

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 8.000 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:
Andreas Schütz (Imprimatur)
Elisabeth Mittelbach (Teamleitung)
Martin Fleischmann (Redaktionsleitung)
Diana Gonzalez (Raumfahrtskalender)

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

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 8,000 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:
Andreas Schütz (Imprimatur)
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: countdown@dlr.de
DLR.de/rd

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



**Airbus A310 ZERO-G –
Das neue Flugzeug für die
Parabelflug-Forschung**

**Airbus A310 ZERO-G –
The New Aircraft for
Parabolic Flight Research**

Seite 6 / page 6

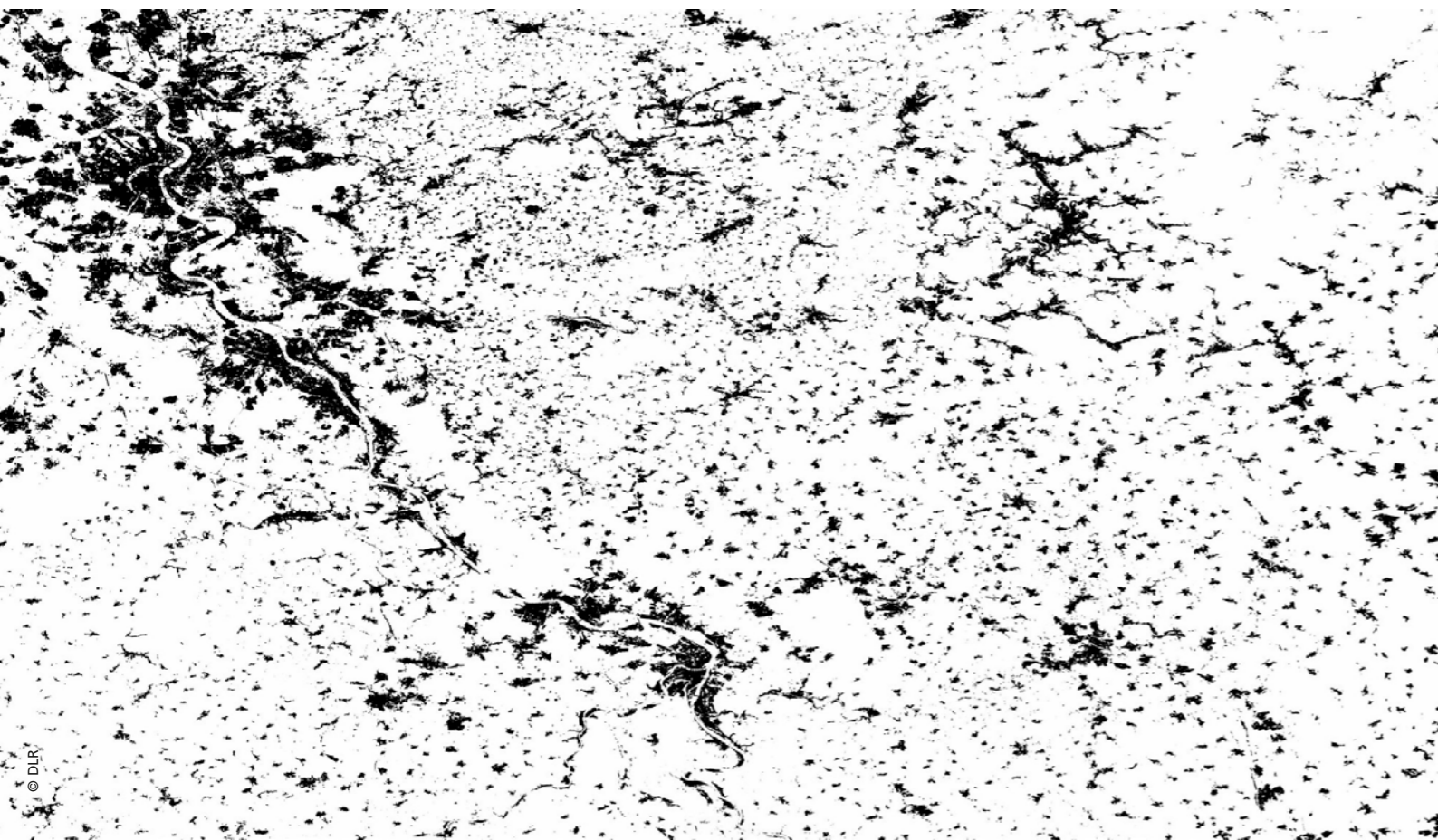
**Facing Space – Interview mit dem
ASI-Präsidenten Roberto Battiston**
Facing Space – Interview with ASI President Roberto Battiston 4

**Sentinel-2A – Neue Anwendungen für
die Erdbeobachtung**
Sentinel-2A – New Applications for Earth Observation 16

**Offenes Tor für Galileo – GATEs-
Testumgebungen sind jetzt komplett**
Open Gate for Galileo –
GATEs Test Environments Now Complete 22

**Beschützer der Erde –
Wir retten unseren Schulteich**
Earth Guardian – Saving the School Pond 28

**Elektronische Bauteile – Ein winziger Chip
dosiert die Energie für leichtere Satelliten**
Electronic Components – A Tiny Chip
Dosing the Power Supply in Light-Weight Satellites 32



„Urban Footprint“ der Region um Köln und Bonn: Die Radarsignale der Satelliten TerraSAR-X und TanDEM-X werden von rechtwinkligen Strukturen auf der Erde besonders gut reflektiert. Die Wissenschaftler des Deutschen Fernerkundungsdatenzentrums (DFD) beim DLR in Oberpfaffenhofen haben mit den Satellitendaten die urbanen Strukturen untersucht. Im Raum zwischen Köln (links oben im Bild) und Bonn erkennt man, dass die größten Ansiedlungen am Rhein gewachsen sind, aber auch die ländlichere Region im Umkreis von zahlreichen kleinen Dörfern besiedelt ist. Die optische Satellitenaufnahme von Köln und Bonn (unten) zeigt zwar die Stadtzentren am Rhein ziemlich klar. Die kleineren Dörfer und Häuser in der ländlicheren Region sind hingegen nicht klar zu erkennen.

'Urban Footprint' of the Cologne-Bonn area: the radar signals of TerraSAR-X and TanDEM-X satellites are particularly well reflected by rectangular structures on the ground. Scientists working at the German Remote Sensing Data Centre (DFD) at DLR's Oberpfaffenhofen site have analysed urban structures based on satellite data. In the area between Cologne (top left) and Bonn, the image shows that the larger residential areas along the river Rhine have grown in size but the more rural spaces surrounding the cities are dotted with many small villages, too. The optical satellite image of Cologne and Bonn (below) clearly reveals the urban centres along the Rhine, but the small villages and houses in rural areas can hardly be made out.



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,

Ende Juni fand in München die „Global Space Innovation Conference“ (GLIC) statt. Diese Veranstaltung der International Astronautical Federation (IAF), der ESA, des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie und des DLR brachte rund 250 Teilnehmer aus vier Kontinenten zusammen. Erfreulicherweise waren alle relevanten Raumfahrtakteure vertreten: Neben den Raumfahrtagenturen beteiligten sich auch Wirtschaft und Wissenschaft.

Diese Konferenz in Deutschland war richtig und wichtig, denn es war mehr als überfällig, zum Thema Innovation einen globalen Austausch anzustoßen. Ich habe es schon mehrfach an dieser Stelle angesprochen und werde dessen auch nicht müde: Die gesamte Raumfahrt befindet sich in einem Wandel, dessen Dynamik ständig zunimmt. Drei wesentliche Faktoren tragen dazu bei:

- Die steigende Zahl aktiver Raumfahrtnationen (teils sehr finanzstark)
- Der ambitionierte, um nicht zu sagen aggressive Markteintritt finanzstarker neuer Akteure aus der Nicht-Raumfahrt. Als Speerspitze gelten hier zuvorderst US-Firmen wie Google, Amazon oder Apple.
- Viele technische Neuentwicklungen, vor allem die Fortschritte in der Mikroelektronik

Die staatlichen Budgets werden nur bedingt wachsen. Wer mehr Raumfahrt will, muss die private Nachfrage bedienen. Und hier zählen nur Innovationen! Genau die müssen gefördert und massiv vorangetrieben werden. Wir müssen für ein neues Innovationsklima sorgen. Es ist meine feste Überzeugung, dass wir nur so eine Chance haben, im weltweiten Konkurrenzkampf zu bestehen.

Konzentriert wie in einem Brennglas war all das bei der GLIC-Konferenz zu sehen: Es war begeisternd, die Gründer zu erleben sowie Vertreter Russlands und neuer Raumfahrtationen wie Saudi-Arabien dabei zu haben.

Ein wichtiger Faktor für erfolgreiche Geschäftsgründungen ist deren Finanzierung. Deshalb war eines der sechs Panels genau diesem Anliegen gewidmet. Prof. Dr. Christoph Zott, Professor für Entrepreneurship, führte sehr eindringlich vor Augen, wie wichtig bei jeder Unternehmensgründung ein klares Konzept, ein tragfähiges Geschäftsmodell und ein flexibles, lernendes Team sind. Ebenso wichtig ist, dass etablierte Unternehmen sich für diese Konzepte öffnen. Und das tun sie auch.

Das DLR-Raumfahrtmanagement schätzt solche Begegnungen und Impulse sehr. Wir werden die Themen Innovationsförderung und Unternehmertum noch mehr fördern. Die organisatorischen Voraussetzungen dazu schaffen wir gerade.

Ihr Gerd Gruppe

Dear readers,

At the end of June, the 'Global Space Innovation Conference' (GLIC) took place in Munich. Hosted by the International Astronautical Federation (IAF), ESA, the Bavarian State Ministry for Economic Affairs and Media, Energy and Technology, as well as DLR, the conference brought together some 250 delegates from four continents. It was good to see that all relevant players were present: besides space agencies, industry and the science community were also represented.

This conference in Germany was a good thing and it was important, for a global discussion on innovation was long overdue. I have often made that comment on this page and I will not grow tired of repeating it. The entire space sector is undergoing a process of transformation that is increasingly dynamic. Three main factors are driving this change:

- The growing number of active space nations (some of them financially very potent)
- The ambitious, if not aggressive market entrance strategies of well-capitalised new players from the non-space sector. These primarily include American firms like Google, Amazon, or Apple.
- Plenty of innovation, especially the progress in the area of micro-electronics

National budgets will grow only to a limited extent. Those who want more spaceflight will have to bring the private sector on board. And all that counts for this sector is innovation! This is what will have to be massively supported and developed. We must create an innovation-friendly climate. It is my firm belief that this is our only chance to stand our ground against global competition.

Quintessentially, this is what the GLIC Conference was all about: it was exciting to see this gathering of founders as well as delegates from Russia and from 'new' space nations such as Saudi Arabia.

A key factor in setting up a business successfully is finance. Consequently, one of the six panels dealt with that issue. A professor in entrepreneurship, Professor Dr Christoph Zott, emphasised how important it was for any start-up company to have a viable concept, a good business plan and a team of people who are flexible and willing to learn.

It is equally important for these concepts to be supported by the long-established players. And that's what they do.

The DLR Space Administration highly appreciates such meetings and initiatives. We intend to do even more to support innovation and entrepreneurship in the future, and have begun to create the organisational framework to make it happen.

Yours, Gerd Gruppe

Facing Space –

Die Meinung unserer internationalen Partner – in dieser Ausgabe: Roberto Battiston, Präsident der italienischen Raumfahrtagentur „Agenzia Spaziale Italiana“ (ASI)

The opinion of our international partners – in this issue: Roberto Battiston, president of the Italian space agency 'Agenzia Spaziale Italiana' (ASI)

Roberto Battiston ist seit Mai 2014 Präsident der italienischen Raumfahrtagentur ASI. Er ist Professor für Experimentalphysik an der Universität in Trento (Trient), wo er 1956 geboren wurde und immer noch lebt. Als Vorsitzender der Kommission II des Nationalen Instituts für Nuklearphysik (INFN) ist Battiston für Astropartikel-Physik zuständig. Außerdem ist er Mitglied des Trento-Instituts für Fundamentale Physik und Anwendungen (TIFPA) – das neue nationale Zentrum des INFN.

Herr Battiston, Sie haben im Mai 2014 den Vorsitz in der italienischen Raumfahrtagentur ASI übernommen. Wenn Sie auf Ihr erstes Jahr im Amt zurückschauen, was waren die Hauptthemen auf Ihrer politischen Agenda?

Im Mai 2014 war ich mit einigen Herausforderungen sowohl auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene konfrontiert. Im internationalen Bereich standen die Dinge beim Ministerrat in Luxemburg im Dezember 2014 auf Messers Schneide. Strittige Themen waren die neue Trägerraketenfamilie Ariane6/Vega-C, die Fortführung der Internationalen Raumstation ISS bis 2018 und die Vollendung des Exomars-Projekts 2018. Ich erinnere mich noch sehr genau an eine Reihe sehr intensiver Gespräche von Juli bis Oktober mit Beteiligung der Minister der Staaten, die an der Launcher-Investition beteiligt sind. Zu Beginn gab es keine Übereinstimmung, weder unter den führenden ESA-Mitgliedstaaten noch zwischen der ESA und der Industrie. Schritt für Schritt und nach einigem Auf und Ab, nach endlosen Gesprächen und manchen harschen Momenten waren wir dann doch in der Lage, eine neue Strategie zu definieren. Diese wurde in Luxemburg bestätigt und basiert auf einer neuen europäischen Trägerraketenfamilie ausschließlich auf der Grundlage von Ariane 6 und Raketen des Typs Vega-C, unter Verwendung baugleicher Komponenten wie dem P120-Triebwerk der Vega-C. Es gelang uns, auch die Industrievertreter zu einer Verständigung hinsichtlich der Umsetzung zu bewegen. Dies ist ein Europa, wie es mir gefällt: Ein Problem wird gemeinsam vom Ministerrat und von der Industrie gelöst. Wie Jean-Jacques Dordain weise formulierte: „Wenn dies auch nicht die beste Lösung ist, ist es doch die bestmögliche Lösung.“ Ich kann ihm nur zustimmen.

Die zweite Herausforderung war die Fertigstellung des Programms „Cosmo Second Generation“. Hierbei geht es um zwei neue Satelliten, die die bereits jetzt hervorragenden Leistungen der Satellitenkonstellation der Reihe SAR Cosmo Sky Med um weitere Fähigkeiten erweitern werden. Zur Vollendung dieses Erdbeobachtungsprogramms, das für Sicherheit, Katastrophenschutz und Überwachungsaufgaben von strategischer Bedeutung ist, waren weitere finanzielle Mittel erforderlich. Diese wurden nun der italienischen Raumfahrtorganisation ASI bereitgestellt, deren Budget in den Jahren 2015 bis 2020 um circa

Im Druckoszillations-Demonstrator in Saint Jean d'Ilac (Frankreich) wurde das POD-X-Triebwerk getestet, um Instabilitäten im Verbrennungsprozess zu erkennen. Die Erkenntnisse aus den Tests sollen in die Entwicklung des P120-Triebwerks für die Vega-C-Rakete einfließen.

The Pressure Oscillation Demonstrator in Saint Jean d'Ilac, France, used to study combustion instability, was fired to test the POD-X engine. The results of this test should help to develop the P120 engine for the Vega-C launcher.



© ASI

Roberto Battiston was appointed president of the Italian Space Agency in May 2014. He is a full Professor of Experimental Physics at the University of Trento, where he was born in 1956 and is still living. He is Chairman of Commission II of the National Institute of Nuclear Physics (INFN) for Astroparticle Physics, and a member of Trento Institute for Fundamental Physics and Application (TIFPA) – the new national centre of the INFN.

Mr. Battiston, you took over the presidency of the Italian space agency, ASI (Agenzia Spaziale Italiana) in May 2014. If we look back at the first year of your presidency, what were the main issues on your political agenda?

Looking back, in May 2014 I had in front of me a couple of challenging issues both at international and national level. At international level, the Ministerial Council in Luxembourg in December 2014 was definitely on the critical path. The new launcher family Ariane6/Vega-C, the operation of the International Space Station until 2018, the completion of Exomars-2018, these were the issues on the table. I clearly remember a series of very intense meetings, from July to October, involving also the Ministers of the Member States which are investing on launchers. At the beginning, there was disagreement both among the leading ESA countries as well as between ESA and the industry. Step by step, through ups and downs, endless discussions and some harsh moments, we were able to define a new strategy, approved in Luxembourg, about a new European launcher family, based only on the Ariane 6 and Vega-C rockets, built around the commonality of the P120 Vega-C motor, and to get the industry to agree on the way to implement it. I must say this is the Europe I like: a problem being jointly solved by the Ministerial Council and the industry. As Jean-Jacques Dordain wisely said: "This is not the best possible result, but the best result, which was possible." I do agree. The second challenge was the completion of the national



© ESA/DGA



© NASA

ASI und NASA haben in der Vergangenheit immer eng zusammengearbeitet – insbesondere bei dem ISS-Versorgungsprogramm MPLM. Italien entwickelte und baute drei ISS-Versorgungsmodule, die in der Ladebuch des Space Shuttles mitgenommen werden konnten. Die Amerikaner übernahmen den Transport und brachten zusätzlich italienische Astronauten auf die Raumstation.

ASI and NASA have a long history of cooperation – especially concerning the ISS logistics programme MPLM. Italy developed and built three ISS logistics carriers, which could be stored in the payload bay of the space shuttle. NASA has been responsible for the transport and has flown some Italian astronauts to the space station.

25 Prozent erhöht wird, um die Vollendung der Programme der ESA-Ministerratskonferenz 2014 und der zweiten Generation von Cosmo sicherzustellen.

Italien ist bekannt für seine vielfältigen bilateralen Kooperationsabkommen – insbesondere mit der NASA. Im Oktober 2014 hat Charles Bolden, der Direktor der NASA, Sie in Rom besucht, um die amerikanisch-italienische Kooperation weiter zu festigen. Haben Sie auch über eine italienische Beteiligung an der amerikanischen Marsmission gesprochen?

Die Zukunft der Raumfahrt schließt definitiv auch die Erkundung des Weltraums durch den Menschen ein. Die NASA ging dabei mit ihren ehrgeizigen Langzeitszenarien immer allen anderen voran. Solche Langzeitszenarien sind ja wichtig, um kurzfristige Strategien festzulegen. Deshalb sind wir nach unseren außergewöhnlichen gemeinsamen ISS-Aktivitäten an einer Fortführung unserer starken Zusammenarbeit mit der NASA und insbesondere an einer Mitnutzung der Orion-Kapazitäten interessiert. Niemand weiß genau, was der beste Weg zur Erforschung des Weltalls ist. Ich meine, die Technologien entwickeln sich rasant, jeden Tag kommt ein neuer Baustein hinzu. Alle reden jetzt zum Beispiel über die Nutzung von 3-D-Druckern in der Raumfahrt. Diese Technologie wird vielleicht einmal die alte, aber brillante Idee der Vor-Ort-Nutzung nicht-irdischer Ressourcen Realität werden lassen. Wir müssen uns auf eine neue Art der Planetenerkundung einstellen. Über die 3-D-Drucktechnik hinaus haben wir eine Menge weiterer neuer Technologien, so zum Beispiel selbstreparierende Werkstoffe, Computer, die rationale Entscheidungen treffen können, supraleitfähige Materialien zum Schutz der Astronauten vor ionisierender Strahlung. Hieran sollten wir konzentriert und mit global vereinten Kräften weiterarbeiten. Allein kann Europa all dies nicht leisten. Wir brauchen eine echte Partnerschaft mit der NASA auf der Basis unserer eigenen Spitzenleistungen in Forschung und Industrie und mit einer langfristigen Vision.

Wie wichtig sind solche bilateralen Kooperationen für Italiens Raumfahrtstrategie?

