



COUNTDOWN

newsletter

Aktuelles aus dem
DLR Raumfahrtmanagement

Topics from
DLR Space Administration

Ein neuer Kapitän

Alexander Gerst wird als erster Deutscher das
Kommando an Bord der ISS übernehmen

A new captain

Alexander Gerst will be the first German to
take over command of the ISS

1/2018 · Nr. 35





NASA-J. Blair

18

COUNTDOWN newsletter

„EIN TOLLER START“

Interview mit Dr.-Ing. Walther Pelzer, dem neuen DLR-Vorstand, zuständig für das Raumfahrtmanagement
'A GREAT START'
Interview with Dr-Ing Walther Pelzer, the new Member of the DLR Executive Board responsible for DLR Space Administration..... 6

EIN NEUER KAPITÄN

Alexander Gerst wird erster deutscher Kommandant an Bord der ISS
A NEW CAPTAIN
Alexander Gerst will be the first German ISS commander 18

HEISS UND STÜRMISCH

Satelliten liefern Daten zur Überwachung der Pariser Klimaziele
HOT AND STORMY
Satellites deliver data for monitoring the Paris climate goals 30

FEURIGES KALIFORNIEN

Sentinel-2-Satellit beobachtet Waldbrände nahe Los Angeles
BLAZING CALIFORNIA
Sentinel-2 satellite monitors forest fires next to Los Angeles 42

GRÖSSTES OBSERVATORIUM DER WELT

Vom LISA Pathfinder zum Gravitationswellen-Observatorium LISA
THE WORLD'S LARGEST OBSERVATORY
From LISA Pathfinder to the LISA gravitational-wave observatory.. 44

SPUREN IM SCHNEE

Nachwuchsprogramm REXUS/BEXUS feiert zehnjähriges Jubiläum
TRACES IN THE SNOW
REXUS/BEXUS programme marks its tenth anniversary 52

BUSINESS LAUNCH

Die Raumfahrtszene in Fakten und Bildern
BUSINESS LAUNCH
The space sector in facts and pictures 64

RAUMFAHRTKALENDER

Alle wichtigen Starts auf einen Blick
SPACE CALENDAR
All important launch dates at a glance 66



DLR

52



DLR

Dr.-Ing. Walther Pelzer, Vorstandsmitglied des DLR, zuständig für das Raumfahrtmanagement
Dr-Ing Walther Pelzer, Member of the DLR Executive Board, responsible for the German Space Administration

Liebe Leserin, lieber Leser,

wir freuen uns, Ihnen zur ILA 2018 die aktuelle Ausgabe der COUNTDOWN vorzulegen. Die ILA ist für Deutschland das Tor zur Luft- und Raumfahrt. Hier trifft sich die Branche, hier kommen Wissenschaftler, Industrielle, Politiker und Agenturvertreter aus aller Welt zusammen. Diese persönlichen Begegnungen sind so nötig und wertvoll, weil sie uns inspirieren, uns weiterbringen und gemeinsamen Nutzen schaffen. Ein herausragender Bestandteil der ILA ist unser Space Pavillon, den wir gemeinsam mit BDLI und ESA ausrichten. Hier erleben Sie die Leistungsfähigkeit unserer Branche in all ihrer Vielfalt. In diesem Jahr liegt der Schwerpunkt auf den aktuellen gesellschaftlichen Herausforderungen – und den Lösungsmöglichkeiten, die Raumfahrt dazu bietet. Dazu gehören insbesondere der Klimawandel und die Digitalisierung. Deshalb arbeiten wir zum Beispiel mit der französischen Raumfahrtagentur CNES am Satellitensystem MERLIN. Die CNES und MERLIN sind auch zu Gast am DLR-Stand auf der ILA. Beim Thema Digitalisierung denke ich besonders an den Ausbau der Breitbandversorgung, zu dem die Raumfahrt in dünn besiedelten Bereichen beitragen kann.

Nicht nur, aber auch für die Herausforderungen der globalen Klimapolitik ist die Raumfahrt eine kritische Infrastruktur, die wir schützen müssen. Das DLR arbeitet daran – mit nationalem Know-how und gemeinsam mit unseren internationalen Partnern. Diese Partnerschaften sind wichtig, denn globale Probleme wird man nicht national bewältigen können. Außerdem können wir gemeinsam mehr schaffen, indem wir unsere Ressourcen bündeln. So engagiert sich Deutschland von Anfang an in der ESA, von deren Leistungsfähigkeit wir überzeugt sind. Diese europäische Zusammenarbeit ist ein Erfolgsmodell. Wir beobachten die Entwicklungen weltweit und in Europa mit großer Aufmerksamkeit. Deutschlands Systemfähigkeit zeigt sich dabei nicht nur darin, in großen Dimensionen zu denken, sondern auch den Mittelstand im Blick zu haben. Er ist das Rückgrat der deutschen (Raumfahrt-)Wirtschaft. Häufig entstehen gerade hier die Innovationen und neuen Geschäftsideen. Nutzen Sie daher die Gelegenheit und suchen Sie den Kontakt zu unseren mittelständischen Unternehmen.

Lassen Sie sich nun von den verschiedenen Themen unserer aktuellen COUNTDOWN inspirieren.

Viel Vergnügen bei der Lektüre wünscht Ihnen
Ihr Walther Pelzer

Dear reader,

We are pleased to present you with the latest edition of COUNTDOWN in time for ILA 2018. ILA is Germany's gateway to aviation and space. It is the venue where the entire aerospace community meets; it is here that people get together from science, industry, politics, and the national agencies from all over the world. These personal encounters are necessary and valuable because they inspire us, help us make progress, and produce a common benefit. One prominent feature of ILA is the Space Pavilion which has been organised by DLR in cooperation with BDLI and ESA. It is a place where visitors can experience the capabilities of our sector in all its diversity. This year, the focus is on current societal challenges that are all around us – along with the solutions that spaceflight is able to offer. Two key areas of concern are climate change and digitalisation. In this context, for example, we are working closely together with the French space agency CNES on the MERLIN satellite system. CNES and MERLIN also figure at the DLR booth at ILA. With regard to digitalisation, the key theme that springs to mind is the extension of broadband coverage, to which space technology can make a substantial contribution especially for sparsely populated areas.

One of the reasons, and certainly not the only one, why our space infrastructure is a critical asset that needs to be protected lies in the challenges posed by global climate policy. DLR is working to keep it operable, using our national know-how and by collaborating with our international partners. Working together is crucial, because global problems cannot be solved nationally alone. We can achieve more if we pool our resources. This is why Germany has been actively engaged in ESA from the very beginning, because we believe in its strength. It is a successful model of European cooperation. We keep track of developments in Europe and worldwide with great attention. Germany's system capability is demonstrated not only in our ability to think in big dimensions but we also value our small and medium-sized business sector. It forms the backbone of the German (space) industry. Quite often, it is here where the best innovations and business ideas are born. Take advantage of this great opportunity and make contact with our SMEs.

So let yourself be inspired by the variety of subjects covered in this edition of COUNTDOWN.

Enjoy an interesting and instructive read!
Yours, Walther Pelzer

SPACE FACTS

+ + + Erste deutsche horizons-Experimente angekommen

Die ersten Experimente für die horizons-Mission mit dem deutschen ESA-Astronauten Alexander Gerst haben die Internationale Raumstation erreicht: Am 2. April 2018 ist um 22:30 Uhr Mitteleuropäischer Sommerzeit (16:30 Uhr Ortszeit) eine Falcon-9-Trägerrakete mit einer US-amerikanischen Dragon-Kapsel an Bord vom Weltraumbahnhof Cape Canaveral in Florida zur ISS gestartet. Die Kapsel enthielt neben Versorgungsgütern wie Lebensmitteln und Kleidung für die Astronauten auch Nutzlasten für die Forschung. Darunter befanden sich auch die Experimente Myotones, MetabolicSpace, SPACETEX-2 und ASIM sowie die Zeitkapsel des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR).

+ + + First German horizons experiments reached ISS

The first batch of experiments to be conducted by Germany's ESA astronaut Alexander Gerst under the horizons mission has arrived at the space station. A Falcon-9 launcher carrying an American Dragon capsule took off from the US spaceport in Cape Canaveral, Florida, and headed for the ISS at 22:30 hrs CEST (16:30 hrs local time) on April 2, 2018. Besides delivering regular supplies like food and clothing for the astronaut crew, the vehicle contained various payload items for research, such as the Myotones, MetabolicSpace, SPACETEX-2 and ASIM experiments as well as a time capsule sent up by the German Aerospace Center (DLR).

+ + + Herzlichen Glückwunsch, GSOC

Deutschland blickt auf eine reiche Tradition in der Erforschung und Nutzung des Weltraums zurück und hat die internationale Raumfahrt maßgeblich mitgestaltet. Eine Voraussetzung dafür wurde vor 50 Jahren geschaffen: das Deutsche Raumfahrtkontrollzentrum, kurz GSOC (German Space Operations Center). Am 1. März 1968 begann der Aufbau des GSOC am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen bei München. Die Bedeutung des Raumflugbetriebs zeigt sich auch im starken Engagement der Bundesregierung und der Landesregierung, die das GSOC seit 50 Jahren durch verschiedene Ministerien unterstützen. So wurde etwa der Ausbau des Raumfahrtkontrollzentrums 1990 mit 84,4 Millionen Deutsche Mark zu jeweils gleichen Teilen von der Bundesregierung und dem Freistaat Bayern gefördert und damit die DLR-Einrichtung „Raumflugbetrieb und Astronautentraining“ geschaffen.

