

#### Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 16 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 7.700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris, Tokio und Washington D.C.

#### Impressum

Newsletter COUNTDOWN – Aktuelles aus dem DLR Raumfahrtmanagement  
Herausgeber: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Sabine Hoffmann  
Leiterin DLR-Kommunikation  
(ViSdP)

Redaktion:  
Elisabeth Mittelbach (Teamleitung)  
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung)  
Diana Gonzalez (Raumfahrtkalender)

Hausanschrift:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn  
Telefon: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-Mail: martin.fleischmann@dlr.de  
DLR.de/rd

Mitarbeiter der Ausgabe: Andreas Schütz

Druck: M&E Druckhaus  
49191 Belm  
www.me-druckhaus.de

Gestaltung: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf  
www.cdonline.de

ISSN 2190-7072

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier. Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

#### DLR at a glance

DLR is the national aeronautics and space research centre of the Federal Republic of Germany. Its extensive research and development work in aeronautics, space, energy, transport, and security is integrated into national and international cooperative ventures. In addition to its own research, as Germany's space agency, DLR has been given responsibility by the federal government for the planning and implementation of the German space programme. DLR is also the umbrella organisation for the nation's largest project execution organisation.

DLR has approximately 7,700 employees at 16 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Goettingen, Hamburg, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo, and Washington D.C.

#### Imprint

Newsletter COUNTDOWN – Topics from the DLR Space Administration  
Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Sabine Hoffmann  
Director DLR Corporate Communications  
(responsible according to the press law)

Editorial office:  
Elisabeth Mittelbach (Team Leader)  
Martin Fleischmann (Editor in Chief)  
Diana Gonzalez (Space Calendar)

Postal address:  
Königswinterer Straße 522–524,  
53227 Bonn, Germany  
Telephone: +49 (0) 228 447-120  
Telefax: +49 (0) 228 447-386  
E-mail: martin.fleischmann@dlr.de  
DLR.de/rd

Assistant for this edition: Andreas Schütz

Print: M&E Druckhaus  
49191 Belm, Germany  
www.me-druckhaus.de

Layout: CD Werbeagentur GmbH,  
53842 Troisdorf, Germany  
www.cdonline.de

ISSN 2190-7072

Reprint with approval of publisher and with reference to source only. Printed on environment-friendly, chlorine-free bleached paper. Copyright DLR for all imagery, unless otherwise noted. Articles marked by name do not necessarily reflect the opinion of the editorial staff. Published quarterly, distribution free of charge.

Supported by:



on the basis of a decision  
by the German Bundestag

## ATV – Das Ende einer Ära und Aufbruch in ein neues Zeitalter

## ATV – The End of an Era and the Beginning of a New Age

Seite 8 / page 8

### ATV-Programm – Ein steiniger Weg Interview mit Jörg Feustel-Büechl

ATV Programme – A Bumpy Road – Interview with Jörg Feustel-Büechl 14

### Columbus Eye – ISS-Live-Bilder im Schulunterricht

Columbus Eye – Live Imagery from the ISS in the Classroom 20

### Blue Dot – Alexander Gerst forscht auf der ISS – Teil 3

Blue Dot – Alexander Gerst Researching on the ISS – Part 3 24

### Deutsch-Japanische Beziehungen – Perspektiven einer strategischen Allianz

German-Japanese Relations – Perspectives of a Strategic Alliance 28

### Kaltes Atmosphärisches Plasma – Von der Raumfahrt zum klinischen Einsatz

Cold Atmospheric Plasma – From Development in Space to Clinical Practice 32

### Raumfahrtkalender

Space Calendar 38

**Dr. Gerd Gruppe, Vorstandsmitglied  
des DLR zuständig für das  
Raumfahrtmanagement**

Dr Gerd Gruppe, Member of the  
DLR Executive Board, responsible  
for the German Space Administration



**Liebe Leserinnen und Leser,**

„Our World Needs Space“ lautete das Motto des diesjährigen International Astronautical Congress (IAC) Anfang Oktober in Toronto. Es spiegelt die aktuelle Bedeutung der Raumfahrt sehr gut wieder: In vielen Bereichen unseres Alltagslebens sind Raumfahrtanwendungen unverzichtbar geworden – auch wenn es die Nutzer nicht unbedingt merken. Diese Entwicklung ist vielfach unumkehrbar und sollte für uns Raumfahrer ein Anlass sein, den Alltagsnutzen und Wert der Raumfahrt weiter zu steigern und zu kommunizieren.

Beim IAC wurde aber auch sehr deutlich, dass die Raumfahrt selbst sich ständig weiterentwickelt. Das gilt sowohl technisch als auch kommerziell. Investoren von außerhalb der Raumfahrt haben andere Erwartungen an die sogenannten Business Cases und sehen neue Anwendungen und Märkte. Deshalb ist es wichtig, gut ausgebildete Leute in der Raumfahrt zu haben, zu halten und neu zu gewinnen. Wir benötigen Frauen und Männer, die neben der Technik auch die Märkte des Raumfahrt-Geschäfts und des Downstream-Bereichs verstehen – über die ganze Wertschöpfungskette, in der Raumfahrt im engeren Sinne, in den Anwendermärkten bis zum Endkunden. Dazu brauchen wir interdisziplinäre, internationale Teams.

Das DLR investiert in Nachwuchskräfte. Es stellt hierfür eine ganze Bündel guter Möglichkeiten zur Verfügung: Neben internen Maßnahmen wie dem „Talentmanagementprogramm“ und dem promotionsbegleitenden „Graduate Programme“ haben wir auch die deutsche Raumfahrt als Ganze im Blick. Im Rahmen des „German Trainee Programme“ geben wir jungen Hochschulabsolventen gemeinsam mit der ESA die Chance zum Berufseinstieg in der Raumfahrt. Außerdem beteiligt sich das DLR auch bei internationalen Projekten, wie zum Beispiel der International Space University (ISU).

Es geht immer um beides: technische Kompetenz und Gespür für Märkte. Die deutsche Raumfahrt muss daher vielfältiger werden! Damit meine ich Vielfalt bei Produkten und Dienstleistungen. Es braucht die Zusammenarbeit vieler und gute Ideen aus unterschiedlichen Quellen, um unsere Raumfahrt voranzubringen.

Besonders wichtig für die Gewinnung der nächsten Raumfahrt-Generation sind begeisternde Vorbilder. Unser Mann im All, Alexander Gerst, ist hierfür ein ausgezeichnetes Beispiel. Er macht das z.B. über die sozialen Medien und seine fantastischen Bilder. Aber wir alle können dazu beitragen, in dem wir unsere eigene Begeisterung für die Raumfahrt mit anderen teilen und deutlich machen: „our world needs space“. Machen Sie mit!

Ihr Gerd Gruppe

**Dear readers,**

‘Our World Needs Space’ – this was the motto of this year’s International Astronautical Congress (IAC) in Toronto early in October. It is an excellent description of the current significance of astronautics, for there are many fields of our everyday life in which space applications have become indispensable, even though users may not necessarily notice. This development, which has become irreversible in many ways, should motivate us as a spaceflight community to go on increasing the everyday benefit of space technology.

Another point that emerged very clearly at the IAC is that the space sector itself is developing continuously, in technical as well as in commercial terms. Investors from outside the sector have a different outlook on business cases, and often perceive new applications and markets. For this reason, employing, retaining, and recruiting well-trained people for the space sector is important. We need women and men who understand not only the technology but also the spaceflight and downstream markets – covering the whole value added chain concretely in space technologies, in the application markets up to the customer. To challenge this task we need interdisciplinary and international teams.

DLR invests in young talents, making available a whole bundle of good career opportunities: next to our own internal measures like the Talent Management Programme and the Graduate Programme to support post-graduate students, we also wish to serve the German space sector in a wider sense. Under the German Trainee Programme, we cooperate with ESA in offering young university graduates an opportunity to become space professionals. Moreover, DLR also takes part in international programmes such as, for instance, the International Space University (ISU).

What all this involves is both technical competence and a sense of market opportunities. Therefore, the German space sector must become more diverse. What I am referring to is diversity in products and services. To advance the space sector, we need input from many people who collaborate and contribute their good ideas.

To win over the next space generation, we particularly need inspiring role models. Our man in space, Alexander Gerst, is an excellent case in point. He is achieving a great impact through sharing his impressions and his fantastic pictures on the social media. But similarly, we, too, can share our enthusiasm for astronautics with others and convey the message ‘Our World Needs Space’. Join us!

Sincerely yours,  
Gerd Gruppe

Bonn aus dem All: Gut zu erkennen ist die längliche Form der ehemaligen Bundeshauptstadt, die sich am Rhein entlangzieht. Ihre drei Brücken – Friedrich-Ebert-, Kennedy- und Konrad-Adenauer-Brücke – sind gut zu sehen. Direkt südlich der Konrad-Adenauer-Brücke auf der rechten Rheinseite befindet sich das DLR Raumfahrtmanagement. Dieses Bild nahmen die Astronauten der Expedition Crew 40, zu denen auch der deutsche Alexander Gerst zählt, von der Cupola-Aussichtsplattform der ISS aus auf.

A view of Bonn from space. The oblong shape of the former federal capital extending along the River Rhine is easily recognizable. Named after Friedrich Ebert, John F. Kennedy, and Konrad Adenauer, its three bridges stand out clearly. The DLR Space Administration is located immediately south of the Konrad Adenauer bridge on the right bank of the Rhine. The picture was taken from the cupola observation platform on the ISS by the astronauts of Expedition Crew 40, which includes Germany’s Alexander Gerst.

## Facing Space –

Die Meinung unserer internationalen Partner – in dieser Ausgabe:  
Leiter der luxemburgischen ESA-Delegation Marc Serres

Positions of Our International Partners – in this Edition:  
Head of the Luxembourg ESA Delegation Marc Serres



**Marc Serres ist seit Januar 2014 für die Raumfahrtangelegenheiten im Wirtschaftsministerium des Großherzogtums Luxemburg zuständig. Serres führt die luxemburgische ESA-Delegation an und repräsentiert sein Land im ESA-Rat. Bevor er im Wirtschaftsministerium tätig wurde, war er acht Jahre lang als Industriereferent im Ministerium für Bildung und Forschung für die ESA-Beziehungen verantwortlich.**

**Der ESA-Ministerrat tagt im Dezember 2014 in Luxemburg. Wie gehen die Vorbereitungen voran?**

Die Organisation einer Ministerratskonferenz in Luxemburg ist eine hervorragende Chance, aber auch eine Herausforderung. Sie ist sowohl eine politische als auch eine logistische Herausforderung. Da das Arbeitsteam, das für die EU-Ratssitzungen gebaut wurde, nur kleine Anpassungsmaßnahmen werden erforderlich sein, um die ESA-Minister und ihre Delegationen aufnehmen zu können. Die Vorbereitungen der geplanten Auftaktveranstaltung gehen ebenfalls gut voran. Die Delegationen treffen sich am Vorabend in einem sehr schönen historischen Gebäude im Stadtzentrum, dem „Cercle Cité“. Was den politischen Entscheidungsprozess betrifft, so werden wichtige Meilensteine im Monat September erreicht werden. Dann nämlich werden die Teams der ESA und der Industriepartner die Ergebnisse ihrer Überlegungen zur zukünftigen Entwicklung der Ariane vorlegen, und andererseits wird die Generaldirektion der ESA ihre Einschätzungen bezüglich der Beziehung zwischen ESA und EU präsentieren. Die Zeit von September bis Dezember wird intensiv, aber auch sehr interessant werden. Anhand der im September vorgelegten Meilenstein-Ergebnisse werden wir sehen können, ob unsere Minister am Vorabend der Ratssitzung mit einer eher entspannten oder einer eher sachlichen Atmosphäre zu rechnen haben.

**Sie teilen sich den Vorsitz im ESA-Ministerrat mit der Schweiz. Während die Schweiz sich für die Interessen der ESA stark macht, steht auf Ihrer Agenda das schwierige Thema der Beziehungen zwischen ESA und der EU. Wie ist hierzu der derzeitige Stand? Wird auf der Ministerratskonferenz eine für beide Seiten tragbare Lösung gefunden werden?**

Sie haben Recht, die Beziehungen zwischen ESA und EU sind kein einfaches Thema. Die Diskussionen hierzu haben sich seit der Mitteilung der Europäischen Kommission im November 2012 ein paar Tage vor der ESA-Ministerratskonferenz in Neapel noch intensiviert. Auf beiden Seiten begannen die Minister über die Entwicklung der Beziehungen zwischen ESA und EU nachzudenken. Auf der ESA-Seite wurde in Neapel eine Resolution verabschiedet, und auf Seiten der EU fasste der Wettbewerbsrat bei seiner Sitzung im Februar 2013 entsprechende Beschlüsse. Ziel auf beiden Seiten war es, zum Termin Ende 2014 einen gemeinsamen Beschlussvorschlag zu erarbeiten. Seitdem haben sowohl

**Marc Serres has been in charge of Space Affairs in the Ministry of Economy of the Government of the Grand Duchy of Luxembourg since January 2014. Serres is the Head of the Luxembourg ESA Delegation and represents the country in the Council of the Agency. Before joining the Ministry of Economy, Mr Serres has managed the relations with ESA at the Ministry of Higher Education and Research as industrial policy officer for eight years.**

**The ESA council at ministerial level will take place in Luxembourg in December 2014. How are the preparations progressing?**

The organisation of an ESA Council at ministerial level in Luxembourg is a fantastic opportunity, but it is also a challenge. It is a political challenge and a logistical challenge. As you may imagine, the size of the team that deals with space is proportional to the size of the country, with the consequence that this year has become a very busy year. Luckily, Luxembourg has already an adequate infrastructure to host such an event. The ESA Ministerial Council will take place in the Congress Center that has been built for the EU Council meetings. Only small adaptations will be required to welcome ESA ministers and their delegations. The organisation of the social event planned on the night before is also progressing well. The delegations will be invited to a very nice historical building in the centre of the city, the ‘Cercle Cité’. For what concerns the political progresses, September will be an important milestone in the process. The teams from ESA and the industry will present the result of their reflections on the future development of Ariane on the one hand, and the Director General of ESA will present his views regarding the relations between ESA and EU. The period from September to December will be intense but very interesting. The September milestone will tell us if we have to expect a more relaxed or a working atmosphere for our ministers the night before the Council Meeting.

**You are sharing the presidency of the ESA Council of Ministers with Switzerland. Whereas Switzerland cares about the ESA interests, the difficult theme of the relations between ESA and EU is on your agenda. What is the general status? Will a solution be found during the Ministerial Council that can be supported by both sides?**

You are right, the subject of the relations between ESA and EU is not an easy one. The discussions became more intensive after the Communication of the European Commission in November 2012, a few days before the ESA Ministerial Council in Naples. On both sides, ministers decided to start reflecting on the development of the relations between ESA and EU. On ESA's side, a resolution has been adopted in Naples, and on the EU side, the Competitiveness Council adopted conclusions in its meeting on February 2013. On both sides, the objective was to prepare a common proposal by the end of 2014. From that point in time, the European Commission and the ESA executive worked on possible development scenarios. The last formal opinion of the member states is reflected in the conclusions of the EU Competitiveness Council of May 2014, in which the number of scenarios to be envisaged has been reduced to two and the European

die Europäische Kommission als auch die ESA-Exekutive an möglichen Entwicklungsszenarien gearbeitet. Die jüngste offizielle Stellungnahme der Mitgliedsstaaten ist in den Beschlüssen der Ratssitzung vom Mai 2014 niedergelegt, worin die Anzahl der anzustrebenden Szenarien auf zwei reduziert wurde, und in der die Europäische Kommission beauftragt wird, ihre Analyse auf die zwei verbleibenden Optionen zu konzentrieren. In der Zwischenzeit hat die Generaldirektion der ESA einen Weisenrat installiert, der sich mit Grundfragen der ESA-EU-Beziehungen beschäftigt, was eine völlig neue Vorgehensweise darstellt.

Um zu Ihrer Frage zu kommen, ob von der Luxemburger Konferenz in dieser Hinsicht eine Lösung zu erwarten ist, so ist hierauf wohl keine klare Antwort möglich. Verschiedene Aspekte machen es schwierig, in dieser Frage zu einer langfristig tragfähigen Entscheidung zu gelangen. Es wird erwartet, dass die von den EU-Ministern angeforderte Analyse erst in der ersten Hälfte 2015 vorliegen wird. In der Zwischenzeit sollte sich die neue Europäische Kommission konstituiert haben, und die Nachfolge an der Spitze der ESA wird ebenfalls geklärt sein. Die vielen Veränderungen der nächsten Monate werden die in Luxemburg zu fällenden Entscheidungen mit beeinflussen. Das derzeitige Rahmenabkommen zwischen ESA und EU wird mit Sicherheit ein wichtiges Entscheidungsthema, da es 2016 abläuft. Über andere langfristige Entscheidungen besteht weiterhin Beratungsbedarf. Während seiner Co-Präsidentschaft in der ESA und nach Übernahme der EU-Präsidentschaft im zweiten Halbjahr 2015 wird Luxemburg vielleicht in der Lage sein, die Diskussionen zu einem erfolgreichen Ende zu führen.

**Wie sollten aus Ihrer Sicht die Arbeitsteilung zwischen der ESA und der EU gestaltet werden?**

Ich bin überzeugt, dass mit dem derzeitigen Rahmen die notwendige Flexibilität für eine Zusammenarbeit durchaus gegeben ist. Eine ‘Annäherung’ zwischen ESA und EU, wie sie von der Kommission gefordert wird, ist eine Selbstverständlichkeit, ja eine Notwendigkeit für Europa. Die Europäische Union kann den Nutzen der Weltrauminfrastrukturen und der damit verbundenen Anwendungen und Dienstleistungen und die Vorteile, die all dies der europäischen Politik und den Bürgern bringt, nicht ignorieren. Die Bedeutung der Raumfahrt wird wachsen, und die EU wird die Unterstützung der ESA zunehmend benötigen. Meiner Meinung nach ließe sich die Situation erheblich verbessern, wenn die Tätigkeit der ESA und der EU auf diesem Gebiet als komplementär begriffen und die Beziehung beider auf wechselseitigem Vertrauen aufbauen würde.

Auch wenn das Thema derzeit noch schwierig ist und die Gespräche sich länger hinziehen als man vor zwei Jahren hätte erwarten können, zeichnen sich doch einige positive Trends ab, insbesondere in der jeweiligen Positionierung der ESA- und EU-Mitgliedsstaaten. Die Standpunkte liegen heute näher beieinander als vor wenigen Jahren. Dies bietet eine wichtige, verbesserte Grundlage für zukünftige Gespräche. Wenn die Mitgliedsstaaten in dieselbe Richtung ziehen, haben wir allen Grund, mit Optimismus auf die Entwicklung der ESA-EU-Beziehungen zu schauen.

**Ort der Entscheidung: Im großen Saal des Centre des Conférences Kirchberg in Luxemburg werden im Dezember 2014 die großen Themen ESA-EU-Zusammenarbeit, die Zukunft der Ariane sowie der Internationalen Raumstation ISS im ESA-Ministerrat verhandelt.**

**Place of decision: at the main auditorium of the Centre des Conférences Kirchberg in Luxembourg, the important topics relationship between ESA and EU as well as the future of Ariane and of the International Space Station will be negotiated by the ESA Ministerial Council in December 2014.**

Commission has been requested to deepen its analysis on the remaining two options. In the meantime, the Director General of ESA has mandated a group of wise men to reflect on the future ESA-EU relations, leading to a very different approach than the one pursued until now.

So, coming to the question if a solution will be found in Luxembourg, the answer is not obvious at all. Several aspects will make it difficult to come to a decision with a long-term impact. It is expected that the analysis requested by the EU ministers will only produce its results in the first half of 2015. In the meantime, the European Commission should have been constituted and a decision on the successor of the current ESA Director General will have been taken. Many changes will occur in the coming months that may have an impact on the decisions to be taken in Luxembourg. The current Framework Agreement between ESA and EU is certainly an important element, on which a decision has to be taken as it will expire in 2016. Other long-term decisions will need some further reflections and exchanges. Holding the co-presidency of ESA and at the same time assuming the presidency of the European Union in the second half of 2015, Luxembourg may be in a position to lead the discussions to a successful conclusion at that time.

**From your point of view, how should the responsibilities of ESA and EU be settled?**

I am convinced that the current framework offers the necessary flexibility to work together. The ‘rapprochement’ between ESA and EU mentioned by the European Commission is an obviousness, even a necessity, for Europe. The European Union cannot ignore the benefits that space infrastructures and related applications and services can bring to its politics and its citizens. The role played by space will increase more and more in the future meaning that the EU will need ESA more and more. In my opinion, the situation could be significantly improved if a better complementarity of actions performed by ESA and the European Commission would be assured and if the relations would be built on mutual trust.

Even if the subject is still difficult at the moment and discussions take longer than one could have expected two years ago, several positive trends have developed, in particular the positioning of the ESA and EU member states. Today, the opinions are much more convergent than a few years ago. This is an important improvement for the future discussions. If the member states pull together, we all have every reason to be optimistic about the development of the ESA-EU relations.

# ATV-5 und der Supermond

Am 12. August 2014 dockte der letzte europäische Raumtransporter Automated Transfer Vehicle (ATV-5) „Georges Lemaître“ nach einer zwei Wochen langen Freiflugphase an der Internationalen Raumstation ISS an. Fast gleichzeitig stand der Mond hell und riesengroß am Himmel. Der Erdtrabant hatte das sogenannte Perigäum – die größte Annäherung an die Erde – und gleichzeitig die Vollmondphase erreicht. Das Resultat: Unser steter Begleiter erscheint bis zu 14 Prozent größer und 30 Prozent heller als sonst – ein sogenannter Supermond. Kein Wunder, denn bei einem Perigäum steht der Mond der Erde um 50.000 Kilometer näher als bei einem Apogäum, der größten Entfernung zur Erde. Er kam während dieser Supermond-Phase der Erde so nahe wie seit 20 Jahren nicht mehr. Mit diesem Foto haben die Astronauten auf der Raumstation die letzte Gelegenheit genutzt, um einen europäischen ATV-Raumtransporter gemeinsam mit einem Supermond abzulichten.

## ATV-5 Meets Supermoon

On August 12, 2014, the last European cargo re-supply spacecraft of the Automated Transfer Vehicle 5 (ATV-5) series, 'Georges Lemaître', docked with the International Space Station ISS after a two-week free-flight journey. Almost simultaneously, the Moon stood brightly in the sky, appearing gigantic in size. The Earth's moon had reached its perigee position – the part of its orbit where it is closest to Earth – while at the same time being in a full moon phase. Whenever these two events coincide, our steady companion is referred to as a supermoon, looking about 14 per cent bigger and 30 per cent brighter than normal. This is not surprising as in perigee position the Moon is about 50,000 kilometres closer to Earth than at its apogee, i.e. its greatest distance. During this recent supermoon event it came closer to Earth than it had done in the last 20 years. The astronauts on the space station took this last opportunity to catch a European ATV vehicle and a supermoon together in the same photograph.

## ATV und MPCV:

Ende einer Ära und Aufbruch in ein neues Zeitalter

Von Volker Schmid

Die schmale Mondsichel steht noch über dem Horizont. Zahllose Fledermäuse fangen die Insekten, die von den wenigen Lichtquellen der Aussichtsplattform angelockt werden. Ein sterrenklarer Nachthimmel über Kourou (Französisch-Guyana) bietet die beste Sicht – alle Vorzeichen für einen perfekten Start. Aus der dunklen Dschungelnacht erhebt sich die in fünf Kilometern Entfernung startbereite Trägerrakete, die im Kegel mehrerer Flutlichtstrahler steht. An Bord der Ariane 5 VA 219 befindet sich das letzte Automated Transfer Vehicle (ATV-5). Der vollautomatische europäische Raumtransporter „Georges Lemaître“ ist am 30. Juli 2014 um 1.47 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit (MESZ) zu seiner letzten Mission aufgebrochen und hat am 12. August 2014 um 15.30 Uhr punktgenau automatisch an der Internationalen Raumstation ISS angedockt. Wenn beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre das letzte ATV irgendwo über dem Pazifik verglüht, geht mit dieser Mission eines der erfolgreichsten Kapitel der europäischen Raumfahrt zu Ende. Gleichzeitig wird ein neues Kooperationsprojekt eingeläutet.