Sie sind von grundlegender Bedeutung. MPLM/ISS mit der NASA, das SIASGE (Sistema Italo-Argentino per la Gestione delle Emergenze)-Programm mit Argentinien, CSES (China Seismo-Electromagnetism Satellite) mit China, um nur die größten Kooperationen zu nennen, sind für uns wie eine Tür in die Zukunft. Sie schaffen langfristige internationale Verbindungen, die wiederum auch zu wirtschaftlicher Zusammenarbeit führen, wie dies auch das CYGNUS-Programm mit Thales Alenia Space Italien zeigt.

Es gibt harte Auseinandersetzungen über die Zukunft der Internationalen Raumstation ISS. Wenn Sie einmal nach vorn schauen, wie sehen Sie die Zukunft der ISS?

Ich denke, die Investitionen in die Raumstation waren so hoch, dass wir uns sehr genau überlegen sollten, ob wir sie aufgeben sollen. Es gibt jedoch bessere, gezieltere Formen der Nutzung der ISS. Daran arbeiten wir derzeit im Rahmen der ESA und der NASA.

'Cosmo Second Generation' programme, two new satellites, which will add new capabilities to the already stunning constellation of four SAR Cosmo Sky Med satellites. The completion of this Earth observation programme, strategically important for security, emergency, and monitoring, needed additional resources, which were granted by the Italian government increasing ASI's budget by about 25 per cent on average from 2015 to 2020, to cope with Ministerial Council 2014 and "CSG", the second generation of Cosmo, completion..

Italy is known for its manifold bilateral cooperations – especially with NASA. In October 2014, NASA director Charles Bolden met you in Rome to further strengthen the American-Italian cooperation. Have you discussed an Italian participation in the American Mars mission?

The future of space flight definitely includes human exploration of space, and NASA has been always on the frontier, providing ambitious long-term scenarios, which are necessary to define short-term strategies. This is why we are always very interested in continuing our strong collaboration with NASA after the extraordinary joint ISS activities and using the capabilities of Orion. No one has the final answer about which is the best way to explore space. I think that technologies are evolving rapidly, every day we get a new piece of the solution. For example, today everybody talks about 3D printing in space. This technology is bringing to reality the old but brilliant idea of exploiting non-earthly resources. We have to prepare for a new way of exploring planets. We need a wealth of new technologies in addition to 3D printing, materials which are self-repairing, computers which can take common-sense decisions, superconducting shields which can protect the astronauts from the ionising radiation. We need to focus our efforts and join forces at a global level: Europe alone cannot do it, we need a real partnership with NASA, based on the excellence of our industry and research together with the capability of following a long-term vision.

How important are those bilateral cooperations for Italian's space strategy?

They are of fundamental importance. MPLM/ISS with NASA, SIASGE (Sistema Italo-Argentino per la Gestione delle Emergenze) with Argentina, CSES (China Seismo-Electromagnetism Satellite) with China, just to mention the largest ones, are doors open to the future, creating international connections and collaborations, which last for a long time, and, in turn, developing also strong industrial ties as it is shown by the Cygnus programme with Thales Alenia Space Italy.

There is a hard discussion about the future of the International Space Station ISS. If you just look ahead, how do you see the future of the ISS?

I think that the investment in the ISS is so large that we better think twice before abandoning it. There are, however, better, more focused ways to use the ISS and I am working in this direction within ESA and NASA.



In den Kopf geschaut

Wie wirkt sich Stress auf die kognitive Leistung von Astronauten aus? Dieser Frage sind Forscher der Deutschen Sporthochschule Köln in der ersten wissenschaftlichen Parabelflugkampagne mit dem neuen Airbus A310 ZERO-G nachgegangen. Astronauten und Kosmonauten sind durch ihre besondere Situation auf der Raumstation permanentem Stress ausgesetzt. Wie sich solch chronischer Stress auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt und ob ein individuelles Sport- und Bewegungsprogramm diesem entgegenwirken kann, wollen die Kölner Forscher herausfinden. Der innovative Ansatz des Projekts besteht darin, nicht nur objektiv sichtbare Leistungsparameter zu erfassen, sondern durch neurophysiologische Messmethoden auch die zugrunde liegenden Veränderungen im Gehirn zu verstehen. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, die Bedeutung von Sport und Bewegung für die mentale Gesundheit, im All wie auf der Erde, herauszustellen.

Brain Inspection

How does stress affect cognitive performance in astronauts? This question was explored by researchers of the German Sports University in Cologne during the first parabolic flight campaign on the new Airbus A310 ZERO-G. Astronauts and cosmonauts are exposed to chronic stress as a result of their special situation on the space station. How this chronic stress affects their cognitive performance and whether or not an individualised sports and exercise programme can counteract this deconditioning is a question the researchers from Cologne seek to investigate. The innovative approach of this project is to capture not only performance parameters that are objectively visible but also to use neurophysiological methods to understand the underlying changes in the brain. The results are expected to help emphasise the significance of sports and exercise for mental health, both in space and on Earth.



Airbus A310 ZERO-G

Das neue Flugzeug für die Parabelflug-Forschung

Von Dr. Ulrike Friedrich und Dr. Katrin Stang

Als am 7. Mai um 12.35 Uhr der Airbus A310 ZERO-G auf dem Flughafen Bordeaux-Mérignac landete, ging die erste Kampagne mit dem neuen Parabelflugzeug nach drei Flugtagen erfolgreich zu Ende. Mit dieser ersten gemeinsamen Parabelflug-Kampagne des DLR, der europäischen Raumorganisation ESA und der französischen Raumfahrtagentur CNES für Experimente unter reiner Schwerelosigkeit wurde der A310 ZERO-G eingeweiht. Damit ist der umgebaute ehemalige „Kanzler-Airbus“ die neue Brücke für Experimente auf ihrem Weg zur Internationalen Raumstation. Auch einige der acht deutschen Forschungsprojekte dieser Kampagne haben das Potenzial, in Kürze ein Raumstationsexperiment zu werden. Mit dem neuen Parabelflugzeug werden auch in Zukunft fünf bis sechs wissenschaftliche Forschungskampagnen jährlich geflogen – mit allen Vorzügen, die der neue A310 ZERO-G mit sich bringt.

Airbus A310 ZERO-G

The New Aircraft for Parabolic Flight Research

By Dr Ulrike Friedrich and Dr Katrin Stang

When the Airbus A310 ZERO-G touched down at Bordeaux-Mérignac airport at 12.35 pm on May 7, the landing marked the successful end of the first campaign with the new aircraft after three flight days. Jointly carried out by DLR, the European Space Agency (ESA), and the French space agency CNES, this first parabolic flight campaign for experiments in microgravity was the inauguration of the A310 ZERO-G. Previously used by the former German Federal Chancellor, the converted Airbus is now the new 'bridge' for experiments on their way to the International Space Station. Some of the eight German research projects of this campaign, too, are potential space station experiments. In the future, the new parabolic flight aircraft will be used to fly between five and six scientific research campaigns every year – making use of all the benefits the new A310 ZERO-G has to offer.

Das Aussetzen von Satelliten im Zielorbit durch kontrollierte Trennung von der Trägerrakete ist eine technische Herausforderung. Ingenieure vom Aerospace Institut in Berlin testen in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der TU Berlin im Parabelflug neue Separationsmechanismen von Kleinstsatelliten unter Mikrogravitationsbedingungen.

Launching satellites into their target orbit by controlled separation from their launch vehicle is a technical challenge. On this parabolic flight, engineers from the Aerospace Institute in Berlin in collaboration with scientists from the Technical University of Berlin (Technische Universität Berlin) are testing new separation mechanisms for nano-satellites in microgravity.



Autoren: **Dr. Ulrike Friedrich** (l.) leitet die DLR-Parabelflugkampagnen des Raumfahrtmanagements. Mit über 500 Parabeln zählt sie zu den Vielfliegern. **Dr. Katrin Stang** arbeitet eng mit ihr zusammen. Beide betreuen in Bordeaux die Wissenschaftler während der zweiwöchigen Parabelflugkampagnen. Authors: **Dr Ulrike Friedrich** (left) is head of DLR's parabolic flight campaigns at the DLR Space Administration. Having taken part in over 500 parabolas herself, she is one of DLR's 'frequent flyers'. **Dr Katrin Stang** works closely at her side. The two of them support the scientists in Bordeaux throughout the two-week parabolic flight campaigns.

Mehr Energie für wissenschaftliche Experimente

Der Airbus A310 ZERO-G bietet gegenüber seinem Vorgänger einige Vorzüge. So steht zum Beispiel den Wissenschaftlern für ihre Experimente mehr Energie zur Verfügung als im Airbus A300 ZERO-G. Obwohl das neue Parabelflugzeug neun Meter kürzer ist, gibt es auch hier einhundert Quadratmeter Fläche, die für Experimente innerhalb der Kabine zur Verfügung stehen. Denn die Passagiersitze sind kompakter angeordnet und die große technische Konsole zur Überwachung des Flugzeugs und der Experimente ist durch einen Laptop ersetzt worden. Fast 40 Forscher sind während einer Kampagne täglich an Bord, führen ihre eigenen Experimente durch und werden als Testpersonen untersucht. Die moderne Medikation gegen Reisekrankheit führt dazu, dass kaum jemand mehr unter Übelkeit leidet und alle mit vollem Einsatz dabei sind.

More energy for scientific experiments

Compared to its predecessor, the Airbus A310 ZERO-G offers various advantages. Thus, for example, scientists have more energy available for their experiments than on the Airbus A300 ZERO-G. Although the new aircraft is shorter by nine metres, it also offers one hundred square metres of space for experiments within the cabin, since the passenger seats are arranged more closely together and the large technical console for monitoring the aircraft and the experiments was replaced by a laptop computer. Every campaign day, the aircraft carries nearly 40 researchers both to run their own experiments and to be examined as human test subjects. Modern medication against travel sickness ensures that hardly anybody is taken sick and everybody can work at full strength.

„Die verfügbare elektrische Energie, die Anzahl der Passagierplätze und der Experimentierraum entscheiden darüber, wie viele Experimente wir mit an Bord nehmen können. Wir sind daher sehr zufrieden, dass den Wissenschaftlern nun mehr Energie für ihre Anlagen zur Verfügung steht“,

erklärt DLR-Parabelflugprogrammleiterin Dr. Ulrike Friedrich.

‘The number of experiments we can take on board depends on the available electrical power and the plane’s capacity in terms of passenger seats and lab space. This being so, we are highly pleased that the new plane can provide more power for scientists to run their experiments,’

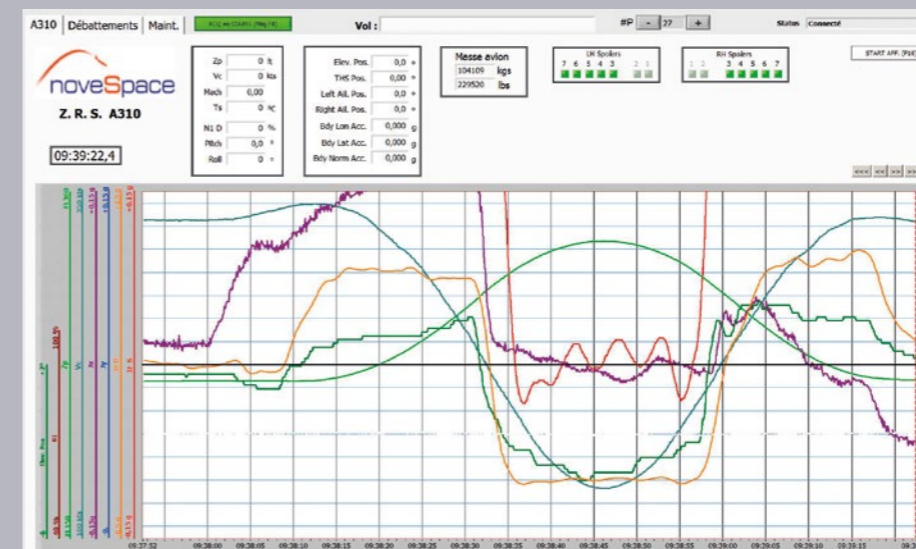
states Dr Ulrike Friedrich, head of the DLR parabolic flight programme.

Gute Qualität der Schwerelosigkeit

Für die Wissenschaft ist neben der Dauer auch die Qualität der Schwerelosigkeit während der 31 geflogenen Parabeln eines

Microgravity of good quality

For science, it is the quality of microgravity besides its duration that is important during the 31 parabolas flown in the course of a campaign day. It determines the quality of the data and thus directly influences the results. During the entire campaign, the



© Novespace

Jede Menge Energie für die Wissenschaft: Die Stromversorgung sowie weitere Parameter für alle Experimente werden im neuen Parabelflugzeug A310 ZERO-G nur noch von einem Notebook aus gesteuert.

Plenty of energy left for scientific research: on the new A310-ZERO-G, managing power supply and other experiment parameters requires no more than a notebook.



Die Wissenschaftler der ersten Parabelflugkampagne im neuen Airbus A310 ZERO-G während der Startphase. Erst wenn die anvisierte Flughöhe erreicht ist, können sie sich ihren Experimenten widmen.

The scientists of the first parabolic flight campaign on the new Airbus A310 ZERO-G during take-off. Only when the aircraft has reached its cruising altitude, they can begin to work on their experiments.

Flugtages wichtig. Sie bestimmt die Güte der Daten und nimmt damit direkten Einfluss auf die Ergebnisse. Die Parabeln mit dem Airbus A310 ZERO-G waren während der gesamten Kampagne messbar „weicher“ und ruhiger. Es trat weniger Fluktuation in der Qualität der Schwerelosigkeit um die 0-G-Linie auf. Daher waren auch die Wissenschaftler mit dem Airbus A310 ZERO-G sehr zufrieden. Insgesamt wurden in Bordeaux vier Experimente, die das DLR für diese Kampagne ausgewählt hat, geflogen. Sechs Experimente stammten zudem von der ESA (davon waren vier aus Deutschland), zwei von CNES.

Die acht deutschen Experimente im Überblick:

Trainieren Astronauten im Weltall richtig?

Verlässt ein Astronaut die Erde, reduziert sich mit der Schwerkraft gleichermaßen auch die Belastung, die auf den Körper einwirkt. Unser Körper ist diese Belastung aber gewöhnt. Jede Sekunde auf der Erde arbeiten die Muskeln und Knochen gegen die Schwerkraft an – wir sind sozusagen permanent im Training. Schwerkraft plus zusätzliches Krafttraining mit hohen Belastungen für die Muskulatur sind der beste Weg, unsere Muskel- und Knochenmasse stabil zu halten. Gerade in der Schwerelosigkeit müssen Astronauten deshalb täglich trainieren, um fit zu bleiben. Doch ist das Krafttraining, das auf der Erde unter den Gesetzen der Schwerkraft entwickelt wurde, auch in der Schwerelosigkeit effektiv? Untersuchungen an den Rückkehrern von der Internationalen Raumstation haben Forschern gezeigt, dass bestimmte Muskelgruppen noch nicht ausreichend trainiert sind. Mit einem eigens entwickelten Diagnosegerät untersuchte ein Forscherteam der Deutschen Sporthochschule Köln um Projektleiterin Prof. Kirsten Alb-

parabolas flown on the Airbus A310 ZERO-G were measurably 'softer', calmer. There was significantly less variation in the quality of microgravity around the 0-G line. For this reason, scientists were highly satisfied with the Airbus A310 ZERO-G. A total of four experiments selected by DLR for this campaign flew in Bordeaux. Furthermore, six experiments came from ESA (four of which from Germany), two from CNES.

Overview of the eight German experiments

Do astronauts exercise properly in space?

When an astronaut leaves Earth, the load affecting his or her body diminishes in line with gravity. However, our bodies are accustomed to this load. On Earth, muscles and joints work against gravity every second – we are permanently exercising, as it were. Gravity combined with additional power training that places high loads on the muscular system is the best way to

keep our muscle and joint mass stable. For this reason, astronauts in microgravity must exercise on a daily basis to stay fit. But is power training that was developed on Earth under conditions of 'normal' gravity of any use in microgravity? Studies performed on returnees from the International Space Station have shown researchers that certain muscle groups were not in adequate condition. Using a diagnostic device specifically developed for the purpose, a team of researchers around Professor Kirsten Albracht from the German Sports University in Cologne investigated power generation, neuronal control, and contraction behaviour in fibre bundles of major muscle groups in the legs, collaborating with colleagues from Berlin, Freiburg, and Australia. Their findings are expected

nostic device specifically developed for the purpose, a team of researchers around Professor Kirsten Albracht from the German Sports University in Cologne investigated power generation, neuronal control, and contraction behaviour in fibre bundles of major muscle groups in the legs, collaborating with colleagues from Berlin, Freiburg, and Australia. Their findings are expected

„Als ich bei meiner Ankunft in Bordeaux das neue Parabelflugzeug sah – außen wie innen leuchtend weiß – war ich schon überzeugt: Das neue Flugzeug wird den Ansprüchen der Wissenschaftler und der Crew standhalten und ein würdiger Nachfolger für den alten Airbus A300 werden. Und die drei erfolgreichen Flugtage haben diese Ahnung bestätigt“, resümiert Dr. Ulrike Friedrich.

'When I saw the new parabolic flight aircraft on my arrival in Bordeaux – gleaming white both outside and inside – I was immediately convinced that the new aircraft would meet the demands of scientists and crew and be a worthy successor to the old Airbus A300.

Three successful days of flying have confirmed this view,' concludes Dr Ulrike Friedrich.

„Der Airbus A310 ZERO-G ist kürzer und daher leichter zu fliegen, weil er direkter auf Befehle reagiert. Außerdem ist er – im Vergleich zu seinem Gewicht – stärker und wir erreichen darum eine höhere Geschwindigkeit, wenn die Schwerelosigkeit einsetzt. Wir hoffen, so die Phase der Schwerelosigkeit ein klein wenig verlängern zu können. Außerdem erleichtert uns das neu entwickelte Parabolic Piloting Display das Fliegen während der Parabeln. Ich habe viel Arbeit in die Entwicklung dieses Systems gesteckt. Daher fühlt sich dieses Flugzeug an, als wäre es mein eigenes Baby“,

erklärt Parabelflugkapitän Eric Delesalle.

'The Airbus A310 ZERO-G is shorter and thus easier to fly because it responds to commands more directly. Moreover, it is stronger relative to its weight, so that we can reach a higher velocity at the onset of microgravity. Thus, we hope to prolong the zero-gravity phase a little bit. Moreover, the newly-developed parabolic piloting display makes flying easier for us during the parabolas. I have invested a great deal of work in the development of this system, so that it almost feels as if the aircraft were my own baby,'

explains parabolic flight captain Eric Delesalle.

racht gemeinsam mit Kollegen aus Berlin, Freiburg und Australien die Kraftgenerierung, die neuronale Ansteuerung sowie das Kontraktionsverhalten der Muskelfaserbündel großer Muskelgruppen der Beine. Ihre Ergebnisse sollen zu effizienteren Trainingsplänen auf der ISS führen und so die Fitness der Astronauten verbessern.

Wie wirkt sich Stress auf die kognitive Leistung von Astronauten aus?

Astronauten und Kosmonauten sind durch ihre Isolation auf der Raumstation permanentem Stress ausgesetzt. Wie sich solch chronischer Stress auf die kognitive Leistungsfähigkeit auswirkt und ob ein individuelles Sport- und Bewegungsprogramm diesem entgegenwirken kann, versuchen Prof. Stefan Schneider und sein Team von der Deutschen Sporthochschule Köln zu beantworten. Während des Parabelfluges absolvieren Testpersonen das virtuelle Andocken eines russischen Raumschiffes an die ISS – ein Standardbaustein im ISS-Trainingsprogramm für Astronauten. Der innovative Ansatz des Projekts besteht darin, nicht nur objektiv sichtbare Leistungsparameter zu erfassen, sondern durch neurophysiologische Messmethoden auch die zugrunde liegenden Veränderungen im Gehirn zu verstehen. Die Ergebnis-

to lead to more efficient training schedules on the ISS and thus improve the fitness of the astronauts.

How does stress affect the cognitive performance of astronauts?

