

## **Die Internationale Raumstation ISS – Forschung in der Schwerelosigkeit im gemeinsamen Weltraum-Labor**

16 Nationen betreiben derzeit ein gemeinsames Großforschungslabor im Weltall, die Internationale Raumstation ISS. Es ist das größte wissenschaftlich-technische Projekt in der Geschichte der Menschheit. Es beweist, dass eine friedliche internationale Nutzung des Weltraums zum Vorteil aller Partner möglich und sinnvoll ist. Daran haben auch die zeitlichen Verzögerungen und technischen Probleme, insbesondere mit dem amerikanischen Space Shuttle, nichts geändert. Im Gegenteil: Das ambitionierte Projekt wird mit großem Engagement fortgeführt. Seit dem „Erstbezug“ am 31. Oktober 2000 forschen Astronauten auf der ISS, darunter auch mit exzellenten Experimenten aus Deutschland. ISS-Partner sind die USA, Russland, Mitgliedstaaten der ESA, Kanada sowie Japan.

### **Deutsche Forschung in der Schwerelosigkeit**

#### ***Erstes wissenschaftliches Experiment auf der ISS kam und kommt aus Deutschland – Plasma-Kristalle***

Das DLR ist mit wegweisender Forschung seit Beginn an auf der ISS vertreten. Tatsächlich war es ein deutsches Experiment, das im Februar 2001 die naturwissenschaftliche Forschung auf der Raumstation einleitete und bis heute in deutsch-russischer Kooperation laufend fortentwickelt durchgeführt wird.

Das Plasma-Kristall Experiment beschäftigt sich mit der Untersuchung von Niedertemperatur-Plasmen. In einem ionisierten Gas (Plasma), das aus freien Elektronen, Ionen und neutralem Gas besteht, führt das Einfügen von kleinen Partikeln zu deren elektrostatischer Aufladung und in Folge zu Wechselwirkungen untereinander. Unter bestimmten Bedingungen platzieren sich diese Partikel geometrisch in Form eines Kristalls, dem Plasma-Kristall. Dieser Materiezustand wurde erst 1994 entdeckt.

Für ein gewöhnliches Plasma ist die Schwerkraft von untergeordneter Bedeutung. Aufgrund der hundert Milliarden mal größeren Masse der eingebrachten Mikropartikel im Vergleich zu Elektronen und Ionen reagiert ein Komplexes Plasma jedoch empfindlich auf Schwerkraft durch Ablagerung der Partikel: Der Plasma-Kristall wird vertikal gestaucht und ist auf wenige Gitterebenen begrenzt. Nur unter Schwerelosigkeit können große dreidimensionale Strukturen ungestört erforscht werden.

Komplexe Plasmen sind in der Natur weit verbreitet. Sie treten etwa in interstellaren Molekülwolken, planetaren Ringsystemen wie beim Saturn oder in Kometenschweiften auf. In der Plasmatechnologie sind sie häufig als störende "staubige" Plasmen anzutreffen. Neben der Bedeutung für die Grundlagenforschung in der Flüssigkeits-, Festkörper- und Astrophysik zeichnen sich für Komplexe Plasmen langfristig auch praktische Anwendungen ab, etwa zur Beschichtung von elektronischen Mikrochips.

(weitere Informationen unter: <http://www.dlr.de/rd/fachprog/fuw/projects/pke>)

### ***Ein Phantom auf der ISS – Matroshka***

Anderthalb Jahre lang befand sich ein Phantom an der Außenwand der Internationalen Raumstation ISS. Jetzt leistet es der Besatzung in der Station Gesellschaft: Hierbei handelt es sich jedoch nicht um eine besondere Art von Weltraum-Spuk, sondern um ein ernsthaftes Experiment namens Matroshka zur Messung der Strahlenbelastung innerhalb und außerhalb der ISS. In Wirklichkeit ist das "Phantom" eine Spezialpuppe. Entwickelt und gebaut wurde die Experimentalanlage vom DLR.

Durch die Messung der Strahlendosis, die auf die Astronauten inner- und außerhalb der ISS einwirkt, lassen sich die Risiken kosmischer Strahlung für den menschlichen Körper einschätzen. Die Erkenntnisse aus diesem Experiment könnten dazu beitragen, Gegenmaßnahmen zu entwickeln, die einen geeigneten Schutz gegen die kosmische Strahlung darstellen.