ATV and MPCV:

The End of an Era and the Beginning of a New Age

By Volker Schmid

The narrow crescent of the moon still stands above the horizon. Innumerable bats are out catching the insects that are attracted by the few sources of light on the viewing platform. Clear and starry, the night sky above Kourou (French Guiana) offers optimum viewing conditions – signs predicting a perfect start. At a distance of five kilometres, the launcher rises from the dark night of the jungle, brightly lit by the beams of several floodlights. On board the Ariane 5 VA 219 is the last Automated Transfer Vehicle (ATV5). Named 'Georges Lemaître', the fully automated European space transporter set out for the last ATV mission on July 30, 2014, at 1.47 am Central European Summer Time (CEST). At 3.30 pm on August 12, 2014, it performed a pinpoint automatic docking manoeuvre with the International Space Station (ISS). When this last ATV will burn up somewhere above the Pacific on its re-entry into the atmosphere, the end of this mission will mark the closure of one of the most successful chapters in European spaceflight history, ringing in at the same time a new co-operation project.

**Fulminanter Abschied:** In der Nacht vom 29. auf den 30. Juli 2014 ist das letzte ATV zu seiner Reise zur Internationalen Raumstation aufgebrochen.

A grand farewell: In the night from July 29 to July 30, 2014, the last ATV set off on its journey to the International Space Station.



Autor: **Volker Schmid** ist ATV-Program-Manager im DLR Raumfahrtmanagement und verantwortlich für die Mission von Alexander Gerst. Er hat den Start des letzten Automated Transfer Vehicle live vom ESA-Raumfahrtzentrum in Kourou verfolgt.

Author: **Volker Schmid** is ATV Programme Manager at the DLR Space Administration and responsible for the Alexander Gerst mission. He watched the launch of the last Automated Transfer Vehicle live from the ESA Space Centre in Kourou.

### Ohne ATV keine europäische ISS-Nutzung

Die unbemannten ATV-Raumfrachter waren Europas Ticket zur Internationalen Raumstation ISS und die einzigartige Chance, die europäischen Betriebskosten in Naturalien abzubauen. Doch der Beginn dieser Erfolgsgeschichte war schwierig: Nachdem Anfang der 1990er-Jahre die USA und Russland noch nicht „an Bord“ der Raumstation waren, weil sie ihre eigenen Ziele verfolgten, stand die ISS kurz vor dem Aus. Auch Europa war noch nicht überzeugt. Die ursprünglichen ISS-Planungen waren den ESA-Mitgliedsstaaten zu teuer. Auf der ESA-Ministerratskonferenz 1995 in Toulouse musste eine Lösung gefunden werden, mit der alle Mitgliedsstaaten sowie die internationalen Partner einem gemeinsamen Raumstationsprogramm zustimmen konnten. Nachdem in Toulouse der entscheidende europäische Durchbruch gelang, mussten die ausgehandelten ISS-Arbeitspakete auf die ESA-Mitgliedsländer verteilt werden: Das Columbus-Labor sollte in Deutschland entwickelt und gebaut werden. Dafür ging die ATV-Entwicklung nach Frankreich. Doch bei der DASA (heute Airbus Defence & Space) in Bremen war zuvor bereits die ATV-Entwicklung angelaufen und weit fortgeschritten. Bremen war schon in Phase B. Dem Beschluss zufolge musste die Entwicklung in der Hansestadt schließlich abgebrochen und bei Aerospatiale in Paris fortgesetzt werden. Nach der Zusammenführung diverser Unternehmen aus Deutschland, Frankreich und den Niederlanden zum europäischen EADS-Konzern (heute Airbus Defence and Space), war nun EADS Astrium Space Transportation in Les Mureaux (Frankreich) im Auftrag der ESA für die ATV-Entwicklung verantwortlich. Deutsche Firmen waren mit etwa 24 Prozent beteiligt. Die ATV-Entwicklung lief nun innerhalb der europäischen Beiträge des ISS-Entwicklungsprogramms: Der Bau des Prototyps ATV-1 „Jules Verne“, alle entsprechenden Tests und Testmodelle, die Errichtung aller notwendigen Bodenanlagen, das ATV-Kontrollzentrum in Toulouse sowie die notwendige Anpassung der Ariane-5-Trägerrakete und deren Kauf waren darin enthalten.

### Deutsche Industrie schraubt mit

Neun weitere ATV waren ursprünglich geplant. Doch die Anforderungen an die Transporter stiegen und damit auch die Kosten, so dass die europäische Solidarität bröckelte und nur noch vier weitere ATV gebaut wurden. Ihr Bau und der Kauf aller weiteren Ariane-5-Raketen wurden aus dem ISS-Betriebsprogramm finanziert. EADS Astrium Space Transportation in Bremen war hierbei Chef im Ring, ebenso bei den damaligen Weiterentwicklungsszenarien und der Produktpflege des ATV-Konzepts – den sogenannten ATV-Follow-On-Aktivitäten. In der Hansestadt wurden auch alle Raumfrachter integriert, das heißt alle Komponenten wurden aus ganz Europa angeliefert und montiert. Ebenso fanden die Systemtests in Bremen statt.

Zahlreiche deutsche Zulieferfirmen arbeiteten gemeinsam am europäischen ATV. So baute EADS Astrium in Lampoldshausen beispielsweise die Antriebssektion und integrierte die Steuerdü-

### No European exploitation of the ISS without the ATV

The uncrewed ATV space freighters were Europe's ticket to the International Space Station, offering Europe the unique opportunity to pay its share in the operating cost in kind. Yet this success story had troubled beginnings: since neither the USA nor Russia were as yet 'on board' the space station project in the early 1990s because they pursued their own objectives, the ISS was on the verge of being abandoned. Nor was Europe convinced as yet. In the opinion of ESA's member states, the original plans for the ISS were too expensive. At the 1995 conference of the ESA Ministerial Council in Toulouse, a solution had to be found that would allow all member states as well as the international partners to agree on a joint space station programme. After the crucial European breakthrough had succeeded in Toulouse, the ISS work packages that had been negotiated had to be distributed among the member countries: the Columbus laboratory was to be developed and built in Germany, while the development of the ATV was handed to France. Yet DASA of Bremen (today: Airbus Defence & Space) had previously started to develop the ATV and made great progress: Bremen had already entered phase B. To comply with the resolution, development activities in Bremen ultimately had to be abandoned and continued by Aerospatiale in Paris. After various companies from Germany, France, and the Netherlands had merged into the European EADS group (today: Airbus Defence & Space), EADS Astrium Space Transportation in Les Mureaux (France)

**Über den Wolken:** ATV-5 „Georges Lemaître“ steuert die Internationale Raumstation ISS vollständig automatisch an.

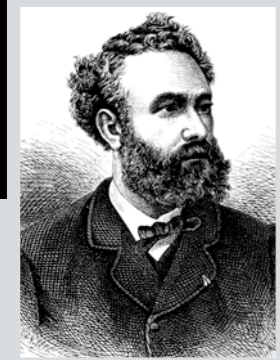
**Above the clouds:** ATV-5 'Georges Lemaître' on its fully automatic approach to the International Space Station.



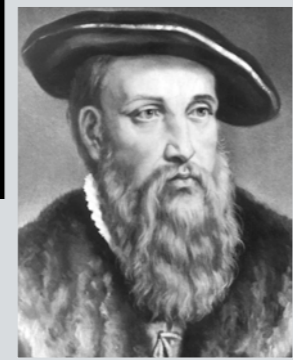
became responsible for developing the ATV on behalf of ESA, with German companies holding a share of about 24 per cent. From then on, the development of the ATV formed part of the European contribution towards the ISS development programme, including the construction of the prototype ATV1 'Jules Verne', all requisite tests and test models, building the necessary ground installations, the ATV control centre at Toulouse, the requisite adaptation of the Ariane 5 launcher, and the purchase of the rocket.

### Germany's industry takes a hand

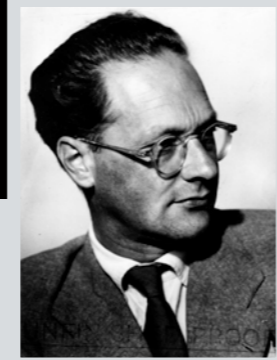
Nine more ATVs had originally been planned. However, the requirements applying to the transporters grew more stringent, causing the cost to rise and the European solidarity to crumble, which is why only four more ATVs were built. Their construction and the purchase of all additional Ariane 5 rockets were financed with funds from the ISS operations programme. EADS Astrium Space Transportation in Bremen ruled the roost in this



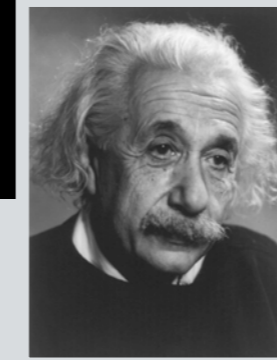
© picture-alliance/  
Quagga Illustrations



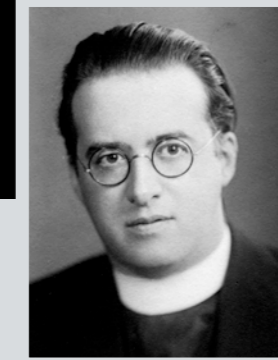
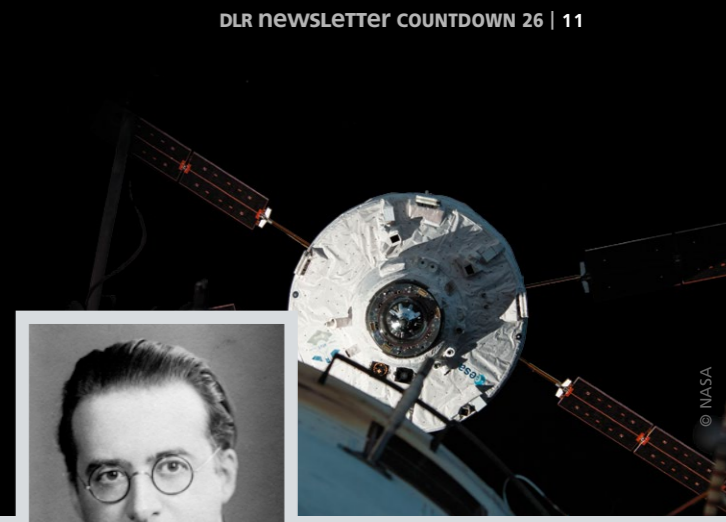
© picture-alliance/  
dpa



© picture-alliance/  
Leemage



© picture-alliance/  
Everett Collection



© ESA

**ATV-1 „Jules Verne“**  
9. März/March 2008, 5.03 Uhr MEZ/CET

Jules Verne: (\* 8. Februar 1828 in Nantes; † 24. März 1905 in Amiens) war ein französischer Schriftsteller. Bekannt wurde er vor allem durch seine Romane „Die Reise zum Mittelpunkt der Erde“, „20.000 Meilen unter dem Meer“ sowie „Von der Erde zum Mond“. Er gilt als einer der Begründer der Science-Fiction-Literatur.

Jules Verne: (\* February 8, 1828 in Nantes; † March 24, 1905 in Amiens) was a French writer who came to fame mainly through his novels "Journey to the Center of the Earth", "Twenty Thousand Leagues Under the Sea", and "From the Earth to the Moon". He is known as one of the fathers of science fiction.

**ATV-2 „Johannes Kepler“**  
16. Februar/February 2011, 22.50 Uhr MEZ/CET

Johannes Kepler: (\* 27. Dezember 1571 in Weil; † 15. November 1630 in Regensburg) war ein deutscher Naturphilosoph, Mathematiker, Astronom, Astrologe, Optiker und evangelischer Theologe. Er entdeckte die Gesetzmäßigkeiten, nach denen sich Planeten um die Sonne bewegen, die so genannten Keplerschen Gesetze.

Johannes Kepler: (\* December 27, 1571 in Weil; † November 15, 1630 in Regensburg) was a German natural philosopher, mathematician, astronomer, astrologer, optician, and protestant theologian. He discovered the physical laws of planetary motion.

**ATV-3 „Edoardo Amaldi“**  
23. März/March 2012, 5.34 Uhr MEZ/CET

Edoardo Amaldi: (\* 5. September 1908 in Carpaneto Piacentino; † 5. Dezember 1989 in Rom) war ein italienischer Kern- und Teilchenphysiker, der sich auch mit der Theorie zu Magnetischen Monopolen und Gravitationswellen beschäftigte.

Edoardo Amaldi: (\* September 5, 1908 in Carpaneto Piacentino; † December 5, 1989 in Rome) was an Italian nuclear and particle physicist who, among other things, worked on the theories of magnetic monopoles and gravitational waves.

**ATV-4 „Albert Einstein“**  
5. Juni/June 2013, 23.52 Uhr MESZ/CEST

Albert Einstein: (\* 14. März 1879 in Ulm; † 18. April 1955 in Princeton, New Jersey) war einer der größten Physiker aller Zeiten. Er ist der Erfinder der Relativitätstheorie. Seine Forschungen veränderten maßgeblich das physikalische Weltbild.

Albert Einstein: (\* March 14, 1879 in Ulm; † April 18, 1955 in Princeton, New Jersey) was one of the greatest physicists ever. He is the inventor of the theory of relativity. His research significantly changed the physical idea of the world.

**ATV-5 „Georges Lemaître“**  
30. Juli/July 2014, 01.47 Uhr MESZ/CEST

Georges Lemaître: (\* 17. Juli 1894 in Charleroi, Belgien; † 20. Juni 1966 in Lövén, Belgien) war ein belgischer Theologe, Priester und Astrophysiker und gilt als Begründer der Urknalltheorie.

Georges Lemaître: (\* July 17, 1894 in Charleroi; † June 20, 1966 in Luvain) was a Belgian theologian, priest, and astrophysicist and is known as the father of the Big Bang theory.

senmodule. Die Firma OHB in Bremen entwickelte das Meteoritenschutzschild für die Antriebssektion und lieferte die Verkabelung des Antriebssegments. MT-Aerospace in Augsburg lieferte unter anderem die Treibstofftanks. Die Firma Jena Optronik entwarf und produzierte die Telegoniometer und einen Teil der Videokameras – also die wesentlichen Sensorelemente für das Rendezvous-Manöver. Der Anteil deutscher Firmen während der ATV-Produktionsphase konnte gegenüber der Entwicklungsphase noch gesteigert werden. Er betrug zwischen 45 und 51 Prozent bei den vier ATV, die nach „Jules Verne“ gebaut wurden – ein überproportionaler Rückfluss an die deutsche Industrie.

#### ATV – ein internationales Gemeinschaftsprojekt

Insgesamt waren 30 Firmen aus zehn europäischen Staaten an der ATV-Produktion beteiligt. Acht Konzerne aus Russland und den USA lieferten ebenfalls Produkte und Bauteile. So stammten etwa das Andocksystem und das KURS-Radar, die sich bisher bei den Sojus- und Progress-Kapseln bewährt hatten, aus russischen Raumfahrtsschmieden. Die vier Haupttriebwerke für jedes ATV lieferte die US-Firma Aerojet – genau die Antriebe, die dreißig Jahre lang ihre Dienste in den Space Shuttles der NASA als Steuertriebwerke zur Lageregelung geleistet hatten. Weltweit arbeiteten insgesamt etwa 1.500 Ingenieure in der Großindustrie, in kleinen und mittelständischen Unternehmen und in den Raumfahrtagenturen am ATV-Programm.

#### Ohne Ariane keine ausreichende ISS-Versorgung

Alle ATV wurden auf einer Trägerrakete des Typs Ariane-5 mit einer wiederzündbaren Oberstufe von Kourou aus gestartet. Die europäischen Schwertransporter blieben also Bestandteil des ISS-Logistikkonzepts, was ursprünglich gewünscht wurde. Nach der Trennung von der Oberstufe flogen die Raumfrachter die erforderlichen Rendezvous- und Andockmanöver mit der Raum-

respect as well as with regard to the contemporary further development scenarios and the product management of the ATV concept – the so-called ATV follow-on activities. Moreover, Bremen was the location where all space freighters were integrated, meaning that all their components were delivered from all over Europe and assembled there. Lastly, the system tests took place in Bremen as well.

Numerous German suppliers were working together on the European ATV. Thus, for example, EADS Astrium of Lampoldshausen built the propulsion unit and integrated the attitude control thrusters. OHB of Bremen developed the meteorite and debris protection shield for the propulsion unit and supplied the cable harness for the drive segment. MT-Aerospace of Augsburg supplied the fuel tanks, among other things. Jena Optronik designed and produced the telegoniometers and part of the video cameras, i.e. those sensor elements that are essential for the rendezvous manoeuvre. By comparison, the share held by German companies in the ATV production phase was greater than in the development phase, amounting to between 45 and 51 per cent in the four ATVs that were built after 'Jules Verne' – an almost gigantic return of funds to German manufacturers.

#### The ATV – an international joint project

All in all, 30 companies from ten European states had a hand in the ATV production. Eight groups from Russia and the USA also contributed products and components. Thus, the docking system and the KURS radar that had done well in the Soyuz and Progress capsules came from Russian spaceflight think tanks. The four main engines for each ATV were supplied by the American company Aerojet – the very same engines that had done duty for 30 years in NASA's Space Shuttle as attitude control

					
Treibstoff in kg für Mission fuel in kg for the mission	3598	2013	2261	2235	2978
und ISS-Bahnanhebung and ISS reboost	2580	4535	3150	2580	2200
Russischer Treibstoff in kg Russian fuel in kg	860	850,6	860	860	860
Wasser in kg water in kg	285	0	285	570	855
Frischluff in kg fresh air in kg	20	100	100	100	100
Trockenfracht in kg dry cargo in kg	1150	1605	2200	2489	2622
Späte Fracht in kg late load in kg	0	435	592	1109	1234
total in kg in total in kg	4575	7100	6595	6590	6555
Tage im All days in space	205	126	196	151	202 tbc
Bahnabhebungsmanöver reboost manoeuvre	6	5	9	6	tbc
Ausweichmanöver debris avoidance	1				
besondere Fracht special freight		Geoflow 2	Energy collection kits Biolab life support module 3 Elements for Altea Shield	Energy collection kits FASES probe container Biolab microscope	EML, MagVector, Spacetex, WiseNet

station autonom. Sie werden hierbei vom ATV-Kontrollzentrum in Toulouse überwacht.

### Die Missionen – eine Rekordjagd

In den drei Wochen vor dem Andocken wurde ATV-1 auf Herz und Nieren getestet. Alle Fehlerszenarien wurden an den sogenannten Demo-Tagen durchgespielt. Die ATV-Systeme reagierten auf die Befehle der Bodenkontrolle und der ISS-Crew wie erwartet und mit Bravour. Umfangreiche Verbesserungen, die die sogenannte Post Flight Analyse hervorbrachte, wurden in das Produktionsprogramm eingepflegt und sollten die kommenden ATV revolutionieren: zum Beispiel die Modifikation der Stellantriebe für die Solargeneratoren oder die Änderung der Druckregler im Antriebsstrang. Nach der Premiere von „Jules Verne“ folgte drei Jahre später ATV-2 „Johannes Kepler“. Im Fokus dieser Mission stand die Bahnanhebung der ISS. Während der andockten Phase gelang es ATV-2, in Intervallen die Raumstation um mehr als 50 Kilometer anzuheben. Erstmals wurde die sogenannte späte Beladung eingeführt. Experimente, Ersatzteile und Astronautenbedarf konnten dadurch noch wenige Wochen vor dem Start verladen werden. Ein kleiner Lift über dem Kopplungsadapter brachte die späte Fracht in das bereits betankte, beladene und auf der Ariane-5 aufgesetzte ATV, wo sie in den Nutzlasttaschen als späte Fracht untergebracht wurden. Nach Kepler folgten die restlichen Missionen in jährlicher Reihenfolge. ATV-3 „Edoardo Amaldi“ verweilte bislang am längsten an der ISS. Während der Missionen wurde der Anteil an später Fracht kontinuierlich gesteigert – ein erhebliches Stück Flexibilität, das den ISS-Besatzungen und der Nutzung zugutekam. ATV-4 „Albert Einstein“ und ATV-5 „Georges Lemaître“ lieferten das bislang präziseste Docking, mit einer Genauigkeit von weniger als fünf Zentimetern.

Die ISS wird durch eine ganze Flotte von Transportern angefliegen: Neben den europäischen ATV versorgen die japanischen HTV-, die russischen Progress- sowie die amerikanischen Dragon- und Cygnus-Transporter die Raumstation. Alle haben unterschiedliche Aufgaben. Außer Progress und ATV werden alle anderen manuell mit einem Roboterarm an die Station angekoppelt. ATV ist als einziges Raumfahrzeug dieser Größe bisher in der Lage, in dieser Präzession automatisch an die ISS anzudocken.

### Transporter für Wissenschaft und Betrieb

Neben der Ableistung des Barthers – also die Lieferung von Fracht für die internationalen Partner – als Gegenleistung für Nutzungsressourcen brachten die ATV eine Reihe wichtiger Experimente zur ISS: zum Beispiel den EML-Schmelzofen, GEOFLOW, FASES und FASTER, MagVector, SpaceTex und WiSe-NET sowie neue Proben und Ersatzteile für das BIOLAB. Die

thrusters. Worldwide, about 1,500 engineers contributed to the ATV programme in large corporations, small and medium-sized enterprises, and space agencies.

### No adequate supplies for the ISS without Ariane

All ATVs took off from Kourou on launchers of the Ariane 5 type with its reignitable upper stage. Thus, the European heavy-lift launchers remained part of the ISS logistics concept as originally desired. Having separated from the upper stage, the manoeuvres required to rendezvous and dock with the space station were flown autonomously by the space freighters, monitored by the ATV control centre in Toulouse.

### The missions – a string of records

During the three weeks before docking, ATV-1 was put to the acid test. All error scenarios were run through on so-called demo days. The ATV systems responded to the commands of the ground and the ISS crew as expected – splendidly. Voluminous improvements that emerged during the so-called post flight analysis were integrated in the production programme, destined to revolutionise future ATVs. Examples include modifying the actuators of the solar generators and changing the pressure governors in the drive system. The curtain-raiser, 'Jules Verne', was followed three years later by ATV-2 'Johannes Kepler'. This mission focused on re-boosting the ISS. While docked on, ATV-2 succeeded in raising the space station at intervals by more than 50 kilometres. For the first time, a process called late loading was introduced so that experiments, spare parts, and astronaut supplies could be brought on board only a few weeks before launch. A small lift attached above the mating adapter carried late cargo up to the ATV which was already fuelled, loaded, and attached to the Ariane 5, to be stored as late cargo in payload bags. After Kepler, the remaining missions followed at one-year intervals. ATV-3, 'Edoardo Amaldi', remained attached to the ISS for the longest time of all so far. During the missions, the proportion of late cargo increased continuously – evidence of considerable flexibility from which both the crews of the ISS and its exploitation benefitted. The docking manoeuvres performed by ATV-4, 'Albert Einstein', and ATV-5, 'Georges Lemaître', were the most precise so far, with deviations of less than 5 centimetres.