Astronauts and cosmonauts are exposed to chronic stress due to their isolation on the space station. How such chronic stress affects cognitive performance and whether an individualised sports and exercise programme can counteract this deconditioning, are questions which Professor Stefan Schneider and his team from the German Sports University Cologne are attempting to answer. During parabolic flights, tests subjects carry out a virtual docking manoeuvre of a Russian spaceship with the ISS, a standard component of the ISS training programme for astronauts. The innovative approach of the project is to capture not only performance parameters that are objectively visible but also to use neurophysiological methods to register the underlying changes in the brain caused by chronic stressors. The results are expected to help emphasise the significance of sports and exercise for mental health, both in space and on Earth.



DLR-Parabelflugteam: Dr. Ulrike Friedrich (l.) leitet seit 16 Jahren die Parabelflugkampagnen des DLR. Dr. Katrin Stang ist seit 2013 mit dabei und unterstützt das Projekt.

DLR's parabolic flight team: Dr Ulrike Friedrich (left) has been managing DLR's flight campaigns for 16 years. Dr Katrin Stang joined her in 2013 as a project assistant.

se sollen dazu beitragen, die Bedeutung von Sport und Bewegung für die mentale Gesundheit, im All wie auf der Erde, herauszustellen.

Wie schlagen Herz und Aorta in der Schwerelosigkeit?

Wie gut unser Körper durchblutet ist und wie gut dadurch einzelne Organe mit Sauerstoff versorgt werden, ist stark vom Zusammenspiel von Herz und Hauptschlagader (Aorta) abhängig. Ein zu hoher Blutdruck in der Aorta kann kardiovaskuläre Erkrankungen wie Herz- und Schlaganfälle auslösen. Doch wie läuft dieses Zusammenspiel bei Astronauten ab? Beim Wechsel von Schwerkraft zur Schwerelosigkeit verteilt sich das Blut im Körper in kürzester Zeit um. Ein großer Teil des Blutes schießt in die obere Körperhälfte. Mit dieser Veränderung muss das Herz-Kreislauf-System der ISS-Crews fertig werden und passt sich an. Das Zusammenspiel von Herz und Hauptschlagader verändert sich. Welche Folgen diese Regulation bei Langzeitaufenthalten hat, ist bislang unklar. In Zukunft soll das Experiment „Cardio-Vector“ den zentralen Blutdruck der Astronauten auf der ISS messen. Möglich wird das durch ein neuartiges Verfahren, das die Form der Pulswelle am Oberarm misst und daraus anhand von mathematischen Modellen den Blutdruck in der Aorta errechnet. Seinen ersten Einsatz unter Schwerelosigkeit hat das Instrument (Mobil-O-Graph, IEM, Stolberg, Deutschland), das von Forschern der Medizinischen Hochschule Hannover um Prof. Jens Tank und des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln um Dr. Ulrich Limper für den Einsatz auf der Raumstation angepasst wurde, nun während dieser Parabelflugkampagne. Hier wird vor allem auch die Herzleistung während der abrupten Übergänge zwischen Schwerkraft und Schwerelosigkeit genau beobachtet.

Wurzelwachstum in der dritten Dimension

Wurzeln wachsen in Richtung Schwerkraft. Forscher machen hierfür vor allem eine Umverteilung des Pflanzenhormons Auxin verantwortlich. Das ist kein Geheimnis. Doch warum das eigentlich so ist und wie sich das Hormon nach einem Wechsel von Schwerkraft hin zur Schwerelosigkeit verteilt, ist bisher ein Rätsel geblieben. Projektleiter Prof. Klaus Palme und Dr. Franck Ditengou mit ihrem Team von der Universität Freiburg wollen dieses Geheimnis nun entschlüsseln, indem sie während dieser Parabelflugkampagne das Wachstumsverhalten der Modellpflanze der Genetiker, dem Wildtyp der Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*), dreidimensional erfassen. Wie ist das Wurzelwachstum während des Parabellflugs beeinträchtigt? Wie reagieren die Wurzelstruktur und die Zellgeometrie auf den Wechsel zwischen Schwerkraft und Schwerelosigkeit? Für ihre Beobachtungen haben die Forscher ein neues Wurzelkoordinatensystem entwickelt, das fortgeschrittene Bildaufnahmeverfahren mit Mustererkennung und -analyse verbindet. Auf diese Weise wollen sie einen Zellaatlas erstellen, der eine Reaktion auf den Schwerkraftreiz ableiten lässt.

Wirkmechanismen von Arzneimitteln im Sturzflug erforschen

Die meisten Pharmaka funktionieren in unserem Körper nach einem ganz bestimmten Wirkmechanismus: Ein Bestandteil des Arzneimittels – die sogenannten Liganden – docken an einem Rezeptor einer Membran an, blockieren ihn gegenüber den körpereigenen Botenstoffen – den sogenannten Neurotransmittern – und verändern so die Durchlässigkeit dieser Körperbarriere gegenüber dem Wirkstoff des Arzneimittels. Je besser dieses Wechselspiel zwischen Rezeptor, Membran und Ligand funktio-

How do the heart and aorta interact in microgravity?

How well the human body is supplied with blood and, consequently, the extent to which its individual organs are supplied with oxygen, largely depends on the interaction between the heart and the aorta. Excessive blood pressure in the aorta can trigger cardiovascular diseases, such as heart attacks and strokes. But how does this interaction work in astronauts? When you move from gravity to microgravity, the distribution of blood through the body changes in next to no time, and much of it shoots into the upper half. The cardiovascular systems of the ISS crew members have to cope with this change and adapt to it. The interplay between the heart and the aorta changes. So far, the consequences of this regulation process during long-term stays in space are not known. In the future, the CardioVector experiment will measure the central blood pressure of the astronauts on the ISS. This is now feasible because of a new method, based on mathematical models, whereby the shape of the pulse wave in the upper arm is measured and used to compute the aortic blood pressure. Adapted for use on the space station by researchers from the Hanover Medical School around Professor Jens Tank and from the DLR Institute of Aerospace Medicine in Cologne around Dr Ulrich Limper, this parabolic flight campaign

„Wir haben drei erfolgreiche Flugtage bestritten. Die Qualität der Schwerelosigkeit während der Parabeln war exzellent. Wir können daher auf gute Ergebnisse hoffen“,
blickt Prof. Stefan Schneider von der Deutschen Sporthochschule Köln auf die Parabelflugkampagne zurück.

‘We have had three successful flight days. The quality of microgravity during the parabolas has been excellent. Consequently, we can hope for good results,’
says Prof. Stefan Schneider of the German Sports University Cologne, looking back on the parabolic flight campaign.

Three-dimensional analysis of root growth

Roots grow in the direction of gravity. Researchers believe that it is a redistribution of the plant hormone auxin that is chiefly responsible for this. This is no secret. But why this is so, and how the distribution of the hormone changes after a switch from gravity to microgravity, has remained a mystery so far. Project leaders Professor Klaus Palme and Dr Franck Ditengou and their team from Freiburg University want to clarify this fundamental question by observing the growth pattern of the model plant (*Arabidopsis thaliana*), a wild variety of the mouse-ear cress, in three dimensions during this parabolic flight campaign. How is the root growth rate affected by altered gravity? How is the overall root structure and individual cell geometry influenced by the transition from gravity to microgravity? For their observations, the researchers have developed a new root co-ordinate system that combines advanced imaging processes with pattern detection and analysis. In this way, they hope to generate a cell atlas from which the reaction to the stimulus of gravity can be derived.

Researching the action mechanisms of pharmaceuticals during a nose dive

The function of most pharmaceuticals in our body follows a very specific action mechanism: one component of the pharmaceuticals – called a ligand – binds with a membrane receptor and blocks the body’s own messenger substances known as neurotransmitters, changing the permeability of this body barrier to the active ingredient of the drug. The better the interplay between the receptor, the membrane, and the ligand, the more penetrable the membrane and the more effective the active agent becomes. Changes in gravity affect the physical state of the membranes; microgravity increases their fluidity. Consequently, project leader Professor Wolfgang Hanke and his team from the University of Hohenheim believe that the interplay between the receptor and the ligand is similarly affected by changes in gravity conditions. They are using acetylcholine messenger receptors in neuroglioma cells to test the effects of microgravity on the interaction between the receptors, the membrane, and the ligands.



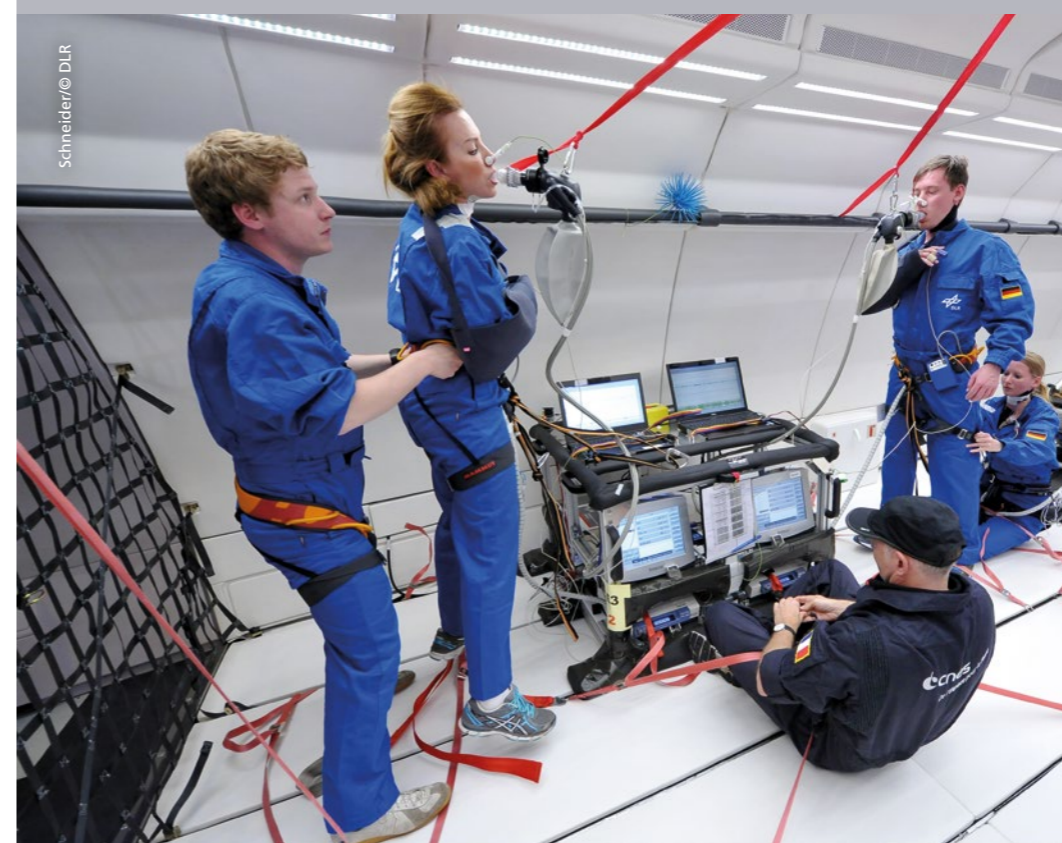
Prof. Stefan Schneider von der Deutschen Sporthochschule Köln bringt Kontaktgel auf die Kopfhaut des Probanden auf, damit die Elektroden der EEG-Kappe die Gehirnströme aufzeichnen können. Das hier im Parabelflug zu testende Experiment soll ab 2016 auf der Internationalen Raumstation ISS durchgeführt werden.

Prof. Stefan Schneider from the German Sports University Cologne (Deutsche Sporthochschule Köln) applies contact gel to the scalp of a subject so that the electrodes in the Electroencephalography (EEG) cap can record his brainwaves. The experiment being tested here is scheduled to be carried out on the International Space Station (ISS) from 2016.



Insgesamt zwölf Experimente durften bei der gemeinsamen Kampagne der drei Raumfahrtagenturen DLR, ESA und CNES mitfliegen. Die 100 Quadratmeter große Experimentierfläche im neuen Airbus A310 ZERO-G war dementsprechend gut ausgefüllt.

There was room for twelve experiments on the cooperative flight campaign by DLR, ESA and CNES. The 100 square metre lab area on the new Airbus A310 ZERO-G was utilised to capacity.



Beim Wechsel von Schwerkraft zur Schwerelosigkeit verteilt sich das Blut im Körper in kürzester Zeit um. Welche Folgen diese Veränderung für das Zusammenspiel von Herz und Hauptschlagader hat, soll das Experiment des DLR-Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln und der Medizinischen Hochschule Hannover klären.

When transitioning from ‘normal’ gravity to microgravity, the distribution of blood in the human body changes in next to no time. This experiment, being conducted by the DLR Institute of Aerospace Medicine in Cologne and the Hanover Medical School (Medizinische Hochschule Hannover; MHH), is designed to clarify the consequences of this change for the heart and aorta.

Premiere im Dienste der Wissenschaft: Der Airbus A310 ZERO-G startete am 5. Mai 2015 zu seinem ersten wissenschaftlichen Parabelflug von seinem französischen Heimatflughafen Bordeaux-Mérignac aus.

Premiere on the service of science: Airbus A310 ZERO-G took off on May 5, 2015, from its home base in France, Bordeaux-Mérignac, to perform its first scientific parabolic flight.

niert, desto durchlässiger ist die Membran und desto effektiver der Wirkstoff. Veränderungen der Schwerkraft nehmen Einfluss auf den physikalischen Zustand der Membranen. Schwerelosigkeit macht sie fluider. Projektleiter Prof. Wolfgang Hanke und sein Team von der Universität Hohenheim nehmen daher an, dass auch das Wechselspiel zwischen Rezeptor und Ligand von einer Veränderung der Schwerkraftbedingungen betroffen ist. Sie testeten an Rezeptoren des Botenstoffs Acetylcholin von Neuroglioma-Zellen, welche Auswirkungen die Schwerelosigkeit auf das Zusammenspiel von Rezeptor, Membran und Ligand hat.

Nanosatelliten kontrolliert im Orbit aussetzen

Satelliten werden zunehmend kleiner und leichter. Seit einigen Jahren werden neben den großen Satelliten, die vor allem für Kommunikations-, Wetter- und Erdbeobachtungsaufgaben eingesetzt werden, sogenannte Nano- und Mikrosatelliten auf ihre Umlaufbahnen gebracht. Eine der technischen Herausforderungen bei diesen 20- bis 150-Kilogramm-„Leichtgewichten“ ist die kontrollierte Trennung von Satellit und Trägerrakete. Als mechanische Schnittstelle kommen hier sogenannte Separationssysteme zum Einsatz. Sie halten den Satelliten bis zu seinem Aussetzen zuverlässig an der Trägerraketenstruktur fest und „stupsen“ ihn dann zu einem bestimmten Zeitpunkt mit einer exakten Geschwindigkeit ab. Während dieser Parabelflugkampagne testeten Projektleiter Norbert Alexander Pilz und sein Team vom Aerospace Institut in Berlin einen speziellen, elektromechanisch auslösenden Auswurfmechanismus für Nanosatelliten (SEMENA-2) in der Schwerelosigkeit. Sie übten diesen Abwurf mit einem 20 Kilogramm schweren Dummy-Satelliten, der horizontal ausgestoßen und von einem Sicherheitsnetz aufgefangen wird. Dabei wird der Satellit aus verschiedenen Perspektiven simultan gefilmt, um daraus Rückschlüsse auf die Qualität der Separation sowie der optimalen Auswurfgeschwindigkeit des Satelliten zu ziehen.

Satelliten zum Schwärmen

Mit der fortschreitenden Miniaturisierung von Satelliten können diese auch kostengünstig als Schwarm auf eine Umlaufbahn gebracht werden und sich gemeinsam Aufgaben teilen. Eine wesentliche technische Herausforderung dieser sogenannten Picosatelliten besteht darin, sie gleichzeitig und kollisionsfrei von der Oberstufe einer Rakete freizugeben. Im Projekt TUPEX-5 unter der Leitung von Frank Baumann wird die gleichzeitige Separation von vier 330 Gramm leichten Picosatelliten untersucht, die zurzeit an der Technischen Universität Berlin entwickelt werden. Mit Kameras wird beobachtet, wie sich diese winzigen Satelliten unter den Bedingungen der Schwerelosigkeit voneinander trennen und einschalten. Die verwendeten Dummy-Satelliten erfassen dabei ihre eigenen Beschleunigungen und Drehraten. Anhand der Messwerte und der Videoaufzeichnungen kann der bisherige Entwurf der Picosatelliten überprüft werden. Das Parabelflugexperiment erfolgte in Kooperation mit dem Aerospace Institut in einem gemeinsamen Testaufbau.

Controlled release of nanosatellites in orbit

Satellites are becoming increasingly smaller and lighter. In addition to large satellites that are used primarily for communication, weather forecasting, and Earth observation purposes, so-called nano and microsatellites have been put into orbit for several years. One of the technical challenges about these 'lightweights' of between 20 and 150 kilograms is controlling the separation of the satellite from the launcher. So-called separation systems are used as a mechanical interface in this case. They hold the satellite firmly to the structure of the launcher until the point of release has been reached, and then 'nudge' it away at an exact speed at a specified point in time. During this parabolic flight campaign, project leader Norbert Alexander Pilz and his team from the Aerospace Institute in Berlin have been testing a special electromechanically triggered ejection mechanism for nanosatellites (SEMENA-2) in microgravity. To practice, they used a 20-kilogramme dummy satellite that was released horizontally and caught in a safety net. As it was released, the satellite was simultaneously filmed from different perspectives so that conclusions could be drawn regarding the quality of the separation and the optimum ejection speed of the satellite.

Swarming satellites

As the miniaturisation of satellites advances, it is now possible to put them cost-effectively into an orbit in a swarm, collectively sharing their task. A major technical challenge about these so-called picosatellites is releasing them from the upper stage of a rocket simultaneously without any collisions. Led by Frank Baumann, the TUPEX-5 project investigates the simultaneous separation of four picosatellites weighing 330 grammes each that are currently being developed at the Technical University of Berlin. Cameras observe how these tiny satellites separate and switch themselves on under microgravity conditions. The dummy satellites used for the purpose measure their own acceleration and rotation rates. Measurements and video records serve to review the current design of the picosatellites. The parabolic flight experiment was carried out in co-operation with the Aerospace Institute in a joint test set-up.

Wann tragen Staubkollisionen zur Planetenentstehung bei?

Staub wird in unserem Alltag fast ausschließlich mit Hausarbeit verbunden und ist daher eher negativ belegt. Doch Staub verdanken wir auch unsere Existenz. Denn Planeten – wie vor knapp 4,6 Milliarden Jahren unsere Erde auch – entstehen in Scheiben aus Gas und Staub, die um junge Sterne kreisen. Diese etwa Mikrometergroßen Teilchen stoßen dabei zusammen. Tun sie das bei geringen Geschwindigkeiten von wenigen Millimetern bis Zentimetern in der Sekunde, besteht die Chance, dass sie aneinander haften bleiben. So entstehen im Laufe der Zeit immer größere Körper. Erreichen sie wenige Millimeter Durchmesser, dann erhöht sich ihre Geschwindigkeit und sie prallen voneinander ab. Im ersten Teil des Experiments der Technischen Universität Braunschweig versuchten Projektleiter Prof. Jürgen Blum und sein Team zu klären, warum diese auf wenige Millimeter angewachsenen Staubteilchen abprallen und unter welchen Umständen sie haften bleiben. Im zweiten Teil brachten sie zentimetergroße Teilchen zur Kollision. Sie wollen so untersuchen, wie viele kleine Staubteilchen sich von den großen Teilen ablösen und deren Verhalten in der Schwerelosigkeit mit Hochgeschwindigkeitskameras untersuchen.

Neuer Raketenantrieb auf Parabelflug getestet

Bislang werden Raketen mit chemischen Treibstoffen, einem Flüssiggasgemisch oder mit Feststoff angetrieben. Wenn Projektleiter Prof. Gerhard Wurm und sein Team von der Universität Duisburg-Essen mit ihrer Forschung Erfolg haben, könnte bald noch eine vierte Antriebsform hinzukommen: ein sogenannter poröser Körper, der „aktiv“ von einem stark verdünnten Gas durchströmt wird. Hierbei machen sich die Forscher den Umstand zunutze, dass dieses Gas sich von kalt nach warm bewegt. Dabei stoßen die Moleküle des extrem verdünnten Gases vermehrt gegen die große Oberfläche des porösen Körpers und erzeugen so einen gerichteten Rückstoß, der irgendwann vielleicht Raketen auf ihrem Weg in den Weltraum antreiben könnte.

