterschiedlicher Lasermesstechniken ist es gelungen, einen bislang in seinem Umfang nicht verfügbaren Datensatz der internationalen Wissenschaftscommunity zur Verfügung zu stellen, um instationäre Vorgänge an der mageren Verlöschgrenze und thermoakustische Phänomene in Gasturbinenbrennkammern zu beschreiben. Die Daten werden u.a. im DLR-internen Projekt NACOS zur Simulation des gesamten Brennkammersystems verwendet.

In Fortführung und Ausbau der engen Verknüpfung von DLR und Kraftwerksindustrie ist mit Siemens P.G. eine strategische Allianz zur gemeinsamen Entwicklung fortschrittlicher Gasturbinentechnologie entstanden. Wesentlich motiviert durch diese Vereinbarung wurde ein weiterer Prüfstand für Brennkammertests unter realen Betriebsbedingungen im Zentrum für Verbrennungsforschung in Köln-Porz realisiert. Durch großes Engagement der Technischen Dienste und des Instituts für Antriebstechnik des DLR gelang die Umsetzung dieser Großinvestition von 5,5 Millionen Euro von der Konzeption bis zur Inbetriebnahme in nur zehn Monaten.

■ Mit dem chemischen Sauerstoff-Iodlaser ist es erstmals gelungen, bei einer Wellenlänge von 1,3 μm hohe Leistungen durch eine 20 Meter lange Glasfaser zu schicken.

Laserforschung

Dabei wurde der Laserstrahl mit Hilfe einer speziell beschichteten Einkoppeloptik auf den inneren Kern der Faser mit einem Durchmesser von einem Millimeter

fokussiert. Die erfolgreich transmittierte Laserleistung von acht Kilowatt gilt derzeit als Weltrekord. Mit diesem Konzept wird ein flexibler und robotergesteuerter Einsatz von Hochleistungslasern ermöglicht. Dies findet besonderes Interesse beim Trennen von dickwandigen, teilweise kontaminierten Materialien, wie sie beim Rückbau von Nuklearanlagen vorliegen.

Als Spin-off aus der Entwicklung elektrisch angeregter Gaslaser konnten ein Elektronenstrahlbeschleuniger und eine Mikrowellenentladung so modifiziert werden, dass sie zum Abbau von schadstoffbelasteten Industrieabgasen bzw. -abwässern geeignet sind. Erste Versuche zeigen, dass mit dieser völlig neuen Technologie Abbauraten erzielt werden, wie sie mit bisherigen Methoden nicht möglich sind. Auf Grund dieser Erfolge sind bereits Lizenzverträge mit der einschlägigen Industrie abgeschlossen worden.

■ Bei der SOFC-Hochtemperatur-Brennstoffzelle stand die Erarbeitung der Technologie für einen

Brennstoffzellenforschung

Brennstoffzellenstapel auf der Basis des DLR-Plasmaspritzkonzepts im Mittelpunkt der Aktivitäten. Für den

Aufbau mit plasmagespritzten Zellen wurde ein Design mit interner Gaszuführung und -verteilung im Gegenstromprinzip ausgelegt.

Bei einem ebenfalls in der Entwicklung befindlichen Zellenkonzept, das ebenfalls auf der Technologie des Plasmaspritzens beruht, sind die Zellen jeweils in metallischen Kassetten integriert, die aus dünnen, für die Medienzuführung geprägten und verschweißten Platten bestehen, und die eine hohe Temperaturwechselbelastbarkeit versprechen. Neben der Untersuchung der Leistung und des Korrosions- sowie Leitfähigkeitsverhaltens steht derzeit die Beobachtung des thermischen Zyklieverhaltens im Vordergrund des Interesses.

Schwerpunkt Verkehr

Basierend auf der Startstruktur des im Jahr 2000 formulierten mehrjährigen Forschungsprogramms wurde die DLR-Verkehrsforschung im Berichtszeitraum weiter ausgebaut und mit den Mitteln der BMBF-Anschubfinanzierung aus dem HGF-Strategiefonds sowie aus DLR-internen Umschichtungen zahlreiche Projekte initiiert. Mit Blick auf die ab 2003 anlaufende Programmförderung unter dem Dach der HGF und die im September 2002 vorgeschaltete Evaluierung eines zu formulierenden HGF-Programms Verkehr galt es, die strategische Ausrichtung des Schwerpunkts in einem offenen Diskussionsprozess weiter zu konkretisieren.

Programmatik auf Zielkurs

Nach Einschätzung der Kommission der Europäischen Gemeinschaften gefährdet die Überlastung des Verkehrssystems die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft. Der Problemlösungs- und Gestaltungsbedarf ist vielfältig. Die Umweltverträglichkeit des Verkehrs im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung kann nur mit großen Anstrengungen aller am Verkehr Beteiligten erreicht werden. Der Straßenverkehr forderte im Gebiet der Europäischen Gemeinschaft im Jahre 2000 nahezu 42.000 Menschenleben und mehr als 1,7 Millionen Verletzte. Die Arbeiten im HGF-Programm Verkehr orientieren sich vor diesem Hintergrund an drei strategischen Themen:

- ▶ Gestaltung der langfristigen Entwicklung des Verkehrs,
- ▶ Umwelt- und Ressourcenschonender Verkehr
- ▶ Verbesserung der Sicherheit im Verkehr.

Im ersten Programmthema werden Forschungsarbeiten verfolgt, die sich in konzeptioneller Weise mit Zukunftsfragen der Mobilität sowie der Beeinflussung und Bewältigung des Verkehrswachstums befassen. Dabei wird das Verkehrssystem als Ganzes mit seinen intermodalen Verflechtungen und Potenzialen untersucht, wobei die Generierung, Aufbereitung und Nutzung von Verkehrsdaten, z.B. im Rahmen von Simulationen und Modellen oder für Verkehrsmanagementaufgaben, eine wichtige Grundlage darstellen.

Im zweiten Programmthema spielen Fragen der Energieeinsparung, der Reduktion der klimarelevanten und gesundheitsschädlichen Schadstoffe sowie Lärmemissionen eine entscheidende Rolle. Wichtige Technologiefelder sind in diesem Zusammenhang der Leichtbau, innovative Antriebstechnologien und Fahrzeugkonzepte einschließlich der Entwicklung entsprechender Konstruktions- und Simulationswerkzeuge.

Im dritten Programmthema geht es darum, in vorwiegend interdisziplinärer Verknüpfung neue Möglichkeiten zur Vermeidung von Verkehrsunfällen (aktive Sicherheit) bzw. zur Verringerung der Gefährdung des Menschen bei Unfällen (passive Sicherheit) zu erschließen und in die Anwendung zu bringen. Die Formulierung des HGF-Programms Verkehr orientierte sich zudem an der programmatischen Fokussierung auf Kerngebiete, wie sie Ende vergangenen Jahres auch für den DLR-Schwerpunkt Verkehr vollzogen wurde.

■ Am 30.6.2002 endete die vom BMBF gewährte dreijährige „Anschubförderung zum Aufbau des neuen DLR-Schwerpunkts Verkehrsforschung und Verkehrstechnik“ im Rahmen des HGF-Strategiefonds mit einem Gesamtvolumen von 12,4 Millionen Euro.

Anschub- finanzierung gut eingesetzt

zeugen, dass es den beteiligten Instituten gelungen ist, in den einzelnen Teilprojekten (Verkehrssystemanalyse, Clearingstelle, Daten und Modelle, Concurrent Engineering, Technologievorhaben für Fahrzeuge, Integration des Flughafens in den Verkehr der Region. Sowie Übermüdung und Verkehrssicherheit) überzeugende Ergebnisse zu erzielen. Diese Arbeiten sind Grundlage für die weitere Ausgestaltung der DLR-Verkehrsforschung.

■ Die Etablierung des Clusters „Verkehrstechnologie und Simulation von Verkehrsprozessen“, dem die drei

Cluster Verkehr operativ

neuen DLR-Verkehrsinstitute in Berlin, Braunschweig und Stuttgart angehören, hat sich bewährt. So wurden von den Clusterinstituten in enger Abstimmung mit der assoziierten DLR-Organisationseinheit Fahrzeug-Systemdynamik mehrere Großinvestitionsmaßnahmen auf den Weg gebracht.

Bereits begonnen wurde mit dem Aufbau der Mess- und Versuchsstrecke in unmittelbarer Umgebung des DLR-Instituts für Verkehrsforschung in Berlin. Sie soll als Versuchsfeld für die Verkehrsdatenerfassung und sich daraus ergebender Ansätze für das Verkehrsmanagement dienen. Daneben sollen die beiden fachlichen Schwerpunkte des DLR-Instituts für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung (Automotive Systeme und Bahnsysteme) durch ein Fahrerassistentlabor und ein „Rail Lab“ gestärkt werden. Mit dem Aufbau wurde in 2002 begonnen. Gleichzeitig entstehen am

In den am 13./14. Februar 2002 in Berlin und am 13. März 2002 in Oberpfaffenhofen durchgeführten Statusworkshops konnten sich die Vertreter des BMBF und des Projektträgers davon über-

DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte Prüfstände für Brennstoffzellen-(BZ-)Antriebe, mit deren Hilfe Untersuchungen im Hinblick auf ein Mittelklassefahrzeug mit BZ- bzw. Hybridantrieb ermöglicht werden. Ferner soll im DLR-Standort Oberpfaffenhofen ein Fahr-dynamik- und Komfortsimulator zur subjektiven Bewertung der Fahrdynamik und des Komforts von real noch nicht existierenden Fahrzeugen entstehen.