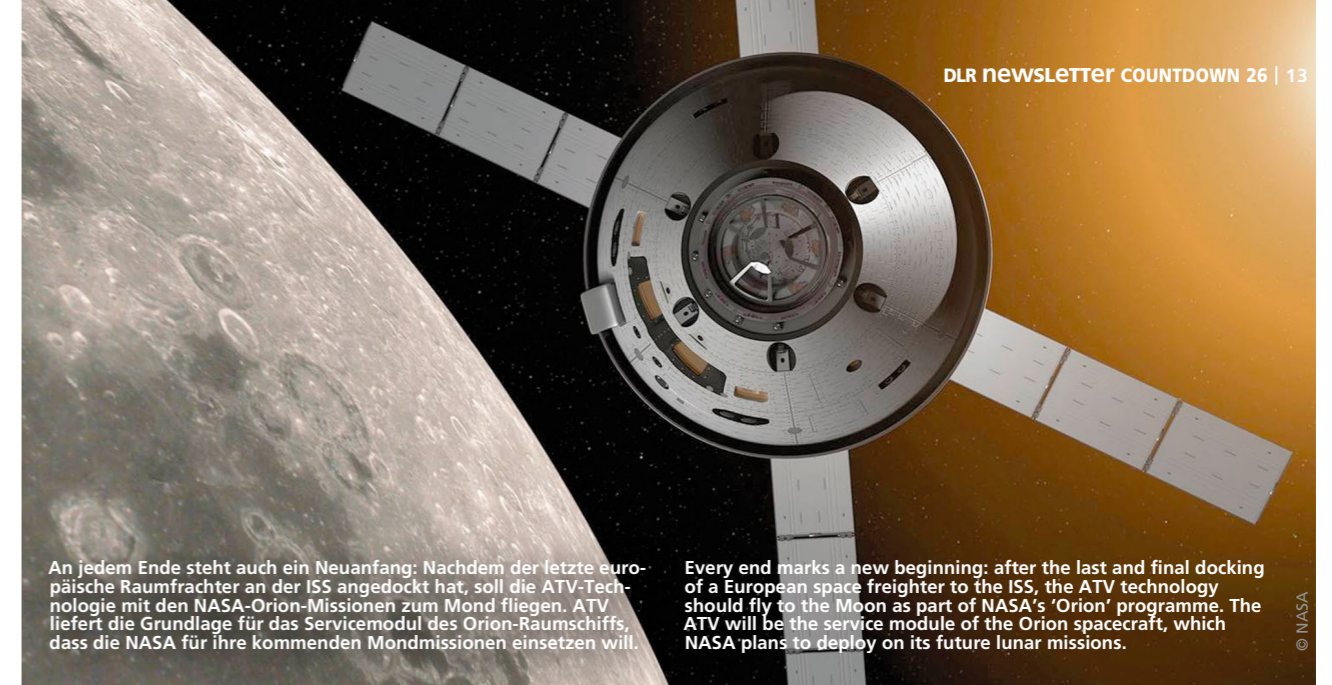
The ISS is served by a whole fleet of transporters: besides the European ATVs, the Japanese HTVs, the Russian Progress, and the American Dragon and Cygnus vehicles carry supplies to the space station. The tasks of all these vehicles differ. Except for Progress and ATV, all the others dock to the station manually with the aid of their robotic arm. So far, the ATV is the only spacecraft of its size capable of docking automatically on the ISS with that kind of precision.

### Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst hat den letzten europäischen Raumtransporter ATV-5 „Georges Lemaître“ nach dem Docking an die Raumstation entladen.

German ESA astronaut Alexander Gerst unloaded the last European transfer vehicle, ATV-5 'Georges Lemaître', after docking onto the space station.

### Im ATV-Kontrollzentrum in Toulouse wird die Reise der europäischen Raumtransporter genauestens überwacht.

The journey of the European supply vehicles is being closely monitored at the Toulouse ATV Control Centre.



An jedem Ende steht auch ein Neuanfang: Nachdem der letzte europäische Raumfrachter an der ISS andockt, soll die ATV-Technologie mit den NASA-Orion-Missionen zum Mond fliegen. ATV liefert die Grundlage für das Servicemodul des Orion-Raumschiffs, das die NASA für ihre kommenden Mondmissionen einsetzen will.

Every end marks a new beginning: after the last and final docking of a European space freighter to the ISS, the ATV technology should fly to the Moon as part of NASA's 'Orion' programme. The ATV will be the service module of the Orion spacecraft, which NASA plans to deploy on its future lunar missions.

© NASA

Raumtransporter entsorgten Müll und Dinge, die auf der ISS nicht mehr gebraucht wurden. Sie waren nach dem Abdocken meist bis zuletzt Gegenstand wissenschaftlicher Forschung – so zum Beispiel mit unterschiedlichen Wiedereintrittsflughöhen und deren Beobachtung. Bei fast allen ATV wurden mittels der sogenannten REBR die mechanischen Lasten während des Wiedereintritts aufgezeichnet. Diese Rekorder überstehen diese „heiße Phase“ und übermitteln anschließend die Daten über Satellit zur Bodenstation. Ein weiteres, besonderes Experiment war der LIRIS-Lasersensor auf ATV-5. Hier wurden dessen optische Sensoren für das Rendezvous und Docking weiterentwickelt und leistungsfähiger gemacht. So soll ein bildgebendes Verfahren entwickelt werden, damit zukünftig auch defekte Satelliten, die nicht über entsprechende Reflektoren verfügen, sicher angefliegen und repariert werden können. So könnte künftig Weltraumschrott entsorgt werden.

### Die Zukunft – ATV-Technologie für die Orion-Kapsel

Die ATV-Technologie wird in das europäische Servicemodul für die Orion-Kapsel der NASA übergehen. Als sogenanntes Barterelement, das den Europäern die Nutzung der ISS von 2017 bis 2020 sichert, wird dieses Modul derzeit federführend von Airbus Defence & Space in Bremen entwickelt. Die Phase C/D soll bis Ende des Jahres anlaufen. Zwar ist dieses Vorhaben keine Neuentwicklung wie seinerzeit bei ATV, jedoch sind andere, nicht weniger große Herausforderungen dabei zu meistern: Einerseits muss ein großes Triebwerk in das mehr oder weniger von ATV abgeleitete Antriebssegment integriert, andererseits eine Schnittstelle zur US-Kapsel geschaffen werden. Die NASA nimmt Europa erstmals auf den kritischen Pfad, das heißt sie macht sich beim Multi Purpose Crew Vehicle (MPCV) von einem europäischen Element, dem European Service Module (ESM), abhängig.

Der erste Testflug für das Gespann aus Orion-Kapsel und ESM soll 2018 unbemannt um den Mond herum erfolgen. Der Jungfernflug für eine bemannte Version ist dann für 2020/2021 geplant. Für den Fall, dass Europa die Lieferung eines zweiten Fahrzeugs beschließt, wäre sogar ein Flug um den Mond für einen europäischen Astronauten möglich, da das MPCV über vier bis sechs Plätze verfügen soll. Eine schöne Perspektive für Alexander Gerst, der am 10. November von seiner ISS-Mission „Blue Dot“ zurückkehren wird. Die NASA beabsichtigt, alle Explorationsmissionen über den niedrigen Erdbit hinaus mit der Orionkapsel zu bestreiten. Europa könnte mit etwas Mut für diese Missionen Antriebskraft, Ressourcen und Crewmitglieder einbringen.

### Transports for science and operation

In addition to its barter role – meaning the supply of cargo for the international partners – in return for exploitation resources, the ATVs carried a number of important experiments to the ISS including, for example, the EML furnace, GEOFLOW, FASES and FASTER, MagVector, SpaceTex, and WiSe-NET as well as new specimens and spares for BIOLAB. At the same time, the vehicles disposed of refuse and things that were no longer needed on the ISS. After undocking, most of them remained objects of scientific research to the last; thus, researchers observed their behaviour on different re-entry trajectories. In almost all ATVs, a system called REBR was used to record mechanical loads during re-entry. Capable of surviving the 'hot phase', these 'recorders' communicated their data to the ground station via satellite afterwards. Another unusual experiment was the LIRIS laser sensor on ATV-5, whose optical sensors for the rendezvous and docking manoeuvres were developed further to increase their performance. The objective is to arrive at an imaging process which will ensure that even defective satellites which do not have the requisite reflectors may be approached and repaired safely in the future. In this way, space debris might be disposed of safely.

### The future – ATV technology for the Orion capsule

The ATV technology will merge into the European service module for NASA's Orion capsule. A so-called barter element, which secures for the Europeans the right to exploit the ISS from 2017 to 2020, the development of this module is currently being coordinated by Airbus Defence & Space of Bremen. Phase C/D is scheduled to begin by the end of this year. Although this project is not a development from scratch as the ATV was in its time, it presents other, no less difficult challenges that have to be mastered: on the one hand, a large engine will have to be integrated into a drive segment more or less derived from that of the ATV, while on the other hand, an interface with the US capsule will have to be designed. For the first time, NASA is taking Europe along on the critical path, meaning that its Multi-Purpose Crew Vehicle (MPCV) will be dependent on a European element, the European Service Module (ESM).

The tandem of the Orion capsule and the ESM is to be first tested in an unmanned flight around the Moon late in 2018. The maiden flight for a crewed version is scheduled for 2020/2021. In case Europe should decide to deliver another vehicle, it would even be possible for a European astronaut to fly around the Moon, because it is intended for the MPCV to have four to six seats. A nice outlook for Alexander Gerst, who will return from his 'Blue Dot' mission on the ISS on November 10. NASA intends to employ the Orion capsule in all exploration missions beyond the near-Earth orbit. With a bit of courage, Europe might contribute drive energy, resources, and crew members to these missions.

# Ein steiniger Weg

Interview mit Jörg Feustel-Büechl zu ATV

Von Volker Schmid

Das Automated Transfer Vehicle ATV war einer der europäischen Beiträge zur Finanzierung der Internationalen Raumstation ISS. Doch bis der zuverlässige Schwerlasttransporter am 9. März 2008 mit einer Ariane 5ES-Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guyana abhob, musste zuvor programmatisch ein steiniger Weg zurückgelegt werden. Vor der Ministerratskonferenz 1995 in Toulouse musste ein Weg gefunden werden, den alle ESA-Mitglieds- und Partnerstaaten zu gehen bereit waren. Nach langen Verhandlungen vor und in Toulouse wurde ATV und damit auch Europas Beitrag zur Internationalen Raumstation ISS beschlossen – genau an dem Ort, von dem aus die Reise der europäischen Raumfrachter vom ATV-Kontrollzentrum aus überwacht werden sollte. Der ATV-Missionsmanager im DLR, Volker Schmid, sprach mit dem damaligen verantwortlichen ESA-Direktor für bemannten Raumflug und Schwerelosigkeitsforschung, Jörg Feustel-Büechl, über den steinigen Weg der ATV vom Programm bis zum letzten Flug.

## A Bumpy Road

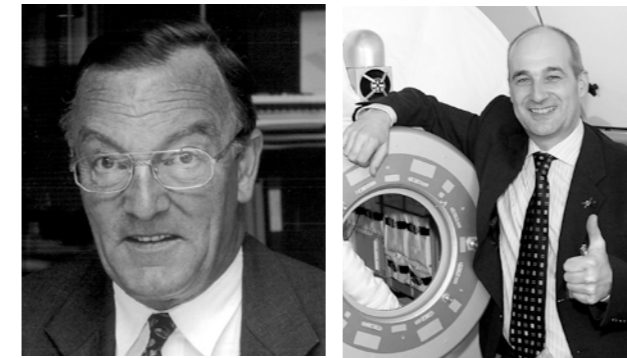
ATV Interview with Jörg Feustel-Büechl

By Volker Schmid

The Automated Transfer Vehicle ATV has been one of the contributions whereby Europe paid its way into the International Space Station. In programmatic terms, however, it was a long and difficult journey until the steadfast, heavy-duty supply vehicle eventually lifted off at the European spaceport in Kourou in French Guiana, carried by an Ariane 5ES launcher. Prior to the 1995 conference of the Ministerial Council in Toulouse, a procedure had to be found, which all ESA member states were prepared to agree on. Following extensive negotiations in the run-up to and during the Toulouse conference, the ATV programme, and thus Europe's participation in the International Space Station, ISS, was finally adopted – in the very same city as the control centre from which flights of the European supply vehicle were to be monitored. Volker Schmid, ATV mission manager at DLR, spoke to former ESA director Jörg Feustel-Büechl, who was responsible for human spaceflight and microgravity research at the time, to take a retrospective look at the bumpy road of the ATV from its beginnings to its last flight.

Erste Modellvorstellungen einer Internationalen Raumstation: Im Jahr 1995 sah die ISS auf den Plänen noch ganz anders aus als die Raumstation, die wir heute kennen.

Early models of an International Space Station: in 1995, the ISS looked very different from the space station we know today.



Autor: **Volker Schmid** ist ATV-Programm-Manager beim DLR Raumfahrtmanagement. Er hat mit dem ehemaligen ESA-Direktor für bemannten Raumflug und Schwerelosigkeitsforschung, **Jörg Feustel-Büechl**, über die Anfänge des ATV-Programms gesprochen.

Author: **Volker Schmid** is the ATV Programme Manager at the DLR Space Administration. He talked with the former ESA Director for Manned Spaceflight and Microgravity Research, **Jörg Feustel-Büechl**, about the beginning of the ATV programme.

**Schmid: Wie kam es zum ATV-Programm?**

**Feustel-Büechl:** Das war ein langer und steiniger Weg. Erste Überlegungen zu einem Ariane Transfer Vehicle (ATV) gab es schon in den 1980er-Jahren. Ariane 5 war gerade in der Vorbereitung. Im Zuge dieser Überlegungen haben wir über ein Ariane Transfer Vehicle nachgedacht – einen Transporter, der montiert auf der Ariane 5 verschiedene Nutzlasten in verschiedene Orbits befördern konnte. Ich habe dann 1994 das ESA-Direktorat zur bemannten Raumfahrt und die Mikrogravitationsforschung übernommen. Damals stand es ausgenommen schlecht um die Internationale Raumstation, damals Freedom genannt. Die Amerikaner wollten aussteigen. Die Russen wollten Ihre MIR-2-Station bauen und waren deshalb noch nicht an Bord. Wir Europäer waren also drauf und dran, die Raumstation aufzugeben. Dann sind glücklicherweise die Russen an Bord gekommen. Das hat die Raumstation wieder stabilisiert. Nun waren fünf Partner mit dabei: die USA, Russland, Japan, Kanada und wir Europäer. Nun musste ich dieses Projekt zum Laufen zu bringen. Das Columbus-Programm war in seiner alten Form mehr oder weniger eingestellt. Hermes war ebenfalls Geschichte. Wir standen also eigentlich vor einem riesigen Scherbenhaufen.

**Schmid: Wie entkamen Sie diesem Dilemma?**

**Feustel-Büechl:** Die ESA-Mitgliedsstaaten haben uns damals gesagt: Vielleicht gibt es ja eine Chance, wenn ihr das Ganze ISS-Paket attraktiver und viel billiger macht als bisher kalkuliert. Gesagt, getan. Wir haben mit dem damaligen Hauptauftragnehmer Astrium – heute Airbus Defence & Space – in Bremen über das Columbus-Labor gesprochen. Ich habe ihnen gesagt, ihr müsst Columbus halb so groß und auch bitte halb so teuer machen. Wir geben euch vier Wochen Zeit, einen solchen Vorschlag zu erarbeiten. Gleichzeitig haben wir überlegt, wie man die Restbestände des Hermes-Programms verwenden kann. Da war aber nicht mehr viel übrig: nur noch ein Raumanzug und der European Robotic Arm ERA. Den Raumanzug wollten wir eigentlich mit Deutschland

Zu Beginn der Planungen gab es drei mögliche Startauslegungen für die europäischen Raumfrachter: ATV mit einem druckbeaufschlagten Modul und einer offenen Tankträgerstruktur; ATV mit einem druckgeregelten Minilogistikmodul (MPLM); ATV mit einem sogenannten „Strongback“ und zwei nicht druckgeregelten Logistikträgern (ULC).

**Schmid: How did the ATV programme come about?**

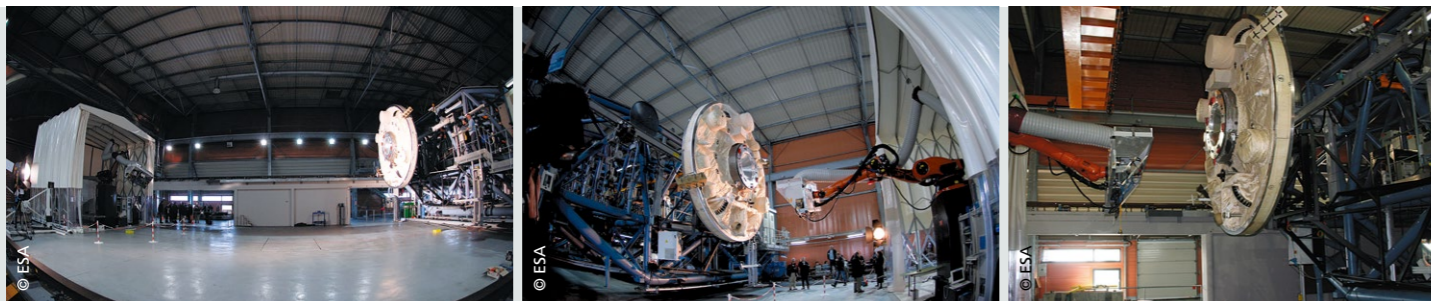
**Feustel-Büechl:** That was a long and bumpy road. The idea of an Ariane Transfer Vehicle (ATV) first cropped up in the 1980s, when preparations for Ariane 5 were underway. Following up on this idea, we thought about an Ariane transfer vehicle – a transporter which, mounted on an Ariane 5, would be capable of carrying various payloads into various orbits. Then, in 1994, I took over the ESA Directorate of Manned Spaceflight and Microgravity Research. At the time, the International Space Station – then called Freedom – was in a bad way. The Americans wanted to drop out. The Russians wanted to build their MIR2 station, and so were not yet on board. Consequently, the Europeans were on the brink of abandoning the idea of a space station altogether. Then, happily enough, the Russians joined, which stabilised things again. Now, there were five partners, the USA, Russia, Japan, Canada, and us Europeans. My task was to get the project going. The Columbus programme had been more or less discontinued in its old configuration. Hermes had been abandoned. Thus, we really had a mess on our hands.

**Schmid: How did you escape from this dilemma?**

**Feustel-Büechl:** At the time, the ESA member states told us, maybe you have a chance if you make the entire ISS package more attractive and much cheaper than hitherto calculated. So we got down to it. We talked about the Columbus laboratory with Astrium (today Airbus Defence & Space) of Bremen, the prime contractor at the time. I told them, you must cut the size of Columbus by half and its cost as well, if possible. We will give you four weeks to develop a proposal. At the same time, we were considering how to use the leftovers from the Hermes programme. However, there was not a great deal left: only a space suit and the European Robotic Arm (ERA). Originally, we had intended to do the space suit together with Germany. However, the project died because the German side

In its early planning phase, the European transfer vehicle was considered in three conceivable launch configurations: ATV with a pressurised module and an open truss structure; ATV with Mini Pressurised Logistic Module (MPLM); ATV with a so-called 'Strongback' and two Unpressurised Logistics Carriers (ULCs).





Auf der 120 Tonnen schweren mobilen Plattform (rechts) wurde die ATV-Andockstelle der ISS nachgebaut. Gegenüber, auf der linken Seite, wurden die Flugsensoren auf den Arm eines Industrie-Roboters montiert. Die Relativgeschwindigkeit zwischen den beiden Geräten war genau so hoch, wie sie beim Andockmanöver zwischen Jules Verne und der ISS erwartet wurde.

A 120-ton mobile platform (right) fitted with a set of passive rendezvous targets (retroreflectors), identical to the ones installed on the ISS. Opposite on the left, flight sensors mounted on an articulated industrial robotic arm. The relative motion between the two is identical to that of the 2008 rendezvous between Jules Verne and the ISS.

zusammen machen. Der Anzug starb dann aber, weil die deutsche Seite nicht mitmachen wollte. Deswegen ist aus dem Hermes-Programm eigentlich nur der Roboterarm übriggeblieben, den die Holländer umgesetzt haben. Genau hier kommt ATV (von da ab Automated Transfer Vehicle genannt) ins Spiel: Wir haben den Transporter als zusätzlichen wichtigen Bestandteil ins Rennen um die Raumstation geschickt. ATV war damals von ganz besonderer Bedeutung, weil uns das Programm damit erlaubt hat, die Betriebskosten nicht mit Geld, sondern in Form von Naturalien – also Lieferungen – zu bestreiten. Wir haben dann innerhalb kürzester Zeit ein Angebot zum Columbus-Labor von Airbus in Bremen bekommen, das in der Tat nur halb so teuer war und überraschender Weise nahezu dieselben Fähigkeiten wie das doppelt so große Modul hatte. Dann haben wir noch ein Angebot von Aerospaziale für ein ATV bekommen und haben die Holländer mit dem Roboterarm an Bord gebracht. Dadurch hatten wir nun ein ISS-Programm, das aus diesen drei wesentlichen Teilen bestand. Damit hatten wir 1994 – vor der entscheidenden ESA-Ministerratskonferenz in Toulouse – ein konsensfähiges europäisches ISS-Programm und haben dann monatelang mit unseren Delegationen verhandelt.

**Schmid:** Danach kam dann Toulouse?

**Feustel-Büechl:** Ja, dann kam Toulouse. Vom 18. bis zum 20. Oktober 1995 wurde das Schicksal der ISS verhandelt. Parallel

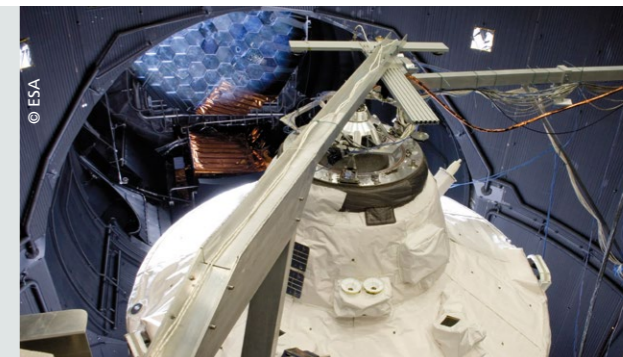
refused to play. Consequently, all that was left of the Hermes programme was the ERA which was implemented by the Dutch. This is the point at which the ATV (called Automated Transfer Vehicle from then on) came in: we threw in the transporter as an additional important element in the contest about the space station. At the time, the ATV was of particular significance because the project enabled us to pay our share in the operating cost not in cash but in kind, i.e. in deliveries. Within the shortest possible time, airbus of Bremen presented an offer on the Columbus laboratory that was indeed only half as expensive and surprisingly had almost the same capabilities as the old module of twice the size. Then, Aerospaziale submitted an offer for an ATV, and the Dutch joined with their ERA. Thus, we had a European ISS programme that was capable of consensus in 1994, about which we negotiated for months with our delegations before the crucial meeting of the ESA Ministerial Council in Toulouse.

**Schmid:** Then came Toulouse?

**Feustel-Büechl:** Yes, Toulouse came next. From October 18 to 20, 1994, the fate of the ISS was debated. Simultaneously, of course, we talked to the other international partners and concluded an Intergovernmental Agreement (IGA). With NASA, we also signed a Memorandum of Understanding (MoU). This

Beim Thermal-Vakuum-Test werden die extremen Umgebungsbedingungen in der Erdumlaufbahn simuliert. Dabei erzeugen Xenon-Hochdruck-Lampen (blaue Wabenstrukturen im Bild) die entsprechende Solarstrahlung in einer evakuierten und tiefgekühlten Testkammer. Das ATV und seine Komponenten werden dadurch unter annähernd realen Weltraumbedingungen getestet.