At what point do dust collisions contribute to the origin of planets?

In our daily lives, the word dust is almost exclusively associated with housework and therefore has negative connotations. But we also owe our existence to dust. For planets originate from discs of gas and dust circling around young stars, like our own Earth did almost 4.6 billion years ago. These micrometre-sized particles collide, and if they do so at slow speeds of a few millimetres or centimetres per second there is a chance of them adhering together, forming increasingly large bodies in the course of time. When they reach a few millimetres in diameter, their speed increases and they bounce off one another. In the first part of an experiment by Technical University Braunschweig, project leader Professor Jürgen Blum and his team aimed at clarifying why these dust particles bounce off each other after they have grown to a few millimetres, and under what circumstances they will stick together. In the second part, the researchers made particles collide that are a few centimetres across. Thus, they attempt to understand how many small dust particles detach themselves from the larger pieces, and investigate their behaviour in microgravity with the aid of high-speed cameras.

New rocket propulsion system tested in parabolic flight

Until now, rockets have been powered by chemical propellants, mixtures of liquid gas, or solid fuel. If the research of project leader Professor Gerhard Wurm and his team from Duisburg-Essen University is successful, there might soon be a fourth form of propulsion: a so-called porous body through which a highly diluted gas 'flows actively'. Researchers are taking advantage of the fact that this gas moves from cold to hot. In the process, the molecules of the extremely diluted gas frequently collide with the large surface of the porous body, generating a directional recoil, which, some day, might be used to power rockets on their way into outer space.





Fit für den Start ins All: In der sogenannten Gantry wird die Vega-Rakete endmontiert und Sentinel-2A in seiner Nutzlastverkleidung auf die Rakete aufgesetzt.

Fit and ready for launch: the final assembly steps performed on a Vega launcher. Sentinel-2A, now fully clad in its fairing, has just been placed on the rocket.

Sentinel-2A:

Neue Anwendungen für die Erdbeobachtung

Von Dr. Jörn Hoffmann und Dr. Helmut Staudenrausch

Wie schnell verschwindet der Regenwald? Wie sauber sind unsere Gewässer? Wie nährstoffhaltig sind Äcker und wie sollten die Bauern düngen? Wie viele Menschen leben in Städten? Wie viele in ländlichen Regionen? Der Erdbeobachtungssatellit Sentinel-2A, der am 23. Juni 2015 um 3.52 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (22. Juni 2015, 22.52 Uhr Ortszeit) mit einer Vega-Trägerrakete vom europäischen Raumfahrtzentrum in Kourou (Französisch-Guyana) gestartet ist, hilft innovativen Anwendungen, Antworten auf diese Fragen zu geben. Anwender und Wissenschaftler aus aller Welt versprechen sich von Copernicus – dem weltweit umfassendsten Erdbeobachtungsprogramm – neben vielen Daten neuartige Anwendungen und Dienste, die uns mehr über unsere Umwelt und unser Klima verraten, und bereiten sich seit Jahren darauf vor. Ihre speziell mit Sentinel-2 verbundenen Erwartungen und Projekte bildeten auch eines der zentralen Themen des 36. International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE), einer internationalen Fachkonferenz zur Erdbeobachtung, die vom 11. bis 15. Mai 2015 vom DLR in Berlin für rund 750 Teilnehmer ausgerichtet wurde.

Sentinel-2A:

New Applications for Earth Observation

By Dr Jörn Hoffmann and Dr Helmut Staudenrausch

How fast does the rainforest disappear? How clean are our inland waters? How rich on nutrients are our soils, and how much fertiliser should farmers use? How many people live in cities? How many live in rural areas? Sentinel-2A, the Earth observation satellite launched on a Vega rocket at 3.52 EST on June 23, 2015, (June 22, 2015, 22.52 local time) from the European spaceport Kourou, French Guiana) will help us answer these questions in an innovative way. Users and scientists all over the world are hoping that Copernicus, which today is the most comprehensive Earth observation programme worldwide, besides many data will provide novel applications and services, which will tell us more about the environment and our climate. They have prepared themselves for years. The expectations and projects for Sentinel-2 also were one key topic of the 36th International Symposium on Remote Sensing of Environment (ISRSE), an international symposium on Earth observation hosted by DLR on May 11–15, 2015 for about 750 participants.

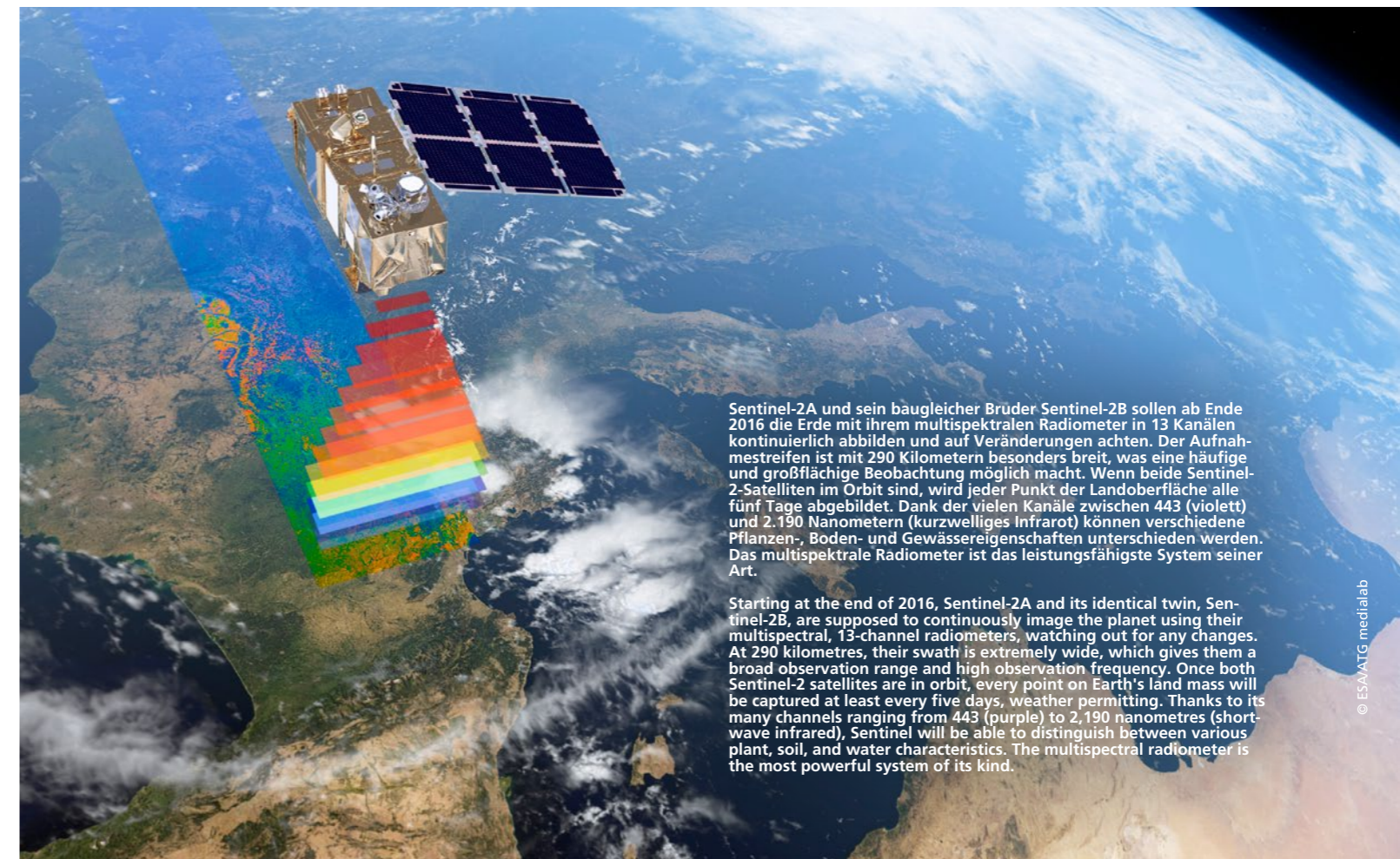


Autoren: **Dr. Jörn Hoffmann** (l.) koordiniert in der Abteilung Erdbeobachtung im DLR Raumfahrtmanagement die Copernicus-Aktivitäten und ist Delegierter im Copernicus-Ausschuss der EU. Sein Kollege **Dr. Helmut Staudenrausch** ist für die Anwendungen zuständig, die die Daten der Erdbeobachtungssatelliten nutzbar machen sollen.

Authors: In the Earth Observation department of the DLR Space Administration, **Dr Jörn Hoffmann** (l.) coordinates the Copernicus activities. He is also a delegate in the EU Copernicus Committee. His colleague **Dr Helmut Staudenrausch** is responsible for the applications generated on the basis of the new Earth observation data.

Sentinel-2A ist der zweite von insgesamt acht Satelliten im Copernicus-Programm der Europäischen Union (EU) und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA). Fünf weitere Messinstrumente des Sentinel-Programms werden auf europäischen Wettersatelliten mitfliegen. Der Anteil der ESA am Sentinel-Programm wird mit einem Drittel von Deutschland finanziert und vom DLR Raumfahrtmanagement betreut. Mit Sentinel-2 setzt Europa neue Standards in der optischen Erdbeobachtung. Das multispektrale Radiometer ist mit seinen dreizehn Kanälen das leistungsfähigste System seiner Art. Der Aufnahmestreifen ist mit 290 Kilometern besonders breit, was eine großflächige Beobachtung möglich macht. Wenn beide Sentinel-2-Satelliten im Orbit sind, wird – bei gutem Wetter – jeder Punkt der Landoberfläche alle fünf Tage abgebildet. Dank der vielen Kanäle zwischen 443 (violett) und 2.190 Nanometern (kurzwelliges Infrarot) können verschiedene Pflanzen-, Boden- und Gewässereigenschaften unterschieden werden. Sein baugleicher Bruder, Sentinel-2B, wird Sentinel-2A ab Ende 2016 folgen, die Erde kontinuierlich und in Farbe abbilden sowie auf Veränderungen achten. Mit diesen beiden Wächtersatelliten bricht die europäische Erdbeobachtung in ein neues Anwendungszeitalter auf.

Sentinel-2A is the second of a total of eight satellites of the Copernicus programme run by the European Union (EU) and the European Space Agency (ESA). The programme is additionally supported by five instruments of the Sentinel programme flying on European weather satellites. On ESA's side, one third of the Sentinel programme is funded by Germany and supervised by the DLR Space Administration. Europe's Sentinel-2 mission will set new standards in optical Earth observation. Its multi-spectral radiometer with its 13 channels is the most powerful system of its kind. At 290 kilometres, its swath is extremely wide, which gives it a broad observation range. Once both Sentinel-2 satellites are in orbit, every point on Earth's land mass will be captured at least every five days, weather permitting. Thanks to its many channels ranging from 443 (purple) to 2,190 nanometres (short-wave infrared), Sentinel-2A will be able to distinguish between various plant, soil and water characteristics. Its identical twin, Sentinel-2B, will follow it in late 2016, mapping Earth continuously and in colour, watching out for any change. The two satellites 'on patrol duty' will mark the beginning of a new era of European EO applications.



Sentinel-2A und sein baugleicher Bruder Sentinel-2B sollen ab Ende 2016 die Erde mit ihrem multispektralen Radiometer in 13 Kanälen kontinuierlich abbilden und auf Veränderungen achten. Der Aufnahmestreifen ist mit 290 Kilometern besonders breit, was eine häufige und großflächige Beobachtung möglich macht. Wenn beide Sentinel-2-Satelliten im Orbit sind, wird jeder Punkt der Landoberfläche alle fünf Tage abgebildet. Dank der vielen Kanäle zwischen 443 (violett) und 2.190 Nanometern (kurzwelliges Infrarot) können verschiedene Pflanzen-, Boden- und Gewässereigenschaften unterschieden werden. Das multispektrale Radiometer ist das leistungsfähigste System seiner Art.

Starting at the end of 2016, Sentinel-2A and its identical twin, Sentinel-2B, are supposed to continuously image the planet using their multispectral, 13-channel radiometers, watching out for any changes. At 290 kilometres, their swath is extremely wide, which gives them a broad observation range and high observation frequency. Once both Sentinel-2 satellites are in orbit, every point on Earth's land mass will be captured at least every five days, weather permitting. Thanks to its many channels ranging from 443 (purple) to 2,190 nanometres (short-wave infrared), Sentinel will be able to distinguish between various plant, soil, and water characteristics. The multispectral radiometer is the most powerful system of its kind.



Strukturen der Waldbewirtschaftung
in einem Waldgebiet in Polen

Forest management patterns in a forest
in Poland

Anwendungsgebiet Wald:

Wie viel Kohlenstoffdioxid ist im Wald gebunden? Wie wirkt sich die Rodung des tropischen Regenwalds auf diese Depots aus? In dem Jahrzehnt zwischen 2000 und 2010 wurden jährlich etwa 7,6 Millionen Hektar tropischer Regenwald gefällt, um zum Beispiel für Viehzucht und Sojaproduktion Flächen zu schaffen. Für die Kohlenstoffdioxid-Emissionen ist allerdings auch die Entnahme einzelner Baumriesen oder das Ersetzen von Regenwald durch Sekundärwald – die sogenannte Degradation – wichtig. Nur Erdbeobachtungssatelliten können diese Landnutzungsprozesse großräumig und regelmäßig überwachen und die Zu- oder Abnahme der Waldbestände erkennen. Somit sind sie ein unverzichtbares Mittel, um zum Beispiel regelmäßig über den Waldzustand im Rahmen der „Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation“ (REDD+)-Initiative zu berichten und den Effekt solcher Klimaschutzrelevanter Maßnahmen zu beurteilen. Schnelle Veränderungen der tropischen Ökosysteme und ihre häufige Wolkenbedeckung sind allerdings eine große Herausforderung für die optische Fernerkundung. Die zukünftigen Sentinel-Satelliten verbinden hier die Vorteile dichter Zeitreihen optischer und radarbasierter Sensoren und verbessern so die Überwachung tropischer Regionen deutlich. In einem vom DLR Raumfahrtmanagement geförderten Projekt von Airbus DS Geo mit dem Institut für Weltholzwirtschaft der Uni Hamburg werden zum Beispiel die flächendeckenden Sentinel-2-Messungen mit sehr hoch aufgelösten Daten der beiden deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X in einem neuartigen Konzept zusammengeführt, um Walddegradation sowohl flächendeckend als auch genau genug zu kartieren.

In einem weiteren vom DLR unterstützten Projekt untersuchen die Berliner Humboldt-Universität und die Freie Universität Berlin, wie sich Zeitserien-Aufnahmen und pixelbasierte Zusammenstellungen optischer und radarbasierter Sensordaten ergänzen und so die tropischen Landnutzungen besser beobachten lassen. Die Daten des „SenseCarbon“-Projekts helfen, Alter und Biomasse von Sekundärwäldern abzuschätzen sowie aktuelle und historische Landnutzungen und Entwaldungsdynamiken nachzubilden. Die Sentinel-Beobachtungen sollen dazu beitragen, Entwaldung, Abbrennen von Weideflächen, selektiven Holzeinschlag oder Aufwuchs von Sekundärwäldern im brasilianischen Amazonasgebiet automatisch zu kartieren.

Field of application: Forest

How much carbon dioxide is bound in our forests? How does clearing of tropical rainforest affect these reserves? 7.6 million hectares of tropical rainforest were cleared every year in the decade from 2000 to 2010 to create surface areas for other land uses such as cattle farming and soybean cultivation. Taking out individual giant trees, or replacing rainforest by secondary forests – also known as degradation – are important factors, too. The only effective way to monitor such changes in land use processes regularly and on a large scale, and to detect the increase or decrease of forests is by Earth observation satellites. This makes EO satellites an indispensable means to regularly report on the status of the Earth's forests under the 'Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation' (REDD+) initiative and to evaluate the effect of such climate relevant activities. Monitoring short-term change in tropical ecosystems, however, is a great challenge for optical remote-sensing systems, given the dense cloud cover typical for these areas. The Sentinel satellites will offer the combined benefits of frequent time series of both optical and radar-based sensors, thus clearly improving the monitoring of tropical regions. A project run by AirbusGeo and Hamburg University's Institute for World Forestry, sponsored by the DLR Space Administration, uses a combination of the extensive Sentinel-2 measurements with the ultra-high resolution data from the two German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X in a novel research concept to map forest degeneration both extensively and with sufficient accuracy.

In another project funded by DLR, Berlin's two universities, Humboldt Universität and Freie Universität Berlin, are investigating how satellite-image time series and pixel-based optical and radar sensor data can be used in combination, thus making land use in tropical regions easier to monitor. Data derived from the 'SenseCarbon' project help estimate the age and biomass composition of secondary forests as well as map current and historical land use and deforestation dynamics. Sentinel observations will be instrumental in automatically mapping deforestation, slash and burn deforestation for pasture land, selective logging, and the rate of secondary reforestation in Brazil's Amazon region.

Anwendungsgebiet Wasserqualität:

Die Instrumente der Sentinel-2-Satelliten können auch die Qualität von Binnen- und Küstengewässern erkennen. Sie messen die Konzentration von Schwebstoffen wie Phytoplankton sowie Sedimente, Gelbstoffe und Makrophyten. Schwebstoffe sind feinste organische und anorganische Teilchen, die sich nicht auflösen und im Wasser schweben. Sie spielen in der Hydrologie eine wichtige Rolle, da sie für das Gleichgewicht in Gewässern sorgen. Bei ruhigem Wasser sinken Schwebstoffe jedoch ab und verändern so diese Balance. Vor allem für die Planung und den Betrieb von Wasserkraftanlagen, für Maßnahmen des Hochwasserschutzes und des Gewässermanagements ist die Kenntnis dieses Schwebstofftransportes wichtig.

Außerdem wird mit den Sentinel-2-Daten die Qualität in Binnengewässern überwacht und kartiert. Solche Karten und weitere Dienste werden zum Beispiel von der Firma EOMAP entwickelt, in verschiedene Projekte eingebracht und inzwischen weltweit vermarktet. FRESHMON war eines dieser Projekte. Hier wurden den Behörden auf nationaler und europäischer Ebene Daten bereitgestellt, um einen schnellen Überblick über den aktuellen Status der Binnengewässer zu bekommen und die Einhaltung der europäischen Umweltgesetzgebung zu überwachen. Solche Projekte werden nun mit Sentinel-2 fortgesetzt.

Field of application: Water quality

The instruments on the Sentinel-2 satellites are also able to recognise water quality in inland water bodies and coastal zones. They measure the concentration of suspended material and phytoplankton as well as sediments, yellow substance and macrophytes. Suspended materials consist of very small particles both organic and inorganic that do not dissolve in water. They play a major part in hydrology since they balance the bio-chemical composition in our surface water. When a water body is at rest, these suspended particles sink to the ground, thus altering the balance. Knowing the details of suspended-matter transport is essential for the planning and operation of hydro-electric plants, flood control, and water management.

Moreover, scientists use Sentinel data to monitor and map water quality in lakes and rivers. Maps and other services are developed by companies such as EOMAP, initially used in various projects and now also commercially available on a world-wide basis. One of these projects was FRESHMON, which involved data being offered to authorities/regulators both at a national and European level, enabling them to gain a quick overview of the current status of inland waters and to monitor compliance with European environmental legislation. Sentinel-2 now permits these service offers to be continued.

Sedimentfrachten sind in Trübungen vor der niederländischen Küste erkennbar.

Sediment loads can be distinguished in the colour shades off the Dutch coast.





Falschfarben-Bild von Nizza, Frankreich. Unterschiedliche Landnutzungsformen sind leicht erkennbar.

False-colour image of Nice, France. Different land-use types can be easily distinguished.