■ Der Start des Projekts „HyLite“ im April 2002 auf der Hannover Messe Industrie war ein Meilenstein für

Ein wahres „Highlight“

die künftige Zusammenarbeit mit Partnern aus der Automobil-Zulieferindustrie. Ziel ist die Integration eines Brennstoffzellen-Antriebs auf Wasserstoffbasis in ein Fahrzeug in konsequenter Leichtbauweise. Zur Optimierung von Brennstoffzellensystemen sollen Simulationswerkzeuge wo vorhanden verbessert bzw. gemeinsam mit Partnern neu entwickelt werden. Außerdem gilt es, kostengünstige Wasserstoff-Speichertechnologien für Brennstoffzellen-Fahrzeuge zu entwickeln. Neben der Speicherung in Leichtbau-Hochdrucktanks sollen Leichtbauspeichermöglichkeiten untersucht werden, die eine große Formenvariabilität bieten und damit ein hohes Integrationspotenzial in die Leichtbauzel-

die künftige Zusammenarbeit mit Partnern aus der Automobil-Zulieferindustrie.

lenstruktur ermöglichen. In einem nächsten Schritt sollen die physikalisch vorhandenen Brennstoffsysteme inklusive der Teilsysteme wie auch die entwickelten bzw. modifizierten Simulationswerkzeuge auf dynamischen Testständen verifiziert werden. In fahrenden Erprobungsträgern werden die Systeme abschließend qualifiziert.

■ Vom 10. bis 14.9.2001 hat in Berlin eine vom DLR und der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft (DVWG) organisierte „Sommerschule“ zum Thema „Modellierung in der Verkehrswirtschaft und Verkehrsplanung“ für Doktoranden und junge Wissenschaftler/innen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz mit hochkarätigen Referenten aus verschiedenen europäischen Ländern stattgefunden.

Events

Ein wichtiger Schritt für den Ausbau der Aktivitäten der Clearingstelle am DLR-Institut für Verkehrsforschung war der Abschluss einer Verwaltungsvereinbarung am 16. November 2001 mit dem BMVBW und dem BMBF. Ziel dieser Vereinbarung ist es, BMVBW-Daten mit denen aus anderen Quellen, insbesondere aus der Mobilitätsforschung des BMBF zusammenzuführen, um damit einen Mehrwert für die Verkehrsforschung, Verkehrspolitik und die beteiligten Ministerien zu generieren.

Die Einbettung des DLR in die nationale Verkehrsforschungslandschaft wurde mit einer Präsentation des Schwerpunkts Verkehr am 26. November 2001 vor namhaften Repräsentanten deutscher Hochschulen weiter vorangetrieben.

Im Rahmen einer feierlichen Veranstaltung wurden am 1. März 2002 in Anwesenheit der Ministerin für Wirtschaft, Technologie und Verkehr des Landes Niedersachsen, Frau Dr. Knorre, die neuen Räume des DLR-Instituts für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung in Braunschweig eingeweiht. Damit wurden die infrastrukturellen Voraussetzungen für den weiteren Institutsaufbau geschaffen.

Ein Kongress des DLR und der Universität zu Köln (Prof. Baum) zu den Integrationswirkungen des Verkehrs im Rahmen der EU-Osterweiterung fand Anfang Juni 2002 in Köln statt. Ziel der Veranstaltung war es, Einschätzungen der Verkehrswirkungen der EU-Osterweiterung für die unterschiedlichen Verkehrsträger zusammenzuführen und Szenarien zur Gestaltung

herauszuarbeiten. Die Veranstaltung richtete sich gleichermaßen an Wissenschaft, Wirtschaft und Verwaltung.

■ Im Kontext internationaler Kooperationen will das DLR mit den Möglichkeiten einer Großforschungseinrichtung auf

Verkehr – ein globales Thema

Netzwerkbildungen in der Verkehrsforschung hinwirken. Am 18.10.2001 wurde eine Partnerschaftvereinbarung zu ausgewählten Aspekten der Verkehrsforschung (Verkehrsdatenerfassung, Hochgeschwindigkeits-Zugverkehr, Luftverkehrsplanung u.a.m.) zwischen dem DLR und der Tongji Universität in Beijing abgeschlossen. Weitere werden mit Partnern in den Niederlanden, Italien, Frankreich und den USA verhandelt. Im Fokus künftiger Kooperationen stehen auch die Staaten Osteuropas.

Innovation

Seit 1997 verfolgt das DLR konsequent die Strategie, sich von einer staatlich finanzierten

Großforschungseinrichtung zu einem modernen Forschungsunternehmen zu entwickeln. Mit der Devise „Innovation is Business“ versetzt sich das DLR in die Lage, eigenverantwortlich und flexibel zu handeln und stellt sich dem nationalen und internationalen Wettbewerb. Dabei wird insbesondere der satzungsgemäße Auftrag des Technologietransfers umgesetzt, in dem das DLR seine Forschungsergebnisse und -leistungen in Kooperation mit Unternehmen produktorientiert weiterentwickelt und damit zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen durch neue Produkte und Dienstleistungen beiträgt. Die Zufriedenheit von Partnern und Kunden bildet dabei die Basis des Erfolgs.

Der Prozess des Technologiemarketings des DLR bedeutet die systematische Suche nach kommerziellen Anwendungsmöglichkeiten der Forschungsergebnisse, die bereits bei der Planung der Forschungsvorhaben berücksichtigt werden.

Im täglichen Gespräch mit den Wissenschaftlern und der Industrie werden Nachfrage und Angebot aufeinander abgestimmt. Das Innovationsteam übernimmt hierbei eine Brückenfunktion zwischen beiden Partnern. Gemeinsames Ziel ist es, aus dem Rohstoff „Forschungs- und Technologieergebnisse“ im Rahmen von Technologietransferprojekten nachfrage- und kundenspezifische Produkte zu entwickeln.

Ein besonderes Anliegen des DLR-Innovationsmanagements ist es, mit kleinen und mittleren Unternehmen, die über nur unzureichende oder keine eigenen FuE-Kapazitäten verfügen, national und europaweit in integrierten Projekten oder gemeinsamen Forschungsvorhaben zusammenzuarbeiten.

Mit seiner Innovations-Initiative setzt das DLR nicht nur neue und eigenständige Strategien im europäischen Technologietransfer erfolgreich um, sondern zeigt auch überzeugend den Wandel einer nationalen Forschungseinrichtung zu einem international agierenden Forschungsunternehmen.

Einen Querschnitt von Aktivitäten des Innovationsmanagements und Technologiemarketings veranschaulichen die folgenden Beispiele. Sie bieten insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen eine Vielzahl guter Ideen und Dienstleistungen um auch in Zukunft erfolgreich mit dem DLR auf diesem Gebiet zusammenzuarbeiten.

■ Im Jahr 2000 wurde das von der Europäischen Kommission teilfinanzierte Projekt „SME-Forum for Research & Development“ vom DLR initiiert und mit Partnerorganisationen umgesetzt. Dem DLR obliegt die Projektkoordination.

SME-Forum for Research & Development

schen kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) und Forschungseinrichtungen effizienter und zum beidseitigen Nutzen aufeinander abzustimmen. Durch Kooperation mit Forschungseinrichtungen soll die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der KMU gestärkt und innovative Projekte in die Forschungsförderprogramme der Europäischen Kommission eingebunden werden.

Auf der Basis des Netzwerks der beteiligten Projektpartner, dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), dem Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI), dem französischen Pendant Mouvement des Entreprises de France (MEDEF) sowie der größten französischen Forschungseinrichtung Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) und der Association Nationale de la Recherche Technique (ANRT) aus Frankreich werden national sowie europaweit industrie- und technologiebezogene Informationsveranstaltungen und Workshops durchgeführt und dabei auf die Möglichkeit einer europäischen Förderung von Forschungsvorhaben hingewiesen. Dabei werden insbesondere die spezifischen FuE-Kompetenzen und die Infrastruktur des DLR – aber auch anderer Forschungseinrichtungen – interessierten Unternehmen national und international geöffnet und innovative Projekte mit Unterstützung des Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Kommission umgesetzt.

Das SME-Forum hat bereits zahlreiche KMU mit konkretem FuE-Bedarf ermittelt und europäische Kooperationen aus den Bereichen Informations- und Kommunikationstechnologien, Telematics, Erneuerbare Energiesysteme, Lebenswissenschaften, Neue Materialien und Umwelt und Biotechnologie auf den Weg gebracht. Mehr als 30 deutsche und internationale Organisationen aus Forschung und Industrie wurden in das SME-Forum integriert.