The thermal-vacuum test simulates the extreme conditions the ATV will experience in orbit. Xenon high-intensity discharge lamps (the blue honeycomb structures in the picture) are used to simulate the solar radiation in an evacuated, low-temperature test chamber. The ATV and its components can thus be tested under conditions almost identical to those prevailing in space.



dazu haben wir natürlich mit den anderen internationalen Partnern gesprochen und ein Intergovernmental Agreement (IGA) geschlossen. Mit der NASA haben wir noch ein Memorandum of Understanding (MoU) unterzeichnet, in dem sich nur die Amerikaner und die Europäer verständigt haben. Dieses Gesamtpaket haben wir dann in Toulouse zur Entscheidung gebracht. Das war eine sehr spannende Sitzung. Die ESA-Ministerratskonferenz ging wie üblich über zwei Tage. Am ersten Tag wurde diskutiert und am zweiten entschieden. Am ersten Tag konnte man nicht zu einer Einigung kommen. Deswegen haben die Minister verabredet, sich am Abend noch einmal zu treffen. Das ging um 20 Uhr los. Um 22 Uhr sind dann die ersten "ausgefallen", um Mitternacht die nächsten. Da hat dann auch der ESA-Generaldirektor Jean-Marie Luton gepasst. Er hatte große Zahnschmerzen – also echte Zahnschmerzen. Keine Schmerzen wegen der Programme. Da war ich dann als einziger ESA-Vertreter in dem Rahmen übriggeblieben. Wir haben bis um fünf Uhr früh weiterverhandelt. Das war geistig und körperlich anstrengend. Am Ende waren nur noch zwei übrig: der CNES-Direktor und meine Wenigkeit. Wir haben dann die letzten Papiere geschrieben und sie den Ministern unter der Zimmertür im Hotel durchgeschoben.

**Schmid:** Ein harter Schlusspurt. Haben sich diese Anstrengungen gelohnt?

**Feustel-Büechl:** Ja, in der Tat. Mit dieser nächtlichen Version waren alle einverstanden und am nächsten Tag lief alles wie geschmiert. Die Entscheidungsträger haben dann unter der Führung des belgischen Ministers für Wissenschaftspolitik, Yvan Ylief, in einer Gewaltaktion alles durchgepeitscht. Er hat mit seiner Durchsetzungskraft sämtliche Entscheidungen – nicht nur die für die ISS – zum Tragen gebracht. Dadurch war die Konferenz am Ende sehr erfolgreich. Die Raumstation war beschlossen. Da waren ich und mein Team – wir waren so um die 200 Leute – mehr als nur erleichtert, dass die Raumstation am Ende wieder auf die Beine kam, das gesamte Programm inklusive ATV beschlossen wurde und so der Traum von der ISS Wirklichkeit werden konnte.

**Schmid:** Was war die größte Herausforderung im ATV-Programm?

**Feustel-Büechl:** Nicht die Finanzierung. Die hatten wir relativ klar sichergestellt. Wir hatten über das Columbus-Labor, die anderen Elemente und ATV sehr fundierte Kostenschätzungen erhalten. Ich hatte damals ja schon gut 30 Jahre Erfahrung in der Industrie und in der ESA. Deshalb habe ich versucht, einen Puffer einzubauen, damit wir über mögliche Schwierigkeiten hinwegkommen könnten. Zu meinem allergrößten Erstaunen hat die Industrie in Bremen die halbierten Kosten für die Columbus-Entwicklung voll eingehalten. Allerdings gab es bei der ATV-Entwicklung erhebliche Kostenüberschreitungen, die wir erst einmal über den internen Puffer auffangen konnten. Das reichte aber nicht aus. Insgesamt ist das ATV-Projekt erheblich überschritten worden.

was just between the Americans and the Europeans. We tabled this entire package in Toulouse. It was a very exciting meeting. As usual, the conference of the ESA Ministerial Council lasted two days. Also as usual, the first day was used for discussions and the second for decision-making. Because no agreement could be reached on the first day, the ministers decided to meet again in the evening, starting at 8 pm. At 10 pm, some dropped out, followed by others at midnight. Even ESA's Director General, Jean-Marie Luton, threw in the towel. He had a raging toothache – a genuine toothache, not related to the programme. So, I was left as the only ESA representative at the meeting. We went on negotiating until five in the morning, a great mental and physical strain. At the end, only two were left: the director of CNES and myself. Together, we wrote the last few papers and pushed them under the doors into the ministers' hotel rooms.

**Schmid:** A tough final sprint. Did your labours pay off?

**Feustel-Büechl:** They did. Everyone agreed with our nocturnal version, and the next day everything went smoothly. Led by the Belgian Minister of Science Policy, Yvan Ylief, the decision-makers whipped everything through in a rush. It was him and his assertiveness that ensured that all decisions went through, not only those concerning the ISS. Because of this, it was a very successful conference in the end. The space station was endorsed. I and my team – around 200 people – were more than relieved that the space station had been put back on its feet in the end, the entire programme including the ATV had been approved, and the dream of the ISS could come true.

**Schmid:** What was the greatest challenge posed by the ATV programme?

**Feustel-Büechl:** It was not funding, for that had been secured in relatively clear terms. We had obtained extremely sound cost estimates for the Columbus laboratory, the other elements, and the ATV. At the time, I myself had had some 30 years of experience with the industry and with ESA. This is why I tried to factor in a bit of buffer to tide us over any possible difficulties. I was extremely amazed to find that the Bremen industry fully conformed to the 50 per cent cost limit for the development of Columbus. At the same time, there were considerable cost overruns in the development of the ATV, which we initially absorbed with our internal buffer. However, that was not enough. All in all, the cost of the ATV project was exceeded considerably.

**Schmid:** What made the cost of the ATV go up?

**Feustel-Büechl:** When the Columbus laboratory was developed, the industry had a lot of experience from the German-American Spacelab missions of the 1980s to fall back on. The ATV, however, is completely different. The vehicle was all new, and possibly the most complex piece of equipment which ESA



Auf der ESA-Ministerratskonferenz 1995 in Toulouse verabschiedeten die zuständigen Minister die programmatischen Meilensteine für Europas Beitrag zur Internationalen Raumstation ISS. Auch das ATV-Programm wurde hier beschlossen und die europäischen Raumtransporter somit Wirklichkeit.

At the 1995 ESA Ministerial Council Conference in Toulouse, the ministers signed the programmatic cornerstones of the European participation in the International Space Station ISS. An agreement on the ATV programme was also signed in Toulouse, which finally made the European space transport vehicle a reality.

Vordere Reihe von links nach rechts: G. Salvini (Italien), I. Taylor (Großbritannien), G.J. Wilers (Niederlande), A. Breiby (Norwegen), F. Fillon (Frankreich), Y. Ylief (Belgien), J. Rüttgers (Deutschland), J.M. Eguigaray (Spanien), J.-M. Luton (ESA Generaldirektor)  
Hintere Reihe: K. Larsen (Dänemark), P.G. Winters (Vorsitzender der ESA-Ministerratskonferenz), S. Heckscher (Schweden), W.M. Evans (Präsident der Canadian Space Agency), P. Rabbittie (Irland), R. Kneucker (Österreich), A. Kalliomäki (Finnland), M. Parr (Norwegen)

Front row (from left to right): G. Salvini (Italy), I. Taylor (United Kingdom), G. J. Wilers (The Netherlands), A. Breiby (Norway), F. Fillon (France), Y. Ylief (Belgium), J. Rüttgers (Germany), J. M. Eguigaray (Spain), J.-M. Luton (Director General, ESA)  
Back row: K. Larsen (Denmark), P. G. Winters (Chairman, ESA Council at Delegate Level), S. Heckscher (Sweden), W. M. Evans (President, Canadian Space Agency), P. Rabbittie (Ireland), R. Kneucker (Austria), A. Kalliomäki (Finland), M. Parr (Norway)

### Schmid: Warum sind die ATV-Kosten gestiegen?

**Feustel-Büechl:** Bei der Entwicklung des Columbus-Labors hatte die Industrie viel Erfahrung mit den deutsch-amerikanischen Spacelab-Missionen der 1980er-Jahre. ATV ist aber etwas ganz anderes. Der Transporter war ein völlig neues und vielleicht das komplizierteste Gerät, das die ESA je bauen ließ – zumindest wird das behauptet. Ich kann das nicht hundertprozentig bestätigen, aber ich kann das zumindest in einigen Teilen gut nachvollziehen.

### Schmid: Warum wurde ATV so komplex?

**Feustel-Büechl:** Die größte Schwierigkeit bei ATV war, dass wir einerseits alle Forderungen der NASA und andererseits die der Russen erfüllen mussten: Die Amerikaner sind die Hauptträger der Raumstation und haben mit einem Zweidrittelanteil das Sagen auf der ISS. Außerdem dockt ATV am russischen Progress-Port an, damit es die Station per Reboost-Manöver anheben kann. Die NASA hat gefordert, dass ATV alle Anforderungen der bemannten Raumfahrt erfüllen muss, weil der Transporter an die bemannte Station andockt und dort auch als Wohnraum zur Verfügung steht. Von daher hatten die Amerikaner erst einmal einen ganzen Forderungskatalog auf uns getürrt. Dazu kamen dann auch noch alle Sonderwünsche der Russen. Wir mussten russischen Treibstoff mitnehmen. Wir mussten den russischen Dockingport benutzen. Wir mussten das Reboost-Manöver kompatibel mit dem des Progress-Raumschiffes machen. Und noch vieles mehr. Manchmal hatte ich den Eindruck, die beiden Organisationen haben sich gegenseitig überboten, um uns mit immer neuen Forderungen zu quälen. Dadurch wurde ATV immer komplizierter. Irgendwann hat die Industrie dann gesagt, wir können diesen Aufwand nicht mehr im ursprünglichen Kostenrahmen leisten. Das kam dann beim Critical Design Review (CDR) heraus. Danach mussten wir das gesamte ATV-Projekt auf eine neue Basis stellen. Die steigenden Kosten waren natürlich eine Konsequenz. Aber die wirkliche Herausforderung war das Aufeinanderstapeln der amerikanisch-russischen Forderungen.

### Schmid: Können Sie sich noch an die Reaktionen der internationalen Partner nach der ersten ATV-Mission „Jules Verne“ erinnern? Hat man den Europäern so etwas zugezagt?

**Feustel-Büechl:** Als wir ganz am Anfang des Programms die Diskussion über die ATV-Missionsanforderungen führten und dann die vielen amerikanisch-russischen Anforderungen kamen, hatte ich den Eindruck, dass weder Amerika noch Russland wollten, dass wir ATV wirklich zustande bringen. Ich hatte auch die Befürchtung, dass wir wirklich irgendwann einmal aufgeben müssen. Aber als wir dann bei der Entwicklung große Fortschritte gemacht und das erste ATV in der Erprobung hatten, da hatte sich das Blatt gewendet. Da haben NASA und Roskosmos uns schon zugetraut, dass wir diese Herausforderung schaffen können. Nachdem die erste Mission „Jules Verne“ so erfolgreich verlaufen ist, fiel mir echt ein Stein vom Herzen. Da waren viele Stolpersteine dabei, die wir umgehen mussten: Anflug und Wiederabkoppeln, Wegfliegen von der Station und neuerliches Ankoppeln und viele andere Qualifikationsanforderungen für den Erstflug. ATV-1 musste viele Manöver immer wieder durchführen, um nachzuweisen, dass wirklich alles funktioniert. Ich glaube spätestens nach „Jules Verne“ waren alle davon überzeugt, dass wir Europäer in der Lage waren, so eine komplexe Mission von A bis Z zu stemmen. Das heißt, wir waren eigentlich immer davon überzeugt. Aber diese vielen Anforderungen haben uns teilweise schon arge Kopfschmerzen bereitet.

### Schmid: Was empfinden Sie heute – nach dem Ende des ATV-Programms für den europäischen Transporter?

**Feustel-Büechl:** Heute habe ich doch recht gemischte Gefühle. Zum einen ist es natürlich schön, dass wir mit der letzten Missi-

had ever built – or so it is said. I cannot confirm that one hundred per cent, but I can understand it, at least in some respects.

### Schmid: Why did the ATV become so complex?

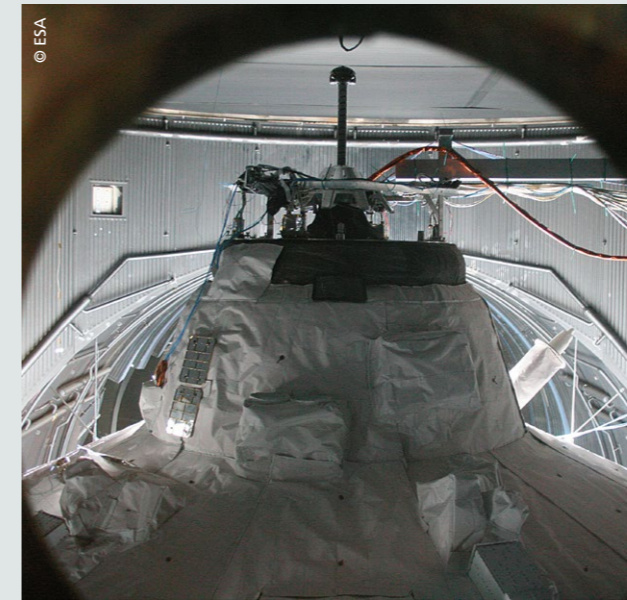
**Feustel-Büechl:** The greatest difficulty about the ATV was that we had to comply with every demand made by NASA on the one hand and the Russians on the other. The Americans are the biggest sponsors of the space station and, as they hold a share of two thirds, what they say goes. Moreover, the ATV docks with the Russian Progress port so that it can raise the station by re-boosting. NASA demanded that the ATV should meet all requirements applying to manned space vehicles because it docks with the space station and is used as living quarters. Thus, the Americans started by swamping us with a whole catalogue of requirements. On top of that, the Russians had their own special requests. We had to carry Russian fuel. We had to use the Russian docking port. We had to make the re-boost manoeuvre compatible with that of the Progress spacecraft. And so on, and so forth. Sometimes, I had the impression that the two organisations tried to outdo each other in pestering us with strings of ever-new requirements. Consequently, the ATV became more and more complicated. There came a time when the industry told us that they were unable to keep an effort this size within the original cost limits. This emerged during the critical design review (CDR). After that, the entire ATV project had to be put on a new footing, and cost increases were a natural consequence. But the real challenge was the stack of American and Russian demands.

### Schmid: Can you still remember how the international partners reacted to the first ATV mission, 'Jules Verne'? Did they think the Europeans were capable of such a thing?

**Feustel-Büechl:** When, at the very start of the programme, we discussed the ATV mission requirements and the Americans and Russians made their numerous demands, my impression was that neither America nor Russia wanted us to succeed with the ATV. And I did fear that we would really have to give up at some time. But once we had made great strides in the development of the vehicle and were testing the first ATV, the situation turned. Then, both NASA and Roskosmos indeed thought that we might cope with this challenge. And when the first mission, 'Jules Verne', was such a great success, that took a great load off my mind. There had been many stumbling blocks which we had to circumnavigate: the approach, the undocking manoeuvre, flying away from the station, re-docking, and many other qualification requirements for the first flight. There were many manoeuvres which ATV-1 had to repeat again and again to prove that everything really did work. In my opinion, it was after 'Jules Verne' that everyone was convinced that we Europeans were indeed capable of coping with such a complex mission from A to Z. To be sure, we were always convinced of that. But the numerous requirements did give us some bad headaches here and there.

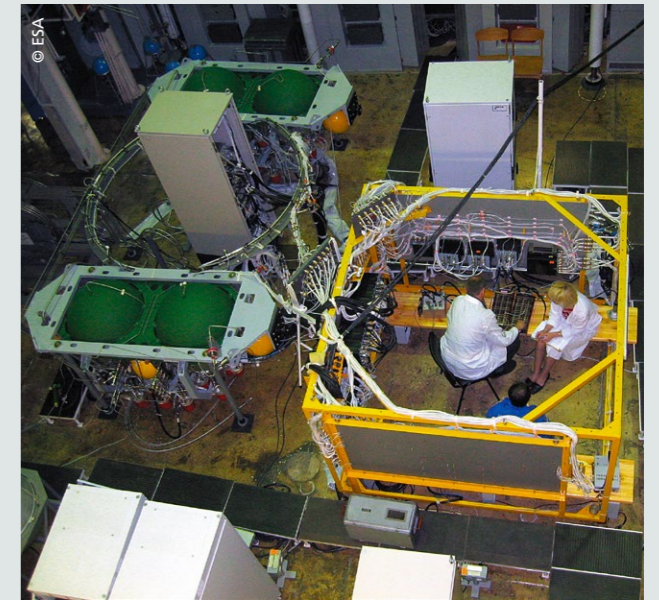
### Schmid: How do you feel now after the end of the ATV programme for the European transporter?

**Feustel-Büechl:** Today, my feelings are quite mixed. On the one hand, it is of course a good thing that, counting the last mission, we succeeded in bringing a total of five ATVs to the International Space Station. On the other hand, I also feel sad because the way in which the mission was implemented represents a truncated version of the original ATV programme. At the time, I myself negotiated with Arianespace about ten missions. We were really quite optimistic that we would be able to fly at least ten if not more missions. But then, the cost of producing the ATV rose steeply, so we had to find another solu-



Der ATV-Dockingmechanismus ist eine hochkomplexe Angelegenheit: Ein Drehstab am Ende des ATV-Dockingmoduls gleitet beim Ankoppeln in das Dockingmodul der ISS und zieht das Raumschiff an die ISS heran. Über mehrere Bolzen und Haken wird dann eine dichte Verbindung hergestellt.

The ATV docking technology is quite complex: the manoeuvre involves a torque rod attached to the ATV module slipping into the ISS docking port and pulling up the capsule to the station. An airtight connection with the ISS is made by tightening several bolts and hooks.



Das russische „Equipment Control System“ wird bei RSC-Energia in Korolyov in der Nähe von Moskau hergestellt. Dieses Kontrollsystem wird in das druckbeaufschlagte Transportmodul des ATV-1 „Jules Verne“, das an die ISS andockt, eingebaut. In 20 Transportboxen wurde das System zum ESA-Standort ESTEC in Noordwijk verschifft, wo es mit Hilfe von russischen Ingenieuren in das erste ATV-Flugmodell eingesetzt wurde.

Built in Korolyov near Moscow by RSC-Energia, the Russian Equipment Control System was installed in the pressurised cargo carrier module of the ATV Jules Verne to dock with the ISS. Shipped in about 20 boxes, the system was integrated into the first ATV flight model, a job performed at ESA's ESTEC facility in Noordwijk by a team that included a number of Russian engineers.

on insgesamt fünf ATV erfolgreich zur Internationalen Raumstation ISS gebracht haben. Auf der anderen Seite bin ich auch traurig, weil die umgesetzte Missionsplanung das ursprüngliche ATV-Programm erheblich verkürzt hat. Ich habe damals selbst noch zehn Missionen mit Arianespace verhandelt. Damals waren wir eigentlich noch ziemlich optimistisch, dass wir mindestens zehn, wenn nicht noch mehr Missionen fliegen könnten. Aber dann sind die Produktionskosten für ATV stark gestiegen, so dass wir eine andere Lösung finden mussten. Also wie gesagt – gemischte Gefühle: Zum einen Freude über die erfolgreichen Missionen. Zum anderen tiefes Bedauern, das ATV schon zu Ende geht.

### Schmid: Sie hatten also nie Zweifel am Erfolg des Programms?

**Feustel-Büechl:** Auf der Kippe stand ATV eigentlich nie. Das Projekt war zwar schwierig und wir hatten unsere Probleme. Aber wir haben nie darüber gesprochen, es einzustellen. Das war nie Thema. ATV durfte ja auch nicht scheitern: Wir Europäer tragen vom westlichen ISS-Anteil ungefähr acht Prozent und vom Gesamtanteil rund 5,3 Prozent mit unseren Beiträgen zur Raumstation. Trotzdem sind die Betriebskosten der Station sehr hoch. Acht Prozent von 2,3 Milliarden Euro im Jahr in Cash zu entrichten, wäre für Europa ein riesiger finanzieller Aufwand gewesen. Keiner wollte so viel Geld in die Hand nehmen und ein paar hundert Millionen an die Amerikaner bezahlen. Das Columbus-Labor kann zum europäischen Betriebskostenanteil nicht beitragen. Etwas anderes hatte man nicht. ATV war also im Grunde unsere einzige Chance, die Betriebskosten in Form von Lieferungen zu bezahlen. Wir hatten deshalb frühzeitig Vereinbarungen mit allen unseren Partnern getroffen, dass wir mit ATV-Missionen – alle 15 Monate war eine geplant – unsere Betriebskosten ableisten und somit unsere ISS-Verpflichtungen erfüllen. Das ist ja jetzt mit dem neuen Element Multi Purpose Crew Vehicle (MPCV) auch so.

tion. As I said, mixed feelings: On the one hand, happiness at the success of the missions. On the other, deep regret that ATV is already over.

### Schmid: So you never doubted the success of the programme?

**Feustel-Büechl:** ATV never was really on the brink. It is true that the project was difficult, and we had our problems. But we never talked about discontinuing it. That was never an issue. After all, the ATV could not be allowed to fail. We Europeans contribute about eight per cent of the Western share in the ISS and around 5.3 per cent of the total. At the same time, the cost of operating the station is very high. Paying eight per cent of 2.3 billion Euros per year in cash would have been a huge financial effort for Europe. No one was prepared to spend so much money, paying a few hundred millions to the Americans. The Columbus laboratory is no contribution towards the European share in the operating cost, and we had nothing else. Basically, therefore, the ATV was our only chance to pay for the operating cost by deliveries. Consequently, we had agreed with all our partners at an early time that we would pay our share with ATV missions – scheduled at 15-month intervals – and thus fulfil our obligations towards the ISS. The same holds true now for the new Multi Purpose Crew Vehicle (MPCV).

# Columbus Eye

Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht

Von Johannes Wepler und Dr. Andreas Rienow

In den 1970er-Jahren ging ein Foto der Apollo 17-Mission um die Welt, das uns die einzigartige und verletzliche Schönheit des blauen Planeten vor Augen geführt hat. Seit der berühmten „Blue Marble“-Aufnahme wurde eine Vielzahl von Sensoren entwickelt, deren Bilder heutzutage überall im Alltag zu finden sind. Diese Daten geben uns eine neue Perspektive: Die Erforschung räumlicher Muster bleibt nicht auf den begrenzten Radius des menschlichen Auges beschränkt. Sie weitet sich auf das Globale und Unsichtbare aus. Die messbare Welt hinter diesen faszinierend-bunten Bildern kommt nun vom Weltall ins Klassenzimmer und vermittelt so spannend und bildlich komplexe Inhalte der naturwissenschaftlich-technischen (MINT)-Fächer an die Schüler. Das vom Raumfahrtmanagement des DLR mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Projekt „Columbus Eye – Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ der Universität Bonn arbeitet deshalb seit dem Jahr 2013 daran, die Bilder und Videos des „High Definition Earth Viewing“ (HDEV)-Programmes der NASA in den Unterricht zu bringen. Die Schüler bekommen so den Wert von Raumfahrt und Erdbeobachtung für unsere Umwelt und unsere Gesellschaft vermittelt und entdecken gleichzeitig, wie einzigartig und verletzlich unsere Erde ist.

## Columbus Eye:

Live Imagery from the ISS in the Classroom

By Johannes Wepler and Dr. Andreas Rienow

In the 1970s, a photo taken by the Apollo 17 mission made its way around the world. It opened our eyes to the unique and vulnerable beauty of our blue planet. Since this famous 'blue marble' photo was taken, a multitude of sensors have been developed whose images are now all around us. Their data offer an entirely new perspective: the exploration of spatial patterns is no longer restricted to the limited scope of the human eye; it now extends to the global and the invisible. The measurable world behind these exciting, colourful images from space has now finally arrived in the classroom, providing illustrative, fascinating teaching resources for courses in science, technology, engineering, and mathematics, known as the STEM subjects. 'Columbus Eye – Live Imagery from the ISS in Schools', a University of Bonn project sponsored by the DLR Space Administration with funds from the Federal Ministry of Economic Affairs and Energy (BMWi) has been working since 2013 to process images and videos from NASA's High Definition Earth Viewing (HDEV) programme for educational purposes. Pupils are to learn about the benefits of spaceflight and Earth observation for society and the environment, while at the same time discovering the uniqueness and vulnerability of our planet.