Anwendungsgebiet Landnutzung:

Wie viel Prozent der europäischen Landmasse sind besiedelt? Wie verändern sich die Siedlungsflächen? Wie viel Prozent Europas sind mit Wald bedeckt? Wie viel mit Binnengewässern? Welche Flächen werden landwirtschaftlich genutzt? Welche industriell? Wie groß ist der versiegelte Anteil? Diesen wichtigen Fragen geht das CORINE Land Cover (CLC)-Projekt der Europäischen Umweltagentur der EU in Kopenhagen nach. Land ist eine wichtige und begrenzte Ressource. Seit dem Jahr 1990 werden daher Landbedeckungsdaten von Satelliten erhoben und alle sechs Jahre neue Karten erstellt. Für die nächste Kartierung werden Sentinel-2-Daten herangezogen. Die beiden Satelliten erlauben künftig eine deutlich häufigere und bessere Erhebung und erleichtern somit zum Beispiel Stadtplanern ihre Arbeit. Sie können anhand der Karten erkennen, wo noch Freiflächen liegen und in welchem Zustand diese Freiflächen sind. Sie können so zum Beispiel das Städtewachstum analysieren und abschätzen, welche Areale sich besonders dafür eignen, als Bauland für Siedlungen, Straßen oder Industriegebiete ausgewiesen zu werden. Die Erdbeobachtungsdaten können aber auch Umweltbehörden dabei helfen, der fortschreitenden Versiegelung Einhalt zu gebieten und Gebiete zu erkennen, die unter Naturschutz gestellt werden sollten.

Aus den Karten lassen sich auch Trends ablesen. In Europa wachsen in den letzten Jahren die suburbanen Räume sehr stark. Aus dem All lässt sich diese Entwicklung gut beobachten. Mehr als ein Viertel der Fläche der EU ist von dieser Entwicklung betroffen. Das haben Analysen der Satellitendaten von 1990, 2000 und 2006 ergeben. Dabei wachsen Stadtrandgebiete viermal schneller als die Stadtgebiete an sich. Bis zum Jahr 2020 sollen laut einer EU-Studie 80 Prozent aller Europäer in Städten leben, deren Ballungsräume sich stark ausdehnen werden. Sentinel-2 wird diese Entwicklung vom Weltraum aus beobachten.

Field of application: Land use

What percentage of our land mass is inhabited? In what way do built-up areas change? What percentage of Europe is covered by forests, and by inland water bodies? Which of these areas are used for agriculture? Which ones are used by industry? How much of the land surface is sealed? These important issues are addressed by the CORINE Land Cover (CLC) project of the European Environmental Agency in Copenhagen. Land is an important but finite resource. Since the year 1990, therefore, satellites have captured land cover data to generate new maps every six years. The next batch of maps will be based on Sentinel-2 data. The two satellites will provide greater data frequency and quality, thus making the work of city planners easier. Planners can now instantly see from these maps where open spaces are still available and what condition they are in. This enables them to analyse urban growth and decide which areas are best to be earmarked for residential developments, road construction, or industrial use. Earth observation data can also be used by environmental regulators to control the rate of land sealing and to identify areas to be placed under conservation status.

The maps can also be used to predict trends. Over the past few years, Europe has seen considerable growth of suburban areas, a development that has been observed from space. More than a quarter of the EU is affected by this development, as the evaluation of satellite data from 1990, 2000, and 2006 indicates. Suburban areas grow four times faster than urban areas. An EU study estimates that by 2020, 80 percent of all Europeans will live in rapidly expanding urban agglomerations. Sentinel-2 will be monitoring this development from its orbit.

Anwendungsgebiet Landwirtschaft:

Die beiden Sentinel-2-Satelliten können dank der dreizehn Spektralkanäle Farben „sehen“. Pflanzen reflektieren das Lichtspektrum der Sonne je nach Art und Zustand mit feinen Unterschieden. Das lässt sich umso besser erfassen, je mehr Spektralkanäle ein Sensor unterscheiden kann. Mit Sentinel-2 können viele Nutzpflanzen sowie deren Reife- und Gesundheitszustände bestimmt werden. Da der optische Erdbeobachtungssatellit SPOT-5 kurz vor seinem Betriebsende in einen Sentinel-2-ähnlichen Orbit gelenkt und seine Aufnahmen mit denen von Landsat 8 und RapidEye kombiniert wurden, gab es vorab Datensätze, mit denen entsprechende Algorithmen schon lange vor dem Start von Sentinel-2A entwickelt und erprobt werden konnten. Dank dieser „Formeln“ können Waldbestände zwischen den Feldern automatisch herausgerechnet und somit landwirtschaftliche Karten von Äckern erstellt werden. Auch der Reifezustand des Getreides lässt sich vom Weltraum aus bestimmen und ebenfalls regelmäßig kartieren. So können globale und regionale Erntevorhersagen getroffen und regionale Versorgungsengpässe rechtzeitig erkannt werden. Die Transparenz dieser Prognosen soll Spekulationen im Getreidehandel auf den Finanzmärkten eindämmen und somit der Schwankung der Lebensmittelpreise auf dem Weltmarkt entgegenwirken.

Bauern können aber auch direkt von den Sentinel-2-Satelliten profitieren: Ihre Daten lassen Rückschlüsse auf den Wasser- und Nährstoffgehalt von Äckern zu. Weitergeleitet an einen Computer können diese Daten dann die optimale Dosierung des Düngemittels direkt am Traktor steuern und den Acker vor einer Überdosierung schützen. Das bewahrt den Landwirt vor unnötigen Ausgaben und die Umwelt vor Verschmutzung.

Field of application: Farming

Thanks to their thirteen spectral channels, the two Sentinel-2 satellites can 'see' colours. Plants differ ever so slightly in the way they reflect sunlight, depending on species and state of health. The more channels a sensor uses, the better the distinction. Sentinel-2 is able to distinguish many crop plants and their levels of health and maturity. Given that the optical Earth observation satellite SPOT-5 was flying in an orbit similar to that of Sentinel-2 shortly before the end of its service, the datasets it generated could later be combined with those from Landsat 8 and RapidEye, to develop and validate algorithms long before Sentinel-2A was launched. Thanks to these 'formulae', the size of forest areas between fields can be calculated and subtracted from farmland, thus enabling scientists to generate precise maps of arable land. Furthermore, the degree of maturity of grain crops can be determined from space and regularly entered into maps, making it possible to provide global and regional crop yield forecasts permitting an early response to any supply bottlenecks. These forecasts will make things more transparent and help curb excessive grain price speculation in the financial markets and thus counteract the fluctuation of world market food prices.

However, farmers can also benefit from Sentinel-2 data directly, to derive information on water and nutrients present in the soil. If fed into computer models, this data can be used directly on the tractor to optimise the amount of fertiliser administered, thus preventing overdose effects and protecting the fields. This helps farmers avoid unnecessary cost while at the same time protecting the environment against pollution.



Landwirtschaft am Zusammenfluss von Ticino und Po, Italien

Agricultural fields at the confluence of the rivers Ticino and Po, Italy

Offenes Tor für Galileo

GATEs-Testumgebungen sind jetzt komplett

Von Dr. Oliver Funke und Prof. Dirk Abel

Europas Satellitennavigationssystem soll im Jahr 2020 komplett einsatzbereit sein. Damit zu diesem Zeitpunkt alle technischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden können, hat das DLR Raumfahrtmanagement das Tor zu Galileo vollständig aufgestoßen: Forschungseinrichtungen und Industrie können modernste Navigationstechniken und -instrumente schon heute mit original Galileo-Navigationssignalen testen, damit sie, gleich wenn Galileo startet, einsetzbar sind. Nachdem bereits die Galileo Test- und Entwicklungsumgebungen (GATEs) in Berchtesgaden (GATE), Rostock (SeaGATE) und Braunschweig (aviationGATE) den Betrieb aufgenommen haben, wurden am 22. Mai 2015 in der Nähe von Aachen die beiden letzten GATEs – das automotiveGATE und das railGATE – eröffnet.

Open Gate for Galileo

GATEs Test Environments Now Complete

By Dr Oliver Funke and Prof. Dirk Abel

Europe's satellite navigation system is to be completely operational in 2020. To ensure that all technical options may be fully exploited by that time, the DLR Space Administration has torn the gate to Galileo wide open: research facilities and industrial companies are even now in a position to use original Galileo navigation signals to test leading-edge navigation technologies and instruments to ensure that these are functional by the time Galileo is launched. After the Galileo test and development environments (GATEs) in Berchtesgaden (GATE), Rostock (SeaGATE), and Braunschweig (aviationGATE) started operations before, the last two Galileo test and development environments – automotiveGATE and railGATE – were opened in the vicinity of Aachen on May 22, 2015.

Bis die Galileo-Satellitenkonstellation komplett und voll einsatzbereit ist, können Forschungseinrichtungen und Industrie schon heute modernste Navigationstechniken und -instrumente mit original Galileo-Navigationssignalen testen.

While waiting for the Galileo satellite constellation to be completed and fully functional, researchers and industry can already test new, advanced sat-nav technologies and instruments using original Galileo navigation signals.



Autoren: **Dr. Oliver Funke** (l.) ist der Projektleiter für die Galileo Test- und Entwicklungsumgebungen (GATEs) im DLR Raumfahrtmanagement. **Prof. Dirk Abel** leitet das Institut für Regelungstechnik an der RWTH Aachen. Er hat das automotiveGATE und das railGATE bei Aachen aufgebaut und kümmert sich nun mit um deren Betrieb.

Authors: **Dr Oliver Funke** (left) is the project manager for the Galileo test and development environments (GATEs) at the DLR Space Administration. **Prof. Dirk Abel** is the head of the Institute of Control Engineering at RWTH Aachen. He established the automotiveGATE and the railGATE near Aachen and now supervises their operation.

Mehr als nur Satellitennavigation im Auto

Galileo hat mehr zu bieten als nur eine verbesserte Satellitennavigation im Auto. Das zeigen vor allem die beiden Aachener GATEs: Mit Galileo-Signalen können durch präzise Navigation zum Beispiel Güterwagen autonom wie von Geisterhand rangiert werden. Durch die Galileo-Ortung kombiniert mit zusätzlicher Sensorik wird die exakte Position des Schienenfahrzeugs bestimmt. Mit einer genauen Geschwindigkeits- und Positionsinformation lassen sich zuverlässige Aussagen über technische Größen wie Radschlupf oder Reibungskoeffizient des Gleises treffen. Liegen alle diese Angaben vor, kann der „Galileo-Zugbildungsassistent“ den Lokrangierführer beim Umsetzen der Güterwaggons innerhalb einer Rangieranlage unterstützen und automatische Zielbremsungen der Rangierlokomotive auf stehende Wagen auslösen.

Außerdem können sich in Zukunft Sicherheitsintervalle zwischen zwei Zugfahrten verkürzen, da dank der Galileo-Signale die Positionen aller Züge sehr präzise bestimmt werden können. Per LTE-Hochgeschwindigkeitsdatenübertragung werden diese Positionen und weitere nützliche Informationen an Rechenzentren der Bahn geschickt. Auch der Fahrgast könnte per App auf dem Smartphone direkt aktuelle Zuginformationen erhalten. Bei Verspätungen weiß er dann ganz genau, welche Anschlusszüge er noch bekommen kann und von welchem Gleis an welchem Bahnhof diese Züge abfahren. Ähnlich wie ein Navigationssystem im Auto, das im Falle eines Staus auf der aktuellen Route eine zeitgünstige

Beyond car SatNav systems

Galileo has more to offer than just improved satellite navigation for cars. This is demonstrated most impressively by the two GATEs of Aachen: thanks to precise navigation by Galileo signals, the systems installed here can marshal freight rail cars autonomously as if by magic. In combination with additional sensors, the Galileo system can determine the exact position of a rail vehicle. From precise speed and position data, it can derive reliable information about technical parameters like wheel slip, or rail friction coefficients. Once all these data have become available, the 'Galileo train assembling assistant' can support shunter drivers in moving freight cars within a rail yard and initiate automatic braking manoeuvres when approaching standing vehicles.

In the future, moreover, it will be possible to shorten the safety intervals between two trains because the Galileo signals permit determining the position of all trains with a high degree of precision. Together with other useful information, these position data will be communicated by LTE high-speed data transmission to the computing centres of the railway system. Passengers, too, might receive up-to-date train information via an app on their smartphone. If a delay occurs, they will thus know exactly what connecting trains they can still catch, and from what platform at what station these trains will depart. Similar to a car navigation system that computes a time-saving detour around a traffic jam on the current route, a similar app for rail traffic can compute



Sicherer Straßenverkehr der Zukunft: Galileo-Satellitensignale erlauben eine sehr genaue Positionsbestimmung. Das macht besonders im Straßenverkehr vieles möglich. So können zum Beispiel Autos automatisch Hindernissen ausweichen oder Autofahrer präzise Warnungen vor Geisterfahrern sowie vor Unfällen oder Stauenden in Kurven im Autodisplay erhalten.

Safe traffic of the future: Galileo satellite signals allow for a very precise determination of the position. This enables many things, particularly in road traffic. For example, cars can steer clear of obstacles autonomously or drivers can receive precise warnings about wrong-way drivers as well as accidents or hidden queues in bends on their car display.

Alternative berechnet, kann eine entsprechende App für den Schienenverkehr andere Bahnverbindungen errechnen, sodass der Fahrgast schnellstmöglich an seinem Ziel ankommt.

Auch Auffahrunfälle an Stauenden könnten durch Galileo vermieden werden. Dank der genauen Signale lassen sich Autos metergenau orten. Durch Kameras im Auto in Kombination mit den genauen Positionen, Fahrtrichtungen und -geschwindigkeiten der vorausfahrenden Autos errechnet der Computer im Auto dann, ob der Fahrer sich einem Stauende nähert, warnt ihn und leitet im Notfall ein Brems- und Ausweichmanöver ein. Zudem sollen die Galileo-Signale künftig Autofahrer auch vor Geisterfahrern warnen, da die Position der Autos spurgenaue geortet werden kann. Die Technik für solche Anwendungen wird in diesen beiden Aachener Testzentren entwickelt und soll zum Start von Galileo zur Verfügung stehen.

Beide Galileo-Testzentren wurden von der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen im Fördervorhaben „Galileo above“ errichtet. Betrieben wird das automotiveGATE durch die ATC GmbH – eine gemeinsame Gesellschaft der RWTH Aachen und des Kreises Düren. Der Betrieb des railGATE wird von der AGIT mbH geführt, die mit ihrem Automotive & Rail Innovation Center (ARIC) bereits die Aufbauarbeiten von beiden GATEs direkt vor Ort unterstützt hat. Im automotiveGATE strahlen

alternative connecting trains so that passengers reach their destination as quickly as possible.

Galileo may also help to avoid collisions at the tail end of traffic jams. Its signals are so precise that cars can be positioned to a single metre. Using cameras installed in the car and exact data about the position, speed, and direction of the cars ahead, the on-board computer determines whether the driver is nearing the end of a tailback, warns him, and initiates a braking and evasion manoeuvre, if necessary. Moreover, Galileo signals are to warn drivers of wrong-way drivers in the future because the position of a car can be pinpointed to the exact lane. The technology for such applications is currently being developed at the two Aachen test centres and will be up and running by the time Galileo is available.

Both Galileo test centres were built by Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule (RWTH) of Aachen under its 'Galileo above' project. AutomotiveGATE is operated by ATC, a joint enterprise of RWTH Aachen and the county of Düren. Operations at railGATE are managed by AGIT mbH which previously offered in-situ support with the construction of both GATEs through its Automotive and Rail Innovation Centre (ARIC). At the automotiveGATE, six transmitters broadcast Galileo-compliant signals into the Aldenhoven Testing Centre (ATC) on the

sechs Sender die Galileo-konformen Signale in das Aldenhoven Testing Center (ATC) auf dem ehemaligen Zechengelände Emil Mayrisch ab. So können hier im automotiveGATE schon jetzt alle erdenklichen Verkehrssituationen unter Galileo-Realbedingungen getestet werden. Dafür stehen neben einer Fahrdynamikfläche ein Ovalekurs, eine Bremsstrecke, eine Schlechtwegstrecke, ein Handlingkurs sowie ein Steigungshügel im ATC zur Verfügung.

Das railGATE ist ein Galileo-Testfeld für Schienenfahrzeuge, das das Streckennetz des Prüf- und Validationcenters Wegberg-Wildenrath der Siemens AG (PCW) mit Galileo-konformen Signalen von acht Sendern aus abdeckt. Es besteht aus Gleisanlagen unterschiedlicher Spurweite mit einer Gesamtlänge von etwa 28 Kilometern. Auf zwei Teststrecken sowie weiteren Testgleisen können unterschiedliche Fahrsituationen nachgestellt und getestet werden. An das Oberleitungsnetz lassen sich verschiedene Spannungen und Frequenzen anlegen, sodass Schienenfahrzeuge für den internationalen Markt – vom ICE bis zur Straßenbahn – praxisnah erprobt werden können.

Momentan sind bis 2016 insgesamt acht größere Navigationsprojekte mit nationalen und internationalen Partnern in den beiden GATEs geplant. Hauptförderer sind das DLR mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, das Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie die Europäische Union.

premises of the former Emil Mayrisch colliery. Thus, the automotiveGATE even now permits testing all conceivable traffic situations under real-life Galileo conditions. For this purpose, the ATC features a driving dynamics test area, an oval circuit, a braking track, a rough-road track, a handling course, and a climbing hill.

RailGATE is a Galileo test bed for rail vehicles where eight transmitters supply Galileo-compliant signals to the rail network of the test and validation centre of Siemens AG (PCW) at Wegberg-Wildenrath. Differing in track gauge, the rails have a total length of about 28 kilometres. Two test circuits as well as additional test tracks permit re-enacting different traffic situations. The catenary network can be supplied with power at various voltages and frequencies so that rail vehicles for the international market can be tested under realistic conditions in their range of applications, from ICEs to trams.

At present, plans for the two GATEs envisage a total of eight major navigation projects with national and international partners until 2016. The chief funding agencies are DLR, with funds from the Federal Ministry of Economics and Energy, the Federal Ministry of Education and Research, and the European Union.

Im automotiveGATE in Aldenhoven werden innovative Empfänger und Anwendungen für den Straßenverkehr mit Original-Galileo-Signalen entwickelt. Sechs Sender (Pseudolites) strahlen die Signale in die Testregion im Aldenhoven Testing Center auf dem ehemaligen Zechengelände Emil Mayrisch aus.

At the Aldenhoven automotiveGATE, researchers develop innovative receivers for use in live traffic, based on original Galileo signals. Six transmitters, or pseudolites, produce the signals for the Aldenhoven Test Centre premises on the former Emil Mayrisch colliery.

In Wegberg-Wildenrath bei Aachen steht das neue railGATE: Hier werden mit Originalsignalen von Galileo neuartige Empfänger und Anwendungsfelder für den Schienenverkehr entwickelt. Acht Sender (Pseudolites) strahlen die Signale in das Testgebiet auf dem Prüf- und Validationcenter Wegberg-Wildenrath der Siemens AG – der modernsten Testanlage für Schienenfahrzeuge weltweit – aus.

The new railGATE is located at Wegberg-Wildenrath near Aachen: using original Galileo signals, innovative receivers and applications for rail transport are developed here. Eight transmitters (pseudolites) air their signals into the Siemens Testing and Validation Centre in Wegberg-Wildenrath, the world's most advanced test facility for rail vehicles.



Schnelle Positionsbestimmung verbessert Bahnverkehr

Eines dieser Navigationsprojekte ist das Vorhaben Galileo Online: GO!, das vom DLR Raumfahrtmanagement gefördert wird. Züge fahren nicht immer über flaches Land. Manchmal schottern Tunnel, Bäume oder Häuser mit Empfängern ausgestattete Züge vom Navigationssignal der Galileo-Satelliten ab. Nach jeder Signalunterbrechung dauert es momentan bis zu 30 Sekunden, bis der Empfänger genügend Satelliten gefunden, die Position des Zuges wieder klar berechnet hat und diese an die Rechenzentren der Bahn weitergeben kann. Mit Galileo Online: GO! wird gerade ein Empfänger entwickelt, der sofort nach der Unterbrechung wieder die Position und nützliche Zusatzinformationen wie zum Beispiel Wartungsdaten des Zuges weiterleiten kann. So können engere Sicherheitsintervalle zwischen zwei Zügen auf derselben Strecke gewählt und auch eingehalten werden. Außerdem können die Fahrgäste genauer über den Reiseverlauf, mögliche Verspätungen und das Erreichen möglicher Anschlusszüge informiert werden.