Das „SME-Forum R&D“ hat zum Ziel, den Bedarf, die Interessen und die Ressourcen von europäi-

Von anderen europäischen Kooperationsbörsen unterscheidet sich das SME-Forum durch eine persönliche, auf das Profil des Kooperationspartners ausgerichtete Dienstleistung. KMU- oder FuE-Einrichtungen werden von den Projektpartnern „an die Hand genommen“ und auf dem Weg von der ersten Projektidee über die Suche nach den geeigneten Kooperationspartnern bis zur Beantragung auf Förderung des Forschungsprojekts individuell begleitet. Dank dieser Dienstleistung lassen sich Innovationen marktorientiert, zeitnah und mit den richtigen Partnern verwirklichen.

■ Die Erfahrungen im Technologiemarketing der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass es eine Reihe

Der InnoTec Broker – aktives Technologiemarketing auf europäischer Ebene

guter Innovationsansätze gibt und auch kein Mangel an Kapital und Know-how besteht, um Innovationen auf den Markt zu bringen. Die

wesentlichen Ressourcen für ein erfolgreiches Technologiemarketing sind vorhanden. Die Herausforderung besteht nun darin, Innovationen und Ressourcen (z.B. Know-how und Kapital) zielführend zusammenzubringen, um eine gemeinsame Markterschließung zu betreiben. Häufig fehlt der problemlösende „Blick über den Tellerrand“ des eigenen Fachgebietes bzw. wird komplementäres Know-how oft nur im regionalen Umfeld oder im eigenen Land gesucht.

Dabei zeigen die Erfahrungen des DLR, dass insbesondere stark spezialisierte Innovationen häufig nur mit internationalen Partnern umgesetzt werden können. Schließlich müssen breite Industrie- und Unternehmerkreise europaweit erschlossen werden, damit Angebot und Nachfrage mit guten Erfolgsaussichten zur Deckung gebracht werden können.

Das von der EU-Kommission geförderte und vom DLR verantwortlich durchgeführte Projekt InnoTecBroker verfolgt das Ziel, Innovationen auf nationaler und internationaler Ebene zu fördern und Hemmnisse für ein erfolgreiches Technologiemarketing abzubauen. Gemeinsam mit starken Partnern aus der Industrie (Bundesverband der Deutschen Industrie e.V., Berlin, Mouvement des Entreprises de France, Paris, Business Innovation Center Südtirol KAG, Bozen, Institut Francais de Gestion, Paris, Treuhand Unternehmensberatung AG, St. Vith, sowie Compuvision Multimedia GmbH, Bonn) und orientiert an den Forderungen aus der Industrie an den Technologietransfer soll der Zugang zu neuen Technologien erleichtert und Innovationen durch die gezielte Entwicklung von Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschung gefördert und umgesetzt werden. Das Projekt soll die Initialzündung für einen europaweiten Markt für Technologietransfer sein und das Aufgreifen neuer Technologien erleichtern und beschleunigen. Zugleich wird die anwendungsorientierte Forschung des DLR angeregt und somit besser vermarktbar. Unternehmen, insbesondere den klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU), soll der Zugang zu bereits vorhandener FuE-Infrastruktur verschafft werden, damit die Entwicklungs- und Investitionskosten niedrig gehalten werden können und technologische und wirtschaftliche Risiken im Innovationsprozess deutlich reduziert werden.

■ Im Jahr 1999 wurde das Pilotprojekt HGF-Internet-Forum Industrie (HIFI) vom DLR gemeinsam mit der

HIFI HGF Internet-Forum Industrie

GKSS, dem Forschungszentrum Jülich und dem Forschungszentrum Karlsruhe (Projektleitung) ins Leben gerufen. Durch ein gemeinsames Internet-Forum und die Vernetzung von Marketing- und Innovationsleitstellen der am Projekt beteiligten Mitglieder der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V. (HGF) soll das Kompetenz und FuE-Angebot nationaler Forschungseinrichtungen der Wirtschaft komprimiert angeboten werden.

Eine solche Plattform ermöglicht eine deutlich stärkere Vernetzung deutscher Forschungseinrichtungen untereinander und bietet gleichzeitig die Möglichkeit, die Leistungsspektren strukturiert und als einheitliches Leistungsspektrum der HGF darzustellen. Für Unternehmen wird mit HIFI der Zugang zu den FuE-Angeboten der HGF sowie die gezielte Suche nach Technologiegebern national erleichtert, Kooperationsprojekte mit Partnern aus der Industrie werden gefördert.

Die Internetplattform wurde in einem iterativen Prozess erarbeitet. Eine erste Umfrage bei den Unternehmen ergab eine positive Resonanz. Das Projekt HIFI soll nun auf die übrigen HGF-Mitglieder ausgebaut und auch deren FuE-Profile und Kompetenzen sollen erfasst werden. Angestrebtes Ziel ist, das Projekt auf der Hannover Messe 2003 der breiten Öffentlichkeit und insbesondere der Industrie zugänglich zu machen.

■ In Deutschland werden pro Jahr etwa 40 Milliarden Liter Kraftstoffe und rund zehn Milliarden Liter Lösemittel verbraucht. Beim Umfüllen dieser Stoffe in Großlagern entweicht ein Schadstoff-Luftgemisch, das überwiegend durch sogenannte Gaspendelverfahren wieder zurückgewonnen wird. Bei der weiteren Verteilung bis hin zum Endverbraucher wird beim Umfüllen das verdrängte Schadstoff-Luftgemisch zum großen Teil in die Atmosphäre entlassen, was durch die drastisch verschärften Umweltgesetze heute verboten ist. Es gibt Verfahren, die bei kleineren Abluftmengen ein Entweichen der Schadstoffe in die Atmosphäre

Mikrowellenplasma reinigt Abluft

verhindern sollen. Sie sind aber zum Teil mit gravierenden Nachteilen behaftet und machen bessere und effizientere Verfahren zur Abluftreinigung notwendig.

Am DLR-Institut für Technische Physik in Stuttgart wurde eine neue Lösung entwickelt. Aufbauend auf den langjährigen Erfahrungen zur Plasmaerzeugung in Lasergasen wurde ein Plasmareaktor konzipiert, der in der Lage ist, schadstoffbelastete Abluft zu reinigen. Dabei werden Schadstoffe wie z.B. organische Lösemitteldämpfe in anorganische Substanzen wie Salzsäure, Kohlendioxid oder Wasser mineralisiert. Die Entsorgung dieser anorganischen Stoffe ist bekannt und großtechnisch leicht möglich. Die Vorteile des physikalischen Prinzips liegen in der Unempfindlichkeit gegenüber unterschiedlichen Schadstoffen, im reinigenden Zusatzeffekt durch aktivierten Sauerstoff aus der Luft und in einem hohen Wirkungsgrad von über 90 Prozent. Mit der vorliegenden Anlage konnte ein erstes Interesse bei Endkunden geweckt werden und die Vermarktung der Technologie intensiviert werden. Anfang 2002 konnte eine erste Lizenzvereinbarung unterzeichnet werden. Gemeinsam mit dem Industriepartner ist geplant, erste Prototypen bis Ende 2002 beim Kunden zum Einsatz zu bringen.

■ Der Digitale Filmscanner ist ein Spin-off-Produkt aus der Raumfahrt. CCD-Zeilen hoher Auflösung, wie sie in digitalen Weltraum- und Luftbildkameras angewendet werden, erlauben den präzisen „Scan“ alter Filme für die dauerhafte digitale Archivierung und neuer Filme für die digitale Nachbereitung. Basierend auf den Erfahrungen aus der Vorlauftforschung zu einer ersten digitalen Luftbildkamera (ADS40) und dem gewonnen Know-how bei dieser und weiteren

Kameraentwicklungen hat das DLR-Institut für Welt- raumsensorik und Planetenerkundung in Berlin- Adlershof nun ein weiteres Anwendungsfeld erschlossen: Das Scannen von Kinofilmen mit hoher Geschwindigkeit und Auflösung. Mit dem Unternehmen

Digitaler Film- scanner – alte Filme in neuem Licht

Optronik GmbH aus Potsdam-Babelsberg wurde in einer Kooperation ein Film-scanner zur Digitalisierung von 35 Millimeter Kinofilm konzipiert und

bis zur Serienreife entwickelt. Dieser Scanner ermöglicht – zu vergleichsweise geringen Kosten – die verlustfreie Digitalisierung von Filmen in hoher Auflösung und Kopiergeschwindigkeit. Das entwickelte digitale Verfahren – mit zur Zeit konkurrenzloser Leistung – erlaubt die sichere Archivierung über lange Zeiträume verbunden mit der Möglichkeit des schnellen Zugriffs und der weltweiten Verbreitung der Daten über IKT-Netzwerke. Diese Leistungsmerkmale sind im Zeitalter der elektronischen Medien von besonderer Bedeutung. Wichtige Designmerkmale beim Digitalen Filmscanner sind der vollautomatische Kopierprozess und das einfache Bedienungskonzept. Die auf Symbolen basierenden Funktionen können wahlweise per Tastatur, Mouse oder über einen Touchscreen angesprochen werden. Ein Statusfeld meldet Informationen, ob und welche Fehler im Betrieb aufgetreten sind. Genau diese Bedienungsphilosophie ist die Stärke des Systems. Jeder Anwender ist nach kurzer Einweisung in das System in der Lage, Filme zu digitalisieren.

Projektträger

Der Projektträger im DLR ist eine Dienstleistungsorganisation, die sich auf Auftragsarbeiten in den Bereichen Forschungsförderung und Projektmanagement spezialisiert hat.