+ + + Happy Birthday GSOC

Germany has a long track record in the exploration and utilisation of outer space, and has played one of the key parts in international astronautics. A piece of infrastructure that made this possible was created 50 years ago: the German Space Operations Center (GSOC). Construction of the GSOC on the DLR premises in Oberpfaffenhofen near Munich began on March 1, 1968. The importance of spaceflight operations is also demonstrated by the level of commitment shown by the federal government and the Bavarian state government who have supported GSOC over these last 50 years through various ministries. One example is the 1990 extension added to the Space Operations Center. The 84.4 million Deutschmark investment was funded in equal parts by the federal government and the Free State of Bavaria, and resulted in the building of the 'Space Operations and Astronaut Training' facility in its present form.



<http://s.dlr.de/1c17>



<http://s.dlr.de/wi00>

+ + + PAZ-Erdbeobachtungssatellit gestartet

Der spanische Erdbeobachtungssatellit PAZ startete am 22. Februar 2018 um 15.17 Uhr (MEZ) erfolgreich mit einer Falcon-9-Rakete von der Vandenberg Air Force Base in Kalifornien/USA. Die Besonderheit: PAZ wird auf demselben Orbit wie die deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X platziert. Das Bodensegment von PAZ baut zudem auf Technologien auf, die vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) für die beiden Zwillingssatelliten entwickelt wurden. Eine Konstellation aus drei Satelliten kann in Zukunft somit schneller verfügbare Aufnahmen ermöglichen. Der Satellit PAZ gehört dem spanischen Raumfahrtunternehmen Hisdesat und wurde von Airbus Defence and Space in Madrid (Spanien) gebaut.

+ + + PAZ Earth observation satellite has been launched

The Spanish Earth observation satellite PAZ took off successfully at 15:17 hrs (CET) on February 22, 2018 carried by a Falcon-9 launcher from the Vandenberg Airforce Base in California/USA.

What makes it special is that PAZ will be deployed in the same orbit as the German radar satellites TerraSAR-X and TanDEM-X. Better still, the ground segment of PAZ is based on technology that was developed by the German Aerospace Center (DLR) for its two twin satellites. With the constellation now consisting of three satellites, it will become possible to make images available much sooner. The PAZ satellite is owned by the Spanish space company Hisdesat and was built by Airbus Defence and Space in Madrid (Spain).



<http://s.dlr.de/nr3m>



<http://s.dlr.de/4doh>

+ + + Vulcain-Triebwerk erstmals getestet

Höhere Effizienz bei geringeren Kosten – das ist die Aufgabe des neuen Raketentriebwerks Vulcain 2.1, das im Jahr 2020 die neue europäische Trägerrakete Ariane 6 ins All befördern soll. Doch bevor solch ein Start erfolgreich durchgeführt werden kann, müssen zunächst Entwicklungstriebwerke unter Beweis stellen, dass es seiner enormen Schubkraft von 130 Tonnen, rund 3.000 Grad Celcius in seiner Brennkammer, hohen Drehzahlen seiner Turbopumpen und Drücken in seinen Treibstoffleitungen gewachsen ist. Am 22. Januar 2018 stellten die Ingenieure des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) das von der ArianeGroup entwickelte Triebwerk auf dem Prüfstand P 5 in Lampoldshausen erstmals erfolgreich auf die Probe.

+ + + First test of Vulcain engine successful

To achieve higher efficiency at lower costs – this is what engineers expect of the new Vulcain 2.1 engine, which is set to carry the new European launcher Ariane 6 into space in 2020. However, before such a launch can be successfully carried out, the newly developed engines must prove that they can cope with the enormous 130-ton thrust, temperatures of approximately 3000 degrees Celsius in the combustion chamber, the high rotational speeds of the turbo pumps and the pressure in the propellant lines. On January 22, 2018, engineers at the German Aerospace Center (DLR) carried out a first successful test of the engine, developed by ArianeGroup, on test stand P5 at Lampoldshausen.

+ + + ICARUS startklar

Aufatmen und Freude am Kosmodrom im kasachischen Baikonur, im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn und im Max-Planck-Institut für Ornithologie (MPIO) in Radolfzell am Bodensee: eine russische Soyuz 2-1A-Rakete ist am 13. Februar 2018 um 9:13 Uhr mitteleuropäischer Zeit (MEZ, 14:13 Uhr Ortszeit) mit der Antenne für das deutsch-russische Kooperationsprojekt ICARUS (International Cooperation for Animal Research Using Space) an Bord zur Internationalen Raumstation aufgebrochen. Wenn die Antenne und der On-board-Computer am russischen Swesda-Modul angebracht worden sind, tritt ICARUS nach mehreren Jahren intensiver Vorbereitung in seine operationelle Phase ein.

+ + + ICARUS is ready

Sighs of relief and joy at Russia's cosmodrome in Baikonur, Kazakhstan, at the German Aerospace Center (DLR) in Bonn and at the Max Planck Institute for Ornithology (MPIO) in Radolfzell at Lake Constance: at 09:13 hrs CET (14:13 hrs local time) on February 13, 2018, a Russian Soyuz 2-1A took off for the International Space Station, carrying on board the antenna for the Russian/German cooperation project ICARUS (International Cooperation for Animal Research Using Space). Once the antenna and the on-board computer have been attached to the Russian Zvezda module, ICARUS will, after several years of intense preparation, finally enter its operational phase.



<http://s.dlr.de/58h2>

„EIN TOLLER START“

Das DLR Raumfahrtmanagement hat einen neuen Vorstand

Dr.-Ing. Walther Pelzer im Gespräch mit Elisabeth Mittelbach und Martin Fleischmann von der COUNTDOWN-Redaktion

Er ist der neue Chef der deutschen Raumfahrtagentur. Die 33 Mitglieder des Senats – des Aufsichtsorgans des DLR – haben Walther Pelzer am 30. November 2017 in Berlin zum neuen Vorstandsmitglied für das Raumfahrtmanagement berufen. Der 50-Jährige folgt auf DLR-Vorstand Dr. Gerd Gruppe, der zum 31. Dezember 2017 in den Ruhestand gegangen ist. Zuvor war Walther Pelzer ständiger Vertreter der Abteilungsleitung „Forschung und Technologie“ des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung in Düsseldorf und zuletzt im Wirtschaftsministerium Nordrhein-Westfalen tätig. Er hat in Aachen Maschinenbau studiert, am Fraunhofer-Institut IPT in Aachen promoviert und einen berufsbegleitenden MBA in der Schweiz und den USA absolviert. Nach industriellen Tätigkeiten in Deutschland, den USA und Österreich wechselte er 2007 ins Innovations- und Wissenschaftsministerium NRW. Auf diesem Weg hat er viel Erfahrung aus der Wissenschaft, der Privatwirtschaft und der Politik mit nach Bonn gebracht. Hier entsteht im Auftrag der Bundesregierung das deutsche Raumfahrtprogramm. Das Raumfahrtmanagement führt es durch und integriert alle deutschen Aktivitäten auf nationaler und europäischer Ebene. Als Chef dieser Einrichtung ist Walther Pelzer nun dafür verantwortlich, die deutsche Raumfahrt zu festigen und sicher in eine Zukunft voller Herausforderungen zu führen. Wie er die Themen Digitalisierung, Klimawandel und NewSpace anpacken und die deutsche Raumfahrt im europäischen und internationalen Kontext aufstellen will, erfahren Sie im folgenden Interview, das am 16. März 2018 geführt wurde.

‘A GREAT START’

The DLR Space Administration has a new head

Dr-Ing Walther Pelzer in conversation with Elisabeth Mittelbach and Martin Fleischmann from COUNTDOWN editorial office

He is the new head of the German Space Administration. The 33 members of the Senate – DLR’s supervisory body – voted to appoint Walther Pelzer as the new DLR Board Member in charge of the DLR Space Administration in Berlin on November 30, 2017. Aged 50, the new man succeeds Dr Gerd Gruppe in office who retired on December 31, 2017. His former position was that of permanent representative of the department of Research and Technology at the Ministry for Innovation, Science and Research in Düsseldorf, followed recently by a position at the Ministry of Economic Affairs of North Rhine-Westphalia. He holds a degree in engineering from Aachen University and a doctorate from the Aachen-based Fraunhofer Institute IPT. While already employed, he took part in an MBA programme in Switzerland and the USA. After a series of engagements in industry in Germany, the USA and Austria, he took a post at the NRW State Ministry of Innovation and Science in 2007. He brings a large body of experience to Bonn in the fields of science, private-sector business and politics. Bonn is the place where Germany’s National Space Programme was drawn up on behalf of the federal government. The DLR Space Administration is responsible for its implementation, integrating all of Germany’s activities both at a national and a European level. As head of this institution, Walther Pelzer’s task is now to strengthen the German space sector and to steer the business safely into a challenging future. Please read the following interview that was held on March 16, 2018, to find out how he intends to tackle issues like digitalisation, climate change and NewSpace, and how he will position the German space sector in the European and international context.



Bringt viel Erfahrung aus der Wissenschaft, der Privatwirtschaft und aus der Politik mit nach Bonn ins DLR Raumfahrtmanagement – Vorstand und COUNTDOWN-Leser Dr.-Ing. Walther Pelzer im Gespräch mit Elisabeth Mittelbach und Martin Fleischmann

Brings to the table a wealth of experience in science, business and politics: the DLR Space Administration’s new director and a reader of COUNTDOWN, Dr-Ing Walther Pelzer in conversation with Elisabeth Mittelbach and Martin Fleischmann

Es ist 13.02 Uhr am 21. März 2018, als Kanzlerin Angela Merkel ihre vierte Antritts-Regierungserklärung im Bundestag beginnt. Auch die Raumfahrt ist Teil der künftigen Politik der neuen großen Koalition.