Doch wie kann die aktuelle Position so schnell nach dem wiederhergestellten Signalempfang bestimmt werden? Mit einem Blick in die Zukunft: Der Empfänger wird mit einer Technik ausgestattet, die Daten von mehreren Sensoren gleichzeitig „verschmelzen“ kann. Der Zug folgt auf den Schienen einem klar vorbestimmten Weg und die aktuelle Geschwindigkeit sowie die Beschleunigung des Zuges werden genau gemessen. In Kombination mit interaktivem Kartenmaterial lässt sich dann genau bestimmen, wann der Zug zum Beispiel den Tunnel zukünftig wieder verlassen wird und eine erneute Verbindung zu den Galileo-Satelliten möglich ist. Gleichzeitig werden die Satellitenbewegungen mitgerechnet, sodass beim Tunnelaustritt die aktuellen Satellitenpositionen bekannt sind und die Zugposition unmittelbar wieder bestimmt werden kann.

Dank des neuen Empfängers werden Satelliten schneller gefunden und die aktuelle Position steht schon fest, sobald der Zug wieder ein Signal empfängt. Der Receiver kann die Positions- und Zugdaten sofort an die Rechenzentren der Bahn schicken, die dabei per Hochgeschwindigkeits-LTE-Mobilfunk übertragen werden. Hierfür ist die Vodafone GmbH verantwortlich. Die Firma SCISYS GmbH kümmert sich um die Entwicklung von Bahnwendungen, die die neue Empfängertechnologie ermöglichen wird. So sollen zum Beispiel mit den Daten eines jeden einzelnen

Rapid positioning improves rail traffic

One of these navigation projects is Galileo Online: GO! which is funded by the DLR Space Administration. Trains do not always travel across a flat countryside. Trains equipped with receivers are occasionally shielded from the navigation signals of the Galileo satellites by tunnels, trees, or houses. After each signal interruption, the receiver may take up to 30 seconds to find enough satellites, compute the position of the train, and communicate it to the computing centres of the rail system. A receiver capable of communicating the position of a train as well as useful additional information such as maintenance data immediately after such an interruption is just being developed under Galileo Online: GO! This makes it possible to introduce shorter safety intervals between two trains running on the same track. Moreover, passengers may be informed more precisely about the progress of the journey, possible delays, and their ability to reach potential connecting trains.

But how can a current position be determined so quickly after signal reception has been restored? Let us take a look into the future: receivers will be equipped with a technology capable of ‘amalgamating’ data from several sensors. Running on rails, a train follows a clearly predetermined path, and its current speed and acceleration are measured precisely. Together with interactive maps, this permits determining exactly when the train is going to leave a tunnel, for example, and communication with the Galileo satellites is restored. At the same time, the receiver factors in the movements of the satellites. This ensures that their current positions are known when the train emerges from the tunnel, so that its position can be determined again without delay.

Thanks to the new receivers, satellites will be detected more quickly and the current position of a train will be known as soon as a signal is received again. The receiver instantly communicates position and train data to the rail system’s computing centres by high-speed LTE mobile telephony for which Vodafone GmbH will be responsible. SCISYS GmbH looks after the development of rail applications, which the new receiver technology will enable. Thus, for example, the data of every single train will be used to compile and keep up to date individual timetables for everyone, marshal trains automatically, and track containers worldwide. Further participants in the Galileo Online: GO! pro-

Zuges ein immer aktueller, individueller Fahrplan für Jedermann erstellt, Züge auf einem Rangierbahnhof vollautomatisiert zusammengestellt und Container weltweit verfolgt werden können. Weiterhin sind die RWTH Aachen, das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen (IIS) und die IMST GmbH an Galileo Online: GO! beteiligt. Sie kümmern sich um die Hardwareentwicklung des Empfängers.

Mit den nunmehr insgesamt fünf verfügbaren GATEs ist Deutschland sehr gut aufgestellt, um im künftigen internationalen Marktwettbewerb für Galileo-Anwendungen eine Spitzenposition einzunehmen.

Im neuen ICE Velaro D wird es einige Neuheiten geben: Von seinen Vorgängern unterscheidet sich dieser moderne Hochgeschwindigkeitszug vor allem durch einige Komfort- und Serviceverbesserungen für die Fahrgäste. Zum Beispiel informieren an der Decke angebrachte Monitore die Fahrgäste via Satellitennavigationsdaten (GPS) in allen Wagenklassen über den aktuellen Fahrtverlauf.

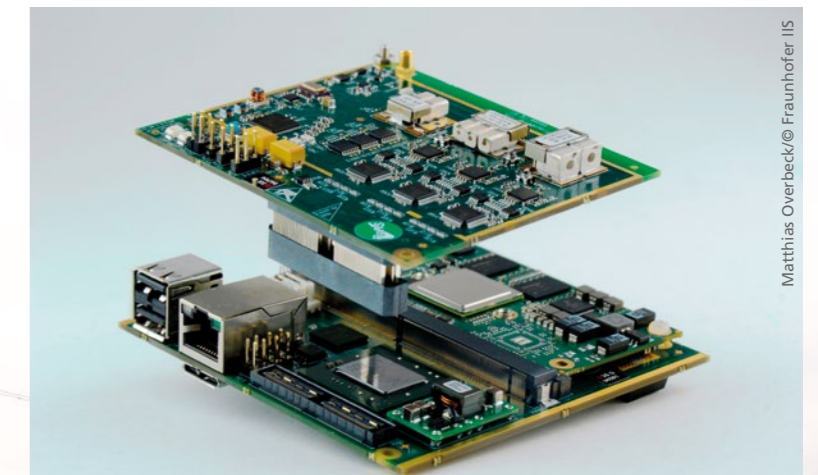
The new ICE Velaro D will have some new features; the high-speed train differs from its predecessors in a number of passenger comfort and service improvements. One of them is the ceiling-mounted monitor screen in all railcar categories which provides passengers in all classes of coach with real-time GPS-based travel information.

Ein solcher GNSS-Empfänger wird im Projekt Galileo Online: GO! weiterentwickelt, um nach einer Unterbrechung des Satellitensignals schneller die Satelliten wiederzufinden. Damit soll die aktuelle Position schon feststehen, sobald der Zug wieder ein Signal empfängt. Der Receiver kann die Positions- und Zugdaten sofort an die Rechenzentren der Bahn schicken, die dabei per Hochgeschwindigkeits-LTE-Mobilfunk übertragen werden.

Developed under the project Galileo Online: GO!, such GNSS receivers will help trains re-connect with the satellite after a signal interruption. The idea is to locate a train the moment it begins to receive a signal again. The receiver is to transmit position data and train identification directly to a rail service computer centre via a high-speed LTE mobile network.



© Siemens AG



Matthias Overbeck © Fraunhofer IIS



Ein neuer ICE vom Typ Velaro D ist auf einer Testfahrt im Prüf- und Testcenter in Wegberg-Wildenrath (PCW) unterwegs. Solche Hochgeschwindigkeitszüge könnten später einmal mit GNSS-Receiver ausgerüstet werden.

A new ICE of the Velaro D type undergoing tests at the Wegberg-Wildenrath Testing and Validation Centre. High-speed trains of this type could one day be equipped with GNSS receivers.

© Siemens AG

Beschützer der Erde

DLR Grundschulwettbewerb – Gewinner der Kategorie „Flüsse und Seen“: Wir retten unseren Schulteich

Von Rosmarie Müller und der Klasse 4c der Grundschule Hoheneck in Ludwigsburg

„Die Welt gehört in Kinderhände“, das hatte der deutsche Sänger Herbert Grönemeyer in dem Lied „Kinder an die Macht“ erkannt. Gerade von den jungen Bewohnern unseres Planeten geht eine große Kreativität aus, die so manchen Erwachsenen neidisch werden lässt. Genau deshalb ist eine der wichtigsten Fragen bei Kindern besonders gut aufgehoben: Wie können wir unsere Erde effektiv und nachhaltig schützen? Einfallsreiche Ideen waren nötig, um diese Frage zu beantworten und so den bundesweiten Wettbewerb „Beschützer der Erde“ zu gewinnen, den das DLR Raumfahrtmanagement im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie während der ISS-Mission des deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst ins Leben gerufen hatte. Gerst hat sich während seiner Blue Dot-Mission auf der Internationalen Raumstation ISS vom 29. Mai bis 10. November 2014 auch für Bildungsarbeit eingesetzt. Als Pate des „Beschützer der Erde“-Wettbewerbs gingen bei ihm die Bewerbungen von 90 Grundschulen ein. 69 dieser Ideen erfüllten alle Kriterien und wurden einer Jury vorgelegt. Ende Januar 2015 hat sie die Sieger in den Kategorien „Land“, „Flüsse und Seen“, „Ozeane“ und „Wälder“ ausgewählt, die am 20. März 2015 in Berlin von Alexander Gerst gekürt wurden. Wir stellen in einer Miniserie die Gewinner der vier Kategorien vor.

Earth Guardian

DLR Primary School Contest – Winners in the 'Rivers and Lakes' Category: Saving our School Pond

By Rosmarie Müller and form 4c of Hoheneck Primary School in Ludwigsburg

'The world belongs in the hands of children', the German singer Herbert Grönemeyer sang in his song 'Kinder an die Macht – Power to the children'. The young inhabitants of our planet leave many an adult baffled at their enormous creative potential. How can we protect our Earth effectively and sustainably? Creative ideas were needed to answer that question and to win the national 'Earth Guardian' contest that has been put in place by the DLR Space Administration at the request of the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy during the ISS mission of the German ESA astronaut Alexander Gerst. Gerst also took a stand on educational activities during his Blue Dot mission from May 29 until November 10, 2014, on the International Space Station ISS. In his role as mentor of the 'Earth Guardian' contest, he received applications from 90 primary schools. 69 of these ideas fulfilled all criteria and were submitted to a jury. In late January 2015, the jury chose winners in the categories 'Land', 'Rivers and Lakes', 'Oceans', and 'Forests', who were honoured by Alexander Gerst on March 20, 2015 in Berlin. We introduce the winners in the four categories in a mini serial.



Autoren: Die Klasse 4c der Ludwigsburger Grundschule Hoheneck hat den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb des DLR Raumfahrtmanagements in der Kategorie „Flüsse und Seen“ gewonnen und wurde vom deutschen Astronauten Alexander Gerst (rechts) geehrt. Gemeinsam mit ihrer Lehrerin Rosmarie Müller stellten die jungen „Beschützer der Erde“ ihr Projekt „Wir retten unseren Schulteich“ vor.

Authors: Form 4c of the Ludwigsburg primary school Hoheneck are the winners in the 'Rivers and Lakes' category of the 'Earth Guardian' competition run by the DLR Space Administration. They received their prize from the German astronaut Alexander Gerst (right). Assisted by their teacher Rosmarie Müller, the young 'Earth Guardians' presented their project entitled 'We save our school pond'.

Die 24 Schüler der Klasse 4c der Grundschule Hoheneck waren sich bei der Abstimmung für den „Beschützer der Erde“-Wettbewerb schnell einig. Da der Fluss Neckar direkt durch ihre Stadt Ludwigsburg fließt, entschieden sie sich für „Flüsse und Seen“. Außerdem haben sie diese Kategorie gewählt, weil Binnengewässer so artenreich, wichtig und interessant sind, erinnert sich der zehnjährige Noel. Den verlassenem und schmutzigen Schulteich immer im Blick, kam den Schülern die Idee, direkt vor der Haustür mit dem Projekt zu beginnen. Denn voller Schlamm und übersäuertem Wasser, zugewuchert von Gestrüpp, war der Schulteich fast vollständig verlandet. Doch nicht nur optisch bot der Teich ein Bild der Tristesse: Die Klasse schöpfte mit Messbechern Wasser ab und untersuchte die Proben unter dem Mikroskop. Das ernüchternde Ergebnis: Die Schüler entdeckten fast nur Zuckmückenlarven, die nur in schmutzigsten Gewässern überleben können, erinnert sich die zehnjährige Bibianne. Das war für die 4c das Zeichen: Jetzt muss hier etwas getan werden.

Rutschige Überraschung am ersten Tag

Doch allen war klar: Das wird kein leichtes Unterfangen. Zuerst wurde ein genauer Projektplan entworfen. Dabei bemerkten die Schüler allerdings, dass ihnen einige Werkzeuge fehlten, um den Teich zu säubern. Gartenschere, Eimer, Schaufeln, Spaten, Kescher und eine Schubkarre wurden herangeschafft. Gemeinsam mit der Klassenlehrerin Rosmarie Müller wurden zuerst ein Gitter und etliche Steine aus dem Teich entfernt. Anschließend schöpfte die Schüler das Wasser mit den Eimern ab. Mit Sieben ausgerüstet, retteten sie dann Kleinlebewesen das Leben. Anschließend landete die 30 Zentimeter hohe Schlammschicht auf dem schuleigenen Kompost. Vor nichts schreckten die Schü-

The 24 pupils of form 4c of Hoheneck Primary School had no trouble agreeing on a category for the 'Earth Guardian' contest. As the river Neckar flows right through their city of Ludwigsburg, they went for 'Rivers and Lakes'. Another reason for this choice was the fact that inland waters are so biodiverse, important, and interesting, ten-year-old Noel recalls. As the pupils' eyes fell upon the murky, derelict school pond outside their window, the children decided that, in fact, their own doorstep was a good place to start the project. Overgrown and full of mud and acidic water, the pond was almost completely silted up. Not only was it a very sorry sight; 10-year-old Bibianne remembers that when the pupils scooped a few beakers of water from the pond and looked at the samples under a microscope, they found almost only non-biting midge larvae. This was a sobering result, because those larvae can only survive in the dirtiest of waters. Form 4c took this as a sign calling for immediate action.

A muddy intermezzo on day one

This would not be an easy enterprise. First, a project plan was drawn up. In the process, the pupils realised that they were lacking some tools to clean up the pond. Secateurs, buckets, shovels, spades, scoop nets and a wheel barrow were brought in. Together with their form teacher Rosmarie Müller, they first removed a grid and quite a few rocks from the pond. After that, the pupils used buckets to empty the pond. Vested with sieves, they then set out to save the lives of some small pond creatures. Next, the remaining 30 centimetres of sludge left at its bottom were deposited on the school's own compost heap. The pupils stopped at nothing. They even wanted to rescue the one water lily that had survived in the pond. This rescue mission did not



Die Klasse 4c der Grundschule Hoheneck hat ihren Schulteich gerettet. Das war kein leichtes Unterfangen: Gemeinsam mit der Klassenlehrerin Rosmarie Müller wurden zuerst ein Gitter und etliche Steine aus dem Teich entfernt. Anschließend schöpfte die Schüler das Wasser mit den Eimern ab. Mit Sieben ausgerüstet, retteten sie dann Kleinlebewesen das Leben. Anschließend landete die 30 Zentimeter hohe Schlammschicht auf dem schuleigenen Kompost.

Form 4c of the Hoheneck Primary School successfully rescued their school pond. The job was far from easy: with some assistance from their form teacher Rosmarie Müller they first removed a grid and some rocks from the edge of the pond. Then they used buckets to scoop out the water, using sieves and strainers to save the lives of a great many of small pond creatures in the process. A 30 centimetre thick layer of mud ended up on the school's own compost heap.

ler zurück. Sogar die einzige Seerose aus dem Teich wollten sie bergen. Dieser Rettungsversuch verlief allerdings nicht ohne Zwischenfall. Einige Schüler glitten aus und landeten im Teich. Zum Glück hatten sie an diesem Tag Sportunterricht und konnten ihre feuchte Kleidung wechseln, blickt die zehnjährige Julia auf die nasse Rutschpartie zurück. Am Ende wurde die Seerose von den nassen Helden gerettet und in ihr neues, sauberes Zuhause gebracht.

Unterstützung für das Projekt

Doch damit waren die Grundschüler noch längst nicht fertig. Die Klasse 4c schrieb einen Brief an das Grünflächen- und Tiefbauamt, um sich Hilfe von der Stadt zu holen: Der Weg um den Teich herum musste verbreitert, der Hang durch Steine gestützt und die umliegenden Bäume gestützt werden, damit der Teich mehr Licht bekommt. Zuletzt wurde das Gewässer neu begrünt. Hierfür hat die Schülergruppe gemeinsam mit Rosmarie Müller neue Pflanzen wie etwa Fieberklee und Seerosen ausgewählt, kleine und große Säcke mit neuer Erde, der Pflanzenwurzel und Steinen gefüllt und in den Teich gesetzt – ein schwieriges Unterfangen, denn die Pflanzen brauchen unterschiedliche Wassertiefen zwischen zehn und 60 Zentimetern, berichtet der zehnjährige Felix. Im Frühjahr 2015 war dann alles fertig.

Teichführung in der Pause

Bald verlassen die Gewinner des „Beschützer der Erde“-Wettbewerbs allerdings ihre Grundschule. Dann müssen andere Klassen die Aufgabe übernehmen und sich um den Teich kümmern. Dafür bieten die Schüler Teichführungen an, um andere Klassen über ihr Projekt zu informieren und geeigneten Nachwuchs zu finden. Dafür hat die Klasse 4c ein Poster mit Pflanzen und Teichregeln gebastelt, erklärt die zehnjährige Julia. Diese Regeln sollen andere Schüler für die Umwelt sensibilisieren.

Umweltgutscheine für Weihnachten

Die Projektidee der Schüler bleibt aber nicht nur auf die Grundschule Hoheneck beschränkt. Kurz vor Weihnachten haben die jungen „Beschützer der Erde“ nachhaltige „Umweltgutscheine“ gebastelt, die sie dann verschenkten. Mit den Gutscheinen verpflichten sich die Schüler, zum Beispiel einen Teich anzulegen und zu pflegen, einen Nistkasten zu bauen oder die Eltern bei einem autofreien Einkauf zu unterstützen. So verringert die Gutscheineidee den Kohlenstoffdioxid ausstoß und trägt somit zum Naturschutz bei. Diese Geschenkidee kam so gut in den Famili-

end without the inevitable calamity: a number of pupils slipped and landed right in the pond. Thankfully, on the day of this sludgy glissade they had a PE lesson, so they could change into dry clothes from their gym kit straightaway, ten-year-old Julia reminisces. But at the end of the day, the water lily was saved and taken to its new, clean home by our dripping heroes.

Shoring up support for the project

However, the primary school kids did not stop there. Form 4c wrote a letter to the city's civil engineering and park departments, asking for help: the path around the pond had to be broadened, the slope was to be propped up with stones and the surrounding trees needed pruning to let in more light. Finally, plant life in the pond was restored. Together with Rosmarie Müller, the group of pupils chose new plants such as marsh clover and water lilies and planted their roots in bags filled with stones and fresh soil at the bottom of the pond – a difficult endeavour, given that each plant prefers to be planted at a specific depth between ten and 60 centimetres below the water's surface, ten-year old Felix reports. In spring 2015, it was all done and dusted.

Break time is pond time

Soon, however, the winners of the 'Earth Guardian' contest will leave their primary school. Other forms will have to take over the task of looking after the school pond. To recruit suitable successors, the pupils give guided tours of the pond area during breaks. Form 4c has designed posters for this purpose, showing the plants and the pond rules, ten-year-old Julia explains. These rules are meant to make other pupils aware of environmental matters.

Green Christmas gifts

Soon, the project idea went beyond the bounds of Hoheneck Primary School. In the run-up to Christmas, the young 'Earth Guardians' made 'sustainable gift vouchers'. These included vouchers to build and maintain a pond at home, to set up a nesting box for birds, and to assist their parents on a car-free grocery shopping trip. Thus, the vouchers helped environmental protection by reducing carbon dioxide emissions. This gift idea went down so well with the parents that the pupils made more vouchers for Mother's Day.