Insbesondere für das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), das Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und das Bundesministerium für Familie, Frauen, Senioren und Jugend (BMFSFJ) hat der DLR-Projektträger folgende Bereiche übernommen:

- ▶ Strategiefonds (BMBF)
- ▶ Gesundheitsforschung: Forschung für den Menschen (BMBF)
- ▶ Modellprogramme des BMG
- ▶ Innovative Arbeitsgestaltung und Dienstleistungen (BMBF)
- ▶ InnoRegion (BMBF)
- ▶ Interregionale Allianzen für die Märkte von Morgen (BMBF)
- ▶ Modellprogramm „Selbstbestimmtes Wohnen im Alter“ (BMBF)
- ▶ Umweltforschung und -technologie (BMBF)
- ▶ Bildungsforschung (BMBF)
- ▶ Chancengleichheit / Genderforschung (BMBF, BMFSFJ)
- ▶ Geisteswissenschaften (BMBF)
- ▶ Projektmanagement Nationales Genom-Forschungsnetz NGFN (BMBF)

Weitere Auftraggeber des DLR-Projektträgers sind

- ▶ World Health Organisation, Regionalbüro Europa
- ▶ Kommission der Europäischen Union
- ▶ Generaldirektion Forschung
- ▶ Heinz-Nixdorf-Stiftung
- ▶ Spitzenverbände der gesetzlichen Krankenkassen
- ▶ Verband deutscher Rentenversicherungsträger.

Dem Projektträger angegliedert sind nationale Kontaktstellen für EU-Programme und die nationale Kontaktstelle für die europäischen Forschungsprogramme EUREKA und COST. Das Internationale Büro betreut im Auftrag des BMBF die bilaterale wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit mit den Ländern Europas, Amerikas, Asiens, Australien und Neuseeland und erfüllt eine Reihe von Sonderaufgaben für verschiedene Abteilungen des BMBF.

Zur Klientel des DLR-Projektträgers zählen forschende Einrichtungen, darunter Hochschulen, Institute oder Unternehmen, die zu den Zielen der Förderprogramme und -schwerpunkte Beiträge leisten können.

■ Der DLR-Projektträger verfügt über ein hochqualifiziertes Team und durch seine langjährige Erfahrung auf den Gebieten Forschungsförderung und Projektmanagement über sehr gute Kontakte zu For-

Menschen, Mittel und Methoden

schungsträgern und -einrichtungen, Fachgremien und ausgewiesenen Expertinnen und Experten in der nationalen und internationalen Forschungswelt. Die Bündelung von Kompetenz, Erfahrung und

Kontakten kommt allen Seiten zugute: Auftraggeberinnen und Auftraggebern, Geförderten und nicht zuletzt den Ergebnissen der geförderten Projekte selbst.

Wie das Ganze aus der Summe seiner Teile, entsteht auch Ergebnisqualität aus der Summe vieler Qualitätsschritte in allen Bereichen der Geschäftstätigkeiten. Dieses Qualitätsverständnis erfordert ein hohes Maß an Kompetenz und Verantwortlichkeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Qualifikation und Weiterbildung werden vom DLR-Projektträger deshalb konsequent gefördert. Unser Ziel ist eine kundenorientierte Organisation mit kurzen Entscheidungs- und Informationswegen sowie die wirtschaftliche und transparente Aufgabenerledigung.

■ Im Jahr 2001 hat der DLR-Projektträger rund 334 Millionen Euro Fördermittel an forschende Einrichtungen

Die Geschäfts- entwicklung lung

weitergegeben. Diese Mittel dienten der Finanzierung von 2.229 Forschungsvorhaben. Das gesamte Fördervolumen nahm

damit noch deutlicher zu als im vorausgegangenen Jahr. Am stärksten wuchs der Bereich Gesundheitsforschung; verantwortlich hierfür war die Übernahme von Aufgaben für das Nationale Genomforschungsnetz (NGFN). Auch im Bereich Bildungsforschung war ein besonders starker Zuwachs zu verzeichnen. Die Förderung durch den Projektträger bezieht sich im Gegensatz zur institutionellen Förderung ausschließlich auf Projektförderung mit kurz- bis mittelfristigen Zielen. Dazu zählen u.a. die Verbesserung der universitären und außeruniversitären Forschungsstrukturen, die Durchführung von Modellmaßnahmen zur Erprobung neuer Kooperationsformen oder technologischer Verfahren, die angewandte Grundlagenforschung von besonderem staatlichen Interesse und Maßnahmen zur Verbesserung des Technologietransfers.

■ Die forschungspolitischen und inhaltlichen Ziele, die die Bundesregierung bzw. die den Projektträger beauftragenden Ministerien mit den Programmen und Förderungsschwerpunkten verfolgen, werden auch im Jahr 2003 vom

Die weiteren Ziele

Projektträger konsequent weiter verfolgt. Dazu gehört, dass die treuhänderisch übertragenen Fördermittel verwaltungsgemäß und zu 100 Prozent zielgebunden eingesetzt werden. Außerdem wird die Mittelvergabe auch weiterhin durch den DLR-Projektträger unabhängig und unter Wahrung von Chancengleichheit und Wettbewerb durchgeführt. Zu den Management- und Verwaltungsprozessen, für die der DLR-Projektträger zertifiziert ist, gehören auch Maßnahmen zur Erfolgskontrolle auf Vorhabenebene sowie Evaluationen ex post und ex ante auf Schwerpunktebene. Der DLR-Projektträger wird sein Qualitäts-Managementsystem erneut einem externen Audit unterziehen.

Vor dem Hintergrund stark gestiegener Anforderungen an Leistungsfähigkeit und Flexibilität von Projektträgern bei der Betreuung fachübergreifender oder strukturorientierter Förderprogramme hat der DLR-Vorstand beschlossen, den DLR-Projektträger und den DLR-Projektträger Informationstechnik zum 1. September 2002 zu einer organisatorischen Einheit zusammenzuführen. Die derzeit noch bei der Fraunhofer-Gesellschaft angesiedelten Projektträgeraufgaben „Neue Medien in der Bildung und Fachinformation“ werden zum 1. Januar 2003 in die neue Struktur des DLR-Projektträgers integriert.

DLR-Wissenschaftspreis 2001

Der DLR-Wissenschaftspreis, der auf der Grundlage von Empfehlungen externer Gutachter alljährlich für besondere wissenschaftliche oder technische Leistungen vergeben wird, ging an zwei einzelne Wissenschaftler und an zwei Forscherteams:

■ **Dr. rer. nat. Wolfgang Meier**, Institut für Verbrennungstechnik, erhielt den Preis für seine Veröffentlichung über laserdiagnostische Untersuchungen an turbulenten Flammen. Mit seiner Arbeit hat er einen bedeutenden Beitrag zum Verständnis der Chemie-Turbulenz-Wechselwirkung bei Verbrennungsprozessen geleistet.

■ **Dr.-Ing. Josef Mittermayer**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, hat einen neuartigen Algorithmus zur hochgenauen Verarbeitung von Spotlight-SAR-Daten entwickelt. Seine Arbeit stellt einen wichtigen Entwicklungsschritt für die weitere Leistungssteigerung und Nutzung der Radar-Fernerkundung dar.

■ **Dr. rer. nat. Oliver Montenbruck** und **Dr. rer. nat. Eberhard Gill**, Raumflugbetrieb, haben mit ihrer im Springer-Verlag erschienenen Monographie „Satellite Orbits“ auf dem Gebiet der Bahndynamik und Bahnbestimmung von Satelliten ein nach internationalem Maßstab „modernes Standardwerk“ für die Fachwelt, insbesondere auch für Lehrende und Studierende an der Hochschule geschaffen.

■ Die Preisarbeit des Viererteams **Dr. rer. nat. Andreas Petzold** und **Dr. rer. nat. Franz Schröder**, Institut für Physik der Atmosphäre, **Dipl.-Ing. Andreas Döpelheuer**, Institut für Antriebstechnik, sowie **Charles A. Brock, Ph. D.**, University of Denver – eine Kooperation zweier DLR-Institute und der Universität Denver – dient der Erforschung des Einflusses des Welt-Luftverkehrs auf den irdischen Strahlungshaushalt und das Klima. Die hier gewonnenen experimentellen Daten erlauben erstmals die Abschätzung eines mittleren Rußemissionsindex für die heutige weltweite Düsenverkehrsflugzeug-Flotte.

DLR-Seniorwissenschaftler 2001

■ Der Titel „Seniorwissenschaftler“ ist ausschließlich fachlich exzellenten Wissenschaftlerpersönlichkeiten vorbehalten.

Vergeben wurde er an **PD Dr. techn. Uwe Christian Dallmann**, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, **Dr. rer. nat. habil. Martin Dameris**, Institut für Physik der Atmosphäre, sowie **Ravindra Jategaonkar, Ph. D.**, Institut für Flugsystemtechnik.

DLR-Forschungssemester 2001

Mit der Finanzierung eines Forschungssemesters wurden die Leistungen folgender Wissenschaftler honoriert:

■ **Dr.-Ing. Marion Bartsch**, Institut für Werkstoff-Forschung, **Dr. rer. nat. Nikolai Dotzek**, Institut für Physik der Atmosphäre, **Dr. rer. nat. Eberhard Gill**, Raumflugbetrieb, sowie **Dr. rer. nat. Andreas Petzold**, Institut für Physik der Atmosphäre.