Die "Phantompuppe" selbst – mit Kopf und Oberkörper – ähnelt einem menschlichen Torso. Innerhalb der Puppe befinden sich an über 800 Positionen, unter anderem auch in verschiedenen simulierten menschlichen Organen, aktive und passive Strahlungsdetektoren. Diese Sensoren haben bereits wertvolle Daten geliefert, die jetzt von den beteiligten Wissenschaftlern ausgewertet werden. Um die Schutzwirkung des Raumanzugs zu simulieren, umgab die Puppe während ihres Aufenthalts außerhalb der ISS ein Behälter aus Kohlefaser.

(weitere Informationen unter: [http://www.dlr.de/dlr/News/pi\\_031105\\_matroshka.html](http://www.dlr.de/dlr/News/pi_031105_matroshka.html))

### ***Erforschung des Gleichgewichtssinns – Das Eye-Tracking-Device***

Die Probleme der Bewegungskrankheit, auch Kinetose genannt, bestehen aus einer Reihe von Symptomen, wie etwa Hautblässe, kaltem Schweißausbruch, Übelkeit und Erbrechen. Zusätzlich stellt sich oft ein Gefühl von Lethargie und Müdigkeit ein. Diese Phänomene treten häufig bei Schiffsreisen auf und werden daher auch als See- oder Reisekrankheit bezeichnet. Bei Astronauten, bei denen gleiche Symptome aufgrund von veränderten Schwerkraftbedingungen auftreten können, spricht man von Raumkrankheit.

Die heutzutage allgemein anerkannte Ursache für die Kinetose ist dabei ein sensorischer Konflikt, bei dem vorwiegend zwei verschiedene Systeme des Körpers "konkurrieren". Da ist einerseits der Gleichgewichtssinn (vestibuläres System), der zu jeder Zeit die Orientierung des Kopfes zur Schwerkraft erfasst, und andererseits das visuelle, optische System.

Liefern uns die beiden Systeme widersprüchliche Informationen, kann es zu einem sensorischen Konflikt kommen. So übermittelt das visuelle System beispielsweise in der Schwerelosigkeit die gleichen Informationen wie bisher, während das Gleichgewichtsorgan keine Reizung über unsere gewohnte Ausrichtung zur Schwerkraft erfährt.

Eine angemessene Behandlung beziehungsweise Vermeidung der Kinetose ist ein noch immer ungelöstes Problem. Zwar ist es möglich, gewisse Symptome teilweise durch Medikamente zu unterdrücken, eine Lösung stellt dies jedoch nicht dar.

Zur Untersuchung dieser Vorgänge werden auf der ISS Messungen des Zustands der beiden Systeme vorgenommen. Dabei werden etwa die Atemfrequenz, der Blutdruck, die Hauttemperatur und die Hautleitfähigkeit gemeinsam mit Augen- und Kopfbewegungen des Astronauten exakt gemessen. Die Forscher lernen hierdurch die Vorgänge, die zu einer Kinetose führen können, genauer zu verstehen, um sowohl im Weltraum als auch im klinischen Alltag bessere Diagnose- und Therapiemöglichkeiten von Gleichgewichts- und Bewegungsstörungen einsetzen zu können.

Inzwischen wird das Eye-Tracking-Device in verschiedenen kommerziellen Ausgestaltungen von zwei Firmenausgründungen in Berlin erfolgreich vermarktet. Die Anwendungen sind höchst unterschiedlich. Sie reichen von der Feststellung der Müdigkeit von LKW- und Busfahrern über die Verlaufskontrolle bei der Laser-Hornhautabtragung zur Behandlung von Kurzsichtigkeit und zur Diagnose einer Vielzahl von neurologischen Erkrankungen, etwa auch von Schwindel, bis hin zur Verfolgung der Kopf- und Augenbewegung von Probanden bei der Werbewirkungsforschung.

### ***Ein intelligenter Roboter auf der ISS – ROKVISS***

Das deutsche Technologie-Experiment ROKVISS (ROBotik-Komponenten-Verifikation auf der ISS) dient dem Test von hoch integrierten, modularen Roboter-Komponenten unter den Bedingungen des freien Weltraums. Gleichzeitig werden verschiedene neue Kontrollverfahren, sowohl im automatischen wie auch im so genannten Tele-Präsenz-Betrieb, demonstriert. Entwickelt wurde ROKVISS vom DLR im Oberpfaffenhofener Institut für Robotik und Mechatronik sowie der deutschen Industrie (EADS Space Transportation, Kayser-Threde, von Hoerner & Sulger). Nach dem Start am 24. Dezember 2004 wurde der Roboterarm im Februar 2005 an der Außenwand der ISS installiert. Dort wird das Experiment nun rund ein Jahr lang betrieben – gesteuert nicht von den Astronauten an Bord, sondern von einem Experimentcomputer im Inneren der ISS beziehungsweise direkt von den Forschern auf der Erde.