„Ich fand es sehr interessant, dass man selbst das dreckigste Wasser wieder sauber machen kann“, sagt Theo aus der Klasse 4c.

'I thought it was very interesting how you can clean up even the dirtiest water,' Theo from form 4c says.

the surrounding trees needed pruning to let in more light. Finally, plant life in the pond was restored. Together with Rosmarie Müller, the group of pupils chose new plants such as marsh clover and water lilies and planted their roots in bags filled with stones and fresh soil at the bottom of the pond – a difficult endeavour, given that each plant prefers to be planted at a specific depth

between ten and 60 centimetres below the water's surface, ten-year old Felix reports. In spring 2015, it was all done and dusted.

Break time is pond time

Soon, however, the winners of the 'Earth Guardian' contest will leave their primary school. Other forms will have to take over the task of looking after the school pond. To recruit suitable successors, the pupils give guided tours of the pond area during breaks. Form 4c has designed posters for this purpose, showing the plants and the pond rules, ten-year-old Julia explains. These rules are meant to make other pupils aware of environmental matters.

Green Christmas gifts

Soon, the project idea went beyond the bounds of Hoheneck Primary School. In the run-up to Christmas, the young 'Earth Guardians' made 'sustainable gift vouchers'. These included vouchers to build and maintain a pond at home, to set up a nesting box for birds, and to assist their parents on a car-free grocery shopping trip. Thus, the vouchers helped environmental protection by reducing carbon dioxide emissions. This gift idea went down so well with the parents that the pupils made more vouchers for Mother's Day.



Ausgestattet mit Gartenschere rücken einige Schüler dem Gestrüpp zu Leibe und retten den Schulteich vor dem Zuwuchern. Eine andere Gruppe beseitigt den Schlamm: Mit Eimern, Schaufeln, Spaten, Keschern und einer Schubkarre entfernten die Viertklässler den Schlamm und brachten das Gestrüpp zum Kompost.

Armed with secateurs, some pupils set out prune back the scrub to save the school pond from becoming completely overgrown. Another group took charge of the waste: using buckets, shovels, spades, nets and a wheel barrow, the fourth-year pupils disposed of all the scrub and mud on the compost heap.

en und bei Freunden an, dass die Klasse noch weitere Gutscheine für den Muttertag gebastelt hat.

Was hat der „Beschützer der Erde“-Wettbewerb den Schülern also gebracht? Vor allem ein neues Umweltbewusstsein: Sie werfen keinen Plastikmüll mehr auf die Straße und wissen nun, wie gefährdet unser Lebensraum ist. Mit der Rettung des Schulteichs sind sie sich bewusst, etwas Gutes getan zu haben. Spaß hat es dabei auch noch gemacht, blickt der zehnjährige Marco zurück. Und nicht nur Schüler, Lehrer und Eltern waren begeistert: Auch die Lokalpresse und der Bürgermeister lobten das Engagement der Schüler. Euphorisiert von der „Beschützer der Erde“-Aktion verlängerte das Ludwigsburger Stadtoberhaupt der 4c ihren Berlin-Aufenthalt zur Preisverleihung um einen Tag, indem er 500 Euro für die Klassenkasse spendete.

So how has the 'Earth Guardian' contest benefitted the pupils? Above all, it has heightened their level of environmental awareness: the children now know how endangered our natural surroundings are; throwing plastic trash on the street is a thing of the past. Having saved the school pond, they know they did something worthwhile. And besides, ten-year-old Marco says reminiscently, it was great fun. Not only the pupils, teachers, and parents were enthusiastic: the local press and mayor praised the pupils for their civic engagement. Enthralled by the 'Earth Guardian' project, the top dignitary of Ludwigsburg even treated form 4c to an extra day in Berlin after the award ceremony, by donating 500€ to the 'class kitty'.

„Im Themenfeld ‚Flüsse und Seen‘ gab es zahlreiche spannende Wettbewerbsbeiträge. Gerade bei den vorderen Plätzen wurde es sehr ‚eng‘. Schließlich wurde die Jury am meisten von einem Teichumbau-Projekt der Grundschule Hoheneck in Ludwigsburg überzeugt. Die Klasse 4c erweckte in ihrem Projekt einen alten, völlig zugewucherten Schulteich aus seinem Dornröschenschlaf. Die Jury war davon begeistert, dass die Schülerinnen und Schüler zu Beginn einen detaillierten Projektplan aufgestellt haben und dann mit viel Eigeninitiative und Kreativität ans Werk gingen. Zunächst musste der alte Teich freigelegt und das Wasser herausgeholt werden. Dieses wurde nicht einfach weggeschüttet, sondern aufwendig durch ein Sieb gegossen, um die Kleinlebewesen zu retten. Unter dem Mikroskop konnten die Schülerinnen und Schüler sogar winzige Einzeller beobachten. Der Jury hat besonders gut gefallen, dass dieses Projekt in Kleinen Teams mit klaren Zuständigkeiten durchgeführt wurde. Dabei kamen die Schülerinnen und Schüler in Berührung mit der Natur. Ein großer Dank geht an die Eltern, die sich nachher um die Schmutzwäsche kümmern mussten – es war eine ziemlich matschige Angelegenheit. Außerdem ist mit dem Projekt ein längerfristiger Nutzen für die ganze Schule verbunden, denn auch wenn die Schülerinnen und Schüler der Klasse 4c auf weiterführende Schulen gehen, wird der neue Teich den neuen Schülergenerationen erhalten bleiben. Die Klasse hat zudem Unterstützung beim lokalen Grünflächenamt angefordert und die Lokalpresse über ihr Projekt informiert. Neben dem eigentlichen Teichprojekt wurden auch noch tolle Ideen für Weihnachtsgeschenke erstellt. Die kreative Dokumentation des Projektes rundete das hervorragende Gesamtbild ab. Die Schülerinnen und Schüler der Klasse 4c der Grundschule Hoheneck in Ludwigsburg sind wahre Beschützer der Erde“, begründet Dr. Roland Goetzke vom Geographischen Institut der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn die Entscheidung der Jury.

„The category 'Rivers and Lakes' received many interesting contributions. It came to an extremely close race especially for the top ranks. In the end, it was the pond refurbishment project of Ludwigsburg's Hoheneck Primary School that convinced the jury most. In this project, form 4c restored an old, overgrown school pond to its former glory. The jury was amazed at how the pupils worked out a detailed project plan and then set themselves to the task proactively and with great creativity. To begin with, the old pond had to be freed from rampant scrubs, and to be completely drained. The water was not simply poured away, but was carefully filtered to save the small creatures it contained. Under a microscope, the pupils could observe even the single-celled organisms. What impressed the jury particularly was the task sharing between pupils who formed teams with clearly assigned responsibilities. The students quite literally got in touch with nature thanks to this project (and thanks to the parents who took care of the rather muddy laundry afterwards). Moreover, the project has brought about long-term benefits for the school as well. As the pupils of 4c will move on to secondary schools, the new pond will be left to new generations of pupils. The form has already requested support from the municipal parks department and informed the local media about their project. Besides the actual pond project, the pupils developed great ideas for Christmas presents. The creative documentation completed the outstanding overall impression. The pupils of form 4c of Hoheneck Primary School in Ludwigsburg are true and proper Earth Guardians“, says Dr Roland Goetzke from the Geography Department of Bonn University in a speech explaining the jury's decision.



Die Klasse 4c hat neue Pflanzen wie etwa Fieberklee und Seerosen besorgt und in den viereinhalb mal zweieinhalb Meter großen Schulteich gesetzt.

Form 4c bought new plants such as marsh clover and water lilies to plant into the school pond sized four and a half by two and a half metres.

Elektronik-Bauteile:

Winziger Chip dosiert die Energie für leichtere Satelliten

Von André Rocke, Volodymyr Burkhay und Uwe Soltau

Ohne sie könnte kein Satellit seine Aufgaben im Orbit erfüllen. Dafür müssen sie jahrelang extreme Umweltbedingungen wie Vakuum, Temperaturschwankungen und Strahlung aushalten und dabei den Energiefluss im Satelliten steuern, also genau die benötigten Spannungen und Ströme an den richtigen Stellen zur Verfügung stellen. Diese Leistung vollbringen elektronische Schaltkreise, die sowohl im Satellitenbus als auch in der Nutzlast verbaut sind. Genau diese Bauteile sind zwar schon klein und leicht, machen bisher aber trotzdem einen erheblichen Teil des Satellitengewichts aus. Viele Bauteile werden exklusiv in den USA produziert und unterliegen den dort geltenden Handelsbestimmungen. In bestimmten Missionen oder Startoptionen – zum Beispiel in China – dürfen diese Bauteile nicht zum Einsatz kommen. Eine Lösung dieses Problems wiegt nur etwa ein Gramm, ist circa sieben mal zehn Millimeter klein und wird komplett in Deutschland entwickelt und hergestellt: SPPL-12420RH. Dieser winzige, intelligente Schaltkreis ist für viele verschiedene Satelliten einsetzbar, da er extrem leicht und dennoch strahlungsfest und robust ist. Die Firma SPACE IC hat ihn entwickelt und wurde dabei vom DLR Raumfahrtmanagement und der Europäischen Weltraumorganisation ESA unterstützt. Nun ist der Chip marktreif und wartet auf seinen Einsatz in europäischen und internationalen Weltraummissionen.

Electronic Components:

A Tiny Chip Manages Power Supply in Light-Weight Satellites

By André Rocke, Volodymyr Burkhay and Uwe Soltau

Without them, no satellite could do its job in orbit. They have to withstand extreme environmental conditions like hard vacuum, fluctuating temperatures, and radiation for years, controlling all the time the energy flow within the satellite and providing the exact voltage and current needed in the right place. This work is performed by electronic circuits installed both in the satellite bus and in the payload. Although small and light, it is these components that have been accounting for a considerable part of a satellite's weight so far. Many of these components are made in the USA, where they are subject to national trade regulations. Therefore they must not be used in certain missions or launches, in China, for example. The solution of this problem weighs only about one gramme, measures about 7 by 10 millimetres, and is entirely developed and manufactured in Germany: SPPL12420RH. This tiny, smart integrated circuit may be used on many different satellites because it is extremely light and yet robust and resistant to radiation. It was developed by SPACE IC with the support of the DLR Space Administration and the European Space Agency (ESA). The chip has now reached market maturity and is ready for use on European and international space missions.

Er wiegt nur etwa ein Gramm, ist circa sieben mal zehn Millimeter klein und wird komplett in Deutschland entwickelt und hergestellt: der elektronische Schaltkreis SPPL12420RH.

It weighs only about one gramme, it is tiny at about seven by ten millimetres, and it is entirely German in make and design: the electronic chip SPPL12420RH.



Autoren: **André Rocke** ist für Betrieb und Qualitätskontrolle bei SPACE IC zuständig. Sein Kollege **Volodymyr Burkhay** (l.) kümmert sich um Marketing und Verkauf der elektronischen Schaltkreise. **Uwe Soltau** (r.) ist KMU-Beauftragter des DLR Raumfahrtmanagements und unterstützt die Firma bei ihren Raumfahrtaktivitäten.

Authors: **André Rocke** is in charge of operations and quality control at SPACE IC. His colleague **Volodymyr Burkhay** (left) looks after IC marketing and sales. **Uwe Soltau** (right) is the SME commissioner of the DLR Space Administration. He supports the company in its space activities.

Die Plattform ist die Grundlage eines jeden Satelliten. Sie besteht aus der mechanischen Grundstruktur, ist für Antriebssystem und Lageregelung, für Energieversorgung und Temperaturkontrolle verantwortlich und trägt außerdem die eigentliche Nutzlast. Sie ist zwar je nach Einsatzzweck für jeden Satelliten unterschiedlich, aber alle Nutzlasten enthalten Systeme für Energieverteilung und -management sowie für die Datenkommunikation zwischen den verschiedenen Modulen. Diese Funktionen in der Plattform und in der Nutzlast sind von elektronischen Bauelementen abhängig, die für extreme Anforderungen ausgelegt sind.

Modulare Bauweise lässt Satellitenkosten sinken

Der Einsatz von Satelliten ist zwar teuer, jedoch in vielen Bereichen auch die sinnvollste Lösung. Daher müssen sich Raumfahrtprojekte der Kostenfrage stellen: Die Startkosten machen etwa 20 bis 30 Prozent aus und werden erheblich durch Gewicht und Volumen der Nutzlast bestimmt. Daher sollen zahlreiche Verbesserungen Gewicht und Volumen der Satelliten senken. Auch die Entwicklung und die aufwendige Qualifikation der Satellitenkomponenten sind teuer. Wie lassen sich diese Kosten verringern und gleichzeitig die Qualität der Bauteile erhalten? Die Lösung: Modulare und standardisierte Bauteile sowohl in der Plattform als auch in der Nutzlast erhöhen die Stückzahl, auf die diese Kosten dann umgelegt werden. Damit reduziert sich der Preis eines einzelnen Satelliten. Moderne Satellitensysteme müssen also immer mehr Funktionalität auf weniger Raum unterbringen und diese Funktionen möglichst mit standardisierten Blöcken umsetzen. Möglich wird dies durch die Miniaturisierung und Integration von Standardfunktionen in integrierten Schaltungen (ICs).

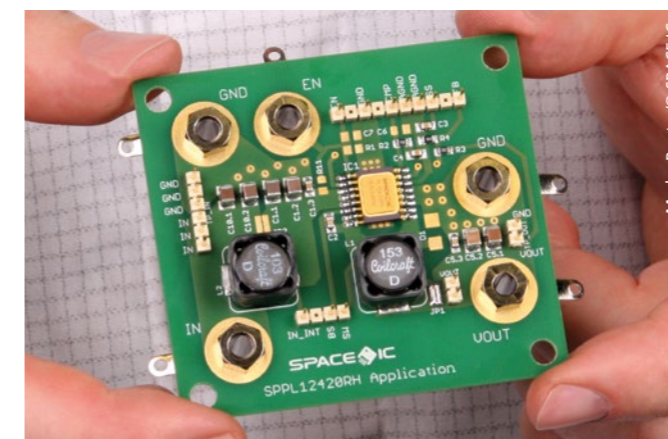
In kommerziellen Halbleitertechnologien entwickelte und allgemein verfügbare ICs wird dies so umgesetzt. Sie sind allerdings in der Regel nicht für Raumfahrtanwendungen geeignet. Neben starken Temperaturschwankungen und Vibrationen sind sie vor allem gegenüber kosmischer Strahlung, der Satelliten ohne den Schutz des Erdmagnetfelds und der Atmosphäre ausgesetzt sind, besonders anfällig. Daher werden strahlungsresistente Halbleiterchips nach besonderen Designmethoden entwickelt und auf speziellen Halbleitertechnologien gefertigt – viele davon in den USA. Der Knackpunkt dabei: Das militärische Interesse an strahlungsfesten ICs führt dazu, dass die Beschaffung solcher US-

The platform is the base of every satellite. Comprising the basic mechanical structure, it is responsible for the drive and attitude control system, for the power supply and for temperature control, besides bearing the payload proper. Although it differs from satellite to satellite depending on the objective of the mission, all payloads contain systems for power management and distribution as well as for data communication between the various modules. These functions involving the platform and the payload depend on electronic components that are designed to meet extreme requirements.

Modular construction lowers satellite cost

The operation of a satellite is expensive but one that makes the most sense in many fields. Therefore, space projects have to answer the question of cost: the cost of the launch, which depends to a considerable extent on weight and volume of the payload, accounts for about 20 to 30 per cent. For this reason, numerous improvements have been introduced to lower the weight and volume of satellites. The development and the elaborate qualification of satellite components are expensive as well. How to reduce these costs while keeping the quality of the components high? The solution: modular, standardised components for installation in the platform as well as in the payload increase the number of units among which these expenses can be spread, thus reducing the price of an individual satellite. In other words: modern satellite systems are required to accommodate more and more functions in less and less space, and to implement these functions with standardised blocks as far as possible. This is achieved by miniaturising and integrating standard functions in integrated circuits (ICs).

To be sure, ICs that were developed on the basis of commercial semiconductor technologies are generally available to handle these functions. However, as a general rule, these are not suitable for space applications. In addition to strong temperature fluctuations and vibrations, they are particularly sensitive to cosmic radiation to which satellites are exposed without the protection of the Earth's magnetic field and its atmosphere. This is why radiation-proof semiconductor chips are developed in special design processes and produced by means of special semi-



Integrierter Winzling: Der elektronische Schaltkreis SPPL12420RH ist zentral in diese Demonstrationsplatine eingebaut. Damit lässt sich die Funktion des Bausteins in einer praktischen Anwendung zeigen.

An integrated tiny component: the electronic chip SPPL12420RH, incorporated in the centre of this demonstration PCB to show the module in a practical application.

Marko Reuter/© SPACE IC

Marko Reuter/© SPACE IC



Verleihung des ESA-Innovationspreises 2014 an die SPACE IC GmbH aus Hannover (v. l.: Uwe Soltau, KMU-Beauftragter des DLR Raumfahrtmanagements, Christian Westpfahl, ehemals Application & Customer Support SPACE IC GmbH, Volodymyr Burkhay, Marketing & Sales SPACE IC GmbH und Eric Morel de Westgaver, ESA-Direktor für Industrie, Beschaffung und rechtliche Angelegenheiten)

Presentation of the ESA Innovation Award to SPACE IC GmbH of Hannover (from left: Uwe Soltau, SME commissioner of the DLR Space Administration, Christian Westpfahl, formerly Application & Customer Support SPACE IC GmbH, Volodymyr Burkhay, Marketing & Sales SPACE IC GmbH, and Eric Morel de Westgaver, ESA's director of industry, procurement, and legal affairs)

Bauteile für europäische Raumfahrtprogramme durch die ITAR- und EAR-Exportregeln der amerikanischen Behörden massiv behindert wird. Es besteht eine große Abhängigkeit der europäischen Raumfahrtentwicklung von den USA, die von den europäischen Raumfahrtagenturen und der Industrie kritisch gesehen wird. Zur Minderung dieser Abhängigkeit hat die europäische Weltraumorganisation ESA in Abstimmung und Zusammenarbeit mit den nationalen Raumfahrtagenturen (unter anderem DLR und CNES) die European Components Initiative (ECI) ins Leben gerufen. Um in Europa weiter moderne und kosteneffiziente Satellitensysteme entwickeln zu können, werden europäische ICs für die Miniaturisierung benötigt. Das Anfang 2014 in Hannover gegründete Unternehmen SPACE IC entwickelt diese winzigen und extrem leichten elektronischen Schaltkreise und lässt sie in Deutschland fertigen.

Entwicklung und Fertigung in Deutschland vermeidet die Abhängigkeit von US-Handelsbestimmungen

Das Gründerteam des Unternehmens besteht aus Mitarbeitern der ehemaligen IC-Produktentwicklung von Telefunken Semiconductors mit jahrelanger Erfahrung in diesem Bereich. Bereits im Jahr 2010 erkannten sie das Potenzial der Hochspannungshalbleitertechnologien auf Basis von Silizium-auf-Isolator-Substraten – den sogenannten BCD-SOI-Technologien – für die Raumfahrt. Die ersten erfolgreichen Strahlungstestergebnisse und die Ankündigung von raumfahrttauglichen IC-Produkten für effiziente Spannungskonverter und robuste Datenschnittstellen auf europäischen Raumfahrtkonferenzen weckten das Interesse der Raumfahrtindustrie und der Raumfahrtagenturen. Mit dieser Produktnachfrage im Rücken wurde das KMU SPACE IC gegründet. Mit dem alleinigen Fokus auf strahlungsfesten Raumfahrt-Schaltkreisen auf Basis von SOI-Substraten (Silicon-on-Insulator) nutzt das neue Unternehmen die Vorteile des Entwicklungs- und Fertigungsstandorts Deutschland, um ITAR/EAR-freie elektronische Schaltkreise für die Energieverteilung und das Energiemanagement sowie die robuste Datenübertragung in Satelliten anzubieten. Diese Bauteile werden dringend benötigt, um Satellitensysteme kompakter und effizienter aufzubauen.