Auszeichnungen durch die Gesellschaft von Freunden des DLR

■ **Hugo-Denkmeier-Preis**
Der mit 3.000 DM dotierte Hugo-Denkmeier-Preis ging an Herrn **Dr. Ole Trinks**, geb. am 28.6.1972, der am 20.6.2000 im Alter von 27 Jahren seine Promotion über „Entwicklung und Einsatz einer Fluoreszenz-Lebensdauer-Methode zur Bestimmung instationärer Strömungsvorgänge an Verdichterschaufeln unter Verwendung druckempfindlicher Beschichtungen“ mit Auszeichnung abgeschlossen hat.

■ **Otto-Lilienthal-Forschungssemester**
Das mit 8.000 DM dotierte Otto-Lilienthal-Forschungssemester ging an Herrn **Dr. Hans Peter Monner** für seine herausragenden wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiet der adaptiven Gestaltkontrolle von Flügelprofilen. Herr Dr. Monner beabsichtigt einen Forschungsaufenthalt bei der NASA in Langley/USA zum Thema Integrationstechnologie für multifunktionale Materialien.

■ Fritz-Rudolf-Preis

Der mit 9.000 DM dotierte Fritz-Rudolf-Preis ging zu gleichen Teilen an die Herren **Rainer Uckermann** (DLR), **Marc Deschamps** (ONERA, Frankreich) und **Jan van Twisk** (NLR, Niederlande) für ihre herausragenden Leistungen bei der Realisierung der europäischen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Herstellung von kryotauglichen Windkanalmodellen.

■ Innovationspreis

Der mit 12.000 DM dotierte Innovationspreis ging zu gleichen Teilen an die sechs Mitglieder des Teams „Airborne Digital Sensor (ADS)“ **Andreas Eckardt, Stefan Hilbert, Mathias Uhlig, Burghardt Günther, Dr. Hans Driescher und Dr. Ralf Reulke.**

■ Teampreis

Der mit 5.000 DM dotierte Teampreis ging an das DLR/ONERA-Standschwingungsversuchsteam für die herausragenden Leistungen beim Aufbau einer in Europa einmaligen Messanlage für Standschwingungsversuche an Großflugzeugen. Auch dieses Engagement ist ein Beitrag zur europäischen Vernetzung der Forschungszentren. DLR-Mitarbeiter sind die Herren **Dr. Michael Sina-pius** (Teamleiter Deutschland), **Manfred Degener, Dr. Gerrit Gloth, Holger Haupt, Peter Uerlings.** Mitarbeiter der französischen ONERA sind **Pascal Lubrina** (Teamleiter Frankreich), **Bernard Levadoux, Philippe Fargette, Michael Sergent, Gérard Ruffault.** Mit dem Preisgeld soll ein gemeinsames Teamtraining unterstützt werden.

Auszeichnungen und Preise

■ **Dr.-Ing. Hermann Bischl**, Institut für Kommunikation und Navigation, hat den DGLR-Lectureship Award 2001 anlässlich des Deutschen Luft- und Raumfahrtkongresses im Teilgebiet Raumfahrt erhalten.

■ **Dr.-Ing Hermann Bischl, Dr.-Ing. Achim Dreher, Dr.-Ing. Axel Jahn und Dr.-Ing. Markus Werner**, Institut für Kommunikation und Navigation, wurden zum Senior Member des Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) gewählt.

■ **Dr. Madhukar Chandra**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, erhielt für das Jahr 2002 die Vertretungsprofessur für den Lehrstuhl Hochfrequenztechnik an der Technischen Universität Chemnitz.

■ **Dr.-Ing. Jan Werner Delfs**, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, erhielt von der Technischen Universität Braunschweig den Ruf auf eine Professur für „Technische Akustik“.

■ **Dr. Hansjochen Ehmer**, Institut für Verkehrsforschung, erhielt einen Ruf auf eine Professur an die Fachhochschule Bad Honnef auf dem Gebiet „Aviation Management“.

■ **Dr. Gerhard Ehret**, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, wurde im Januar 2002 von der ESA zum Mitglied der „Mission Advisory Group“ für das ESA-Explorer-Experiment „Water Vapour Lidar Experiment in Space“ (WALES) berufen. WALES geht auf einen Vorschlag von Dr. Ehret zurück.

■ **Dipl.-Ing. Jürgen Fiala**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, erhielt vom IAA (International Academy of Astronautics) den Best Poster Award für die Präsentation während des „3rd Symposium on Small Satellites for Earth Observation“.

■ **Dipl.-Met. Katja Friedrich**, Institut für Physik der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen, wurde für Ihren Beitrag „Wind Vector Field Determination with Bistatic Multiple-Doppler Radar Network“ auf der Radar-Meteorologie-Tagung der American Meteorological Society in München im Juli 2001 mit dem Spiros-G.-Geotis-Preis für das „best student paper“ ausgezeichnet.

■ **Bernd Gombert**, Institut für Robotik und Mechatronik, gewann mit seinem Konzept einer Spin-Off-Gründung zur Weiterentwicklung und Vermarktung einer neuartigen, selbstverstärkenden Fahrzeugbremse („brake by wire“) den zweiten Preis beim hochangesehenen Business-Plan-Wettbewerb der Wolfsburg AG (VW-Stiftung).

■ **Dr. Jutta Graf**, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, wurde im Februar 2002 für drei Jahre zur Vorsitzenden des Zweigvereins München der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft gewählt.

■ **Dr. Astrid Gühne** erhielt einen Lehrauftrag zum Thema Verkehrssystemplanung an der TU Berlin, Fakultät für Verkehrs- und Maschinensysteme.

■ **Klaus Gwinner**, Institut für Weltraumsensorik und Planetenerkundung, **Dr. phil. Bernhard Rabus**, Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum und **Dipl.-Ing. Ralf Horn**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, erzielten im Wettbewerb der Visionen 2001 mit ihrem Beitrag „Naturkatastrophen – Prävention und Vorhersage mit Hilfe von 3D-Fernerkundung“ einen der insgesamt fünf zweiten Plätze.

■ **Dr.-Ing. Oskar Haidn**, Institut für Raumfahrtantriebe, wurde in den Fachausschuss Raketen- und elektrische Raumfahrt-Antriebe der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) berufen.

■ **Dr. Irena Hajsek**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, wurde von der Friedrich-Schiller-Universität Jena für die wissenschaftliche Leistung im Rahmen ihrer Promotion mit der Dissertation „Inversion of Surface Parameters Using Polarimetric SAR“ der Promotionspreis 2002 verliehen. Des Weiteren erhielt sie von der Friedrich-Schiller-Universität Jena einen Lehrauftrag für „Polarimetrische Radarverfahren für die Landoberflächenanalyse“.

■ **Dipl.-Ing. Mario Hamers** wurde von der American Helicopter Society in das Handling Qualitee Committee berufen.

■ **Dr.-Ing. Ralf Heinrich**, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, erhielt von der Technischen Universität Hamburg/Harburg einen Lehrauftrag für die Vorlesung „Aerodynamik“.

■ **Prof. Dr. Dieter Herlach**, Institut für Raumsimulation, erhielt durch den Präsidenten der Yanshan University in Qinhuangdao, Hebei/China, in Würdigung seiner wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Erstarrungsphysik den Ehrentitel „Honorary Professor of Yanshan University“.

■ **Prof. Dr.-Ing. Axel S. Herrmann**, Institut für Strukturmechanik in Braunschweig, erhielt einen Ruf (C4-Professur) an die Universität Bremen. Er übernahm dort die Leitung des Fachgebiets Werkstofftechnik/Faserverbundwerkstoffe, Spezialfasern im Fachbereich Produktionstechnik; er wurde gleichzeitig zum Direktor des Faserinstituts Bremen und zum Leiter des Composite Technology Centre in Stade ernannt.

■ **Prof. Dr. Gerhard Hirzinger**, Leiter des Instituts für Robotik und Mechatronik, wurde von der International Federation of Robotics Research zum Sprecher für die europäische Roboterforschung ernannt.

■ **Dr.-Ing. Frank Hummel**, Institut für Antriebstechnik, Abteilung Turbinentechnologie, Göttingen, wurde auf der „Turbo Expo“ im Juni 2002 in Amsterdam mit dem „Best Paper Award“ im Bereich „Turbomachinery“ für seinen Artikel „Wake-Wake Interactions and Its Potential for Clocking in a Transonic High Pressure Turbine“, den er im Juni 2001 in New Orleans/USA präsen-

tiert hat, ausgezeichnet. Herr Dr. Hummel war bis zu seinem Wechsel zu Alstom Power im September 2001 Mitarbeiter des DLR. Die Arbeiten, die dem Paper zu Grunde liegen sowie die Erstellung des Papers fanden während seiner Zeit beim DLR statt.

■ **Dr. Ravindra V. Jategaonkar**, wurde vom American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) zum Associate Fellow ernannt. Darüber hinaus wurde er für weitere drei Jahre zum Mitglied des AIAA-Atmospheric Flight Mechanics Technical Committee berufen.