March 21, 2018, 1:02 p.m.: chancellor Angela Merkel delivers her policy statement to mark the beginning of her fourth term of office. Space also plays a part in the new grand coalition's policy.

Wie haben Sie die bisherige Zeit hier im Raumfahrtmanagement erlebt?

: Es war ein toller Start und bisher eine faszinierende Zeit. Die Leute sind klasse, sie helfen mir und sind sehr offen. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter unterstützen mich sehr und erkennen – so glaube ich –, dass ich mich wirklich für die Themen interessiere und stehen mir bei jeder Frage zur Seite. Ich habe noch keine Minute bereut, hier zu sein.

Wie bewerten Sie den Koalitionsvertrag und die entsprechende Regierungserklärung der Bundesregierung?

: Der Koalitionsvertrag ist ein Vertrag zwischen zwei Parteien. Wir sind gut beraten, uns diesen Koalitionsvertrag genau anzuschauen, denn er spiegelt sich später in der Regierungserklärung wieder. Was dort zur Raumfahrt angeführt wird, ist einerseits ein gutes Zeichen und andererseits auch sehr interessant. Um das etwas genauer zu spezifizieren – das Weltraumgesetz wurde jetzt ganz klar angekündigt, was für uns sehr positiv ist, da Deutschland derzeit noch einen Wettbewerbsnachteil gegenüber anderen Nationen hat, die diesbezüglich bereits Rechtssicherheit geschaffen haben. Speziell vor dem Hintergrund der aktuellen Diskussion um die im Mai zu erwartende „horizontale Verordnung“ der EU ist es sicherlich ein kräftiges und starkes Signal, das hier von der Bundesregierung ausgeht. Hinsichtlich des Nationalen Programms hätte ich mir gewünscht, dass da „werden“ statt „wollen“ steht. Denn das Nationale Programm ist für uns das Werkzeug, mit dem wir tatsächlich die Industrie, aber auch die Wissenschaft in die Lage versetzen können, wettbewerbsfähiger zu sein oder eben Spitzentechnologie hier in Deutschland sehr schnell und zielorientiert zu fördern. Da haben wir sicherlich noch Luft nach oben.

In der Debatte ist immer wieder das Schlagwort „Digitalisierung“ gefallen. Was kann die Raumfahrt hier leisten?

: Für die Digitalisierung kann die Raumfahrt definitiv sehr viel leisten. Leider wird die Raumfahrt in der deutschen Breitbandstrategie nicht genannt, in der Europäischen Breitbandstrategie ist sie dagegen ein fester Bestandteil. Wenn man sich anschaut, welche Möglichkeiten die Raumfahrt bietet, um gerade in dünn besiedelten Gebieten relativ schnell Breitbandempfang zu sehr geringen Kosten zu ermöglichen, heißt das für mich, dass es uns offenbar noch nicht gelungen ist, diese Möglichkeiten bei den entscheidenden Entscheidungsträgern nachhaltig transparent zu machen. Hier müssen wir nachliefern.

Stichwort Klimawandel – wie ist die Raumfahrt-Agentur hier aufgestellt, gerade auch im Hinblick auf die globalen Ziele der UN?

: Klimawandel und Raumfahrt sind zwei Dinge, die schon sehr gut zusammengehen. Hier hat Europa gezeigt, dass es zum Beispiel mit Copernicus – einem extrem leistungsfähigen System – in der Lage ist, ins All zu kommen und Daten zu liefern, die weltweit stark nachgefragt werden und eine sehr hohe Qualität haben. Und für die Kontrolle der Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens brauchen wir definitiv die Raumfahrt. Denn nur Satelliten sind in der Lage, über einen langen Zeitraum Klimaveränderungen zu dokumentieren. Mit ihrer Hilfe können wir nachvollziehen, ob dieses Abkommen eingehalten wird und wie die Entwicklung mit der Zeit sein wird. Jeder weiß, dass Ziele messbar sein müssen, um zu erkennen, ob die gesteckten Ziele auch erreicht wurden. Hier ist die Raumfahrt ein nicht wegzudenkender Faktor. Hier kann die Raumfahrt einen direkt sichtbaren Mehrwert für die Gesellschaft leisten. Das ist ein Weg, den wir weiter verfolgen müssen und ein Thema, das sicherlich nicht nur unsere Umweltministerin interessieren wird.

„Für die Kontrolle der Umsetzung des Pariser Klimaschutzabkommens brauchen wir definitiv die Raumfahrt. Denn nur Satelliten sind in der Lage, über einen langen Zeitraum Klimaveränderungen zu dokumentieren.“

Dr.-Ing. Walther Pelzer, DLR-Vorstand, zuständig für das Raumfahrtmanagement



Kay Nietfeld/dpa

What has your experience at the DLR Space Administration been like so far?

: It has been a great start and up to now a fascinating time. Indeed. The people are great, very helpful, everyone is very amenable. Staff members are really supportive, they realise – as far as I can see – that I am genuinely interested in their fields of work, and they assist me whenever I have a question. Not for a minute have I regretted being here.

What is your opinion about the coalition agreement and the federal government's recent policy statement?

: The coalition agreement is a contract between two political parties. We would be well-advised to read its content carefully, which has also been reflected in the policy statement. What it says about space is good news, and also very interesting. To be more specific – it has been firmly announced that our space activities will soon be governed by a body of national legislation. This is good for us, since Germany has been at a disadvantage so far compared to other nations, which have already introduced regulations that provide legal certainty in the matter. Especially in view of the EU's much-discussed 'horizontal regulation', which is to be expected in May, the statement made by the federal government certainly sends out a forceful and strong message. Personally, I would have preferred the message about the national programme to have said 'we will' instead of 'we intend to', because to us, the national programme is a tool whereby we can put our space industry but also our research community into a more competitive position, and provide speedy and targeted funding to high-tech development in Germany. Most certainly, there is still room for improvement.

During the debate, 'digitalisation' was a frequently used buzzword. What can the space sector contribute in this respect?

: The space sector can definitely do very much for digitalisation. Unfortunately, the word 'space' is not mentioned in the German government's national broadband strategy, while it is an integral part of the European broadband strategy. If you look at the potential space tech can offer in terms of setting up broadband connectivity relatively quickly and at moderate costs particularly in sparsely populated areas, this indicates to my mind that we obviously have not yet succeeded in making that point with the decision-makers. We will have to do better than that.

Let's turn to climate change – what is the Space Administration's position in this matter, particularly with regard to the global climate targets of the UN?

: Climate change and space technology are two things that go together very well. Europe has demonstrated that, with a programme like Copernicus – an extremely efficient system – it is

‘When it comes to monitoring the implementation of the Paris climate agreement, space tech is definitely required, since only satellites are capable of providing coherent datasets on climate change.’

Dr-Ing Walther Pelzer, Member of the DLR Executive Board, responsible for DLR Space Administration

Wie sieht es im Nationalen Raumfahrtprogramm aus?

: Mit den deutschen Missionen TerraSAR-X und TanDEM-X sind wir auch international sehr weit vorne dabei in der Radartechnologie. Aber auch im Bereich der Laserkommunikation, das heißt der sicheren Übertragung von Informationen über Laserstrahlen, haben wir eine technologische Spitzenstellung. Und die gilt es meiner Meinung nach mit dem Nationalen Programm zu festigen. Es geht dabei nicht nur um die tatsächliche Übertragung von Informationen, sondern auch um die Abhörsicherheit, die bei Laserstrahlen um ein Vielfaches höher ist als bei normalen Übertragungswegen und -techniken. Wenn Deutschland weiterhin Spitze sein will, wird dies nur mit ausreichenden Mitteln im Nationalen Programm möglich sein.

Wie schätzen Sie das Verhältnis ESA und EU ein?

: Mit dem Raumfahrt-Aufgaben-Übertragungsgesetz (RAÜG) sind wir das ausführende Organ der Bundesregierung im Bereich Raumfahrt und die jetzt gewählte Regierung hat sich im Koalitionsvertrag klar für eine eigenständige ESA ausgesprochen. Damit ist auch für uns die Richtung vorgegeben und wir glauben, dass dies auch der richtige Weg ist. Die ESA arbeitet hervorragend, sie hat Copernicus exzellent begleitet und wir sind der Meinung, dass auch Galileo entsprechend weiter fortgeführt werden sollte. Das heißt, dass die ESA eine tragende Rolle spielt. Es zeichnet sich ab, dass die EU sich selbst im gesamten Raumfahrtbereich viel mehr Verantwortung übertragen möchte. Sie ist da sicherlich eher auf den Anwendungsbereich fokussiert, das heißt, die ESA wird eher im wissenschaftlichen Bereich tätig sein. Wie sich das aber insgesamt auswirkt, können wir jetzt noch nicht sagen. Uns ist wichtig, dass es keine Investition in Doppelstrukturen gibt und die Souveränität der Mitgliedstaaten hinsichtlich der Schwerpunkte erhalten bleibt.

Die Sentinel-2-Satelliten im europäischen Copernicus-Programm zeigen die Abholzung in Santa Cruz (Bolivien, Mitte links im Bild) – einer der schnellstwachsenden Städte der Welt. Dieses für das Land wichtige kommerzielle Zentrum liegt am Pirai-Fluss und ist seit den 1980er-Jahren Zentrum einer rapide voranschreitenden Abholzung, die die Region stark verändert hat. Dichter Regenwald musste der Soja-Landwirtschaft weichen.