Das Hauptziel des Experimentes ist der Entwurf neuer komplexer Roboter für den Service im freien Weltraum. Eine erste Anwendung ist die vom DLR durchgeführte Mission TECSAS (TECHnology SATellite for the demonstration and verification of Space systems). Mit ihr wollen die Wissenschaftler und Ingenieure einen Testsatelliten im Weltraum ferngesteuert und automatisch warten.

(weitere Informationen unter: [http://www.dlr.de/dlr/News/rokviss/hg\\_201204\\_rokviss.htm](http://www.dlr.de/dlr/News/rokviss/hg_201204_rokviss.htm))

## **Ausbauprojekt ISS – Der gegenwärtige Status des ISS-Aufbaus**

Der erste Flug des amerikanischen Space Shuttles nach dem Unglück der Columbia am 1. Februar 2003 fand vom 26. Juli bis zum 9. August 2005 statt. Die Mission verlief insgesamt erfolgreich, jedoch lösten sich trotz intensiver vorhergehender Überarbeitung des externen Tanks erneut Stücke des Isolationsschaums. Um die Probleme dauerhaft zu beseitigen verschob die NASA daraufhin den nächsten Flug des Space Shuttles auf Mai 2006.

Bis zur Außerdienststellung der Shuttles im Jahr 2010 plant die NASA derzeit 18 Flüge zur ISS sowie eine Wartungsmission zum Hubble Weltraumteleskop. Dabei sollen die dem Aufbau der ISS dienenden Flüge mit Priorität durchgeführt werden. So warten beispielsweise das europäische Weltraumlabor COLUMBUS, das japanische Experiment-Modul JEM und zwei Verbindungselemente auf ihren Start ins All. Nach dem Andocken des Verbindungselements 3, das zusätzliche Schlaf- und Wohnmöglichkeiten bietet, wird die Besatzung auf permanent sechs Astronauten verstärkt werden können. Dies wird etwa 2009 erfolgen.

Ab 2012 soll das neue amerikanische Crew Exploration Vehicle (CEV), welches das Space Shuttle ablösen wird, für den Transport von Nutzlast und Astronauten zur ISS eingesetzt werden.

Die erste europäische Langzeitmission zur ISS mit dem deutschen ESA-Astronauten Thomas Reiter ist für den nächsten Shuttle-Flug im Mai 2006 geplant. Er wird etwa sechs Monate an Bord der ISS forschen.

## **Forschung auch mit zwei Astronauten – Das europäische Betriebsprogramm**

Der ISS-Betrieb verläuft trotz reduzierter Besatzung auf zwei Astronauten derzeit weitgehend problemlos, auch wenn hierdurch die wissenschaftliche Forschung eingeschränkt ist. Die Fortsetzung des Betriebsprogramms für die Jahre 2006 bis 2008 wird eine wichtige Entscheidung des ESA-Ministerrats in Berlin sein. Primäre Ziele Deutschlands und Europas bleiben hierbei der früheste mögliche Start von COLUMBUS, der Einsatz des europäischen Transportfahrzeugs ATV und eine angemessene wissenschaftliche Nutzung der ISS auf der Basis einer Crewkapazität von sechs Astronauten. Deutschland trägt im europäischen Rahmen mit 41 bzw. 37,7 Prozent den größten Anteil am Aufbau und der Nutzung der ISS.

Wegen der noch bestehenden Unsicherheiten über die tatsächliche Anzahl zukünftiger Space Shuttle Flüge und die Realisierbarkeit der weiteren Aufbauplanung wird in Berlin keine langfristige finanzielle Verpflichtung eingegangen sondern nur über den Zeitraum bis 2008 entschieden werden. Doch auch innerhalb dieses Zeitraums wird die Freigabe der Finanzmittel an die Erfüllung wichtiger Meilensteine geknüpft sein. Als solche sehen die europäischen ISS-Partner etwa die Bestätigung des COLUMBUS-Starttermins und den erfolgreichen Erstflug des ATV „Jules Verne“.