■ **Privatdozent Dr. Bernd Kärcher**, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, wurde von der LMU München für das Wintersemester 2001/2002 mit der Vertretung einer Professur im Fachbereich Meteorologie der Fakultät für Physik beauftragt.

■ **Dr. Wolfgang Keydel**, vormals Direktor des Instituts für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, wurde vom „Award Committee“ der IEEE Geoscience and Remote Sensing Society (GRSS) mit dem „GRSS Distinguished Achievement Award“ ausgezeichnet.

■ **Prof. Dr. Wolfgang Koschel**, Geschäftsführer und Direktor des Instituts für Raumfahrtantriebe, erhielt anlässlich des 6. Internationalen Symposiums „Propulsion for Space Transportation of the XXIst Century 2002“ die Plakette der französischen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (AAAF). Darüber

hinaus wurde er für weitere drei Jahre von der ONERA zum Mitglied des „Haut Conseil Scientifique De l'ONERA“ berufen. Des weiteren wurde Herr Prof. Koschel vom American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA) zum Mitglied des Editorial Advisory Board des Journal of Propulsion and Power berufen.

■ **Prof. Dr. Reinhart Kühne**, Leiter des Institutes für Verkehrsforschung, erhielt eine Gastprofessur an der Tongji-Universität in Shanghai auf dem Gebiet der Verkehrsforschung.

■ **Dr. Volker Liebig**, Programm-
direktion Raumfahrt, und **Dr. Kai-Uwe Schrogl**, Unternehmensentwicklung und Außenbeziehungen, erhielten für ihr Buch „Space Applications and Policies for the New Century“ (Peter Lang Verlag) den „Social Science Book Award 2001“ der International Academy of Astronautics verliehen.

■ **Carlos López Martínez**, vormals Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, wurde während der EUSAR-Konferenz 2002 für seinen Vortrag „Speckle Noise Model for the Polarimetric Covariance Matrix“ mit dem Best Student Award ausgezeichnet.

■ Im Wettbewerb der Visionen wurden zwei Vorschläge aus dem Institut für Strukturmechanik in Braunschweig zur Förderung ausgewählt. Herr **Dr.-Ing. Hans-Peter Monner** und Herr **Dipl.-Ing. Peter Wierach** werden „Nanotubes – multifunktio-

nale Strukturwerkstoffe der Zukunft“ untersuchen. Frau **Dipl.-Biol. Monika Junge** und Herr **Dr.-Ing. Jörg Melcher** behandeln „Selbstorganisierende Strukturen“, die aus einer Startkonfiguration optimale Formen entwickeln und sich an veränderte Bedingungen autonom anpassen.

■ **Dr. Alberto Moreira**, Leiter des Instituts für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, erhielt von der Universität Karlsruhe, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik mit der Habilitationsschrift „Radar mit synthetischer Apertur – Grundlagen und Signalverarbeitung“ die Lehrbefähigung für das Fach Mikrowellen-Fernerkundung.

■ **Dr. Konstantinos P. Papanthassiou**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, und **Prof. Shane R. Cloude**, AEL Consultants, wurden während der EUSAR-Konferenz 2002 für ihren Vortrag „A 3-Stage Inversion Process for Polarimetric SAR Interferometry“ mit dem Best Paper Award ausgezeichnet.

■ **Dr. S. G. Pavlov**, Institut für Weltraumensorik und Planetenerkundung, erhielt ein Alexander-von-Humboldt-Forschungsstipendium zum Thema „THz active media based on optically pumped semiconductors“.

■ Der Asteroid 1980 FO1 wurde „(10025) Rauer“ benannt. Damit wurde **Frau Dr. Heike Rauer** vom Institut für Weltraumensorik und Planetenerkundung für ihre wissenschaftlichen Leistungen auf dem Gebiet der Kometenbeobachtung geehrt.

■ **Dr. Andreas Reigber** und **Dr. Alberto Moreira**, Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, erhielten während der IGARSS-Konferenz 2001 den Transactions Prize Paper Award für ihre herausragende Veröffentlichung „First Demonstration of Airborne SAR Tomography Using Multi-baseline L-Band Data“, veröffentlicht in den IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing im September 2000.

■ **Priv.-Doz. Dr.-Ing. Cord-Christian Rossow**, Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik, wurde von der Technischen Universität Göttingen zum „apl. Professor“ ernannt. In der Folge erhielt er eine Berufung auf eine C4-Professur „Aerodynamik und Strömungstechnik“ an der TU Braunschweig.

■ **Dr. Alexander Samel**, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin und **Dr. Kai-Uwe Schrogl**, Unternehmensentwicklung und Außenbeziehungen, erhielten im Rahmen der 2001 stattgefundenen Wahlen zur International Academy of Astronautics (IAA) die Vollmitgliedschaft; DLR-Vorstandsmitglied **Prof. Dr. Achim Bachem** und **Dr. Horst Binnerbruck**, Projektdirektion Raumfahrt, erhielten die korrespondierende Mitgliedschaft.

■ **Dr. Alexander Samel**, Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin, wurde von der Aerospace Medical Association (AsMA der U.S.A.) zum „Fellow“ gewählt.

■ **Prof. Dr. Robert Sausen**, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, wurde vom Natural Environment Research Council of the United Kingdom für drei Jahre als einziges ausländisches Mitglied in das „Atmospheric Science Peer Review Committee“ berufen.

■ Unter Vorsitz von **Dr. Kai-Uwe Schrogl**, Leiter Unternehmensentwicklung und Außenbeziehungen, hat die Arbeitsgruppe zum Rechtskonzept des Startstaats, der alle 65 Mitgliedstaaten des UN-Weltraumausschusses angehörten, nach dreijährigen Beratungen ihre Empfehlungen an die UN-Generalversammlung vorgelegt

■ **Prof. Dr. Ulrich Schumann**, Institut für Physik der Atmosphäre, Oberpfaffenhofen, wurde von der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft die „Alfred-Wegener-Medaille“ für „hervorragende Verdienste um die meteorologische Wissenschaft (...) auf zahlreichen Gebieten troposphärischer und stratosphärischer Forschung“ verliehen. Die Medaille wurde am 18. September 2001 auf der Deutsch-Österreichisch-Schweizerischen Meteorologentagung in Wien, Österreich, überreicht.

■ **Dipl.-Ing. Josef Thomas**, Leiter der Geschäftsführung der Standorte Braunschweig und Göttingen, wurde als stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Forums für Wissenschaft und Technik, Göttingen, gewählt.

■ **Herr Dr. Peter Wagner**, Institut für Verkehrsforschung, wurde ein DLR-Forschungssemester für seine herausragenden Leistungen auf dem Gebiet der „Modellierung von Verkehrsfluss“ gewährt.

■ **Dr. Berend van der Wall**, Institut für Flugsystemtechnik, wurde von der American Helicopter Society in das Acoustic Technical Committee berufen.

■ Die **Mechatronik-Gruppe** im Institut für Robotik und Mechatronik erhielt im Rahmen des Bayerischen Innovationspreises für die Entwicklung einer bahnbrechenden neuartigen Roboter-Generation mit ultraleichten Armen und mehrfingrigen Händen eine Auszeichnung. Institutsleiter **Prof. Dr. Gerhard Hirzinger** nahm als Sprecher der Gruppe im Rahmen einer Feierstunde die Urkunde in der bayerischen Staatskanzlei entgegen.

■ Das **SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)-Team** wurde im April 2002 in Berlin von der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) mit der „Wernher von Braun Team Ehrung“, der höchsten Anerkennung, die die DGLR für gemeinsam getragene Arbeiten vergeben kann, geehrt.

Stellvertretend für das SRTM-Team wurden die folgenden DLR-Mitarbeiter ausgezeichnet:

Rolf Werninghaus, Projektdirektion Raumfahrt, Bonn, **Marian Werner**, DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme, **Berti Meisinger**, Raumfahrtkontrollzentrum, Missionsbetrieb, **Hartmut Runge**, Deutsches Fernerkundungs-Datenzentrum/Institut für Methodik der Fernerkundung.

■ Unter dem Namen EXSACOM wurden vier Testanlagen der experimentellen Strukturanalyse im Institut für Strukturmechanik in Braunschweig von der EU als **Major Research Infrastructure** anerkannt; deren internationale Nutzung wird in einem entsprechenden Projekt gefördert.

■ Die Organisationseinheit Adaptronik des Instituts für Strukturmechanik in Braunschweig qualifizierte sich in einem EU-weiten Wettbewerb als **Marie-Curie Training Site**. Die EU fördert Stipendiaten, die die hervorragenden Möglichkeiten auf dem Gebiet „Smart Lightweight Structures in Aerospace and Transport Application“ im Rahmen ihrer Promotion nutzen wollen.

Institute und Einrichtungen

Institutscluster Angewandte Fernerkundung:

Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum;

Institut für Methodik der Fernerkundung.

Institutscluster Antriebs- und Verbrennungstechnik:

Institut für Antriebstechnik;

Institut für Verbrennungstechnik.

Institutscluster Hochfrequenz- und Nachrichtentechnik:

Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme;

Institut für Kommunikation und Navigation.