Autoren: **Johannes Wepler** leitet in der Abteilung Bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration des DLR Raumfahrtmanagements das Projekt Columbus Eye. **Dr. Andreas Rienow** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Fernerkundung am Geographischen Institut der Universität Bonn. Er arbeitet in den didaktisch orientierten und vom DLR geförderten Projekten „Columbus-Eye - Live-Bilder von der ISS im Schulunterricht“ und „Fernerkundung in Schulen“. Authors: **Johannes Wepler** directs the Columbus Eye project in the Human Spaceflight, ISS and Exploration Department of the DLR Space Administration. **Dr. Andreas Rienow** is a research fellow with the Remote Sensing Research Group at the Geography Department of the University of Bonn. He works for 'Columbus Eye – Live Imagery from the ISS in Schools' and 'Remote Sensing in Schools', two educational initiatives funded by DLR.

### Das Auge des Columbus: Vier Kameras, drei Perspektiven

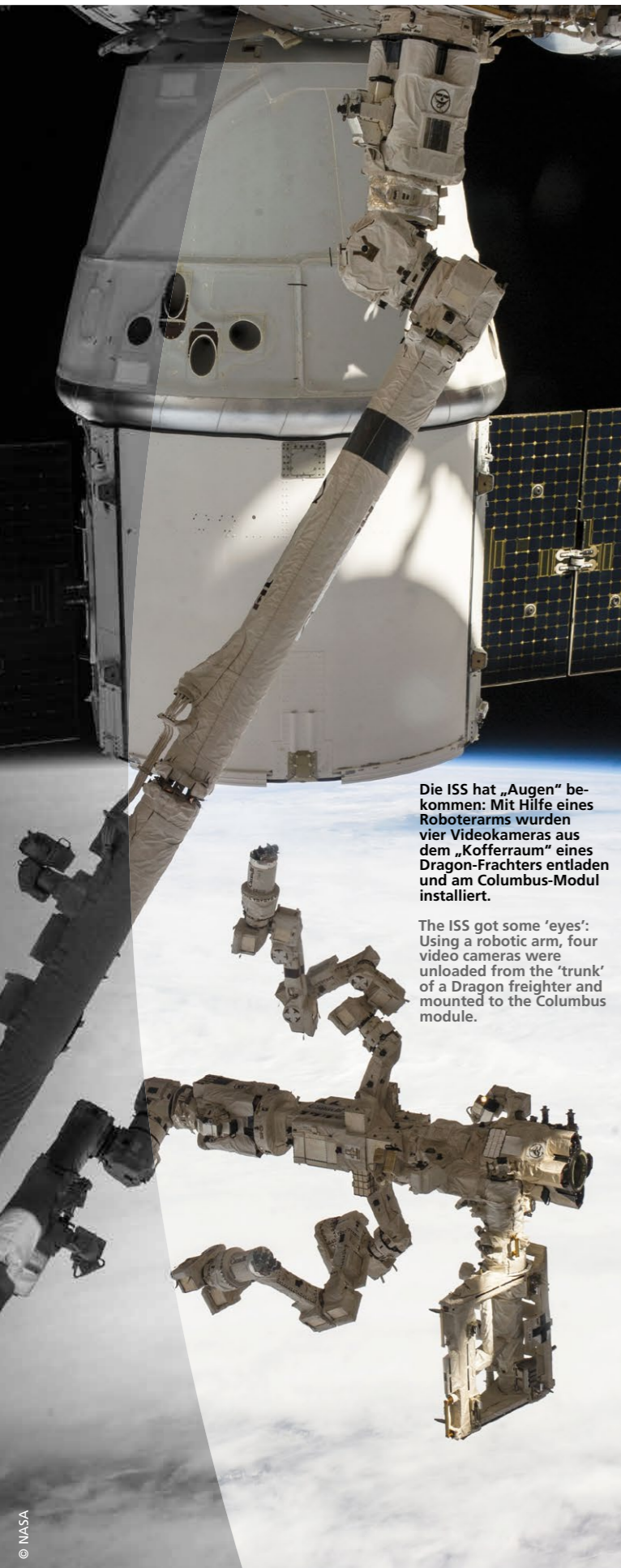
Ein Dragon-Raumschiff des amerikanischen Unternehmens SpaceX hat im April 2014 eine Plattform mit vier handelsüblichen HD-Videokameras zur Internationalen Raumstation geliefert. Mit Hilfe des kanadischen Roboterarms der Station wurde die Plattform aus dem offenen „Kofferraum“ des Frachters gehoben und außen am europäischen Labormodul Columbus montiert – eine Premiere im ISS-Programm. Die vier Kameras der Firmen Panasonic®, Sony®, Hitachi® und Toshiba® decken insgesamt drei Blickrichtungen ab: rückgerichtet (Aft), vorgerichtet (Forward) und Draufsicht (Nadir). Die verschiedenen Perspektiven in Kombination mit der Dynamik der ISS bieten nicht nur schöne Live-Bilder von den Auf- und Untergängen der Sonne und des Mondes, sondern auch regelmäßige Aufnahmen von nur schwer zugängliche Landschaften wie Hochgebirgen, Wüsten und tropischen Regenwälder. Die moderate räumliche Auflösung gepaart mit der hohen Wiederholrate der ISS ist besonders gut geeignet, anhand von Wolkenbildungen und -bewegungen meteorologische Phänomene wie Taifune zu verfolgen. Das Projekt HDEV wurde von der NASA ins Leben gerufen, um zum einen die robotische Installation von externen Nutzlasten zu testen und zum anderen die Tauglichkeit der vier Kameras für zukünftige Missionen zu Mond und Mars zu überprüfen. Die spektakulären Videoaufnahmen der Erde sind daher eigentlich nur ein netter Bonus.

### The Eye of Columbus: four cameras, three perspectives

In April 2014, the International Space Station received a platform with four commercial HD video cameras, flown into orbit by a Dragon spacecraft of the US company SpaceX. With the aid of the station's Canadian robotic arm, the platform was lifted from the open 'trunk' of the freighter and installed on the outside of the European Columbus laboratory module – a premiere in the ISS programme. Made by Panasonic®, Sony®, Hitachi®, and Toshiba®, the four cameras look in three directions: aft, forward, and nadir. Combined with the dynamics of the ISS, these perspectives provide not only beautiful live images showing the Sun and the Moon rising and setting but also continuous pictures of landscapes that are difficult to access, such as mountain ranges, deserts, and tropical rainforests. The high repetition rate of the ISS, along with a moderate spatial resolution, makes the system ideal for tracking meteorological phenomena like typhoons on the basis of cloud formations and movements. The HDEV project was set up by NASA to test the robotic installation of external payloads and to verify the suitability of the cameras for future missions to the Moon and to Mars.

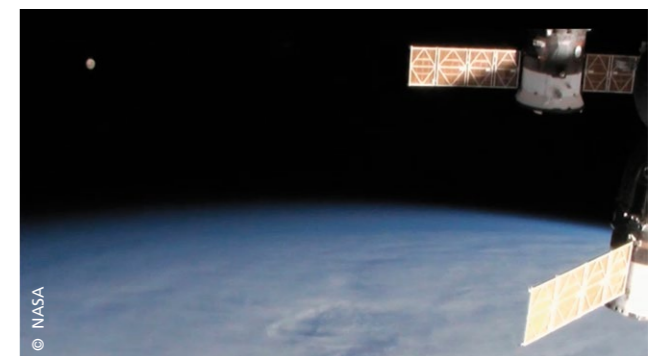
### From space to the Internet: the web portal of the University of Bonn

Since May 15, 2014, the impressive videos of the HDEV programme have become freely available online both on NASA



Die ISS hat „Augen“ bekommen: Mit Hilfe eines Roboterarms wurden vier Videokameras aus dem „Kofferraum“ eines Dragon-Frachters entladen und am Columbus-Modul installiert.

The ISS got some 'eyes': Using a robotic arm, four video cameras were unloaded from the 'trunk' of a Dragon freighter and mounted to the Columbus module.



Vier handelsübliche Kameras, drei atemberaubende Perspektiven: Die Kameras von Panasonic und Sony sind rückgewandt und zeichnen Bilder hinter der ISS auf, während die Hitachi-Kamera nach vorne und die Toshiba-Kamera direkt nach unten blickt.

Four commercial cameras, three breath-taking scenes: the Panasonic and Sony cameras are pointing towards the rear and record images of what lies behind the ISS, while the Hitachi camera looks ahead and the one by Toshiba points directly downwards.

### Vom Weltall ins Internet:

#### Das Webportal der Universität Bonn

Seit dem 15. Mai 2014 sind die beeindruckenden Videos des HDEV-Programmes online auf NASA-Seiten und unter [www.columbuseye.uni-bonn.de](http://www.columbuseye.uni-bonn.de) frei zugänglich. Das Portal wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Gunter Menz in der Arbeitsgruppe Fernerkundung des Geographischen Instituts der Universität Bonn entwickelt. Voraussetzung für das Projekt „Columbus Eye“ ist eine Kooperation des DLR mit der NASA, die sämtliche Kameraaufnahmen von der ISS für „Columbus Eye“ zur Verfügung stellt. Unter der Regie eines Kontrollzentrums der NASA am Marshall Space Flight Center in Huntsville (Alabama) werden die Mitarbeiter und Studenten des Projekts außerdem in die nötigen Softwarewerkzeuge für den Empfang der Videos und die Steuerung der Kameras eingewiesen. So können die Kameras künftig von Bonn aus gesteuert werden.

#### „Lass mich auch mal“: Schüler arbeiten mit ISS-Bildern

Während die Live-Videos der Kameras schon jetzt im Columbus Eye-Portal zu sehen sind, stehen in Kürze auch das HDEV-Archiv und die ersten interaktiven Lernmaterialien bereit. Die beiden wissenschaftlichen Columbus Eye-Mitarbeiter Henryk Hodam und Dr. Andreas Rienow entwickeln diese digitalen Lerntools zu den ISS-Bildern. Basierend auf den langjährigen Erfahrungen des ebenfalls vom DLR geförderten Projektes „Fernerkundung in Schulen“ entstehen Bildbearbeitungswerkzeuge, die einzelne Funktionen von Fachsoftware aufgreifen und dennoch auch von Ungeübten leicht bedient werden können. Mit den Lerntools und spannenden Hintergrundinformationen gehen die Schüler auf Entdeckungsreise: So kommen sie nicht nur den Anwendungsmöglichkeiten von Erdbeobachtung und Raumfahrt, sondern auch den Inhalten des jeweiligen MINT-Faches auf die Spur. Beispielsweise lernen sie mit dem „Color Mixer“, dass unterschiedliche Landbedeckungen unterschiedlich reflektieren. Jeder Bildpunkt spiegelt einen winzigen Teil der Landoberfläche wider und weist eine charakteristische Farbe auf. Sie ist durch die Mischung der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau entstanden. Die Färbung der einzelnen Pixel ergibt sich somit durch den Anteil der einzelnen Grundfarben. Die Schüler erfahren, wie sie diese Farbinformationen nutzen können, um aus einem HDEV-Bild eine thematische Karte abzuleiten. Hierzu wählen sie mit einem „Color Picker“ eine typische Fläche für eine Klasse aus und versuchen mit einem Regler ähnliche Flächen zu finden.

web pages and at [www.columbuseye.uni-bonn.de](http://www.columbuseye.uni-bonn.de). The portal was developed by the Remote Sensing Working Group at the University of Bonn's Geography Department under the direction of Prof. Gunter Menz. The Columbus Eye project is based on a collaboration agreement between DLR and NASA, whereby NASA supplies all pictures taken by the cameras on the ISS to Columbus Eye. Co-ordinated by a NASA control room at the Marshall Space Flight Center in Huntsville (Alabama), the employees and students participating in the project are instructed in the use of the software tools required for receiving videos and handling the controls, so that the cameras can be controlled from Bonn in the future.

#### ‘Let me have a go’: pupils working with ISS pictures

With the live video stream already available at the Columbus Eye portal, the HDEV archive and the first set of interactive learning resources are soon to come. The digital learning tools that will complement the ISS pictures are being developed by two research fellows at Columbus Eye, Henryk Hodam and Dr Andreas Rienow. Based on many years of experience gathered with a project entitled ‘Remote Sensing in Schools’, equally sponsored by DLR, they are developing image processing tools that use certain specialist software functions but can be easily handled by non-experts, too. Equipped with these learning tools and with lots of exciting background information, pupils set out on a journey of discovery during which they learn not only about the potential applications of Earth observation and space technology but also about the underlying STEM discipline. The colour mixer, for example, teaches them that different land coverages generate different reflections. Mirroring a tiny part of the land surface, each pixel has its own characteristic colour which is composed of a blend of the three primary colours, red, green, and blue. Thus, the colour of each pixel depends on the proportion of each primary colour it contains. Pupils learn how to use this colour information to derive a thematic map from an HDEV image. To do this, they use a colour picker to select an area that is typical for an object class and then use a slider to detect similar areas. Pixels in images containing the requisite colour mix are highlighted automatically. The figure on page 22 shows a white dot marked in red. Because of its high reflection in all three colour segments, the dot appears to be a ‘cloud’. In reality, however, the cloud turns out to be Salinas del Bebedero, an Argentinian salt mining dis-

Die Universität Bonn bereitet für die Schüler die Bilder von der ISS auf und „bastelt“ eine eigene Schulsoftware, damit die Lehrer im Unterricht den Schülern Wissen „von oben“ vermitteln können.

For educational purposes, a team at Bonn University processes the images and develops a software package so that classes can now be taught with material from a ‘bird’s eye’ view.



Sardinien und Korsika aus dem All beobachtet: Während der Rest Italiens unter einer dichten Wolkendecke verborgen liegt, sind die beiden Inseln gut von der ISS aus zu erkennen.

Sardinia and Corsica, seen from space: while the rest of Italy lies under a thick layer of clouds, both islands are clearly visible from the ISS.

Automatisch werden alle Pixel in den Bildern mit den entsprechenden Farbanteilen angezeigt. In der Abbildung auf Seite 22 ist ein weißer Punkt rot markiert. Dank seiner hohen Reflexion aller drei Farbbereiche scheint es sich um eine „Wolke“ zu handeln. Doch in der Realität entpuppt sich diese Wolke als das argentinische Salzabbaugebiet Salinas del Bebedero, das die Umgebung zunehmend versandet. Die Schüler sehen mit eigenen Augen und dank ihrer selbst durchgeführten Analyse einerseits, wie trügerisch Bilder aus dem All erscheinen und wie kompliziert ihre Auswertungen sein können. Andererseits lehren die Bilder aus dem All, wie gravierend die räumlichen Auswirkungen nach vom Menschen verursachten Eingriffen in unsere Umwelt sind.

#### „Bilder von oben, Anruf von unten“

Die Materialien von „Columbus Eye“ und die HDEV-Videos werden auch auf einer Road Show direkt in die Schulen gebracht. Diese Veranstaltungen werden zugleich dazu genutzt, um den Schülern mehr von Alexander Gerst und seiner Mission zu erzählen. Eine Station war bereits das Siegburger Gymnasium Alleestraße. Von dort aus hat am 1. September 2014 um 15.12 Uhr eine Gruppe von zwanzig Jungen und Mädchen vor mehr als 400 Mitschülern unter dem Rufzeichen DN6KW ins All gefunkt. Elf Minuten, in denen 17 wissensdurstige Schüler den deutschen ESA-Astronauten mit ihren Fragen gelöchert haben. Zum Beispiel: „Was vermissen Sie am meisten auf der Erde? OVER“. „Am meisten vermisse ich joggen im Sommerregen und das Grillen auf der Dachterrasse mit meiner Freundin“, kommt es leider stark verwaschelt aus den Boxen. Dass die Schüler überhaupt mit Alexander Gerst sprechen konnten, haben sie dem 30 Mann starken Technikerteam des Deutschen Amateur-Radio-Clubs e.V. (DARC) zu verdanken, die gemeinsam mit Funkern aus Italien und Belgien ganze Arbeit geleistet haben. Während des Funkkontakts wurden die HDEV-Live-Videos mit Hilfe von Columbus Eye bereitgestellt, um den Anruf von unten mit Bildern von oben zu begleiten. Die Schüler haben also die Perspektive eines Astronauten eingenommen und sich mit ihm ausgetauscht, sodass die Kinder für die Verletzlichkeit unseres Planeten sensibilisiert und gleichzeitig für die Raumfahrt begeistert wurden. Kannten 60 Prozent der 40 Siegburger ISS-Intensivkurschüler zuvor die ISS überhaupt nicht, so konnten sich danach 20 Schüler prinzipiell vorstellen, mal in der Raumfahrtbranche zu arbeiten.

which is gradually silting up the surrounding area. From the evidence of their own eyes and by virtue of their own analyses, the pupils can see how deceptive images from space can appear, and how complex their evaluation can be. At the same time, these images from orbit demonstrate how massively human interference affects our environment.

#### ‘Pictures from above, a call from the ground’

Another way in which the Columbus Eye materials and the HDEV videos are being carried right into the classrooms is a road show. Stopover events are also a good way to tell pupils more about Alexander Gerst and his mission. One such event was recently held at the Alleestraße Grammar School in Siegburg. On September 1, 2014, at 3.12 pm, a group of twenty boys and girls made a radio call to orbit from the school, using the call sign DN6KW in front of an audience of more than 400 fellow pupils. In those eleven minutes, pupils thirsting for information bombarded the German astronaut with questions as he flew some 420 kilometres above their town. For example: ‘What part of your life on Earth do you miss the most? OVER.’ Unfortunately much disfigured by static, the answer came from the loudspeakers: ‘What I miss most is jogging in the summer rain and barbecues on the roof terrace with my girlfriend.’ It was due to the good job done by a 30-strong team of members from the German amateur radio club DARC together with radio operators from Italy and Belgium that the pupils were able to talk to Alexander Gerst after all. While the radio contact lasted, Columbus Eye streamed HDEV live videos so that the call from the ground was accompanied by pictures from above. Thus, pupils were able to see things from an astronaut’s perspective while at the same time conducting a conversation with him, all of which alerted them to the vulnerability of our planet while at the same time firing up their enthusiasm for space. While 60 per cent of the 40 Siegburg pupils taking part in the ‘ISS immersion course’ had known nothing about the ISS before, 20 of them are now prepared to consider a career in the space industry.

# „The Blue Dot“

Dr. Alexander Gerst forscht auf der ISS  
Teil 3: Stress im All – Immunsystemforschung

Von Prof. Günter Ruyters

Er ist der elfte Deutsche im Weltall: Als Geophysiker und Vulkanforscher kennt der ESA-Astronaut Dr. Alexander Gerst unsere Erde – und vor allem die Phänomene im Erdinneren – genau. Seit dem 28. Mai 2014, als er zusammen mit dem russischen Kosmonauten Maxim Surajew und NASA-Astronaut Reid Wiseman an Bord eines Sojus-Raumschiffes vom russischen Weltraumbahnhof Baikonur zur Internationalen Raumstation ISS aufbrach, betrachtet er auf seiner Mission „Blue Dot“ unseren Heimatplaneten nun aus einem ganz anderen Blickwinkel. Aus rund 400 Kilometern Höhe erscheint ihm unser Heimatplanet als lebenswerter blauer Punkt in einem Meer von schwarz. Unter dem Motto „shaping the future – Zukunft gestalten“ wird er bis zum 10. November 2014 an Bord der ISS neben operativen Aufgaben die besonderen Bedingungen des Weltraums wie vor allem die Schwerelosigkeit nutzen, um circa 100 spannende wissenschaftliche Experimente durchzuführen. 35 Experimente kommen aus Europa. Die meisten dieser im internationalen Wettbewerb ausgewählten Projekte stammen dabei aus deutschen Forschungseinrichtungen – Grund genug, um diese und einige abgeschlossene Experimente vorzustellen, die in enger thematischer Beziehung stehen und bereits interessante Ergebnisse erbracht haben.

## ‘The Blue Dot’

Dr Alexander Gerst Doing Research on the ISS  
Part 3: Stress in Space – Investigating the Human Immune System

By Prof. Günter Ruyters

He is the eleventh German in space. As a professional geophysicist and volcanologist, ESA astronaut Dr Alexander Gerst knows all about our Earth, particularly about what goes on in its interior. Since his arrival on the International Space Station (ISS) on May 28, 2014, in the company of Russian cosmonaut Maksim Surayev and NASA astronaut Reid Wiseman, he has been looking at our home planet from an entirely new perspective. From an altitude of about 400 kilometres, our home planet appears to him as a life-friendly blue dot in a sea of blackness. His Blue Dot mission under the motto ‘Shaping the Future’, will last until November 10, 2014. During his stay on the ISS he will not only perform certain operational tasks but also benefit from the special conditions prevailing in space, chiefly microgravity, to conduct about 100 exciting scientific experiments. These experiments were selected in an international competition. 35 experiments were submitted by European research institutes, with most of them coming from Germany – reason enough for us to present them here, along with a number of interesting results of thematically related, earlier experiments that have already been completed.



Autor: Prof. Günter Ruyters leitete bis August 2014 in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements das Programm Biowissenschaften (Biologie, Medizin). Nun ist er im Ruhestand.  
Author: Until August, 2014, Prof. Günter Ruyters headed the Life Sciences Programme in the department of Microgravity Research (Life and Physical Sciences) of the DLR Space Administration. Now he has retired.

Das Immunsystem von Astronauten wird durch den Weltraumaufenthalt beeinträchtigt. Doch verstehen wir bislang weder die genauen Ursachen noch die Mechanismen. Neben den besonderen Bedingungen des Weltraums wie Schwerelosigkeit und Strahlung, die unmittelbar auf Zellen wirken, tragen vielfältige Stressfaktoren wie Isolation und räumliche Enge, die hohe Arbeitsbelastung und Störungen des Schlafrhythmus auch indirekt zu dieser Beeinträchtigung bei. Mit vergleichbaren Problemen des Immunsystems, ausgelöst teilweise durch dieselben Stressfaktoren, haben Schwerkranken, ältere Menschen und bestimmte Berufsgruppen auf der Erde zu kämpfen. Die Immunforschung als ein Schwerpunkt des deutschen biowissenschaftlichen Raumfahrtprogramms hilft uns dabei, die Phänomene der körpereigenen Abwehr im All sowie auf der Erde zu verstehen. Das Immunsystem ist ein komplexes Netzwerk aus verschiedenen Organen, Zelltypen und Molekülen, das primär „fremd“ von „eigen“ unterscheidet und so der Abwehr von Krankheitserregern dient. Es hilft bei der Heilung von Gewebeschädigungen im Alltag oder bei Operationen und zerstört fehlerhafte, körpereigene Zellen. Das früh in der Evolution entstandene, angeborene Immunsystem wehrt schon bei einfachen Organismen wirksam Erreger ab. Die Wirbeltiere und damit auch wir Menschen entwickelten zusätzlich eine komplexe, adaptive Immunabwehr, die noch effektiver vor Krankheitserregern schützt.