## **Großer deutscher Anteil – Das europäische Forschungslabor COLUMBUS**

Columbus ist ein Mehrzwecklabor für die multidisziplinäre Forschung unter Schwerelosigkeit. Es ist 6,9 Meter lang und hat einen Durchmesser von 4,5 Metern. Forschungsgebiete werden die Material- und Lebenswissenschaften, die Flüssigkeitsforschung und die Entwicklung neuer Technologien sein. Für die Zukunft wird auch die industrielle, kommerzielle Nutzung des Labors angestrebt. Das Labor wird der Hauptarbeitsplatz für die europäischen Astronauten sein. An der Außenwand des Labors bieten Plattformen Möglichkeiten für Experimente, die dem freien Weltraum ausgesetzt sein sollen. Der Betrieb des Labors wird vom europäischen Columbus Kontrollzentrum innerhalb des deutschen Raumfahrtkontrollzentrums des DLR in Oberpfaffenhofen geleitet.

Als Hauptauftragnehmer für COLUMBUS führt EADS Space Transportation in Bremen ein Konsortium von 41 Unternehmen aus 14 Ländern an, das für die Entwicklung, Fertigung, Integration und die Tests verantwortlich ist. Der Festpreisvertrag für die Entwicklung von COLUMBUS wurde im März 1996 unterzeichnet. Der Auftrag umfasst einen Gesamtwert von etwa 750 Millionen Euro. Hiervon fielen etwa 350 Millionen Euro für die deutsche Industrie an.

COLUMBUS soll im Frühjahr 2006 von einer Airbus Beluga zum Kennedy Space Center in Florida geflogen werden. Alle aufgrund des verzögerten Aufbaus notwendig gewordenen technischen Nachbesserungen und Systemtests wurden bereits erfolgreich abgeschlossen, die externen Nutzlasten integriert. Zurzeit erfolgt der Einbau der internen Nutzlasten. Gegenwärtig sind im Programm keine Probleme erkennbar, die den Ausliefertermin in Frage stellen würden.

Europa erwartet den Start von COLUMBUS Ende 2007 oder Anfang 2008. Gestützt auf die von NASA genannten Optionen für die weiteren Shuttleflüge, drängt die ESA nach wie vor darauf, den COLUMBUS Start vorzuziehen. Eine Festlegung des Starttermins erwartet ESA Anfang 2006.

## **Ab 2007 – das europäische ATV als schwerer Transporter für die ISS**

Das ATV (Automated Transfer Vehicle) ist der europäische Beitrag zur Versorgung der Internationalen Raumstation ISS. Mit einer Ariane 5 wird es von Kourou aus gestartet. Nach der Trennung von der Ariane-Oberstufe führt ATV das Rendezvous- und Andockmanöver mit der Raumstation autonom durch.

Mit zehn Metern Länge und einem Durchmesser von 4,5 Metern beträgt die Gesamtmasse des beladenen Fahrzeugs rund 20 Tonnen. Das Raumfahrzeug ist modular aufgebaut und verfügt über ein druckbeaufschlagtes Nutzlastmodul, in dem bis zu 5,5 Tonnen Fracht untergebracht werden können. Die gesamte Nutzlastkapazität beträgt 7,7 Tonnen für Fracht, Gase, Wasser und Treibstoff. Angedockt an die ISS führt ATV mit seinen Triebwerken zudem routinemäßige Bahnkorrekturen der Station durch, die aufgrund ihrer niedrigen

Umlaufbahn von etwa 350 Kilometern Höhe von der Schwerkraft der Erde allmählich abgesenkt wird.

Das erste ATV „Jules Verne“ ist seit Juli 2004 für Tests des Gesamtsystems im Technischen Entwicklungszentrum der ESA (ESTEC) in Noordwijk/Niederlande. Technische Probleme, etwa bei der Flugsoftware, bei den Simulationseinrichtungen und zusätzliche Anforderungen der internationalen Partner haben zu Verzögerungen im Zeitplan geführt. Der Transport zum Startplatz Kourou soll im Oktober 2006 erfolgen. Der Erststart ist für Mai 2007 geplant.

(weitere Informationen zur ISS unter: <http://www.dlr.de/rd/fachprog/raumstation>)

**Ansprechpartner:**

**Dr. Niklas Reinke**  
**DLR Press- und Öffentlichkeitsarbeit**  
**Tel: 0228 / 447 394**  
**Fax: 0228 / 447 386**  
**Mobil: 0174 / 1955 114**  
**E-mail: [Niklas.Reinke@dlr.de](mailto:Niklas.Reinke@dlr.de)**

**Heinz-Josef Kaaf**  
**DLR Raumfahrt-Agentur, Leiter Bemannte Raumfahrt u. ISS-Nutzung**  
**Tel: 0228 / 447 562**  
**Fax: 0228 / 447 737**  
**E-mail: [Heinz-Josef.Kaaf@dlr.de](mailto:Heinz-Josef.Kaaf@dlr.de)**