Institutscluster Werkstoffe und Strukturen:

Institut für Aeroelastik;

Institut für Bauweisen- und **Konstruktions-**forschung;

Institut für Strukturmechanik;

Institut für Werkstoff-Forschung.

Flugbetriebe;

Informations- und Kommunikationstechnik;

Innovationsmanagement und Technologiemarketing;

Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik;

Institut für Fahrzeugkonzepte;

Institut für Flugführung;

Institut für Flugsystemtechnik;

Institut für Luft- und Raumfahrtmedizin;

Institut für Physik der Atmosphäre;

Institut für Raumfahrtantriebe;

Institut für Raumsimulation;

Institut für Robotik und Mechatronik;

Institut für Technische Physik;

Institut für Technische Thermodynamik;

Institut für Verkehrsforschung;

Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung;

Institut für Weltraumsensorik und Planetenerkundung;

Qualitäts- und Produktsicherung;

Raumfahrtmanagement;

Raumflugbetrieb;

Simulations- und Softwaretechnik;

Solare Energietechnik.

Standorte

Berlin-Adlershof
Rutherfordstraße 2
12489 Berlin
Tel. (0 30) 6 70 55-0

Bonn-Oberkassel
Königswinterer Straße
522 - 524
53227 Bonn
Tel. (02 28) 4 47-0

Braunschweig
Lilienthalplatz 7
38108 Braunschweig
Tel. (05 31) 2 95-0

Göttingen
Bunsenstraße 10
37073 Göttingen
Tel. (05 51) 7 09-0

Köln-Porz
Linder Höhe
51147 Köln
Tel. (0 22 03) 6 01-0

Lampoldshausen
74239 Hardthausen
Tel. (0 62 98) 28-0

Oberpfaffenhofen
82234 Weßling
Tel. (0 81 53) 28-0

Stuttgart
Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart
Tel. (07 11) 68 62-0

Verbindungs- büros im Ausland

DLR Bureau de Paris
17, Avenue de Saxe
F-75007 Paris
Frankreich
Tel. (00 33-1) 42 19 94 26
Fax (00 33-1) 42 19 56 29
E-Mail: dlr@cdtel.fr

DLR Washington Office
1627 Eye Street, N.W.
Suite 540
Washington, D.C.
20006-4020
USA
Tel. (0 01-2 02) 785 44 11
Fax (0 01-2 02) 785 44 10
E-Mail: wash.office@dlr.org

DLR Büro Brüssel
Rue du Trône 98
1050 Brüssel
Belgien
Tel. (00 32-2) 5 00 08 41
Fax (00 32-2) 5 00 08 40
E-Mail: Bruessel@dlr.de

Die Mitgliederversammlung hat u.a. folgende Aufgaben: Entgegennahme des vom Vorstand zu erstattenden Jahresberichts, Prüfung und Genehmigung der vom Vorstand vorgelegten Jahresrechnung, Entlastung von Vorstand und Senat, Beschlussfassung über Satzungsänderungen und über Festsetzung der Mitgliederbeiträge des Vereins sowie Wahl der Senatsmitglieder. Das DLR hatte im Jahr 2002 (Stand 22. 08. 2002) neben Ehrenmitgliedern, Wissenschaftlichen Mitgliedern und Mitgliedern von Amts wegen 58 Fördernde Mitglieder.

■ Ehrenmitglieder

Prof. Dr. rer. nat.
Reimar Lüst, Hamburg

Jean Sollier,
Rueil-Malmaison/
Frankreich

Prof. Dr.-Ing.
Gerhard Zeidler,
Stuttgart

■ Fördernde Mitglieder

(Öffentlich-rechtliche Körperschaften, die jährlich wiederkehrende Zuwendungen von mindestens Euro 50.000,- leisten)

Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Bonn

Land Baden-Württemberg, vertreten durch den Baden-Württembergischen Minister für Wirtschaft, Stuttgart

Freistaat Bayern, vertreten durch den Bayerischen Staatsminister für Wirtschaft, Verkehr und Technologie, München

Land Berlin, vertreten durch den Staatssekretär für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Berlin, Berlin

Land Niedersachsen, vertreten durch den Niedersächsischen Minister für Wissenschaft und Kultur, Hannover

Land Nordrhein-Westfalen, vertreten durch die Ministerin für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

(Natürliche und juristische Personen sowie Vereine und Gesellschaften ohne Rechtsfähigkeit)

Aerodata Systems (AES), Braunschweig

AEROSENSING Radarsysteme GmbH, Weßling

ALSTOM Power Support GmbH, Mannheim

AOPA-Germany, Verband der Allgemeinen Luftfahrt e.V., Egelsbach

Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen e.V., Stuttgart

AUDI AG, Ingolstadt

Dipl.-Ing. Werner Blohm, Hamburg

Robert Bosch GmbH, Hildesheim

Stadt Braunschweig

Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V., Berlin

CAE Elektronik GmbH, Stolberg

Carl-Cranz-Gesellschaft e.V., Weßling/Obb.

Commerzbank AG, Filiale Köln

Computer Anwendung für Management GmbH, München

DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Deutsche BP Holding AG, Hamburg

Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal Oberth e.V. (DGLR), Bonn

Deutsche Gesellschaft für Ortung und DaimlerChrysler AG, Stuttgart

Deutsche BP Holding AG, Hamburg

Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal Oberth e.V. (DGLR), Bonn

Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V., Bonn

Deutscher Luftpool, München

DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Offenbach

Diehl VA Systeme Stiftung & Co. KG, Überlingen

Dornier GmbH, Friedrichshafen

Dräger Aerospace GmbH, Lübeck

Dresdner Bank AG, Köln

EADS Deutschland GmbH, München

ESG Elektroniksystem- und Logistik-Gesellschaft mbH, München

Fairchild Dornier GmbH, Weßling/Obb

FLABEG Solar International GmbH

Ford-Werke AG, Köln

Fraport AG, Frankfurt/Main

GAF Gesellschaft für Angewandte Fernerkundung mbH, München

GERLING Industrie-Service
GmbH West, Düsseldorf

GEW RheinEnergie AG,
Köln

Honeywell Regelsysteme
GmbH, Maintal

Industrieanlagen-Betriebs-
gesellschaft mbH (IABG),
Ottobrunn

INTOSPACE GmbH,
Hannover

Kayser-Threde GmbH,
München

KUKA Roboter GmbH,
Augsburg

LIEBHERR-AEROSPACE
LINDENBERG GmbH,
Lindenberg/Allgäu

Lufthansa Technik AG,
Hamburg

MAN Technologie AG,
Augsburg

Messer Griesheim GmbH,
Krefeld

MST Aerospace GmbH,
Köln

MTU Aero Engines GmbH,
München

NEC Deutschland GmbH,
Düsseldorf

Nord-Micro Elektronik
AG & Co. OHG,
Frankfurt/Main

OHB-System GmbH,
Raumfahrt-
und Umwelt-Technik,
Bremen

Panavia Aircraft GmbH,
Hallbergmoos

Röder Präzision GmbH,
Egelsbach

Rohde & Schwarz
GmbH+Co. KG, Köln

Rolls-Royce Deutschland
Ltd & Co. KG, Dahlewitz
Siemens AG, München

SiliconGraphics GmbH,
Grassbrunn-Neuhoferloh

Snecma Moteurs, Vernon

STN Atlas Elektronik
GmbH, Bremen

Tesat-Spacecom GmbH &
Co. KG, Backnang

Gemeinde Weßling, Obb.

ZF Luftfahrttechnik
GmbH, Kassel

■ Wissenschaftliche Mitglieder

Prof. Dr.-Ing.
Maria Esslinger,
Braunschweig

Prof. Dr.-Ing.
Philipp Hartl, München

Prof. Dr. Hans Hornung,
Pasadena, Californien/USA

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h.
Erich Truckenbrodt,
Grünwald

Prof. Dr.
Joachim E. Trümper,
Garching

■ Mitglieder von Amts wegen

Dr. rer. pol.
Ludwig Baumgarten

Dipl.-Ing.
Frieder Hartmut Beyer,
Lindenberg

Prof. Dr. rer. publ.
Jürgen Blum, Köln-Porz

Dr. jur. Michael Endres,
Frankfurt

Dr. rer. nat.
Horst-Henning Grotheer,
Stuttgart

Prof. Dr. Peter Gruss

Dipl.-Kfm.
Rainer Hertrich,
München

Prof. Dr. rer. pol.
Bernd J. Höfer, Köln

Dr.-Ing. Gustav Humbert,
Blagnac, Frankreich

Dipl.-Betriebswirt
Dieter Kaden,
Offenbach a.M.