Images from Sentinel-2 satellites of the European Copernicus programme show deforestation areas in Santa Cruz (Bolivia, left centre) – one of the world's fastest growing cities. A commercial centre of great importance to the country, the city is located on the banks of the River Pirai and has been the hub of a rapidly advancing deforestation industry, which has changed the face of the region dramatically. Dense rainforest had to give way to soybean-growing farmland.



possible to go to space and deliver data of excellent quality, which are in demand worldwide. Moreover, when it comes to monitoring the implementation of the Paris climate agreement, space tech is definitely required, since only satellites are capable of providing coherent datasets on climate change. With the help of satellites, it can be verified if everyone is fulfilling their commitments and how things develop over time. As we all know, there must be measurable criteria if we are to ensure that the goals we have set ourselves are being reached. It is hard to imagine how monitoring could be done without space technology. The added value it creates for society is immediately recognisable. It is a path that we will have to pursue further. The matter is certainly of concern not only to the minister of the environment.

How about the National Space Programme?

: The two missions TerraSAR-X and TanDEM-X have put Germany in a leading position in radar technology, even on an international scale. We are also among the front runners in laser communication, meaning the safe transmission of information by means of laser beams. In my opinion, we should consolidate this position as part of our National Space Programme. We should be working not only on technology to actually transmit information but also on security against interception, where laser beams work many times more efficiently than normal communication paths and technologies. If Germany wants to hold on to its leading position, it will only do so if the National Space Programme makes adequate funding available.

What do you think of the relations between ESA and the EU?

: The law on space activities makes us the federal government's executive organ in the field of space flight, and in its coalition agreement, the newly elected government clearly endorses the independence of ESA. This shows us the direction in which we should be heading, and we believe that it is the right path. ESA is doing an outstanding job, it has provided excellent support for Copernicus, and we believe that Galileo should be continued in a similar way, meaning with ESA playing a key part. There are signs that the EU would like to take over much more responsibility across the entire space sector. It appears, though, that its focus will be more on the applications side of things, meaning that ESA will more likely be active in the field of science. We are unable to tell right now how this will eventually pan out. What is important to us is that there will be no investments in duplicate structures, and that member states will retain their sovereignty on key issues.

„Die jetzt gewählte Regierung hat sich im Koalitionsvertrag klar für eine eigenständige ESA ausgesprochen. Damit ist auch für uns die Richtung vorgegeben und wir glauben, dass dies auch der richtige Weg ist.“

Dr.-Ing. Walther Pelzer, DLR-Vorstand,
zuständig für das Raumfahrtmanagement

‘The newly elected government clearly endorses the independence of ESA. This shows us the direction in which we should be heading, and we believe that it is the right path.’

Dr-Ing Walther Pelzer, Member of the DLR Executive Board,
responsible for DLR Space Administration

Auf der ESA-Ministerratskonferenz 2016 hatten wir ein sehr starkes Engagement in Richtung Großinfrastruktur wie ISS und Ariane. Wie, denken Sie, sollte man sich da für 2019 aufstellen?

: Für die Ministerratskonferenz 2019 wird es einen Prozess geben, an dessen Ende eine klare Positionierung Deutschlands stehen wird. Dieser Prozess wird mit der neuen Regierung eingeleitet und wir binden sowohl Wissenschaft und Industrie als auch die Politik ein.

Hinsichtlich der Frage Investitionen in Infrastruktur bzw. Investitionen in Anwendungsfelder: Es wurden zusätzliche Investitionen in die ISS und in die Träger notwendig. Beides sind sehr teure Programme. Gleichzeitig kann das Geld natürlich nur einmal ausgegeben werden und somit haben die Anwendungsprogramme unter der Verschiebung gelitten.

Stichwort NewSpace – wie verhält es sich mit der Privatisierungswelle in Deutschland? Welche Prioritäten legen Sie auf den NewSpace- Bereich?

: Privatisierungswelle würde ja heißen, dass wir staatliche Unternehmen privatisieren. Das ist nicht der Fall.

Gemeint sind eher Start-ups.

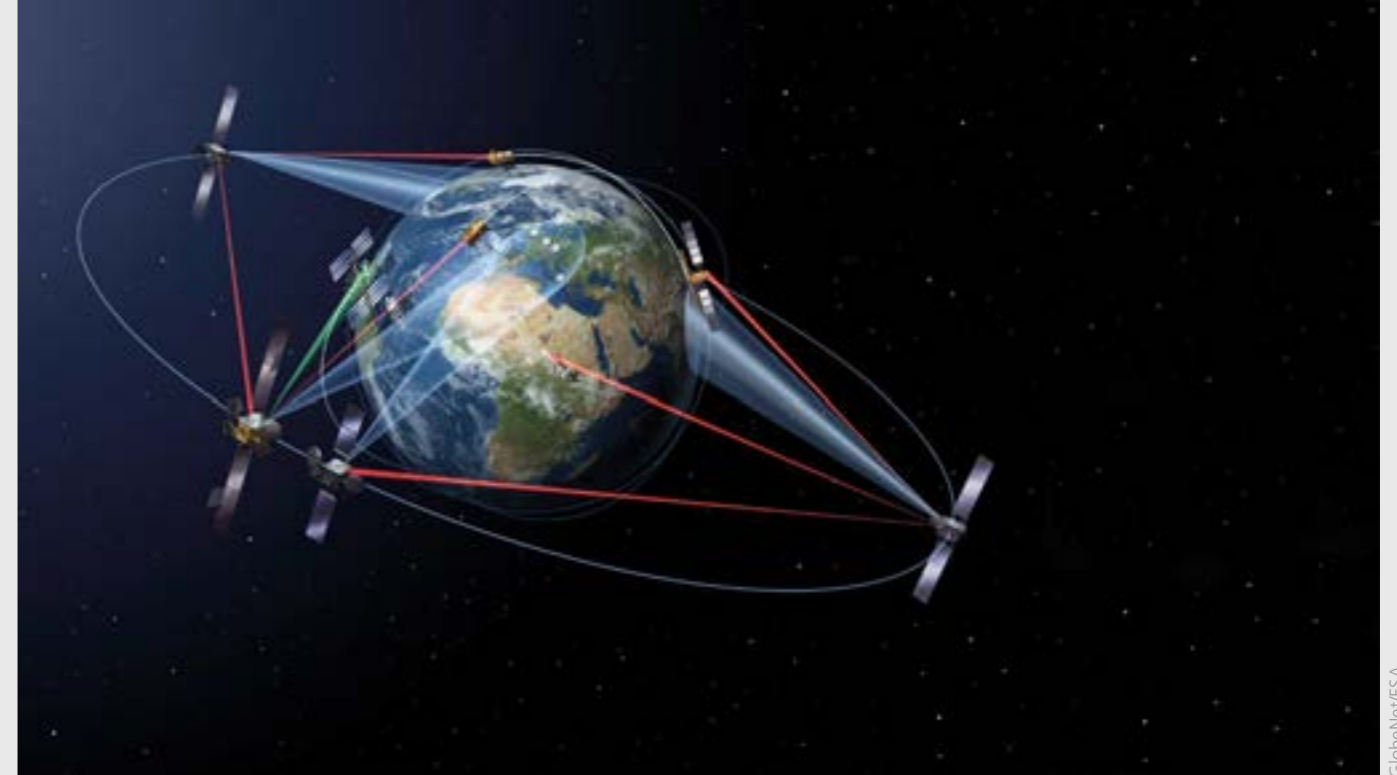
: Start-ups sind in der Tat der richtige Weg. Wir sind im sogenannten Downstream-Business sehr stark, also bei Daten, die über Satelliten und Raumfahrttechnologie zur Verfügung gestellt werden und Mehrwertdienste leisten. Ich denke da an Dinge wie den Regenradar und andere Wetter-Apps, aber auch an die Landwirte, die über spezifische Programme erkennen können, wie es mit dem Wachstum der Saat oder den Feuchtegraden aussieht. In diesem Bereich gibt es in der Tat immer mehr Dienste, die sich der Raumfahrt bedienen. Aber auch die Industrie öffnet sich, das heißt, wir haben in der Raumfahrt jetzt beides: „Spin-ins“ und „Spin-offs“. Das heißt, Entwicklungen aus der Raumfahrt gelangen in die Industrie. Das passiert öfter als man denkt. Gerade in den Materialwissenschaften kommen sehr viele Werkstoffentwicklungen aus der Raumfahrt. Aus meiner Sicht wird oft mit „NewSpace“ betitelt, dass Abläufe und Prozesse aus „erwachsenen Industrien“, also Industrien, für die es schon länger einen funktionierenden Markt gibt, in die Raumfahrt integriert werden. Das heißt, dass Rationalisierungspotenziale genutzt werden, die in anderen Bereichen und Branchen schon die eine oder andere Entwicklungsgeneration hinter sich gebracht haben. Dadurch wird Raumfahrt zukünftig preiswerter. Es ermöglicht auch, mehr unternehmerisches Risiko in die Industrie zu verlagern und entfaltet die Möglichkeit des unternehmerischen Handelns. Aus meiner Sicht eine extrem wichtige Sache, die wir unter anderem mit unserer Initiative INNOspace unterstützen.

Die Internationale Raumstation ISS ist das größte Technologieprojekt der Menschheit und ein Zeichen der Völkerverständigung. Auf ihr leben und arbeiten ständig sechs Astronauten unterschiedlicher Raumfahrtnationen – ein unverzichtbarer Außenposten der Weltraumforschung und Treiber von Innovationen.