## SKIN-B – Die Haut als erste Schutzbarriere

Dem Immunsystem als allererste Verteidigungslinie sind noch mechanische und physiologische Barrieren vorgeschaltet, die ein Eindringen der Krankheitserreger verhindern sollen. Dazu zählt die Haut, die mit Talg, Schweiß und ihren Bakterien als Wachstumsbremse für krankmachende Mikroorganismen dient. Darüber hinaus reguliert die Haut den Wasser- und Temperaturhaushalt und schützt vor UV-Strahlung. Nach Ergebnissen von NASA-Studien liegen Hautprobleme wie Austrocknung, Schuppung oder Juckreiz nach Kopfschmerzen und Gleichgewichtsstörungen bereits an dritter Stelle bei den Gesundheitsproblemen der Astronauten. Auch über verzögerte Wundheilung und verstärkte allergische Reaktionen gegen verschiedene Materialien wurde berichtet. Allerdings fehlen bislang systematische Untersuchungen dieser Veränderungen. Im ISS-Experiment „Skin-B“ von Wissenschaftlern der Universität Witten-Herdecke untersucht Alexander Gerst derzeit den Einfluss der Weltraumbedingungen

A sojourn in orbit is known to affect an astronaut's immune system. However, the exact causes and mechanisms involved have not yet been fully understood. In addition to the specific conditions prevailing in space, such as microgravity and cosmic radiation, which affect human cells directly, a whole range of other stress factors such as isolation, a confined space, a high workload and a disturbed circadian rhythm (sleep pattern) appear to contribute indirectly to immune deficiency. On the surface of our planet, similar impairments of the immune system are regularly experienced by older people and patients who suffer from severe illness, or perform certain types of work. Immunological research is therefore an important component of Germany's life science space programme, since it helps us understand the human body's defence mechanisms both in space and on Earth. The human immune system is a complex network of various organs, cell types, and molecules whose primary function is to distinguish between 'own' and 'foreign', thus being able to defend our body against pathogens. It helps with the healing of tissues damaged by trivial injuries or by surgery, and destroys defective body cells. Formed in an early phase of evolution, the innate immune system can even be found in simple organisms, putting up an effective defence against pathogens. Vertebrates, including humans, have developed a more sophisticated, adaptive immune defence system that protects us against pathogens even better.

## SKIN-B – the skin as our first line of defence

The human body has a number of mechanical and physiological barriers that prevent the intrusion of pathogenic microorganisms, acting as the first line of defence of our immune system. One of them is our skin, whose tallow, sweat and bacteria act as microbial growth inhibitors. The skin additionally regulates our water and temperature balance and protects us against UV radiation. According to NASA studies, skin problems such as dryness, scaliness or itching are the third most frequent health complaint in astronauts, following headaches and vertigo. Delayed wound healing and increased allergic reactions to certain materials also figure among the problems reported. However, no systematic research efforts have been made so far to explore these disorders. In the ISS experiment Skin-B, developed by scientists at Witten/Herdecke University, Alexander Gerst studies the influence of space conditions on the physiology of the human skin. The experiment involves a non-invasive examination of the skin on

Makrophage in Schwerelosigkeit: Die sogenannten „Fresszellen“ des Immunsystems wandern durch den Körper und fressen eingedrungene Mikroorganismen und andere körperfremde Substanzen.

Macrophages in microgravity: these so-called 'scavenger cells' in the immune system travel through our body and eat up any intruding microorganisms and other foreign substances.

Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst führt während seiner „Blue Dot“-Mission das Skin-B-Experiment auf der ISS durch. Hierzu erfasst er mit dem Corneometer den Wassergehalt seiner Haut. Mit dem Tewameter misst er seinen hauteigenen Feuchtigkeitsverlust, während eine Kamera (Visioscan) die Hautoberfläche abbildet.

One of the experiments German astronaut Alexander Gerst carries out on the ISS as part of his 'Blue Dot' mission is called 'Skin-B'. It involves a corneometric procedure to record his dermal water content. Using a tewameter, he measures the moisture loss of his own skin while a camera (visioscan) makes images of its surface.





Bisher werden Blut- und Urinproben auf der ISS in der MELFI-Gefrieranlage eingefroren, nach Wochen oder Monaten zur Erde zurückgebracht und erst dann auf der Erde analysiert. Das DLR Raumfahrtmanagement ist in die Entwicklung eines Systems zur „on-board“-Analytik eingestiegen, das diesen Aufwand ab 2016 überflüssig machen soll.

Up to now the practice has been to deep-freeze blood and urine samples using the MELFI freezer and to take them back to Earth after a few weeks or months to be analysed in a terrestrial lab. DLR Space Administration will help develop an 'on-board' lab system which is hoped to make this awkward procedure unnecessary by 2016.

auf die Hautphysiologie. Dazu wird die Haut auf der Innenseite des Unterarms mit drei handlichen, kommerziell erhältlichen und für die Raumfahrt angepassten Messgeräten nicht-invasiv untersucht: Mit dem Corneometer wird der Wassergehalt der Haut erfasst, das Tewameter misst den hauteigenen Feuchtigkeitsverlust und eine Kamera (Visioscan) bildet die Hautoberfläche ab. Zusätzlich werden vor und nach dem Flug die kapillare Hautdurchblutung (Mikrozirkulation), Ultrastruktur und die Hautelastizität gemessen.

Für das ISS-Experiment, das im Frühjahr 2013 auf der ISS begann, liegen noch keine Ergebnisse vor. Allerdings gibt es bereits interessante Daten derselben Arbeitsgruppe aus dem Pilotexperiment „SkinCare“. Bei der Astrolab-Mission im Jahre 2006 kam es innerhalb von sechs Monaten zu ähnlichen Hautveränderungen wie sie sich beim Alterungsprozess auf der Erde über Jahrzehnte entwickeln: die Hautfelderung war vergrößert, die Elastizität nahm ab, Hornschicht und Cutis zeigten ebenfalls Alterungserscheinungen. Zum Glück sind diese Veränderungen reversibel: Nach einem Jahr hatten sich die Verhältnisse wieder normalisiert. Sollten sich die in der Pilotstudie erhaltenen Ergebnisse bestätigen, könnte an Bord der ISS der Alterungsprozess der Haut im Zeitraffer studiert werden – ein für die Pharma- und Kosmetikindustrie interessanter Ansatz.

#### IMMUNO – Umfangreiches Forschungsprogramm

Mit umfangreichen biochemischen Analysen, ergänzt durch psychologische Tests, untersuchen Wissenschaftler am Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München im Projekt IMMUNO seit einigen Jahren die Veränderungen des Immunsystems bei ISS-Langzeit-Crews. Vergleiche mit Isolations- und Betruhestudien, Parabelflügen und Untersuchungen an extremen Standorten wie in der Antarktis sollen über die Rolle der einzelnen Faktoren, die das Immunsystem schwächen sowie über den Mechanismus der Immunabwehr Aufschluss geben. Diese Kenntnisse sind Voraussetzung für die Entwicklung neuer vorbeugender sowie therapeutischer Maßnahmen für den Einsatz beim Astronauten sowie beim Schwerkranken in der Intensivmedizin.

Die Messungen begannen bereits im April 2004. Ende 2013 wurden sie mit zwölf Astronauten abgeschlossen. Bisher vorliegende Ergebnisse zeigen, dass sogenannte „Stress-response“-Systeme im Körper der Astronauten während des Langzeit-Raumfluges aktiviert werden, unter anderem auch das bisher wenig erforschte Endocannabinoidsystem. Systematische Veränderungen bei den immunologischen Reaktionen gab es besonders bei bestimmten Viren und Pilzen – insgesamt ein eindeutiges Anzeichen einer ausgeprägten Immun-Dysbalance, die aber interindividuell unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Die abschließenden Analysen und der Vergleich mit laufenden klinischen Studien werden bei der Interpretation der Ergebnisse herangezogen. Zwei Nachfolge-Experimente in Kooperation mit amerikanischen und russischen Wissenschaftlern sind bereits in Vorbereitung und sollen im nächsten Jahr auf der ISS beginnen. Zusätzlich zu den bisherigen Methoden soll mittels nicht-invasiver Atemgasanalysen der Status des Immunsystems überprüft werden, was zukünftig Blutanalysen ergänzen oder sogar überflüssig machen könnte.

Bisher werden Blut- und Urinproben auf der ISS eingefroren, nach Wochen oder Monaten zur Erde zurückgebracht und erst dann auf der Erde analysiert. Das Immunolab – ein System zur „on-board“-Analytik, in dessen Entwicklung das DLR-Raumfahrt-

the inside of the lower arm, using three small measuring devices adapted for use in space: a device called corneometer that records the hydration level of the skin, a tewameter to measure trans-epidermal water loss, and a camera called visioscan to record images of the skin surface. Additionally, the capillary capacity of the skin (microcirculation), and the skin's ultrastructure and elasticity are measured immediately before and after the flight.

The ISS experiment began in the spring of 2013, and no results are available as yet. What is available, however, is a series of interesting results from an earlier experiment, 'SkinCare', conducted as a pilot study by the same scientific team. During the 2006 Astrolab mission, alterations of the skin were observed to appear within a period of six months that would normally take decades to develop as part of a regular ageing process. The skin's lichenification became coarser, its elasticity was reduced, and the corneous layer and cutis also revealed signs of ageing. Fortunately, these alterations are reversible: after one year, things had come back to normal. Should the current experiment confirm the results of the pilot study, ageing processes could be studied in time-lapse mode on board the ISS – an interesting perspective both for the pharmaceutical and the cosmetics industry.

#### IMMUNO – a major research programme

For several years, scientists from Munich's Ludwig Maximilian University have been conducting a series of elaborate biochemical analyses complemented by psychological tests to study alterations in the immune systems of long-term ISS crew members. In conjunction with the results of isolation and bedrest studies, parabolic flights and medical records of individuals working at extreme locations such as the Antarctic, this work will deliver information on the role played by individual factors that weaken the immune system and at the same time provide new insights into the underlying mechanism of the human immune defence system. This knowledge is a necessary step on the way towards developing new preventive and therapeutic measures in the treatment of astronauts and intensive care patients with a severe illness.

Measurements began as early as April 2004. In late 2013, the series was ended with tests conducted on twelve astronauts altogether. Initial results show that in astronauts on long-term missions, the so-called stress response system is activated. This includes the endocannabinoid system that has so far hardly been investigated. Evidence of systemic immune system alterations were found especially in certain viruses and fungi, suggesting an immune dysbalance, which may, however, vary in intensity on an individual basis. The final interpretation of results will include a comparative analysis with ongoing clinical studies. In a joint effort with American and Russian scientists, two follow-up studies are currently being prepared, which will be conducted on the ISS starting next year. In addition to current methods, the new study is to monitor the status of an astronaut's immune system by means of a non-invasive breathing gas analysis, to complement blood tests or even replace them altogether in future.

The current practice on the ISS is to freeze blood and urine samples and carry them back to Earth after a few weeks or months to have them analysed in a terrestrial laboratory. From 2016 onwards, Immunolab – a system that DLR is now helping to develop and which involves an 'on-board' lab analysis – is intended to eliminate this awkward procedure. Based on an agreement

management eingestiegen ist – soll diesen Aufwand ab 2016 überflüssig machen. Auf der Basis einer Übereinkunft mit dem IBMP (Institut für Biomedizinische Probleme, Moskau) soll das hochmoderne Gerät dann primär für gemeinsame deutsch-russische Forschungsprojekte auf der ISS zur Verfügung stehen.

#### TripleLux A und B – Analyse des angeborenen Immunsystems auf zellulärer Ebene

Diese beiden ISS-Experimente analysieren die Effekte von Schwerelosigkeit und Weltraumstrahlung auf zellulärer Ebene. Triplelux-B, ein Experiment der TU Berlin, das nach dem Ende der Mission von Alexander Gerst im BIOLAB von Columbus durchgeführt wird, untersucht den Einfluss von Schwerelosigkeit und Weltraumstrahlung auf die Phagozytose der Hämatocyten von Muschelzellen. Als Hämatocyten werden bei entwicklungs-geschichtlich einfachen Tieren Zellen des angeborenen Immunsystems bezeichnet, die durch den Körper wandern und eingedrungene Mikroorganismen „fressen“ (phagozytieren). Bei diesem Prozess nehmen die Hämatocyten den Fremdkörper auf und lösen ihn auf. Bei Triplelux-A, das nach dem Abschluss von Triplelux-B im Frühjahr 2015 ebenfalls im BIOLAB von Columbus durchgeführt wird, wollen Wissenschaftler der Universitäten Magdeburg und Zürich den Einfluss von Schwerelosigkeit und Weltraumstrahlung auf die Phagozytose von Makrophagen („Fresszellen“) aus Säugetieren analysieren. Diese Zellen des angeborenen Immunsystems wandern durch den Körper und fressen eingedrungene Mikroorganismen.

Für beide ISS-Experimente wurde ein hoch-empfindliches System zur Messung der Phagozytose entwickelt: Die von den Zellen produzierten Sauerstoffmoleküle (ROS = Reactive oxygen species = reaktiver Sauerstoff) oxidieren den Chemilumineszenzfarbstoff Luminol, und das dabei entstehende Licht wird mit einem Photomultiplier erfasst und so auf die Phagozytoseaktivität geschlossen. Resultate aus Vorversuchen auf Parabelflügen deuten darauf hin, dass die Phagozytose-Aktivität sowohl der Makrophagen als auch der Hämatocyten durch veränderte Schwerkraftbedingungen beeinflusst wird. Demnach käme eine Reduzierung der Phagozytose-Aktivität der Fresszellen als eine Ursache für die beeinträchtigte Immunfunktion beim Menschen in Frage. Triplelux könnte entscheidende Hinweise zum Einfluss von Weltraumbedingungen auf die angeborene Immunität liefern und generelle Ursachen der Immunschwäche aufdecken.

Zudem ist das Triplelux-Testsystem auch für terrestrische Anwendungen geeignet, so beispielsweise für Chemikalien-tests und Überwachungsaufgaben in der Umweltanalytik. Aufwändige Tierversuche werden dadurch überflüssig. In der Umweltprüfung haben sich die Testkomponenten des Triplelux-B-Prüfsystems zur Erfassung der immun-toxischen Wirkung von Umweltproben bereits bewährt. Die bisher geprüften Umweltproben stammen aus dem Bereich der Abwasseremission in Oberflächengewässern. Eine Weiterentwicklung zu einem Online-Biosensor ist geplant.

Zwei Ansätze – zum einen die Untersuchung der Veränderungen von Komponenten des Immunsystems im Blut und Urin von Astronauten, zum anderen die Analyse der Effekte von Schwerelosigkeit und Weltraumstrahlung auf Zellen des angeborenen Immunsystems – werden zurzeit auf der ISS verfolgt, um das Rätsel der beeinträchtigten Immunabwehr von Astronauten zu lösen. Alexander Gerst ist mit seiner Mission „blue dot“ gerade dabei, einen wichtigen Beitrag hierfür zu liefern.

with the IMBP (Institute of Biomedical Problems, Moscow) the high-tech equipment will be mainly available for joint German-Russian research projects on the ISS.

#### Triplelux A and B – analysing the human innate immune system at a cellular level

The purpose of these two ISS experiments is to analyse the effects of microgravity and cosmic radiation at a cellular level. Triplelux-B is an experiment developed by TU Berlin, which will be conducted in the Columbus BIOLAB facility shortly after the mission of Alexander Gerst. It investigates the influence of microgravity and cosmic rays on the phagocytic activity of haemocytes in sea shells. These simple organisms, which formed in the early phase of evolution, possess an innate immune system in which cells called haemocytes migrate through the body and remove, or 'eat' any invading microorganisms. In this process, the foreign body is incorporated by the haemocyte and dissolved.

Triplelux-A is another experiment to be performed at the BIOLAB facility of Columbus in spring 2015 after Triplelux-B has been completed, in which scientists from the universities of Magdeburg and Zurich will study the influence of microgravity and cosmic radiation on the phagocytic activity of macrophages ('scavenger cells') in mammals. These components of our innate immune system move through the body and eat up foreign microorganisms. Both ISS experiments use a highly sensitive system that was developed to measure phagocytic activity. It is based on the oxygen molecules produced by the cells (ROS = Reactive Oxygen Species) which oxidise a chemoluminescent pigment, luminol. The light generated in the process is recorded by a photomultiplier, thus permitting conclusions on the level of phagocytic activity taking place. Preliminary studies conducted during parabolic flights indicate that phagocytic activities both of macrophages and of haemocytes are influenced by changes in gravity. A reduced activity of phagocytes could therefore be one of the likely causes of human immune deficiency. It is thought that Triplelux might deliver crucial indications concerning the influence of spaceflight conditions on innate immunity and bring to light some of the general causes of immune deficiency.

Moreover, the Triplelux assay is also suitable for terrestrial applications such as the testing of chemicals and environmental contamination monitoring, thus rendering animal tests unnecessary. In the field of environmental monitoring, components of the Triplelux-B assay kit have already been used effectively in the immunotoxicological analysis of environmental samples. The samples tested so far were taken from waste water effluents as part of surface water contamination monitoring. It is intended to develop the device into an online biosensor system.

Thus, two experimental approaches are currently being pursued on the ISS to resolve the conundrum of the impaired immune system in astronauts: for one, testing the astronauts' blood and urine for alterations in the immune system components, and secondly the analysis of the effects of microgravity and cosmic rays on the cells forming the innate immune system. On his Blue Dot mission, Alexander Gerst is making a significant contribution to this research.



Der deutsche Astronaut Alexander Gerst hat am europäischen Astronautenzentrum den Umgang mit dem Triplelux-B-Container, den er in das BIOLAB im Columbus-Forschungslabor einsetzen soll, trainiert. Aufgrund der Startverschiebung eines Raumtransporters wird der Container aber erst nach seiner Rückkehr zur Erde an der ISS ankommen.

The German astronaut Alexander Gerst was trained in the handling of the Triplelux container at the European Astronaut Centre. He was supposed to install it in BIOLAB, which is part of the Columbus research lab. However, due to a delay in the launch of a transfer vehicle, the container will not arrive on the ISS until Alexander has returned to Earth.

# Deutsch-japanische Beziehungen:

## Perspektiven einer strategischen Allianz in der Raumfahrt

Von Dr. Niklas Reinke und Dr. Hendrik Fischer

**Japaner und Deutsche werden häufig mit sehr ähnlichen Attributen beschrieben: zielstrebig, diszipliniert, gründlich, zuverlässig, pflichtbewusst und technologieverliebt. Diese Eigenschaften sind eine Voraussetzung auch dafür, erfolgreich Raumfahrt betreiben zu können. Ungeachtet der Tatsache, dass zwischen beiden Ländern rund 9.000 Kilometer Distanz liegen, haben Deutschland und Japan in der Raumfahrt doch sehr ähnliche Ziele. Das gilt unter anderem in Bezug auf die jeweilige Raumfahrtindustrie. Sie stellt in beiden Ländern einen strategisch wichtigen, jedoch im Vergleich zu den USA oder Russland kleinen Sektor dar. Für Deutschland und Japan ergeben sich deshalb in einer engen Kooperation vielfältige Möglichkeiten für Synergien und Win-Win-Situationen. Um diese Perspektiven zu erörtern, fuhr eine Delegation der deutschen Raumfahrt-Industrie unter Leitung von Dr. Gerd Gruppe, Vorstand des DLR Raumfahrtmanagements, nach Japan.**

## German-Japanese Relations:

### Perspectives of a Strategic Space Industry Alliance

By Dr Niklas Reinke and Dr Hendrik Fischer

**The Japanese and the Germans are frequently described in very similar terms: focused, disciplined, thorough, reliable, dutiful and technology-crazy. All these characteristics are also conditions on which success in spaceflight depends. Moreover, although the two countries are separated by around 9,000 kilometres, Germany and Japan as well as their respective space industries pursue similar objectives in space. In both countries, the space industry constitutes a sector which, though strategically important, is small compared to that of the USA or Russia. With this being so, a closer co-operation between Germany and Japan opens up diverse opportunities, synergies and win-win situations. To discuss these perspectives, a German space industry delegation travelled to Japan, headed by Dr Gerd Gruppe, the Executive Director of the DLR Space Administration.**



Autoren: **Dr. Niklas Reinke** leitet seit 2013 das DLR-Büro in Tokio und koordiniert rund 50 Projekte des DLR mit japanischen Partnern. Er steht in engem Austausch mit der japanischen Luft- und Raumfahrtindustrie, -wissenschaft und -politik. **Dr. Hendrik Fischer** ist stellvertretender Leiter der Abteilung Raumfahrt-Strategie und Programmatik im DLR Raumfahrtmanagement. Er nutzte die Gelegenheit, um mit den japanischen Gesprächspartnern neue Kooperationsfelder abzustecken.

Authors: **Dr Niklas Reinke** has been the head of DLR's Tokyo office since 2013 and coordinates about 50 shared projects of DLR and its Japanese partners. Based on his close contacts with the Japanese aerospace industry as well as with scientists and politicians. **Dr Hendrik Fischer** is deputy head of the department Space Strategy and Programme of DLR Space Administration. He used the opportunity of the visit to identify new areas of cooperation with Japanese business partners.

Vergleicht man die Budgets aller Raumfahrtnationen, kann man sie in verschiedene Klassen einteilen: Seit jeher und nach wie vor geben die USA und Russland mit ihren ausgesprochen hohen Weltraumbudgets den Ton im Orchester der Raumfahrtnationen an. China holt allerdings mit großen Schritten auf. Die Volksrepublik hat ihr Raumfahrtbudget seit 2008 mehr als verdoppelt. Zählt man nun alle Länder mit jährlichen Raumfahrtausgaben von weniger als einer Milliarde US-Dollar zu den „kleinen“ Raumfahrtnationen, bleiben für die Kategorie der mittelgroßen genau fünf Nationen übrig: Japan, Frankreich, Deutschland, Indien und Italien. Diesen Ländern ist gemein, das sie allein nicht groß genug sind, um international eine Führungsrolle zu spielen. Ihre Technologien sowie wissenschaftlichen und industriellen Kapazitäten sind jedoch so stark entwickelt, dass sie eigene Missionen verwirklichen und wichtige Beiträge zu internationalen Großmissionen leisten können.

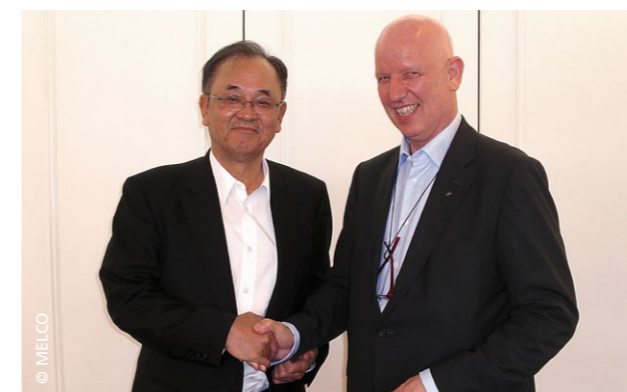
Während Deutschland mit seinen ESA-Partnern Frankreich und Italien schon lange in einem sehr engen Austausch steht und es vielfältige Kooperationen gibt, konzentrierte sich das deutsch-japanische Verhältnis in der Raumfahrt bislang weitgehend auf die Wissenschaft. Hier sind beide Länder eng vernetzt: Sowohl zur japanischen Raumfahrtagentur JAXA als auch zu zahlreichen japanischen Universitäten und Forschungseinrichtungen pflegen das DLR und deutsche Hochschulen einen regen Austausch. Hier gibt es in den unterschiedlichsten Bereichen der Raumfahrt einen regelmäßigen Personalaustausch und mehr als 30 laufenden Projekte. Das größte bilaterale Vorhaben ist derzeit die japanische Asteroidenmission Hayabusa2, zu der das DLR gemeinsam mit der französischen CNES eine Landeeinheit zur Untersuchung des Zielasteroiden beisteuert. Der Start von Hayabusa2 ist für Ende November/Anfang Dezember 2014 geplant.

Aber auch ein Kontakt unter wirtschaftlichen Vorzeichen ist äußerst vielversprechend: Japan und Deutschland erscheinen als geborene Partner auf Augenhöhe. Beide Nationen sind technologisch sehr weit entwickelt. Auch die wirtschaftliche Situation ist ähnlich: In beiden Ländern gilt eine entscheidende Erhöhung des staatlichen Raumfahrtbudgets mittelfristig als unwahr-

If we compare the budgets of all space nations, we can subdivide them into various classes: as ever, the USA and Russia call the tune in the orchestra of space nations thanks to their very high space budgets. However, China is taking great strides to catch up: the People's Republic has more than doubled its space budget since 2008. Now, if we include all countries with space budgets of less than one billion US dollars in the category of 'small' space nations, five nations remain in the medium-sized category: Japan, France, Germany, India, and Italy. One thing which all these countries have in common is that they are too small by themselves to play a leading role on the international plane. At the same time, their technologies as well as their scientific and industrial capacities are developed far enough for them to implement their own missions and make important contributions to international large-scale missions.