Denn bisher musste in Satelliten eine zentrale Versorgungseinheit zahlreiche, von den Nutzlastmodulen benötigte, niedrige Versorgungsspannungen präzise geregelt zur Verfügung stellen. Diese zentrale Versorgungseinheit sowie die Spannungsschienen waren hinsichtlich Entwicklung, Volumen und Gewicht sehr aufwendig. Umbauten an der Satellitenarchitektur zogen zwangsläufig Änderungen an der zentralen Energieversorgung nach sich. Zugleich war die Energieverteilung zu den Modulen wenig effizient. Satelliten von morgen brauchen innovativere Energieversorgungstechnologien:

In einer modernen, sogenannten Point-of-Load (POL)-Satellitenarchitektur stellt die zentrale Versorgungseinheit nur noch wenige ungenaue Spannungsschienen für alle elektronischen Energieverbraucher bereit. Die vom jeweiligen Modul benötigte, genaue niedrige Versorgungsspannung wird direkt an der jeweiligen Elektronik – dem Point-of-Load – aus der zentralen Spannungsschiene erzeugt. Diese Aufgabe löst SPPL12420RH – das erste Produkt von SPACE IC – in einem sehr kompakten Aufbau mit einer Effizienz von mehr als 90 Prozent.

conductor technologies – many of them in the USA. The sticking point is that because of the interest of the military in radiation-resistant ICs, the procurement of such US components for European space programmes is massively obstructed by the ITAR and EAR export regulations of the American authorities. European space developments heavily depend on the USA, a fact which the European space agencies and the industry feel rather uncomfortable with. The European Components Initiative (ECI) is a programme launched by the European Space Agency ESA in cooperation with DLR and CNES to reduce this dependence. To continue to develop modern and cost-efficient satellite systems, manufacturers need European ICs for miniaturisation. A company founded in Hannover early in 2014, SPACE IC, develops these tiny, extremely light electronic circuits and has them manufactured in Germany.

Development and production in Germany avoid dependence on US trade regulations

The company was founded by a team of employees of the former Telefunken Semiconductors IC product development department, with years of experience in the field. As early as 2010, they recognised the potential for space applications of high-voltage semiconductor technologies based on silicon-on-insulator substrates, also known as BCD-SOI technologies. The first successful outcomes of radiation tests and the announcement of spaceworthy IC products for efficient voltage converters and robust data interfaces at European space conferences aroused the interest of the space industry and the space agencies. Backed by this demand, the SPACE IC SME was founded. Focusing exclusively on radiation-hard space circuits based on SOI substrates, the new company makes use of the advantages of Germany as a site of development and manufacture to offer electronic circuits for power management and distribution as well as for robust data communication in satellites without interference from ITAR/EAR. Such components are urgently needed to make satellite systems more compact and efficient.

Until now, satellites had a central power supply unit which had to provide payload modules with numerous low voltages under precisely controlled conditions. The development, volume, and weight of such central units and power rails were major items. Any alterations in the satellite architecture necessarily entailed changes in the central power supply. At the same time, the power distribution among the modules was not very efficient. The satellites of tomorrow need more innovative power supply technologies: in a modern point-of-load (POL) satellite architecture, the central power supply unit provides only a few inaccurate power rails for all electronic energy consumers. The supply

nologien: In einer modernen, sogenannten Point-of-Load (POL)-Satellitenarchitektur stellt die zentrale Versorgungseinheit nur noch wenige ungenaue Spannungsschienen für alle elektronischen Energieverbraucher bereit. Die vom jeweiligen Modul benötigte, genaue niedrige Versorgungsspannung wird direkt an der jeweiligen Elektronik – dem Point-of-Load – aus der zentralen Spannungsschiene erzeugt. Diese Aufgabe löst SPPL12420RH – das erste Produkt von SPACE IC – in einem sehr kompakten Aufbau mit einer Effizienz von mehr als 90 Prozent.

Ein-Gramm-Chip regelt den Energiefluss in Satelliten

Die stark vereinfachte, zentrale Versorgungseinheit, die Energieverteilung über wenige Spannungsschienen sowie die Standardisierung der Verbraucherschnittstelle, bei der jedes Modul lokal von einem kleinen POL-Baustein versorgt wird, verbessert die Energie- und Kosteneffizienz. Der circa sieben mal zehn Millimeter kleine Chip wird komplett in Deutschland entwickelt und hergestellt und wiegt nur etwa ein Gramm. Er ist für viele verschiedene Satelliten einsetzbar, da er extrem leicht und dennoch strahlungsfest und robust ist. Bislang gibt es vergleichbare Chips nur in den USA. Für diese Entwicklung und ihre zügige Qualifikation erhielten die Gründer von SPACE IC den ESA Innovationspreis 2014. Das Preisgeld von 100.000 Euro setzt das Unternehmen für Qualitätstests ein, um dieses Produkt so schnell wie möglich den europäischen Raumfahrtunternehmen zur Verfügung zu stellen.

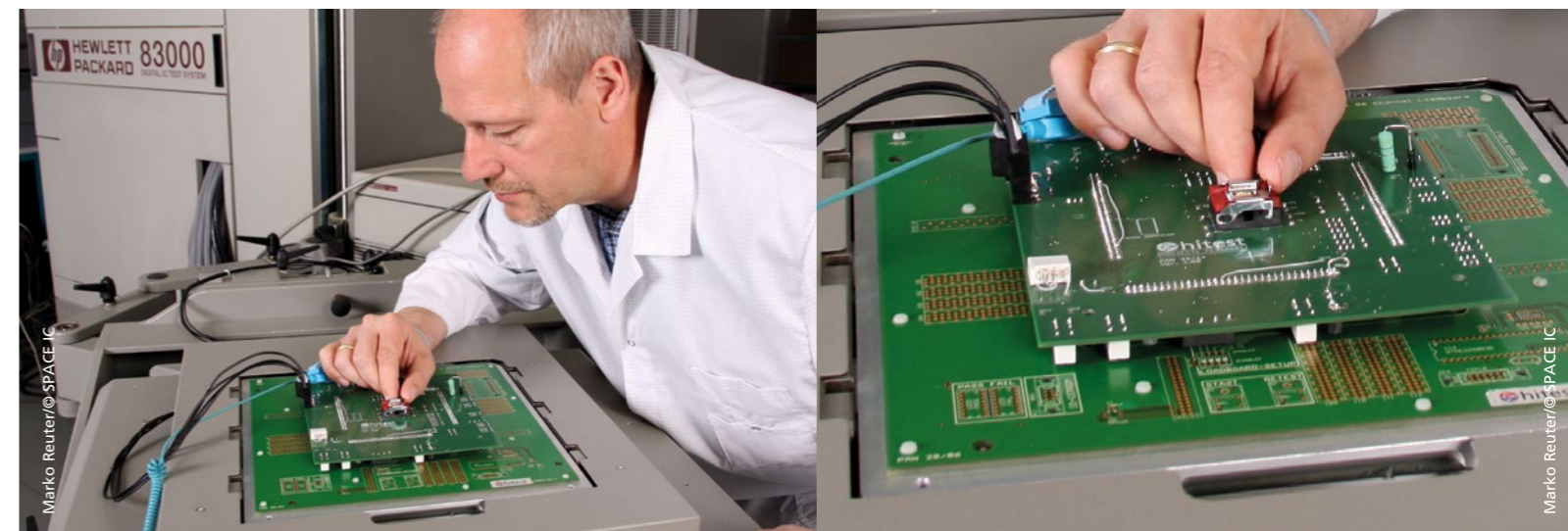
Die Engineering-Modelle des SPPL12420RH sind seit März 2015 lieferbar. Im Herbst 2015 sollen die Qualifikationstests so weit sein, dass erste Flug-Modelle geliefert werden können. Dies wird auch durch die enge Zusammenarbeit mit dem DLR Raumfahrtmanagement und der ESA und die damit verbundenen Fördermaßnahmen möglich. Mit der anschließenden Zertifizierung des Bausteins durch die European Space Components Coordination (ESCC) wird ein ITAR/EAR-freies europäisches IC-Produkt zur Verfügung stehen, das strengsten Raumfahrtanforderungen gewachsen ist. Für das Unternehmen aus Hannover ist dieser POL-Baustein nur der erste Schritt als Zulieferer im Raumfahrtmarkt. Die Halbleiter-Entwickler sind bereits dabei, weitere analoge und mixed-signal IC-Produkte für die Raumfahrt zur Marktreife zu bringen. SPACE IC fokussiert dabei auf die Schwerpunkte Power-Management-Anwendungen und robuste Datenübertragung. Dafür möchte das Unternehmen weiter expandieren und den Pool an Fachkräften ausbauen, um für die vielfältigen Projekte gerüstet zu sein.

voltage needed by a module is generated at exactly the right low level from the central power rail directly at the electronic component in question – the point of load. SPPL12420RH, the first product of SPACE IC, handles this task in a very compact structure with an efficiency of more than 90 per cent.

A one-gramme chip controls the flow of energy in satellites

A highly simplified central supply unit, the power distribution by a few power rails, and the standardisation of the consumer interface which enables every module to be supplied locally by a small POL component serve to improve both energy and cost efficiency. As tiny as approximately seven by ten millimetres, the chip is entirely developed and manufactured in Germany and weighs only about one gramme. It may be used on many different satellites because it is extremely light and yet robust and radiation-hard. So far, equivalent chips could be found only in the USA. For this development and its speedy qualification, the founders of SPACE IC were awarded the ESA Innovation Prize 2014. The company uses the prize money of 100,000 euros for quality tests so that the product can be made available to the European space enterprises as quickly as possible.

The engineering models of SPPL12420RH became available in March 2015. It is hoped that in the autumn of 2015, qualification tests will have progressed far enough for the first flight models to be delivered. In this effort, the company is supported by its close co-operation with the DLR Space Administration and ESA and the assistance measures associated with that. With the follow-up component certification by the European Space Components Coordination (ESCC), an ITAR/EAR-free European IC product will be available that is up to the most stringent space requirements. For the company from Hannover, this POL component is only the first step as a supplier to the space market. The semiconductor developers are already busy bringing further analogue and mixed-signal IC products for space to maturity. In this context, SPACE IC focuses on power management applications and robust data communication. For this purpose, the company plans to expand further and increase its pool of experts so as to be prepared for a wide range of projects.



Bei der IC-Produktion und den Qualitätstests muss die Funktion jedes Chips mehrmals überprüft werden. Mit dem automatischen Test-Equipment (ATE) beim Test-Spezialisten Hitest dauert das nur wenige Sekunden. Als Auftraggeber profitiert SPACE IC von der mehrjährigen Erfahrung dieser Firma mit elektronischen Komponenten für den Weltraumeinsatz. Insofern ist die Standortwahl von SPACE IC im SICAN-Technologiepark Hannover nicht zufällig – der Reinraum von Hitest ist nur einige Treppenstufen entfernt. Diese räumliche Nähe hilft sehr bei der Zusammenarbeit und hat sich bereits beim Aufsetzen der Produktion des SPPL12420RH bezahlt gemacht.

In the production of ICs and the relevant quality tests, every chip needs to undergo the functional test many times. With the automated test equipment (ATE) operated by the Hitest test specialists, this takes only a few seconds. As their client, SPACE IC profits from Hitest's many years of experience with electronic components for use in space. In this regard, SPACE IC did not choose its location in the SICAN Technology Park of Hannover by accident – Hitest's clean room is only a few steps away in the same staircase. A great help in collaboration, this proximity has already proven its worth when the production of SPPL12420RH was set up.

Business Launch



Amtswechsel: Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund wird neue Vorstandsvorsitzende des DLR. Sie folgt damit Prof. Dr.-Ing. Johann-Dietrich Wörner (l.) nach, der am 30. Juni 2015 sein Amt abgibt und neuer Generaldirektor der Europäischen Weltraumorganisation ESA wird. DLR-Senatsvorsitzender und Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Matthias Machnig (Mitte), hat während des „Porzer Picknicks“ beim DLR am 23. Juni 2015 schon einmal gratuliert.

A new leader: Prof. Dr Pascale Ehrenfreund is taking over as head of DLR's Executive Board. She is following Prof. Dr Eng. Johann-Dietrich Wörner (left) who stepped down on June 30, 2015 to become the new Director General of the European Space Agency ESA. Early congratulations were offered by Matthias Machnig (centre), Chairman of the DLR Senate and Undersecretary of State at the German Ministry for Economics and Energy (BMWi), on the occasion of the 'Porzer Picknick' at the DLR on June 23, 2015.



Auf der Internationalen Luft- und Raumfahrtmesse Le Bourget in Paris trafen sich am 16. Juni 2015 Dr. Gerd Gruppe, DLR-Vorstand, zuständig für das Raumfahrtmanagement, Dr. Naoki Okumura, Präsident der japanischen Raumfahrtagentur JAXA, und der DLR-Vorstandsvorsitzende Prof. Johann-Dietrich Wörner (v. l.).

An encounter at the International Paris Air Show Le Bourget in Paris: Dr Gerd Gruppe, DLR Board Member in charge of Space Administration, met with Dr Naoki Okumura, President of the Japanese Space Agency JAXA and the Chairman of the DLR Management Board Professor Johann-Dietrich Wörner (from left to right) on June 16, 2015.



Anlässlich der 90-Jahrfeier des Instituts für Luft- und Weltraumrecht der Universität zu Köln fand am 29. Mai 2015 beim DLR Raumfahrtmanagement in Bonn ein Symposium zum Thema: „The International Cooperation for Activities in Outer Space: A Basic Principle and an Ongoing Task“ statt. Die Teilnehmer kamen aus zehn Ländern und von zwei internationalen Organisationen.

On the occasion of the 90th anniversary of Cologne University's Institute of Air and Space Law, a symposium on the topic 'The International Cooperation for Activities in Outer Space: A Basic Principle and an Ongoing Task' was held at the DLR Space Administration in Bonn on May 29, 2015. The participants represented ten countries and two international organisations.



DLR-Vorstandsmitglied Dr. Gerd Gruppe (Bildmitte) hat auf seiner Japanreise vom 1. bis 6. Juni 2015 auch das National Institute of Information and Communications Technology (NICT) besucht. Das NICT ist die Schnittstelle zwischen Forschung und Industrie in der Informations- und Kommunikationstechnologie und treibt den Ausbau dieser Sparte in Japan weiter voran.

On his tour of Japan from June 1 until June 6, 2015, DLR's Executive Board member Dr Gerd Gruppe (centre) also visited the National Institute of Information and Communications Technology (NICT). NICT is the interface between Japan's research community and industry in the area of ITC, and a driving force in the growth of this sector.

Raumfahrtskalender

Termin Ereignis

2015	
14. Juni – 24. Juli	15 Wissenschaftsflüge der Fliegenden Sternwarte SOFIA in Neuseeland mit den Instrumenten FORCAST und GREAT
14. Juli	Erster naher Vorbeiflug der NASA-Sonde New Horizons am Zwergplaneten Pluto in 10.000 Kilometern Abstand
22. Juli	Start Sojus 43S von Baikonur (Kasachstan/ISS Expedition)
8. August	Start des NASA-Erdbeobachtungssatelliten Jason-3 mit Falcon 9 von Vandenberg Air Force Base (Kalifornien/USA)
13. August	Raumsonde Rosetta erreicht Perihel von Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko
16. August	Start H-2B von Tanegashima Space Center (Japan), ISS-Versorgungsflug (HTV-5)
18. August	Start Telekommunikationssatelliten Eutelsat 8WB und Intelsat-34 mit Ariane 5 von Kourou (Französisch-Guyana)
25. – 30. August	Internationale Luft- und Raumfahrtmesse MAKS in Moskau
31. August – 11. September	27. DLR-Parabelflugkampagne in Bordeaux (Frankreich)
1. September	Start Sojus 44S von Baikonur (ISS Expedition) mit ESA-Astronaut Andreas Mogensen (zehn Tage Aufenthalt)
2. September	Start Falcon 9 von Cape Canaveral (Florida/USA), 8. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-8)
10. September	Start der Galileo-Navigationssatelliten 9 und 10 mit Sojus von Kourou
20. September	Tag der Luft- und Raumfahrt beim DLR in Köln
21. September	Start Progress 61P von Baikonur (Versorgung ISS)
30. September	Start der Telekommunikationssatelliten ARSAT-2 und NBNC0-1a mit Ariane-5 von Kourou
2. – 12. Oktober	Studenten-Ballonkampagne BEXUS 20/21 in Esrange (Nordschweden) mit zwei Experimenten deutscher Teams
22. Oktober	Start der ESA-Mission LISA Pathfinder mit VEGA von Kourou
31. Oktober	Start des europäischen Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-3A (Copernicus-Programm) mit Rockot von Plesetsk (Russland)
November	Start Forschungsrakete MAIUS 1 (DLR) mit einem deutschen Experiment von Esrange
November	Start EDRS-A Telekommunikationsnutzlast auf Eutelsat-9B-Satellit mit Proton von Baikonur
19. November	Start Forschungsrakete TEXUS 53 (DLR) mit fünf deutschen Experimenten von Esrange
19. November	Start Progress 62P von Baikonur (Versorgung ISS)
9. Dezember	Start Falcon 9 von Cape Canaveral, 9. ISS-Versorgungsflug (SpaceX CRS-9)
12. Dezember	Start der Galileo-Navigationssatelliten 11 und 12 mit Sojus von Kourou
15. Dezember	Start Sojus 45S von Baikonur (ISS Expedition) mit ESA-Astronaut Timothy Peake (sechs Monate Aufenthalt)

Space Calendar

Date Event

2015	
June 14 – July 24	15 scientific flights of the Flying Observatory SOFIA in New Zealand; carrying the instruments FORCAST and GREAT
July 14	First near flyby of the NASA space probe New Horizons at Pluto in 10,000 kilometres distance
July 22	Launch of Soyuz 43S from Baikonur (Kazakhstan/ISS Expedition)
August 8	Launch of Falcon 9 from Vandenberg Air Force Base (California/USA); carrying the NASA Earth Observation satellite Jason-3
August 13	Space probe Rosetta reaches the perihel of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko
August 16	Launch of space carrier H-2B (HTV-5) from Tanegashima Space Center (Japan/ISS logistics)
August 18	Launch of Ariane 5 from Kourou (French-Guiana); carrying the telecommunication satellites Eutelsat 8WB and Intelsat-34
August 25 – 30	Moscow Air Show MAKS
August 31 – September 11	27 th DLR parabolic flight campaign in Bordeaux (France)
September 1	Launch of Soyuz 44S from Baikonur (ISS Expedition); carrying ESA astronaut Andreas Mogensen (ten-day sojourn in space)
September 2	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral (Florida/USA), 8 th ISS logistics flight (SpaceX CRS-8)
September 10	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the Galileo navigation satellites 9 and 10
September 20	German Space Day at DLR in Cologne
September 21	Launch of Progress 61P from Baikonur (ISS logistics)
September 30	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the telecommunication satellites ARSAT-2 and NBNC0-1a
October 2 – 12	Student balloon campaign BEXUS 20/21 in Esrange (North of Sweden); carrying experiments of two German teams
October 22	Launch of VEGA from Kourou; carrying the ESA mission's spacecraft LISA Pathfinder
October 31	Launch of Rockot from Plesetsk (Russia); carrying the European Earth Observation satellite Sentinel-3A (Copernicus programme)
November	Launch of the sounding rocket MAIUS 1 (DLR) from Esrange; carrying one German experiment
November	Launch of Proton from Baikonur; carrying Eutelsat-9B satellite with the EDRS-A telecommunication payload
November 19	Launch of the sounding rocket TEXUS 53 (DLR) from Esrange; carrying five German experiments
November 19	Launch of Progress 62P from Baikonur (ISS logistics)
December 9	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral, 9 th ISS logistics flight (SpaceX CRS-9)
December 12	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the Galileo navigation satellites 11 and 12
December 15	Launch of Soyuz 45S from Baikonur (ISS Expedition); carrying the ESA astronaut Timothy Peake (six-month sojourn in space)