The International Space Station ISS is the greatest technology project of humankind and a symbol of international understanding. Six astronauts coming from different space nations are permanently living and working on board. The station is a vital outpost for space exploration and a driver of innovation.



NASA



GlobeNet/ESA

At the 2016 conference of the ESA Ministerial Council, a very strong focus was put on large infrastructures like the ISS and Ariane. How should Germany position itself in 2019, what do you think?

: In the run-up to the 2019 Ministerial Council a process will be put in place at the end of which Germany will adopt a clear position. This process will be initiated by the new government and will involve input from science and industry as well as politics.

Regarding the question of investments in infrastructure versus applications, the necessity has arisen for additional investments to be made in the ISS and the launchers. Both these programmes are very costly. Obviously, you can spend a given sum of money only once, and so the re-appropriation of funding has meant a disadvantage for the application programmes.

Buzzword NewSpace – tell us about the wave of privatisations we are seeing in Germany? What are your priorities in the NewSpace sector?

: Wave of privatisation – that would imply we are privatising state-owned enterprises. This is not the case.

We were rather talking about start-ups.

: Start-ups are indeed a good thing. We are very strong in the so-called downstream business, that means receiving data from satellites and space technology and selling them on as an added-value service. The products I am referring to include rain radar apps and other weather services, but also specific programmes that tell farmers about crop growth and soil moisture. In this field, there is indeed a growing number of services that are based on space facilities. On the other hand, companies, too, are opening up, meaning that in the space sector we now have both, spin-ins and spin-offs. In other words: technologies developed for space are now making their way into other industries. This happens more often than you would think: especially in materials science, many newly developed materials originate from the space sector. As I see it, New Space is often understood to indicate that procedures and processes are integrated into the space sector from 'mature industries', indicating industries which have had a functioning market for a long time. We are using synergies from technologies that have passed through one or several development generations in other sectors, thus making spaceflight more economical. At the same time, it will permit us to pass on a greater share of the entrepreneurial risk to manufacturers while also opening up new opportunities for entrepreneurial action, an extremely important thing from my point of view, which we are supporting through our INNOspace initiative and in other ways.

Europas „Datenautobahn im All“: Das European Data Relay System (EDRS) besteht aus einem Netzwerk geostationärer Satelliten. Mit diesem System können große Datenmengen in Echtzeit zur Erde übermittelt werden. Ein Kernelement ist das Laser Communication Terminal (LCT) aus dem nationalen Raumfahrtprogramm. Dank dieses Systems können Daten über Lichtimpulse zwischen Satelliten und bald auch mit der Erde in Höchstgeschwindigkeit – 1,8 Gigabit pro Sekunde – ausgetauscht werden. Das sind 180 DVDs pro Stunde. Damit kann LCT zu einem wichtigen Baustein im Digitalzeitalter werden.

Europe's 'data highway in space': the European Data Relay System (EDRS) is a network of geostationary satellites. It can transmit large volumes of data to Earth in real time. One of its core elements is the Laser Communication Terminal (LCT) developed under the German National Space Programme. Thanks to this system it is possible to transmit light pulses between satellites and very soon also between places on Earth at maximum speed – 1.8 gigabit per second – which corresponds to the content of 180 DVDs per hour. This could make the LCT an important building block of the digital age.

Sie haben jetzt viel über Chancen gesagt, sehen Sie auch Risiken?

: Unternehmerisches Handeln inkludiert immer das Risiko des Scheiterns. In Deutschland hat das manchmal einen Makel an sich, das ist traurig. Denn jeder, der unternehmerisch tätig ist, kann auch scheitern. Aber ansonsten sehe ich für uns kein Risiko – solange wir ein klares Bild von den staatlichen Zielen haben, die wir nicht über den Markt abzudecken planen.

Das ist ja in Amerika auch nicht anders.

: Genau.

Sie haben ja selbst auch einige Jahre in den USA gelebt und gearbeitet. Ist Risikobereitschaft eine reine Mentalitätssache?

: Nein, das ist sogar auch eine rechtliche Frage. Wenn man in Deutschland Konkurs anmelden muss, ist man aus der Geschäftsleitung raus. Wenn man in den USA „Chapter 11“ anmeldet, hat man Gläubigerschutz. Das heißt, die Leitung des Unternehmens bleibt sozusagen „in place“, aber man hat Schutz vor den Gläubigern, um das Unternehmen zu restrukturieren. Das ist einer von vielen Unterschieden. Ich glaube aber, dass wir in Deutschland hervorragende Voraussetzungen und hervorragende Rahmenbedingungen für junge Unternehmer haben. Was für mich eher eine Mentalitäts- oder Kulturfrage ist: wenn Ingenieure oder generell Naturwissenschaftler, die sich selbstständig gemacht haben, gefragt werden: „Hast Du keinen Job bei BMW oder Siemens bekommen?“. Solange mutigen jungen Gründerinnen und Gründern eine solche Haltung entgegengebracht wird, ist das eine Hürde, für die es ein Förderprogramm braucht.

Könnten wir denn auch in Deutschland eine Art „Space Valley“ bekommen? Und was wäre die Rolle des DLR Raumfahrtmanagement dabei?

: Ich glaube, wir brauchen kein Space Valley, denn wir haben an unterschiedlichen Orten gute Einrichtungen, hervorragende Hot-Spots für die Raumfahrt. Deswegen brauchen wir gar nicht ein Valley. Wir haben bestimmte Schwerpunkte sowohl in Nord- als auch in Süddeutschland, an denen Raumfahrt schon eine gewichtige Rolle spielt. Wichtig ist, dass die Rahmenbedingungen stimmen. Die allgemeinen Rahmenbedingungen für Unternehmensgründer sind in den letzten Jahren verbessert worden, eindeutig. Sicherlich kann an der einen oder anderen Stelle noch optimiert werden hinsichtlich der Abläufe, hinsichtlich der Bürokratie. Auch die Frage der Finanzierung für die zweite und dritte Finanzierungsrunde. Da haben wir in der Regel Probleme, entsprechende Geldgeber zu finden. Das ist sicherlich noch etwas, wo der Kapitalmarkt in Deutschland, verglichen mit dem angelsächsischen Bereich, Nachholbedarf hat.

In meinen Augen ist wesentlich, dass wir anfangen, eine Sache zu erreichen: Wir versuchen immer, aus hervorragenden Wissenschaftlern, die eine tolle Idee haben, Unternehmer zu machen. Ich glaube, wir müssen Leute, die Unternehmer sind, aber keine Idee für ein Geschäft haben, mit den Kreativen zusammenbringen, die tolle Ideen haben, aber kein Unternehmen gründen wollen, weil sie Probleme lösen wollen. Diese Menschen müssen wir zusammenbringen, damit Leute, die Unternehmer sind, die Ideen umsetzen, die Wissenschaftler oder Wissenschaftlerinnen haben. Und dann haben wir schon ein kleines Team und Teams sind in der Regel sehr viel erfolgreicher, wenn es darum geht, Unternehmen zu gründen.

Die US-Regierung plant, die ISS nach 2024 weitestgehend komplett in private Hände zu geben. Nun ist das DLR ja im Rahmen der ESA Partner. Wie sehen Sie das?

: Aus meiner persönlichen Sicht sage ich das mal so: Ich glaube nicht, dass die Privatisierung der ISS im Jahr 2024 erreicht wird. Es wird meiner Meinung nach weiterhin so sein, dass eine institutionelle Finanzierung der ISS



NASA/ESA

Für Deutschland und Europa ins All: Nach seiner erfolgreichen Raumfahrtmission „Blue Dot – Shaping the Future“ startet Alexander Gerst am 6. Juni 2018 zu seiner neuen ISS-Mission „horizons – Wissen für Morgen“.

Into space for Germany and Europe: after his successful first space mission “Blue Dot – Shaping the Future”, Alexander Gerst will head for his new ISS mission, “horizons – Knowledge for Tomorrow” on June 6, 2018.

You have said much about opportunities; do you see any risks as well?

: Any entrepreneurial action always includes the risk of failure. In Germany, failure sometimes has a flawed connotation, which is sad. After all, anyone who is active in business may fail. But apart from that, I do not see any risks for us – provided we have a clear understanding about which part of our aims we want to achieve as a governmental institution and not through the private sector.

This is no different in America, after all.

: Exactly.

You yourself have lived and worked in the USA for some years. Is risk-taking purely a ‘mind thing’?

: No, it is even a legal problem. If you have to file for bankruptcy in Germany, you have to give up your position in management. Conversely, if you file for ‘Chapter 11’ in the USA, you are protected from creditors. This means that a company’s management remains in place and is protected against creditor claims while restructuring the company. That’s only one of many differences. I do believe, however, that Germany offers young start-up entrepreneurs excellent support and conditions. What is a much greater mentality or cultural issue is if people ask an engineer or scientist who has opted for self-employment: ‘Couldn’t you get a job with BMW or Siemens?’. As long as courageous young start-ups meet with such an attitude, this constitutes a hurdle, against which a funding programme is called for.

Could we get a kind of ‘space valley’ in Germany as well? And what part would the DLR Space Administration play in it?

: I believe we do not need a space valley, for we have good facilities and outstanding space technology hot-spots in various places. This is why we have no need for one valley. Both in the north and in the south of this country, there are key industrial centres where space already plays a pivotal part. What is important is to have the right business conditions in place. In general, conditions have clearly improved for start-ups in recent years. To be sure, there are places here and there where procedures and bureaucratic matters could do with further improvement, including the question of financing the second and third round of funding. At this point, companies often have problems finding sponsors. This is certainly an area where the German capital market needs to catch up with that of the Anglo-Saxon world.