While Germany has been engaged in a very close exchange with its ESA partners France and Italy for a long time, co-operating in a variety of ways, German-Japanese relations in the field of space have so far largely focused on science. In this respect, the two countries are closely connected: both DLR and German universities cultivate lively contacts with the Japanese space agency JAXA as well as with numerous Japanese universities and research institutes. In a wide variety of space-related fields, personnel are exchanged regularly, and more than 30 joint projects are currently going on. At present, the biggest of the bilateral projects is the Japanese asteroid mission Hayabusa2, to which DLR together with the French CNES is contributing a lander to examine the target asteroid. Hayabusa2 is scheduled to launch in late November/early December 2014.

At the same time, contacts are extremely promising in business terms, too: Japan and Germany appear to be made for a partnership at eye level. Both nations are very far advanced in terms of technology. Their economic situation, too, is similar: in both countries, it is thought unlikely that the national space budget might be increased significantly in the medium term. For this reason, long-range partnership-based relations are of interest to both sides. In programmatic terms, there are also common



**Setsuhiro Shimomura (l.)**, Vizevorsitzender des Dachverbandes der japanischen Industrie (Keidanren), und **Dr. Gerd Gruppe**, DLR-Vorstandsmitglied zuständig für das DLR-Raumfahrtmanagement, stehen zu Raumfahrtthemen in engem Austausch.

**Setsuhiro Shimomura (l.)**, Vice Chairman of the Keidanren Board of Councillors, and **Dr Gerd Gruppe**, member of the DLR Executive Board responsible for the Space Administration, have close links in space business.

**Wirtschaftlicher Austausch: Eine elfköpfige deutsche Delegation besuchte vom 10. bis zum 13. Juni 2014 Japan, um mit der dortigen Raumfahrtindustrie und -politik Möglichkeiten neuer Kooperationen auszuloten.**

Talking business: a delegation of eleven German space sector representatives visited Japan on June 10-13, 2014 to explore new cooperation potential with Japanese space industry managers and political leaders.





© MELCO

Deutsch-japanischer Austausch mit Mitsubishi Electric: MELCO ist das führende japanische Raumfahrtunternehmen. Die Firma ist mit ihren rund 120.000 Mitarbeitern an 560 Satellitenprojekten weltweit beteiligt. Zehn Satelliten werden von MELCO operativ betreut. Die Stärke des Unternehmens liegt in den Bereichen Erdbeobachtung, Navigation und Satellitenkommunikation. Das macht sie auch für deutsche Firmen sehr interessant.

A German-Japanese business meeting with Mitsubishi Electric: MELCO is Japan's leading space enterprise. The company and its 120,000 employees have had a hand in some 560 satellite projects worldwide. Ten satellites are being operated by MELCO itself. The company's special expertise lies in the areas of Earth observation, navigation, and satellite communication. This makes it a very attractive partner for German firms, too.

scheinlich. Deswegen sind langfristige, partnerschaftliche Beziehungen für beide Seiten interessant. Auch programmatisch gibt es Gemeinsamkeiten: Zwar besitzen sowohl die Weltraumwissenschaft als auch die Forschung unter Weltraumbedingungen in beiden Ländern traditionell einen wichtigen Stellenwert. In Deutschland wie auch in Japan orientiert sich die Raumfahrt aber zunehmend auch an ökonomischen Zielen.

In Deutschland gehört der Raumfahrtbereich seit 2005 zur Ressortverantwortung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Außerdem hat die deutsche Bundesregierung der Raumfahrt bereits im Jahr 2010 mit der Raumfahrtstrategie die Orientierung an Nutzen und Bedarf ins Stammbuch geschrieben. Raumfahrtanwendungen – also Erdbeobachtung, Satellitennavigation und -kommunikation – sind seither programmatische Schwerpunkte.

Diese Ausrichtung findet sich auch in Japan wieder: Getrieben von einer starken Wirtschaftsförderungspolitik der Regierung unter Shinzō Abe versucht auch die japanische Raumfahrt massiv, bessere wirtschaftliche Ergebnisse zu erzielen. Die Bedeutung dieses Wirtschaftspotenzials zeigt sich durch das gesteigerte Engagement des japanischen Ministeriums für Wirtschaft, Handel und Industrie (Ministry of Economy, Trade and Industry, METI), das neben das bislang für Raumfahrt zuständige Wissenschaftsministerium (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, MEXT) getreten ist – ideale Voraussetzungen für ein Treffen zwischen der deutschen und der japanischen Raumfahrtindustrie.

Am 10. Juni 2014 brach daher eine Delegation der deutschen Raumfahrtindustrie nach Japan auf, die vom DLR Raumfahrtmanagement in seiner Rolle als industriepolitischen Türöffner angeführt wurde. Repräsentanten von Airbus, OHB, TESAT, Jena-Optronik, Astrofeinwerk und Eurockot flogen gemeinsam mit Dr. Gerd Gruppe, Vorstand des DLR Raumfahrtmanagements, nach Japan, um gemeinsame Raumfahrtinteressen und -projekte auszuloten.

Kaum in Japan gelandet, traf die Delegation zunächst mit dem 40-köpfigen Raumfahrtkomitee des Keidanren zusammen. Der Dachverband der japanischen Wirtschaft ist mit dem Bund der Deutschen Industrie (BDI) zu vergleichen. Daran schloss sich ein Treffen mit dem japanischen Pendant des Bundesverbands der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) namens SJAC an. Anschließend kam die Delegation mit METI und der japanischen Raumfahrtagentur JAXA zusammen, bevor es zu Einzelgesprächen mit den Industrieunternehmen IHI Aerospace, NEC und MELCO ging.

Die Gespräche brachten frischen Wind in die Beziehungen beider Länder: Bereits in den 1990er-Jahren arbeiteten beide Raumfahrtnationen bei der Wiedereintrittskapsel EXPRESS erstmals sehr eng zusammen. Die Zusammenarbeit bei EXPRESS blieb allerdings ein einmaliges Projekt, da das unglückliche Ende der Mission – die verloren geglaubte Kapsel befand sich lange

interests: with space exploration and microgravity research traditionally ranking high in both countries, there is an increasing tendency both in Germany and in Japan for space activities to be guided by economic incentives.

In Germany, the space sector has been under the responsibility of the Federal Ministry of Economics and Energy (BMWi) since 2005. In its space strategy, moreover, the German federal government stated in 2010 that space activities should be guided by benefit and need. Space applications – i.e. Earth observation as well as satellite navigation and communication – make up the key elements of the programme.

The same philosophy is to be found in Japan: driven by a policy of extensive business promotion practised by the government headed by Shinzō Abe, the Japanese space sector is making massive attempts to improve its economic performance. The significance of this economic potential is demonstrated by the increased commitment of the Japanese Ministry of Economy, Trade and Industry (METI), which has joined ranks with the Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (MEXT) that was formerly in sole charge of the space sector. These are ideal conditions for a meeting between the German and the Japanese space industry.

On June 10, 2014, therefore, a delegation of the German space industry set out for Japan, led by the DLR Space Administration acting as an industrial-policy door opener. Together with Dr Gerd Gruppe, the Executive Director of the DLR Space Administration, representatives of Airbus, OHB, TESAT, Jena-Optronik, Astrofeinwerk, and Eurockot flew to Japan to explore the potential for common space interests and projects.

The delegation had barely landed in Japan when it met with the 40-member space committee of the Keidanren, the largest Japanese umbrella business organisation comparable to the Confederation of German Industry (BDI). Next came a meeting with the Japanese counterpart of the German Federation of Aerospace Industry (BDLI) called SJAC. After that, the delegation got together with METI and the Japanese space agency, JAXA. This was followed by talks with individual industrial companies including IHI Aerospace, NEC, and MELCO.

The talks brought a breath of fresh air to the relations between the two countries. As early as the 1990s, the two space nations had for the first time co-operated very closely on the EXPRESS re-entry capsule. However, the EXPRESS collaboration remained a one-off project at the time because an interest in further collaboration was paralysed by the unhappy end of the mission – believed lost, the capsule landed on the wrong continent, where it remained unnoticed for a long time. In the last few years, however, interest in co-operation between the two countries has grown again. DLR emphasised this by opening a branch office in Tokyo, so that since February 2013, all signs have again been pointing towards closer co-operation. Because everyone wants to learn from the mistakes of the past, the Ger-

unbemerkt auf dem falschen Kontinent – für einige Zeit lang das Interesse an weiteren Kooperationen lähmte. Das Kooperationsinteresse zwischen beiden Ländern ist in den vergangenen Jahren jedoch wieder gewachsen. Das DLR hat dies durch die Eröffnung seines Büros in Tokio nachhaltig unterstrichen, und so weht seit Februar 2013 eine neue, frische Brise in der Zusammenarbeit. Da man aus Fehlern der Vergangenheit lernen soll, war es der deutschen Delegation besonders wichtig, neue Kooperationen langfristig und strategisch auszurichten. Deshalb betonte Dr. Gerd Gruppe für die deutsche Seite stets das Interesse an nachhaltiger Zusammenarbeit sowie an Win-Win-Situationen. Dies wurde von japanischer Seite sehr begrüßt, die einen ähnlichen Ansatz verfolgten. Die japanischen Gesprächspartner zeigten sich daher bei allen Begegnungen sehr aufgeschlossen, die Beziehungen beider Länder in der Raumfahrt sind wieder im Aufwind.

Auch die deutschen Industrievertreter verließen Japan am 13. Juni 2014 mit Rückenwind: Sowohl der Grundgedanke der Reise als auch die Treffen mit Politik und Industrie setzten erfolgversprechende Impulse. Mit den neu geknüpften beziehungsweise vertieften Kontakten wird die Industrie nun die Gespräche mit ihren jeweiligen japanischen Partnern fortsetzen – neuen wirtschaftlichen Allianzen steht nun nichts mehr im Wege. Gemeinsam könnten die Industriepartner gerade auch neue Märkte erschließen. Das große Interesse hieran auch von japanischer Seite unterstreicht, dass bereits im September 2014 eine Industriedelegation, angeführt vom japanischen Wirtschaftsministerium, Deutschland besuchte, um die Beziehungen weiter voranzutreiben. Hierzu fanden vertiefende Gespräche mit dem BMWi, DLR und der deutschen Raumfahrtindustrie statt.

man delegation thought it particularly important that any new collaboration should have a long-term strategic orientation. This is why Dr Gruppe as well as the representatives of the German space industry repeatedly emphasised their interest in sustainable collaboration and win-win situations. This was very much welcomed by the Japanese side, whose approach is similar. The Japanese partners displayed a very open mind at all meetings; space relations between the two countries are gaining momentum.

The German industry representatives left Japan on June 13, 2014, with their motivation renewed: the basic idea of the journey as well as the meetings with policymakers and industry had produced some promising stimuli. Using their fresh or intensified contacts, the industry will now further pursue its talks with its Japanese partners; there is nothing to hamper new business alliances. More particularly, the industrial partners might open up new markets together. The lively interest displayed by the Japanese side is confirmed by the fact that as early as September 2014, an industrial delegation led by the Japanese Ministry of Economics in return visited Germany to advance relations further. Plans for the visit include follow-up talks with the BMWi and DLR as well as a German-Japanese space industry symposium.

„Wir möchten unsere wirtschaftliche Zusammenarbeit mit Japan in der Raumfahrt ausbauen, weil ...

... wir bereits in der Vergangenheit mehrere japanische Kunden gewinnen und für diese erfolgreiche Satellitenstarts durchführen konnten. Da für uns der japanische Markt auch zukünftig interessant ist, werden wir auf der Basis dieser guten Beziehungen unsere Kunden weiter bedienen“, sagt Peter Freeborn, Verkaufsleiter der Eurockot Launch Service GmbH.

... wir auch in Zukunft gute Geschäftsmöglichkeiten für die kommerzielle Erdbeobachtung in Japan und außerhalb Japans zusammen mit japanischen Partnern sehen“, sagt Andreas Kern, Leiter der Abteilung WorldDEM Business und Geo-Intelligence bei Airbus Defence and Space.

... dies die Möglichkeit bietet, künftige Raumfahrtprojekte zu realisieren, die sich nur gemeinsam stemmen lassen.“, sagt Dr. Fritz Merkle, Vorstandsmitglied der Firma OHB Systems AG.

... Japan eine erfolgreiche Raumfahrtnation mit anspruchsvollen und wichtigen Raumfahrtprogrammen ist. Ein Teil dieser Missionen zu sein, ist auf der einen Seite eine Herausforderung, der wir uns gern stellen und diese mit unseren Produkten unterstützen, es erfüllt uns auf der anderen Seite aber auch mit Stolz, diese Entwicklungen zu begleiten“, sagt Dietmar Ratzsch, Geschäftsführer der Jena-Optronik GmbH.

... die Kooperation mit einer vielfältigen und überaus potenten japanischen Raumfahrtindustrie ein erhebliches Synergiepotenzial aufweist. So können in sinnvoller internationaler Zusammenarbeit Aufgaben bewältigt werden, mit denen sich ein einzelnes Unternehmen schwer tut“, sagt Michael Scheiding, Geschäftsführer der Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.

... beide Länder im Hochtechnologiebereich erfolgreich sind und somit Raumfahrt-Innovationen im kommerziellen Markt gemeinsam etablieren als auch umsetzen können“, sagt Peter Schlote, Managing Director der Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG.

‘We would like to expand our economic cooperation with Japan in spaceflight because...

...we already have several Japanese customers for whom we have conducted successful satellite launches in the past. Japan will continue to be an attractive market for us in future, too. We intend to continue serving our customers there based on the good relationship we already have,’ says Peter Freeborn, Director Sales of Eurockot Launch Service GmbH.

...we can see attractive business opportunities in working together with Japanese partners in the area of commercial Earth observation, both in and outside of Japan,’ says Andreas Kern, Head of WorldDEM Business and Geo-Intelligence at Airbus Defence and Space.

... this provides the opportunity to realise future projects in spaceflight requiring joint efforts,’ says Dr Fritz Merkle, Member of the Executive Board of OHB Systems AG.

...Japan is a successful spacefaring nation with a number of highly advanced, important space projects. To become a contributor to this mission is, for one, a challenge that we are willing to meet and support with our manufacturing capabilities, while on the other hand it also makes us proud to be a part of those developments,’ says Dietmar Ratzsch, Managing Director of Jena-Optronik GmbH.

...working together with a diversified and extremely powerful space industry produces considerable synergy potential. Judicious international cooperation enables us to master problems that would be too big for individual firms to cope with,’ says Michael Scheiding, Managing Partner of Astro- und Feinwerktechnik Adlershof GmbH.

...both countries are successful in the field of high technology, which means that together we are in a great position to establish and implement our space innovations on the commercial marketplace,’ says Peter Schlote, Managing Director of Tesat-Spacecom GmbH & Co. KG.

# KAP – Kaltes Atmosphärisches Plasma:

Von der Raumfahrt in den Einsatz gegen Krankenhauskeime und Tumorzellen

Von Dr. Peter Weber

Die mikrobielle Verunreinigung durch Pilze, Keime und Sporen ist im Weltall für die Gesundheit der Astronauten sowie für die Langlebigkeit von Bauteilen eine große Gefahr. Auf der Internationalen Raumstation ISS sowie auf Langzeitmissionen werden die winzigen Lebewesen zu einem großen, sicherheitsrelevanten Problem. Bislang hat das Moskauer Institut für Biomedizinische Probleme (IBMP) bis zu 300 verschiedene Organismen auf der ISS bestimmt – Tendenz steigend. In Zukunft könnte den Bakterien auf Raumfahrtbauteilen mit sogenanntem Kaltem Atmosphärischem Plasma – kurz KAP – zu Leibe gerückt werden und damit das alte trockene Hitze-Dekontaminationsverfahren aus den 1970er-Jahren ablösen. Auch auf der Erde gibt es Einsatzmöglichkeiten für den Bakterien-Killer: Dieses aus Umgebungsluft erzeugte Molekülgemisch kann gegen die gefürchteten multiresistenten MRSA-Krankenskeime (Methicillin-resistenter Staphylococcus Aureus) eingesetzt werden. Erste klinische Studien zur Behandlung von offenen Wunden liefen an der Universitätsklinik München bereits sehr erfolgreich. ab. Sogar bei der Behandlung von aggressiven Hirntumoren kann KAP im Kampf gegen maligne Zellen zum Einsatz kommen, die selbst gegen Chemotherapie resistent sind.

CAP – Cold Atmospheric Plasma:

From Space to Application against Clinical Germs and Tumor Cells

By Dr Peter Weber

In space, microbial contamination by fungi, germs, and spores presents a serious threat to the health of astronauts and the durability of components. On the International Space Station (ISS) as well as on long-term missions, these tiny living beings turn into a big safety problem. So far, the Moscow Institute of Biomedical Problems (IBMP) has identified as many as 300 different organisms on the ISS, and their number is growing. In the future, bacteria on space components might be tackled with so-called cold atmospheric plasma, or CAP for short, an approach that would replace the old dry-heat decontamination method from the 1970s. On Earth, too, there are potential applications for the bacteria killer: extracted from the ambient air, this blend of molecules might be used to combat the dreaded MRSA nosocomial germs (methicillin-resistant Staphylococcus aureus). Initial clinical studies on the treatment of open wounds conducted at the University Clinic of Munich produced highly promising results. Even in the treatment of aggressive brain tumours, CAP may be used to combat malignant cells that resist even chemotherapy.



Autor: Dr. Peter Weber arbeitet seit 1988 in der Abteilung Bemannte Raumfahrt, ISS und Exploration im DLR Raumfahrtmanagement. Er betreute unter anderem das Anthrorack während der D2-Mission, die MOMS-Kamera auf der Mir-Station und ab 2000 Projekte für die Internationale Raumstation ISS sowie ICARUS und KAP.

Author: Since 1988, Dr Peter Weber has been working with the Department of Manned Space Flight, ISS, and Exploration at the DLR Space Administration. Among other things, he looked after the Anthrorack during the D2 mission, the MOMS camera on the MIR station and, from 2000 onwards, projects for the International Space Station as well as ICARUS and CAP.

Bevor KAP im Krankenhaus eingesetzt werden konnte, musste das ionisierte Gas einen langen wissenschaftlichen Weg über angewandte Forschung in der Raumfahrt zurücklegen. Begonnen hatte diese „Forschungsreise“ in der Nähe von München. Am Max Planck Institut für Extraterrestrische Physik (MPE) in Garching entstand unter Prof. Gregor Morfill im Jahr 1993 die Idee, extraterrestrische Plasmen unter Schwerelosigkeit und Vakuum zu erforschen. Nur unter diesen Bedingungen können physikalische Grundlagen komplexer, dreidimensionaler Plasmen untersucht werden. Diese „Gasgemische“ galten lange als der unbekannteste Zustand der Materie. Sie bestehen aus einem extrem kalten, elektrisch leitenden Gas mit freien Elektronen und Ionen – wie etwa das Leuchtmittel in einer Leuchtstoffröhre – das mit Staubpartikeln angereichert wird. Da die Partikel durch die Schwerkraft absinken und das komplexe Plasma in Richtung der Schwerkraft stauchen, ist eine Plasmakristallmatrix auf der Erde auf nur wenige Gitterebenen begrenzt. Nur unter Schwerelosigkeit können große, homogene 3D-Strukturen ungestört gebildet und erforscht werden. Zuerst flogen die Plasma-Kristall-Experimente erfolgreich im Spacelab auf dem Space Shuttle mit und wurden anschließend ab dem Jahr 2000 auf der ISS installiert. Damit war Plasma-Kristall das erste erfolgreiche deutsch-russische Experiment auf der Raumstation überhaupt. Diese Forschung bildete den Kern für eine Versuchsreihe, die in deutsch-russischer Zusammenarbeit zu erfolgreichen Missionen führten und weiterhin führen werden.

## Was ist das Besondere an KAP?

Physikalisch gesehen ist Plasma ein Teilchengemisch mit freien Ladungsträgern auf atomar-molekularer Ebene. Seine Bestandteile sind teilweise oder vollständig in Ionen und Elektronen aufgespalten. Kaltes Atmosphärisches Plasma ist ein teilweise ionisiertes Gas – ein hochverdünntes Molekülgemisch aus geladenen Atomen und Molekülen, freien Radikalen und ultraviolettem Licht. Es wird mit Mikro-Entladungs-Elektroden (MSD) unter Normaldruck und Raumtemperatur in Umgebungsluft erzeugt. KAP enthält neutrale und geladene Partikel, angeregte Atome und Moleküle sowie kurz- und langlebige reaktive Bestandteile aus Stickstoff- oder Sauerstoffatomen und -molekülen. Da KAP seinen angeregten Zustand aufrechterhält und die geladenen Teilchen nicht gleich wieder in ihren Grundzustand zurückfallen, befindet sich dieses Plasma in einer sogenannten metastabilen Phase. In diesem Zustand eignet sich dieses Gasgemisch hervorragend, um mikrobielle Verunreinigungen effektiv und schonend zu dekontaminieren.

Darüber hinaus bietet die KAP-Dekontamination einen weiteren Vorteil: Rigorose thermische Schocks und künstliche Materialalterung, wie sie bei der Trocken-Dekontaminationsmethode aus den 1970er-Jahren durch trockene Erhitzung der Raumfahrtbauteile auftreten, werden während der KAP-Sterilisation – mit weniger als 40 Grad Celsius – vermieden. Auch die Behandlung mit ionisierender beziehungsweise kurzwelliger UV-Strahlung oder die Verwendung chemisch-reaktiver Gase oder Flüssigkeiten wird durch KAP überflüssig. So können sowohl Oberflächen von

Before CAP could be used in hospitals, the ionised gas had to go a long way through applied space research. This 'journey of discovery' began in the vicinity of Munich. In 1993, a group at the Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics (MPE) in Garching headed by Prof. Gregor Morfill developed the idea of exploring extraterrestrial plasmas under conditions of microgravity and vacuum. This is the only environment in which the basic physical facts applying to complex, three-dimensional plasmas may be investigated. For a long time, these 'gas mixtures' were regarded as the least-known state of matter. They consist of an extremely cold, electrically conductive gas containing free electrons and ions that is enriched with dust particles and resembles, for example, the illuminant in a fluorescent tube. Because gravity causes the particles to settle, compressing the complex plasma in the direction of gravitation, a plasma crystal mix is confined to a few lattice layers on Earth. Only in microgravity may large, homogeneous 3-D structures form and be investigated without interference. Plasma crystal experiments first flew successfully in the Spacelab on the space shuttle, after which they have been installed on the ISS from 2000 onwards. This makes plasma crystals the first successful German-Russian experiment ever on the space station. It formed the core of a series of experiments which lead and will go on leading to successful missions in German-Russian cooperation.

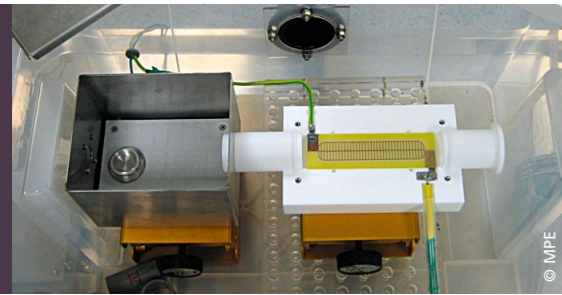
## What is special about CAP?