Prof. Dr.-Ing.
Günter Kappler, M.Sc.,
Oberpfaffenhofen

Prof. Dr. rer. nat.
Wolfgang A. Kaysser,
Köln-Porz

Dipl.-Ing. Reiner Klett,
München

Univ.-Prof.
Egon Krause, Ph.D.,
Aachen

Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang Kubbat,
Darmstadt

Prof. Dr. Hubert Markl,
München

Dipl.-Ing. Karl Mertens,
Oberpfaffenhofen

Prof. Dr. rer. nat.
Ernst Messerschmid, Köln

Dipl.-Volkswirt
Hans-Joachim Peters,
Mönchengladbach

Dipl.-Ing. Horst Rauck,
Augsburg

Prof. Dr.-Ing.
Gottfried Sachs, Garching

Dipl.-Kfm.
Burkhard Schuchmann,
Werdohl

Dr.-Ing. Joachim Szodruch

Prof. Dr.-Ing. Dr. hc. mult.
Hans-Jürgen Warnecke,
München

Prof. Dr.
Ernst-Ludwig Winnacker,
Bonn-Bad Godesberg

Dr. rer. nat.
Martin Winterkorn,
Ingolstadt

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing.
E.h. Dr. h.c. mult.
Sigmar Wittig

Der Senat ist das Aufsichtsorgan des DLR. Insbesondere befindet er über das Forschungsprogramm, den Wirtschaftsplan, wichtige Personalangelegenheiten, den Jahresbericht, den Bericht über den Jahresabschluss und den Geschäftsbericht. Der Senat besteht aus höchstens 33 Mitgliedern aus den Bereichen der Wissenschaft, der Wirtschaft und Industrie sowie aus dem staatlichen Bereich. Am 22.08.2002 gehörten dem Senat folgende Personen an.

Der Senatsausschuss bereitet die im Senat zu behandelnden Themen wissenschaftlich-technischer und administrativ-kaufmännischer Natur vor. Er besteht aus 18 Mitgliedern. Am 22.08.2002 gehörten dem Senatsausschuss je sechs Mitglieder aus dem Bereich der Wissenschaft und je sechs Mitglieder aus dem Bereich der Wirtschaft und Industrie sowie dem staatlichen Bereich an.

■ Aus dem Bereich der Wissenschaft

Dr. rer. nat.
Horst-Henning Grotheer

Prof. Dr. Peter Gruss

Prof. Dr. rer. nat.
Wolfgang A. Kaysser

Univ.-Prof.
Egon Krause, Ph.D.

Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang Kubbat
(stv. Vorsitzender)

Prof. Dr. Hubert Markl
kraft Amtes

Dipl.-Ing. Karl Mertens

Prof. Dr. rer. nat.
Ernst Messerschmid

Prof. Dr.-Ing.
Gottfried Sachs

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult.
Hans-Jürgen Warnecke
kraft Amtes

Prof. Dr.
Ernst-Ludwig Winnacker
kraft Amtes

■ Aus dem Bereich der Wirtschaft und Industrie

Dipl.-Ing.
Frieder Hartmut Beyer

Dr. jur. Michael Endres

Dipl.-Kfm. Rainer Hertrich,

Dr.-Ing. Gustav Humbert

Dipl.-Betriebswirt
Dieter Kaden

Prof. Dr.-Ing.
Günter Kappler, M.Sc.

Dipl.-Ing. Reiner Klett

Dipl.-Volkswirt

Hans-Joachim Peters

Dipl.-Ing. Horst Rauck
(stv. Vorsitzender)

Dipl.-Kfm.
Burkhard Schuchmann

Dr. rer. nat.
Martin Winterkorn

■ Aus dem staatlichen Bereich

Ministerialdirigentin
Dorothee Dzwonnek

Ministerialdirigent
Dirk Ellinger

Ministerialdirektor Dr. rer.
pol. Hans-Jürgen Froböse

Staatssekretär
Dr. Peer Pasternack

Staatssekretär
Dr. Uwe Reinhardt

Ministerialdirektor
Dr. Andreas Schuseil

Staatssekretär
Dr.-Ing. E.h. Uwe Thomas
(Vorsitzender)

Ministerialdirigent
Eberhard Tschentke

Ministerialdirigent.
Dr. jur. Armin Tschermak
von Seysenegg

Staatsminister Dr. jur.
Otto Wiesheu

■ Aus dem Bereich der Wissenschaft

Prof. Dr. rer. pol. Martin
Grötschel

Prof. Dr.-Ing.
Gerd Hirzinger

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Dieter Jacob

Dr. rer. nat. Hans-Peter
Kreplin

Prof. Dr.-Ing.
Wolfgang Kubbat
(Vorsitzender)

Prof. Dr. rer. nat.
Sami K. Solanki

■ Aus dem Bereich der Wirtschaft und Industrie

Prof. Dr.-Ing.
Klaus Broichhausen

Dr.-Ing. Pierre R. Chevillat

Dipl.-Ing. Rainer Götting

Dipl.-Betriebswirt
Josef Kind

Dipl.-Ing. Reiner Klett
(stv. Vorsitzender)

Prof. Dr.-Ing. Hermann
Zemlin

■ Aus dem staatlichen Bereich
(in 2002 stimmberechtigt)

Ministerialdirigent
Dr. phil. nat. Herbert Diehl

Vortragender Legationsrat
Otfried Garbe

Ursel Anna Grunow

Ministerialdirigent
Dr. Wolf Günther

Ministerialrat
Dipl.-Ing. Helge Kohler

Ministerialrat
Dr. jur. Manfred Rebhan

(in 2002 nicht stimmberechtigt)

Ministerialrat
Dipl.-Ing. Horst Busacker

Ministerialrat
Dr. rer. pol. Gerd Gruppe

Leitender Ministerialrat
Joachim Hornig

Ministerialrat
Dr. jur. Axel Kollatschny

Der Vorstand vertritt die Gesellschaft und führt die Geschäfte der Gesellschaft nach Maßgabe der Satzung, der Beschlüsse des Senats und der Mitgliederversammlung entsprechend der Geschäftsordnung. Er entwickelt im Zusammenhang mit anderen Organen die für die Erfüllung der Aufgaben der Gesellschaft erforderlichen Initiativen in Planung, Koordinierung, Kontrolle und sorgt für einen wirksamen und wirtschaftlichen Einsatz der Mittel. Die Führung der Geschäfte der Gesellschaft erfolgt in gemeinsamer Verantwortung aller Vorstandsmitglieder. Angelegenheiten von grundsätzlicher Bedeutung, insbesondere solche, die der Zustimmung der Mitgliederversammlung oder des Senats bedürfen, sowie alle Angelegenheiten, bei denen ein Vorstandsmitglied eine Behandlung im Vorstand für erforderlich hält, sind gemeinsam zu entscheiden.

■ Mitglieder des Vorstands (Stand 22.08.2002)

Dr. rer. pol.
Ludwig Baumgarten

Prof. Dr. rer. pol.
Achim Bachem

Prof. Dr. rer. publ.
Jürgen Blum

Prof. Dr. rer. pol.
Bernd Höfer
(stv. Vorsitzender)

Dr.-Ing. Joachim Szodrich

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing.
E.h. Dr. h.c. mult.
Sigmar Wittig
(Vorsitzender)

Der Wissenschaftlich-Technische Rat (WTR)

ist ein Organ des DLR. Er ist das oberste Gremium eines fachlichen Mitwirkungssystems, das den Sachverstand der wissenschaftlichen Führungskräfte und Mitarbeiter in die Vorbereitung wissenschaftlich-technischer Entscheidungen der Leitungsorgane einbringt. Der WTR berät den Vorstand in allen wichtigen wissenschaftlich-technischen Angelegenheiten. In einer Reihe dieser Angelegenheiten ist ein Votum des WTR grundsätzlich Handlungsvoraussetzung für den Vorstand.

■ Mitglieder des WTR (Stand 11.09.2002):

Dr. Martin Bruse

Dr. Reinhold Busen

Prof. Dr. Stefan Dech

Prof. Dr. Berndt
Feuerbacher

Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Volkert Harbers

Dr. Thomas Holzer-Popp

Prof. Dr. Herbert Jahn

Prof. Dr. H. Müller-
Steinhagen

Dipl.-Phys. P.-Michael Nast
(stellv. Vorsitzender)

Dr. Manfred Peters

Prof. Dr. Uwe Völckers

Prof. Dr. Klaus Wittmann
(Vorsitzender)

Der Ausschuss für Raumfahrt ist gegenüber den übrigen Organen des DLR unabhängig und an keine Weisungen anderer Organe gebunden. Dem Ausschuss gehören je ein Vertreter der mit Raumfahrtangelegenheiten befassten Bundesministerien sowie des Bundeskanzleramtes an. Den Vorsitz führt ein Abteilungsleiter des für die Gesellschaft zuständigen Bundesministeriums. Soweit die anderen Bundesministerien im Senat vertreten sind, soll die Mitgliedschaft im Ausschuss für Raumfahrt von denselben Ressortvertretern wahrgenommen werden.

■ Ständige Mitglieder (Stand 01.04.2002):

MinDir Dr. Schunck
(Vorsitzender), Bundes-
ministerium für Bildung
und Forschung

VLR I Mauch,
Auswärtiges Amt

MinDirig Dr. Otremba,
Bundesministerium
der Finanzen

MinDirig Dr. Günther,
Bundesministerium
für Wirtschaft und
Technologie

VA Reimer,
Bundesministerium für
Verbraucherschutz,
Ernährung und Landwirt-
schaft

MinDirig Ellinger,
Bundesministerium der
Verteidigung

MinR Dipl.-Ing. Busacker,
Bundesministerium
für Verkehr, Bau- und
Wohnungswesen

VA Scholten,
Bundeskanzleramt

Ang. Hinrichs-Rahlwes,
Bundesministerium für
Umwelt, Naturschutz und
Reaktorsicherheit