As I see it, one thing needs to be understood: we keep trying to turn great scientists with great ideas into entrepreneurs. What we should do instead is to bring people who are entrepreneurs but have no business idea together with creative people who have great ideas but do not want to set up a company because they rather prefer to work on technical problems. We must bring those people together, so that those with an entrepreneurial mind can implement the ideas of others who are, by nature, scientists. If that happens, we have a team, and teams are generally much more successful when it comes to founding an enterprise.

The US government is planning to hand over the ISS to a very large extent to the private sector after 2024. DLR is an ISS partner within the framework of ESA. Any comments from you?

: Let me give you my personal view. I do not believe that privatising the ISS will be feasible by 2024. As far as I can see, it will still be necessary for the ISS to be funded on an institutional basis. At the same time, I hope that this funding will continue, for the ISS is a singular example of international collaboration across all borders and problems, to the benefit of mankind. As I see it, this is a value in itself.

„Der IAC zusammen mit der horizons-Mission von Alexander Gerst ist eine große Wertschätzung der deutschen Raumfahrt.“

Dr.-Ing. Walther Pelzer, DLR-Vorstand,
zuständig für das Raumfahrtmanagement

‘The IAC together with Alexander Gerst’s horizons mission is another sign of appreciation for the German space sector.’

Dr-Ing Walther Pelzer, Member of the DLR Executive Board,
responsible for DLR Space Administration

notwendig ist. Gleichzeitig hoffe ich, dass die Finanzierung erfolgreich sein wird, denn die ISS ist ein einzigartiges Beispiel für internationale Zusammenarbeit zum Wohle der Menschheit über alle Grenzen und Probleme hinweg. Und das ist aus meiner Sicht schon mal ein Wert an sich.

In den USA gibt es einen Begriff, das sogenannte „stretch goal“, das ist ein Ziel, das man nicht erreichen wird, das man sich aber dennoch setzt. Aus meiner Sicht ist die Privatisierung der ISS ein klassisches „stretch goal“. Das heißt, es werden alle Aktionen auf dieses Ziel ausgerichtet, um maximale Zielerreichung umzusetzen. Wir können uns jetzt darauf einstellen, dass in Amerika alle Ressourcen freigesetzt werden, um eben diese Privatisierung nach vorne zu treiben, auch wenn sie nicht vollends erreicht wird. Das heißt für uns, dass wir jetzt nicht zurückstecken dürfen, nach dem Motto „Das wird nicht klappen, also lassen wir es sein“. Auch wir müssen einen extrem starken Fokus darauf legen, welche Kommerzialisierungsmöglichkeiten es für die ISS gibt und diese konsequent verfolgen.

Wenn wir noch mal bei der Raumstation bleiben mit dem Gerst-Start und horizons. Was erwarten oder versprechen Sie sich von dieser Mission gerade auch im Hinblick auf deutsche Wissenschaft und Technologie?

: Der Start von Alexander Gerst im Juni zur ISS und der erstmalige Einsatz eines Deutschen als Kommandant der ISS ist eine riesige Auszeichnung für Alexander Gerst als Person und für die deutsche Raumfahrt an sich. Das ist eine ganz tolle Sache und wir sollten diese Chance nutzen, den Mehrwert, den Raumfahrt auch für die Gesellschaft leisten kann, publik zu machen. Einfach zeigen, dass Raumfahrt nicht mehr aus dem normalen Leben wegzudenken ist. Auch wenn wir sie nicht sehen, sie nicht spüren. Luft spüren wir auch nicht, aber ohne Luft ist es ziemlich schwierig, zu überleben.

horizons ist auch ein hervorragendes Beispiel, um junge Menschen für die MINT-Fächer zu begeistern, es gibt da in England und Kanada eindrucksvolle Untersuchungen, die zeigen, dass junge Menschen, überwiegend auch junge Mädchen, die mit den Astronauten oder Astronautinnen zusammengetroffen sind, sich stärker für MINT-Fächer begeistern. Das sollten wir nutzen. Es gibt bestimmt Ökonomen, die den gesamtwirtschaftlichen Nutzen qualifizieren können. Ich kann da nur mit dem gesunden Menschenverstand unterstützen.

In der ersten Oktoberwoche findet zudem in Bremen der weltweit größte Raumfahrtkongress statt, der IAC.

: Ja, der IAC zusammen mit der horizons-Mission von Alexander Gerst ist eine große Wertschätzung der deutschen Raumfahrt. Ein absolutes Highlight und eine einmalige Chance. Der Kongress bietet die Möglichkeit, der internationalen Öffentlichkeit zu zeigen, welche Leistungsfähigkeit wir in Deutschland haben. Wir brauchen, wie gesagt, kein Valley, wir haben eine große, diverse Raumfahrtlandschaft, die sehr leistungsstark ist, in allen Stufen der Wirtschaftskette. Ich bin sicher, dass der IAC ein großer Erfolg wird und hoffe, dass nicht nur Raumfahrer den Weg dorthin finden werden.

In the USA, there is a concept called stretch goal, an objective you will not reach but which you set yourself anyway. From my point of view, privatising the ISS is a typical stretch goal, meaning that every effort will be undertaken towards that goal so as to achieve it to the maximum extent possible. We should expect that all resources will be mobilised in America to advance privatisation, even if it can never be realised to the full. For us, however, this means that we should not give way to resignation, saying ‘This will never work, so let’s leave it altogether.’ We, too, need to focus very hard on whatever commercial opportunities the ISS has to offer, and follow them up resolutely.

Let us stay with the space station and the mission of Alexander Gerst and the horizons programme. What are your hopes and expectations in conjunction with this mission, particularly with regard to Germany’s science and technology?

: The fact that Alexander Gerst will take off for the ISS in June as the first German to serve as the station’s commander is an enormous distinction for Alexander Gerst as a person and for Germany’s space sector as such. It’s a great thing, and we should use this opportunity to tell people about the benefit of space for society. We should show that life today cannot be imagined without space activities, even though we neither see nor feel them. We do not feel the air either, without which it would be rather difficult to survive.

horizons is an outstanding opportunity to get young people interested in the STEM subjects. In Canada and England, impressive studies show that young people, young girls in particular, develop much more enthusiasm about the STEM subjects once they have met with an astronaut. We should make use of that. I feel sure that there are economists out there who can even quantify the macroeconomic benefit. To me, it is a matter of pure common sense to support the programme.

In the first week of October, the world’s biggest space congress, the IAC, will take place in Bremen.

: The IAC together with Alexander Gerst’s horizons mission is another sign of appreciation for the German space sector. An absolute highlight and a unique opportunity, a way to show to the international public what capabilities Germany has to offer. As I said before, we do not need a ‘space valley’; we have a large, diverse space landscape that is very strong along all parts of the value chain. I am sure that the IAC will be a great success, and I hope that not only people from the space community will find their way there.

Raumfahrthauptstadt 2018: In Bremen trifft sich im Oktober 2018 die Crème de la Crème der internationalen Raumfahrtgemeinde beim International Astronautical Congress 2018. Hauptthema: Nachhaltigkeit.

Space capital 2018: In October 2018, Bremen will host the crème de la crème of the international space community at the International Astronautical Congress 2018. This year’s central theme: sustainability.





EIN NEUER KAPITÄN

Alexander Gerst wird erster Deutscher Kommandant an Bord der ISS

Von Volker Schmid

Jedes Schiff braucht einen Kapitän, der seine Mannschaft zusammenhält, Krisen an Bord meistert und seine Seefahrer durch raue, stürmische See zum sicheren Hafen führt. Auch die Internationale Raumstation ISS braucht so einen erfahrenen Raumfahrer, der die Crew – unbeeindruckt vom rauen Weltraumwetter – zielstrebig durch ihre Mission und am Ende wieder sicher zurück auf die Erde bringt. Diese Aufgabe übernimmt Ende August 2018 zum ersten Mal überhaupt ein Deutscher. Alexander Gerst, Astronaut der Europäischen Raumfahrtagentur ESA, wird seine Mannschaft auf ihrer Reise durch den Weltraum führen und dabei zu neuen Horizonten in Wissenschaft und Gesellschaft aufbrechen. Während seiner 187 Tage dauernden Mission „horizons – Wissen für Morgen“ wird er zahlreiche Experimente zu den Themenfeldern „Gesundheit, Gesellschaft, Umwelt und Klimawandel“ sowie „Digitalisierung, Industrie 4.0, Energie und Mobilität von Morgen“ durchführen. Die Ergebnisse dieser Forschung schieben dann wiederum auf der Erde Innovationen an – und überall ist Deutschland mit dabei. Während seiner Mission arbeiten circa 1.000 Wissenschaftler, Ingenieure, Fach- und Sachbearbeiter sowie Programmmanager in der ganzen Bundesrepublik an den rund 50 deutschen Experimenten und für die Mission. Und auch in zahlreichen Schulen wird horizons ein Thema sein. Denn das DLR hat zu horizons ein umfangreiches Education-Programm entwickelt, das an vielen Orten Kinder und Jugendliche für Forschung und Technik begeistern soll.