In physical terms, a plasma is a mixture of particles containing free charge carriers at the nuclear and molecular level. Its constituent elements are partially or entirely split up into ions and electrons. Cold atmospheric plasma is a partially ionised gas – a highly rarefied mixture consisting of charged atoms and molecules, free radicals, and ultraviolet light. It is generated in ambient air by micro-discharge electrodes operating at normal pressure and room temperature. CAP contains neutral and charged particles, excited atoms and molecules, and short as well as long-lived reactive components consisting of nitrogen or oxygen atoms and molecules. Because CAP preserves its excited state and its charged particles do not immediately revert to their normal energy level, the plasma remains in what is called a meta-stable phase. In this condition, the gas mixture is ideal for effectively and conservatively decontaminating microbial pollution.

In addition, decontamination with CAP offers another advantage: carried out at less than 40 degrees Celsius, CAP sterilisation involves none of the rigorous thermal shocks and artificial material ageing induced by the dry-heat decontamination method from the 1970s which involved dry heating of space components. Moreover, CAP dispenses with the need for treatment with ionising and/or short-wave UV radiation or chemically reactive gases or liquids. Thus, the surfaces of space components as well as instruments in operating theatres may be relieved of fungi, germs, spores, and bacteria without damage.

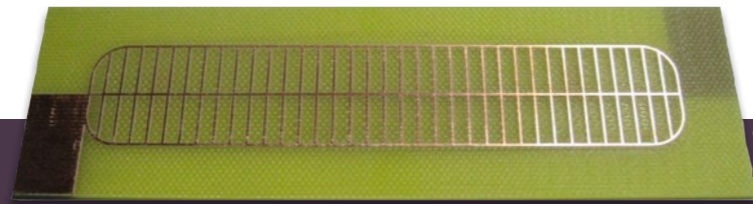
KAP entfaltet seine keimabtötende Wirkung auch bis in die feinsten Strukturen hinein und greift dabei das Material nicht an. Damit eignet sich dieses Plasma auch ideal dafür, Raumfahrt- und 3D-Bauteile zu dekontaminieren.

CAP performs its anti-microbial action even within the most delicate structures without attacking the material. This makes the plasma an ideal decontaminant for spaceship and 3-D components, too.



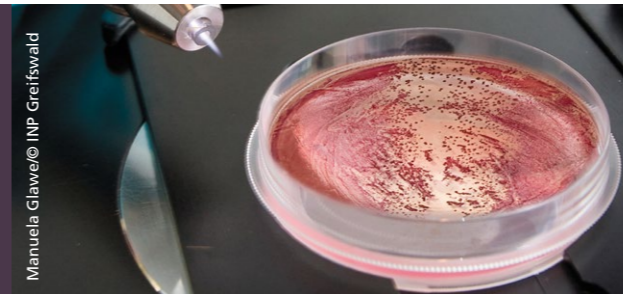
KAP-Bestrahlungsvorrichtung zur Dekontamination von Raumfahrtbauteilen

CAP irradiation system for the decontamination of space components

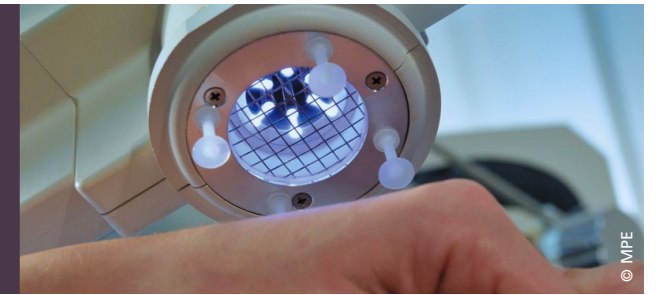


Verbesserte Elektroden zur Erzeugung des Plasmas. Ein Rahmen um die kammähnlichen Spitzen verhindert Erosionsschäden an der Leiterplatte.

Improved electrodes used in plasma generation. A frame around the comb-like tips prevents erosion of the conductor plate.



Manuela Glawe © INP Greifswald



© MPE

Raumfahrtbauteilen als auch Instrumente in Operationssälen von Pilzen, Keimen, Sporen und Bakterien befreit werden, ohne das Material zu beschädigen. Diese Vorteile weckten auch im DLR großes Interesse an KAP – insbesondere in der Abteilung Astrobiologie des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln. Die Forscher untersuchen seit Jahrzehnten den Einfluss von Welt-raumstrahlung auf lebende Organismen – vor allem die Wirkung verschiedenster Arten von Strahlung auf unterschiedlichste Zellen und die biochemisch daraus resultierenden Veränderungen. In dem Kölner Institut lagert eine große Sammlung von Bakterienstämmen, die hinsichtlich der Strahlungswirkung exakt untersucht wurden. Sie können als Referenz-Indikatoren für die Wirkung von KAP dienen. Bereits nach ersten Gesprächen zwischen MPE und den Astrobiologen entstanden sehr schnell neue Ideen zur Anwendung, um den Einsatz von KAP in der Raumfahrt zu untersuchen.

#### Das PlasmaDekon-Projekt

Aus einer Machbarkeitsstudie entwickelte sich das PlasmaDekon-Projekt: Hierbei wird die KAP-Wirkung auf den Oberflächen dreidimensionaler Strukturen und Bauteilen, wie zum Beispiel bei Gehäusen, Subkomponenten, elektronischen Bauteilen, Messvorrichtungen und speziellen Strukturelementen getestet. Um den Ansprüchen für künftige Explorationsmissionen – insbesondere für die Lande- und Probenrückführungsmissionen – zu entsprechen, braucht man schonendere Methoden, um die hochkomplexen, miniaturisierten Raumfahrtbauteile von extraterrestrischem, mikrobiellem Befall zu säubern. Solche interplanetaren Missionen unterliegen besonders strengen Reinheitsanforderungen, da Instrumente mitgeführt werden, die den Nachweis von biologisch aktiven Organismen liefern und deren Zellbausteine (DNA, Proteine etc.) erkennen sollen. Doch das geht nur, wenn falsch-positive Ergebnisse durch mitgereiste Keime ausgeschlossen werden können. KAP soll zeigen, ob es die Anforderungen an interplanetare Missionen wie zum Beispiel ExoMars erfüllen kann. Dafür wurde vom MPE eine Bestrahlungsvorrichtung mit Plasma-Quelle entworfen und in Betrieb genommen. An zwei gleichwertigen Bestrahlungsplätzen konnte so parallel zum DLR auch das MPE eigene Versuche mit ausgewählten Bakterien und Sporen durchführen und diese mit den DLR-Ergebnissen vergleichen. Die Wirkung von KAP wurde im PlasmaDekon-Projekt durch eine Vielzahl von Tests mit unterschiedlichen Referenz-Bakterien und Sporen unter Beweis gestellt. Oberflächen von Raumfahrtbauteilen wurden entsprechend der Anforderungen der Planetary-Protection-Anforderungen von COSPAR und den Vereinten Nationen (UN) für interplanetare Missionen von Mikroorganismen befreit. So lieferte das PlasmaDekon-Projekt mit seinen Ergebnissen eine Grundlage für zukünftige schonende Sterilisationsverfahren und deren Verwendung in der Raumfahrt.

#### KAP im Einsatz gegen Krankenhauskeime

Doch auch in einem anderen Umfeld macht der Einsatz von Plasma Sinn: Wenn KAP Bakterien auf Bauteiloberflächen abtöten kann, ließen sich damit dann auch Operationsinstrumente oder sogar offene Wunden sterilisieren? Erste Studienergebnisse einer Forschungsgemeinschaft aus MPE und dem Klinikum Schwabing legen nahe, dass sich sogar die gefürchteten MRSA-Krankenhauskeime (Methicillin-resistenter Staphylococcus Aureus) mit kaltem

ing the material. These advantages also induced DLR and particularly the Astrobiology Department of the DLR Institute of Aerospace Medicine in Cologne to take a lively interest in CAP. For decades, researchers have been investigating the influence of cosmic radiation on living organisms, focusing on the impact of various radiation types on a wide variety of cells as well as on the resultant biochemical changes. The Cologne institute stores a large collection of bacterial strains that have been painstakingly investigated for their reaction to radiation. These may be used as reference indicators for the effect of CAP. Initial talks between the MPE and the astrobiologists very quickly produced new ideas for investigating the application of CAP in space.

#### The PlasmaDekon project

A feasibility study gave birth to the PlasmaDekon project, which investigates the action of CAP on the surfaces of three-dimensional structures and components, such as casings, sub-assemblies, electronic components, measuring equipment, and special structural elements. To meet the requirements of future exploration missions – particularly landing and sample-return missions – more conservative methods are needed for ridding highly complex, miniaturised space components of extraterrestrial microbial infestations. The requirements applying to cleanliness on such interplanetary missions are particularly strict because they carry instruments designed to demonstrate the presence of biologically active organisms and identify their cellular components (DNA, proteins, etc.). However, this will work only if false positive results caused by germs carried along can be ruled out. Now, CAP is supposed to demonstrate its ability to meet the requirements applying to interplanetary missions such as, for example, ExoMars. For this purpose, the MPE has developed and commissioned a radiation apparatus featuring a plasma source. Thus, two equivalent sites were created at which DLR and the MPE were able to carry out their own experiments on selected bacteria and spores and compare results. That CAP is indeed effective was demonstrated in a multitude of tests involving various reference bacteria and spores under the PlasmaDekon project. Space component surfaces were freed of micro-organisms in conformance with the planetary protection requirements of COSPAR and the rules of the United Nations (UN) applying to interplanetary missions. Thus, the PlasmaDekon project and its results provided a basis for future conservative sterilisation methods and their use in space.

#### CAP against Clinical Germs

There is yet another field in which the use of plasma makes sense: if CAP is capable of killing bacteria on component surfaces, could it also be used to sterilise surgical instruments or even open wounds? Tentative results presented by a research consortium consisting of the MPE and the Schwabing Clinic suggest that cold plasma is even capable of killing the dreaded MRSA nosocomial germs (methicillin-resistant Staphylococcus aureus). At the Clinic of Dermatology, Allergy, and Environmental Medicine in Schwabing, for example, 291 treatments were performed on 36 patients suffering from chronically infected wounds. In addition to the standard treatment

Wo KAP wirkt, haben Keime keine Chance. Daher wird die Technologie zur Erzeugung kalter Plasmen inzwischen auch für medizinische Zwecke verwendet. In der weltweit ersten klinischen Studie hierzu konnten die beteiligten Wissenschaftler und Ärzte nachweisen, dass das Plasma nicht nur keimtötende, sondern auch wundheilende Wirkungen besitzt.

Where CAP is present, germs stand no chance. This is why the technology to generate cold plasmas has now made its way into medicine. Scientists and medical doctors who carried out the first study worldwide on the subject were able to demonstrate that plasma not only kills germs but also enhances the healing process.

Plasma abtöten lassen. So wurden in der Klinik für Dermatologie, Allergologie und Umweltmedizin am Klinikum Schwabing (Städtisches Klinikum München GmbH) 291 Behandlungen an 36 Patienten durchgeführt, die unter chronisch infizierten Wunden leiden. Diese Patienten wurden zusätzlich zu ihrer Standardbehandlung, die unter anderem aus Antibiotika bestand, wiederholt einer fünfminütigen Plasmatherapie unterzogen. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass diese Patienten 34 Prozent weniger Keime – und zwar unabhängig von Art und Resistenzmuster – im Vergleich zur Kontrollgruppe aufwiesen, die nur der Standardbehandlung unterzogen wurde. Nebenwirkungen wie Schmerzen traten dabei nicht auf. Diese ersten positiven Ergebnisse ebnen einen ganz neuen Weg in der Behandlung oberflächlicher, chronisch-infizierter Wunden.

#### KAP im Kampf gegen Hirntumoren

KAP eignet sich aber nicht nur hervorragend zur Wundsterilisation: KAP können auch als neue, medizinisch-aktive Wirkstoffe eingesetzt werden. Sie lassen sich je nach gewünschter Anwendung individuell zuschneiden, indem man verschiedene Gase, Katalysatoren oder bekannte Wirkstoffe hinzufügt. Das macht KAP vor allem für die Krebsforschung interessant. Zum ersten Mal konnten Physiker vom MPE zusammen mit Biologen und Medizinern in einer Studie die synergetische Wirkung von KAP und Chemotherapie auf aggressive Hirntumorzellen nachweisen. In Labortests wurde das Wachstum von sogenannten Glioblastom-Zellen – dem häufigsten und aggressivsten Hirntumor bei Erwachsenen – gestoppt. Diese Zellen sind normalerweise gegen Chemotherapie resistent. Doch nach einer Vorbehandlung mit KAP sprachen widerstandsfähige Zelllinien wieder auf die Behandlung mit Chemotherapie an. Bei dieser kombinierten Therapie konnte zudem die Menge des Chemotherapeutikums deutlich herabgesetzt werden, um den gleichen Effekt wie mit Chemotherapie allein zu erzielen. Krebszellen verloren zudem ihre Fähigkeit, sich selbst zu klonen. Dies könnte der erste Schritt auf dem Weg zu einer neuen Kombinationstherapie sein, die neue Hoffnung für eine wirksame Bekämpfung dieser tödlichen Krebsart bietet. Zudem könnte KAP die Durchlässigkeit von Zellmembranen erhöhen und somit das Eindringen von aktiven Wirkstoffen verbessern – auch ein sehr interessanter Ansatz für die Pharmaforschung auf dem Weg zu neuen, noch wirksameren Medikamenten.

comprising antibiotics and other medication, these patients were given repeated five-minute courses of plasma therapy. The results of the study show that compared to the control group which received only standard treatment, the germ count of these patients was down by 34 percent, and that independently of the germ strains and resistance patterns. No side effects, such as pain, occurred. These first positive results pave an entirely new way in the treatment of superficial, chronically infected wounds.

#### CAP in the fight against brain tumours

However, CAP is not only ideal for sterilising wounds: CAPs may also be used as innovative medically active substances. They may be tailored to specific applications by adding various gases, catalysts, or known active ingredients. This makes CAP particularly interesting in cancer research. For the first time, physicists of the MPE together with biologists and medical researchers were able to demonstrate in a study the synergetic action of CAP and chemotherapy against aggressive brain-tumour cells. In laboratory tests, the growth of so-called glioblastoma cells was halted – the brain tumour that is most frequent and most aggressive in adults. Normally, these cells are resistant to chemotherapy, but after initial treatment with CAP, resistant cell lines began to respond again to chemotherapy treatment. Moreover, this combination therapy permitted markedly reduced doses of the chemotherapeutic agent to achieve the same results compared to chemotherapy alone. In addition, cancer cells lost their capacity to clone themselves. This might be the first step on the way to a new combination therapy offering new hope for effectively combating this fatal type of cancer. Lastly, CAP might increase the permeability of cell membranes so that they may be more easily penetrated by active substances – yet another highly interesting approach in pharmaceutical research on the way to new, even more effective medication.

#### Bedeutende Erkenntnisse aus den bisherigen Untersuchungen:

- Bakterio-virozide Eigenschaft von KAP wurde unter Beweis gestellt
- Schonende und interne Wirkung bei der Sterilisation von Oberflächen und menschlichem Gewebe nachgewiesen
- Besonders vorteilhafter Einsatz für die Verwendung bei Weltraummissionen
- Zukünftige Anwendungen in Kombinationstherapie in der Onkologie sind denkbar

#### The most important results of the investigations so far:

- Demonstration of the bactericidal and virocidal capability of CAP
- Proof of CAP's conservative and inert action in sterilising surfaces and human tissue
- Particularly advantageous for use in space missions, e.g. for sterilization
- Promising possibilities of future applications in oncological combination therapies

# Business Launch

Das Porzer Picknick am DLR „Hauptquartier“ in Köln wird gerne zum Austausch genutzt. Hier trafen sich im Juli DLR-Mitarbeiter, Wissenschaftler, Industrievertreter und Politiker bei strahlendem Sonnenschein: DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe; Reiner Schricke, Leiter Marketing und Sales Erdbeobachtung bei Airbus Defence and Space; der Leiter der Abteilung Internationale Zusammenarbeit, Dr. Thomas Weißenberg und DLR-Vorstandsvorsitzender Johann-Dietrich Wörner.

The 'Porzer Picknick' held annually on the premises of the DLR headquarters in Cologne has become a popular networking event. This July, once again, DLR employees, scientists, industry representatives and politicians enjoyed the get-together in glorious sunshine: DLR Executive Board Member Dr Gerd Gruppe; Reiner Schricke, Head of Marketing and Sales Earth Observation at Airbus Defence and Space; DLR Head of International Cooperation, Dr Thomas Weißenberg, and the Chairman of the DLR Executive Board, Johann-Dietrich Wörner.



Großer Schritt in Richtung Ariane-5ME-Produktion in Deutschland: Am 25. August 2014 eröffneten Airbus Defence & Space, MT Aerospace, OHB AG, Air Liquide sowie die ESA in einer symbolischen Zeremonie die neue Montagehalle für die Produktion der kryogenen Oberstufentanks. Auf dem 4.000 Quadratmeter großen Gelände wird die Fertigung der Ariane5ME-Tanks im November 2015 anlaufen. Von links nach rechts: Marco Fuchs, CEO OHB, Hans Steininger, CEO MT-Aerospace, Brigitte Zypries, Luft- und Raumfahrtkoordinatin der Bundesregierung, Jens Böhrnsen, Oberbürgermeister der Stadt Bremen, Jean Marc de Royere, Senior-Vizepräsident und Vorstandsmitglied von Air Liquide, Soeren Scholz, Leiter der Ariane-5-Produktion bei Airbus Defence & Space, und Gaelle Winters, Direktor Trägersysteme bei der ESA, zerschneiden hierfür ein blaues Band und gaben somit den Startschuss für die Ariane-5ME-Produktion.

A big step on the way to production: in a symbolic gate opening ceremony on August 25, 2014, representatives of Airbus Defence & Space, MT Aerospace, OHB AG, Air Liquide and ESA inaugurated the new production area for the cryogenic upper stage tanks of Ariane 5ME. On two adjoining premises with an overall size of 4,000 square metres, manufacturing of the tank components will begin in November 2015. From left to right: Marco Fuchs, CEO OHB, Hans Steininger, CEO MT-Aerospace, Brigitte Zypries, Aerospace Policy Coordinator of the Federal Government, Jens Böhrnsen, Mayor and President of the Bremen Senate, Jean Marc de Royere, Senior Vice President and Executive Committee Member of Air Liquide, Soeren Scholz, Head of Ariane-5 Production and Exploitation at Airbus Defence & Space, and Gaelle Winters, Director Launcher ESA, cutting a blue ribbon to mark the beginning of industrial activities for Ariane-5ME in Germany.



Deutsch-japanische Raumfahrtindustrie-Konferenz: Unter diesem Arbeitstitel besuchte am 22. September eine japanische Delegation aus Industrie und Politik das DLR Raumfahrtmanagement. Hierzu wurden auch Vertreter der deutschen Raumfahrtindustrie eingeladen. Nachdem sich der Raumfahrtmarkt in Japan langsam auch für ausländische Unternehmen öffnet, möchte auch die deutsche Industrie davon profitieren und die Zusammenarbeit mit Japan intensivieren.

German-Japanese space industry conference: this was the working title under which a Japanese delegation of industry representatives and politicians visited DLR Space Administration on September 22, 2014. Representatives of the German space industry had also been invited. The fact that the Japanese space market is beginning to open its doors to international manufacturers is welcomed by German entrepreneurs as an opportunity to develop their business contacts with the Japanese space industry.

# Raumfahrtkalender

Termin Ereignis

2014	
19. September	Start Falcon 9 von Cape Canaveral (Florida/USA), 4. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-4)
30. September	Start Sojus 40S von Baikonur (Kasachstan/ISS-Expedition)
3.-10. Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 18/19 in Esrange (Nordschweden) mit fünf deutschen Experimenten
16. Oktober	Start Ariane 5ECA von Kourou (Französisch-Guyana) mit den Kommunikationssatelliten Intelsat DLA-1 und Arsat-1
20.-31. Oktober	25. DLR-Parabelflug in Bordeaux (Frankreich)
29. Oktober	Start Progress 57P von Baikonur (Versorgung ISS)
Anfang November	Beginn der ersten Experimente im Electromagnetic Levitator (EML) auf der ISS
November	Infrarot-Observatorium SOFIA: Abschluss Heavy Maintenance Visit bei Lufthansa Technik in Hamburg, Rückflug nach Kalifornien
10. November	Rückkehr Blue-Dot-Mannschaft mit deutschem ESA-Astronauten Alexander Gerst in Sojus-Kapsel
12. November	Landung des ROSETTA-Landers Philae auf dem Kometen Churyumov-Gerasimenko
18. November	Start des suborbitalen Wiedereintrittsfahrzeuges IXV der ESA mit Vega von Kourou
22. November	Start Forschungsrakete TEXUS 51 (DLR) von Esrange mit vier deutschen Experimenten
23. November	Start Sojus 41S von Baikonur (ISS-Expedition)
25. November	Start japanische Asteroidenmission Hayabusa 2 von Tanegashima (Japan)
2. Dezember	ESA-Ministerratskonferenz (Luxemburg)
Dezember	Start Sojus STB von Kourou mit den OHB Galileo-Navigationssatelliten 3 und 4
Dezember	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 5. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-5)
2015	
8.-20. März	Studenten-Raketenkampagne REXUS 17/18 in Esrange mit drei deutschen Experimenten
April	Start Vega von Kourou mit dem Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-2A
17. April	Start Forschungsrakete TEXUS 52 (DLR) von Esrange mit fünf deutschen Experimenten
24. April	Start Forschungsrakete TEXUS 53 (DLR) von Esrange mit fünf deutschen Experimenten
Mai	Start Forschungsrakete MAIUS 1 (DLR) von Esrange mit einem deutschen Experiment
Juni	Start Rockot von Plesetsk (Russland) mit dem Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-3A

# Space Calendar

Date Event

2014	
September 19	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA), 4 <sup>th</sup> ISS logistics flight (SpaceX CRS-4)
September 30	Launch of Soyuz 40S from Baikonur (Kazakhstan/ISS expedition)
October 3–10	Student balloon campaign BEXUS 18/19 in Esrange (north of Sweden); carrying five German experiments
October 16	Launch of Ariane 5ECA from Kourou (French Guiana); carrying the communication satellites Intelsat DLA-1 and Arsat-1
October 20–31	25 <sup>th</sup> DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France)
October 29	Launch of Progress 57P from Baikonur (ISS logistics)
Early November	Launch of the first experiment session in the Electromagnetic Levitator (EML) at the ISS
November	Infrared observatory SOFIA: end of the Heavy Maintenance Visit at Lufthansa Technik in Hamburg (Germany), back flight to California
November 10	Return of the Blue Dot crew with the German ESA astronaut Alexander Gerst in a Soyuz capsule
November 12	Touchdown of the ROSETTA landing probe Philae at the comet Churyumov-Gerasimenko
November 18	Launch of Vega from Kourou; carrying the ESA suborbital re-entry vehicle IXV
November 22	Launch of the sounding rocket TEXUS 51 (DLR) from Esrange; carrying four German experiments
November 23	Launch of Soyuz 41S from Baikonur (ISS expedition)
November 25	Launch of the Japanese asteroid mission Hayabusa 2 from Tanegashima (Japan) spaceport
December 2	ESA Ministerial Council (Luxembourg)
December	Launch of Soyuz STB from Kourou; carrying the OHB Galileo navigation satellites 3 and 4
December	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 5 <sup>th</sup> ISS logistics flight (SpaceX CRS-5)
2015	
March 8–20	Student rocket campaign REXUS 17/18 in Esrange; carrying three German experiments
April	Launch of Vega from Kourou; carrying the Earth observation satellite Sentinel-2A
April 17	Launch of the sounding rocket TEXUS 52 (DLR) from Esrange; carrying five German experiments
April 24	Launch of the sounding rocket TEXUS 53 (DLR) from Esrange; carrying five German experiments
May	Launch of the sounding rocket MAIUS 1 (DLR) from Esrange; carrying one German experiment
June	Launch of Rockot from Plesetsk (Russia); carrying the Earth observation satellite Sentinel-3A