A NEW CAPTAIN

Alexander Gerst will be the first German to take over command of the ISS

By Volker Schmid

Every ship needs a captain to keep the crew together, manage crises on board, and lead the sailors safely to port through a rough, stormy sea. The International Space Station (ISS) also needs an experienced spaceman to guide the crew resolutely through their mission and safely back to Earth in the end, unimpressed by the rough weather of space. Late in August 2018, this task will be shouldered for the first time ever by a German. Alexander Gerst, astronaut of the European Space Agency, will lead his crew on their journey through space, seeking new horizons in science and society. During his 187-day mission entitled 'horizons – Knowledge for Tomorrow', he will run numerous experiments under the heading of 'Health, Society, Environment, and Climate Change' and 'Digitalisation, Industry 4.0, Energy, and Mobility of Tomorrow'. The results of this research will, in turn, engender innovations on Earth, with Germany in on the act everywhere. During his mission, about 1000 scientists, engineers, experts, and specialists as well as programme managers all over the Federal Republic will be working on the approximately 50 German experiments and on the mission. Moreover, the mission will be discussed at numerous schools in Germany, for DLR has developed an extensive education programme on horizons which, it is hoped, will kindle enthusiasm for research and technology in children and adolescents in many places.

Übung macht den Kapitän: Bevor Alexander Gerst Commander werden kann, musste er neben dem „normalen Training“ – hier zum Beispiel das Üben eines Weltraumspaziergangs – besondere Trainingseinheiten absolvieren.

Practice makes a captain perfect: to prepare for his role as commander, Alexander Gerst had to undergo a series of special training units in addition to his "regular" training – like practising a spacewalk, as shown here.

„Neue Horizonte zu erreichen und auch zu überwinden, treibt uns an. Mit der ISS sind wir zum ersten Mal in der Lage, unser Raumschiff Erde zu verlassen.“

Alexander Gerst,
deutscher ESA-Astronaut

Eine besondere Ehre und eine große Verantwortung

Kaum war für Alexander Gerst etwas Ruhe eingekehrt, kündigte Bundeskanzlerin Angela Merkel im Mai 2016 im Beisein des deutschen ESA-Astronauten am European Astronaut Center (EAC) in Köln seine zweite Mission zur Internationalen Raumstation ISS an. Zu seiner „horizons – Wissen für Morgen“-Mission soll „Astro_Alex“ am 6. Juni 2018 als Teil der ISS-Expeditionen 56 und 57 mit einer Sojus-Rakete vom russischen Kosmodrom in Baikonur starten. Das Andocken soll am 8. Juni erfolgen. Gerst wird voraussichtlich 187 Tage auf der Raumstation leben und arbeiten. Während seiner Mission wird er als erster Deutscher und nach dem Belgier Frank de Winne als zweiter Europäer das Kommando über die ISS übernehmen – eine besondere Ehre und eine große Verantwortung. Ähnlich einem Schiffskapitän muss er den Zusammenhalt der Crew im Auge behalten und hilft, etwaige Konflikte zu lösen. Dabei muss er gegenseitiges Vertrauen schaffen und den Respekt innerhalb der internationalen und multikulturellen Besatzung wahren, denn nur mit einem intakten Mannschaftsgeist und einer guten internationalen Zusammenarbeit können Weltraummissionen erfolgreich sein. Diese Teambildung beginnt bei ISS-Missionen bereits am Boden. Denn eine Crew trainiert immer zusammen, bevor sie dann gemeinsam vom russischen Kosmodrom in Baikonur zur Raumstation aufbricht. Mit an Bord des Sojus-Fluges werden zum ersten Mal auch der Russe Sergei Prokopyev und die US-Amerikanerin Serena Maria Auñón-Chancellor sein. Beide waren zuvor noch nie auf der ISS. Als Kommandant führt Alexander Gerst seine Crew auch durch das Trainingscurriculum. Neben dem Erlernen der geplanten Experimente gehören hierzu auch die medizinische Betreuung, der ISS-Betrieb sowie diverse Notfallszenarien. So lernen sie zum Beispiel gemeinsam, wie man sich bei einem Brand, einem Sauerstoffabfall oder einem Leck in einem Stickstofftank verhalten würde. Die wichtigsten Entscheidungen würde dann Alexander Gerst als Kommandant treffen.

Im Sternenstädtchen bei Moskau lernen alle Astronauten und Kosmonauten das Kopplungsmanöver einer russischen Sojus-Kapsel mit der ISS

In Star City near Moscow all astronauts and cosmonauts learn to carry out the coupling manoeuvre between a Russian Soyuz capsule and the ISS



Volker Schmidt/DLR



Volker Schmidt/DLR

Bereit für die Mission: die Crew der Expedition 56/57 mit Serena Maria Auñón-Chancellor, Sergei Prokopyev und Alexander Gerst (v. l.) posiert in ihren Sokol-Raumanzügen bei einem Besuch des russischen Sternenstädtchens.

Ready for the mission: the crew of Expedition 56/57 with Serena Maria Auñón-Chancellor, Sergei Prokopyev and Alexander Gerst (from left to right) posing in their Sokol spacesuits during a visit to the Russian Star City.

A special honour and a great responsibility

Alexander Gerst's life had barely got back to a degree of normality when, in a speech held in May 2016 at the European Astronaut Centre (EAC) in Cologne in the presence of Germany's ESA astronaut, Federal Chancellor Angela Merkel announced his second ISS assignment. The mission will be entitled "horizons – Knowledge for Tomorrow" and will be part of ISS expeditions 56 and 57. "Astro_Alex" is scheduled to lift off on June 6, 2018, in a Soyuz launcher from Russia's Baikonur Cosmodrome. Docking is to take place on June 8. Alexander Gerst is expected to stay and work on the space station for 187 days. On his watch, he will be the first German and the second European to work as commander of the ISS, following only the Belgian Frank Winne, – a special honour and a great responsibility. Like the captain on a ship at sea, he will have to keep an eye on crew cohesion, and help settle any conflicts that might occur. Within the station's international and multi-cultural crew he must build and maintain mutual trust and respect, because international cooperation and a good team spirit are key prerequisites for the success of a space mission. Team-building starts on the ground. Members of an ISS crew always train together before they jointly head for the Russian spaceport Baikonur and the space station. First-time crew members will be Sergei Prokopyev from Russia and Serena Maria Auñón-Chancellor from the United States of America. Neither of them has been on the ISS before. Alexander Gerst as their commander guides the crew through the entire training curriculum. Besides learning how to conduct the various scientific experiments, the crew also attends training units in medical care, technical maintenance of the ISS as well as various emergency scenarios. For example, crew members learn what to do in case of a fire, loss of oxygen, or a leak in one of the nitrogen tanks. All major decisions in such a case would be taken by Alexander Gerst as commander.

‘We are driven to reach and even go beyond new horizons. The ISS gives us the opportunity to leave our Mothership Earth.’

Alexander Gerst,
German ESA astronaut

Der Sicherheit verpflichtet

Diese Aufgabe übernimmt der deutsche ESA-Astronaut Ende August 2018 im zweiten Teil seiner Mission – dem sogenannten Inkrement 57 – während einer speziellen Hand-over-Zeremonie von seinem Vorgänger, dem US-Amerikaner Andrew Jay Feustel. Ab diesem Moment ist Alexander Gerst hauptsächlich dem Wohlergehen und der Sicherheit der Crew sowie der Raumstation verpflichtet. Im Notfall entscheidet er über Rettungsmaßnahmen bis hin zum Missionsabbruch und einer vorzeitigen Rückkehr zur Erde. Darüber hinaus ist er für das Gelingen der Mission verantwortlich: Er leitet das tägliche Briefing und De-Briefing an Bord und arbeitet intensiv mit dem Flugdirektor und seinem Team am Boden zusammen, um die Planungen der Bodenkontrolle in eine erfolgreiche Gesamtmision umzusetzen. Von ihnen wird Alexander Gerst bei allen seinen Entscheidungen nach besten Kräften unterstützt. Um diesen verantwortungsvollen Job erfolgreich zu meistern, hat er im Johnson Space Center im texanischen Houston eine Ausbildung durchlaufen und zudem im Yuri Gagarin Training Centre im Sternenstädtchen bei Moskau trainiert. Gerst selbst wird vor seiner Rückkehr zur Erde – voraussichtlich Ende Dezember 2018 – die Kommandantenfunktion an den Kosmonauten Alexei Nikolajewitsch Owtschinin übertragen. Der Russe soll im September 2018 gemeinsam mit seinem Landsmann Nikolai Tikhonov und dem Amerikaner Tyler Nicklaus Hague zur ISS starten. Für den Commander aus Deutschland ist die Arbeit dann aber immer noch nicht zu Ende: Er muss nach dem Flug sicherstellen, dass die ISS-Crew diverse „Postflight“-Aktionen – wie zum Beispiel wichtige medizinische Nachuntersuchungen – abschließt.

Die Expedition 56/57-Crew-Mitglieder Alexander Gerst und Serena Maria Auñón-Chancellor absolvierten ein Notfalltraining am NASA-Standort im texanischen Houston.

Crew members of the 56/57 mission Alexander Gerst and Serena Maria Auñón-Chancellor attending an emergency response training unit at NASA's site in Houston, Texas.



NASA-J. Valcarcel



DLR

Verliert nie den Kontakt zum Boden: Alexander Gerst steht während seiner Mission permanent mit dem Columbus-Kontrollzentrum im Deutschen Raumfahrtkontrollzentrum des DLR in Oberpfaffenhofen in Verbindung

Keeping the crew safe

Germany's ESA astronaut is to take over as commander in the second part of his assignment starting at the end of August 2018 - under what is called Increment 57 – picking up the baton from his predecessor, US astronaut Andrew Jay Feustel in an official handover ceremony. From that moment on, Alexander Gerst's main duty is to look after the well-being and safety of the crew and the protection of the space station itself. In the event of an emergency, he has full authority with regard to response measures, to the point of aborting a mission and an early return to Earth. He is also responsible for an effective implementation of the mission. He chairs the daily briefing and de-briefing sessions and works closely in synch with the Flight Director and his ground staff, and helps turn a mission plan into an overall mission success. Ground control will offer Alexander Gerst the best possible support in all his decisions. To prepare himself for this high level of responsibility, he took part in a training programme at the Johnson Space Center in Houston, Texas, as well as attending a course at the Yuri Gagarin Training Centre in 'Star City' near Moscow. Before returning to Earth, Alexander Gerst will hand over his mandate as commander to the Russian cosmonaut Alexey Nikolaevich Ovchinin, who will fly to the ISS in December 2018 along with his fellow countryman Nikolay Tikhonov and the American Tyler Nicklaus Hague. For the commander from Germany, this will not yet be the end of his mission. After returning to Earth, he has to ensure that all returning ISS crew members take part in the post-expedition de-briefing process, which includes various important medical examinations.

Never losing ground contact: during his mission, Alexander Gerst will be permanently in touch with the Columbus Control Centre at DLR's German Space Operations Centre based in Oberpfaffenhofen



Volker Schmidt/DLR

In der Sonny Carter Training Facility – nahe dem Johnson Space Center im texanischen Houston – steht ein riesiger Swimmingpool, das sogenannte Neutral Buoyancy Laboratory. Hier kann der gesamte westliche Teil der ISS „versenkt“ werden, um im „schwebenden“ Zustand unter Wasser Weltraumpaziergänge und Reparaturarbeiten zu üben.

The Sonny Carter Training Facility – situated near the Johnson Space Center in Houston, Texas – has a gigantic swimming pool called the Neutral Buoyancy Laboratory. The entire western portion of the ISS can be 'submerged' in it so that astronauts can practise spacewalks and repair jobs while 'floating' at the outside of the station.

Kommandant, Forscher, Handwerker, „Hafenmeister“ und Lehrer

Doch während seiner Mission ist Alexander Gerst nicht nur Kommandant – er ist auch Forscher, Handwerker, „Hafenmeister“ und Lehrer. Schon vor seinem Aufbruch zur Raumstation wurden seine Aufgaben festgelegt und die entsprechenden Handgriffe trainiert. So lernte er zum Beispiel, was bei allen Experimenten zu tun ist, wie man Wasserkreisläufe und Ventile prüft und bei Bedarf wechselt und wie man Versorgungsraumschiffe andockt. Außerdem hat er sich darauf vorbereitet, Kinder und Jugendliche für die Raumfahrt zu begeistern. Zur Missionsvorbereitung zählen vor allem umfangreiche Trainings in den Einrichtungen der verschiedenen Raumstationspartner rund um den Globus – so zum Beispiel in den USA, Kanada, Russland, Japan und Deutschland. Dazu kommen die Trainingseinheiten für die Experimente der ISS-Partner. Für die JAXA läuft dies im japanischen Tsukuba Space Center in der Nähe von Tokio. Dort wird auch der Umgang mit den Systemen des japanischen Kibo-Moduls geübt. Für das Training möglicher Außenbordeinsätze (Extra-Vehicular Activities – kurz EVA) geht es ins Wasser. Im Tauchbecken – dem sogenannten Neutral Buoyancy Lab (NBL) – der NASA in Houston wurden alle Module der westlichen Partner nachgebildet und im Wasser „versenkt“, um für die härteste und gleichzeitig schönste Arbeit aller Astronauten zu trainieren. Alles, was an möglichen Außenbordaktivitäten des westlichen ISS-Segments anfällt, lässt sich dort trainieren. Die europäischen Experimente werden im European Astronaut Centre (EAC) in Köln trainiert. Dies ist auch die Heimatbasis von Alexander Gerst und den anderen europäischen Astronauten.

Während der horizons-Mission wird der japanische Raumtransporter HTV-7 voraussichtlich im August die ISS besuchen. Das Raumfahrzeug muss mit einem Roboterarm andockt werden. Alexander Gerst hat das Kopplungsmanöver in der Systems Engineering Simulation (SES) am Johnson Space Center der NASA im texanischen Houston schon einmal geübt.

Japan's HTV-7 space transport vehicle will visit the ISS during the horizons mission sometime in August. The docking will be performed by means of a robotic arm. Alexander Gerst took part in a systems engineering simulation (SES) manoeuvre at the Johnson Space Center to become familiarised with the docking procedure.



Volker Schmid/DLR



NASA-J. Valcarcel

Rauch und Ammoniak können in geschlossenen Räumen tödlich sein. In der Isolation der ISS muss ein solcher Notfall akribisch trainiert und seine Ursachen bekämpft werden. Gasmasken können hier Leben retten.

Smoke and ammonia can be lethal if released in enclosed spaces. In the isolated conditions prevailing on the ISS it is necessary to meticulously learn the correct response measures, and to prevent such a contingency from occurring in the first place. Gas masks can save lives.

Commander, researcher, handyman, 'port-master' and teacher, combined in a single astronaut

Yet, on his mission Alexander Gerst will not merely act as commander but also as a researcher, maintenance man, 'port-master' and teacher. His work schedule has been outlined in advance of the mission, and he has practised every last job to perfection. He has memorised the procedures of all the experiments, how to check hydraulic circuits and valves, changing them as necessary, and how to operate docking manoeuvres of re-supply vehicles. At the same time, he is preparing for his role as 'champion for space' to inspire children and young people. Importantly, mission preparation also includes a series of training units in the facilities of all ISS partner organisations around the globe, such as in the USA, Canada, Russia, Japan and Germany. Those training units cover the experiments contributed by all ISS partners. In the case of JAXA, these units are held in the Tsukuba Space Center near Tokyo, and focus, amongst other things, on the operation of the systems in the Japanese Kibo module. To practise extra-vehicular activities (or EVA, for short), astronauts get to take a dive in the pool. In NASA's Houston-based facility called Neutral Buoyancy Lab (NBL), replicas of all modules of the western partners are submerged in water so that trainee astronauts can practise what is both the toughest and the most exciting part of their work. Any conceivable job around the outside of the western segment of the station can be practised there. Introductions to the European experiments take place at the European Astronaut Centre in Cologne. This is the home base of Alexander Gerst and his European astronaut colleagues.

Autor: **Volker Schmid** ist Missionsmanager für die horizons-Mission von Alexander Gerst beim DLR Raumfahrtmanagement und begleitet dort die Mission intensiv.

Author: **Volker Schmid** is Alexander Gerst's horizons mission manager at the DLR Space Administration and attends to the mission on a daily basis.





Timm Bourry/DLR

Das Wanderverhalten der Tiere kann uns viel über Umwelt- und Klimaveränderungen verraten. Winzige, an Kleintieren wie Vögeln angebrachte Sender funken im Projekt ICARUS Daten zur ISS und lassen uns deren Flugrouten erstmals weltweit nachverfolgen.

The migratory behaviour of animals can tell us a great deal about environmental and climate changes. Tiny transmitters attached to small animals such as birds send data to the ISS in the ICARUS project, allowing us to track their routes globally for the first time.

horizons – Lösungen für die Herausforderungen der Zukunft finden

Wenn Alexander Gerst am 6. Juni 2018 zu seiner Mission „horizons – Wissen für Morgen“ zur Internationalen Raumstation ISS aufbricht, wird er zum zweiten Mal im größten internationalen Technologieprojekt aller Zeiten arbeiten. In diesem wissenschaftlichen Labor entwickeln die großen Raumfahrtnationen gemeinsam Lösungen für die globalen Herausforderungen „Gesundheit, Gesellschaft, Umwelt und Klimawandel“ sowie „Digitalisierung, Industrie 4.0, Energie und Mobilität von Morgen“. 65 europäische Experimente, darunter rund 50 deutsche, zählen zum wissenschaftlichen Portfolio der horizons-Mission. Die Ergebnisse helfen dabei, Lösungen für die großen gesellschaftlichen Herausforderungen voranzutreiben. Die ISS bietet für einfache wie komplexe Experimente alle notwendigen Ressourcen, einen relativ einfachen Zugang und zeitnahe Auswertung von Ergebnissen. Für neue Industriezweige und Technologien wie zum Beispiel im Bereich der Laserkommunikation, Robotik und Sensorik ist die ISS ein Innovationsmotor. Trotz zunehmender Automatisierung der Experimentalanlagen sind die menschlichen Fähigkeiten im All gegenwärtig nicht ersetzbar.

Deutschland – ein wichtiger Partner im Herzen der europäischen Raumfahrt

Deutschland ist unter den europäischen Mitgliedsstaaten der wichtigste Partner für die anderen an der ISS beteiligten Raumfahrtnationen USA, Russland, Japan und Kanada. Alle deutschen Beiträge zur Raumstation werden vom Raumfahrtmanagement im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Bonn im Auftrag der Bundesregierung und in Abstimmung mit den internationalen ISS-Partnern koordiniert und gesteuert. Neben der Wissenschaft bietet die Raumstation auch Chancen für Kommerzialisierung. Hier wirkt sich die deutsche ISS-Beteiligung direkt auf die Wirtschaft der Bundesrepublik aus. Eine Kosten-Nutzen-Analyse des Wirtschaftsprüfungsunternehmens Price Waterhouse Coopers belegt: Jeder investierte Euro hat eine Rendite von einem Euro. Daher bleibt für die Exportnation Deutschland als Hochtechnologie- und Wissenschaftsstandort die Forschung auf der ISS eine Investition in die Zukunft und gleichzeitig eine Inspiration für den Nachwuchs in Wissenschaft und Industrie. Die horizons-Mission von Alexander Gerst als deutschem Astronauten im Auftrag der europäischen Weltraumagentur ESA stärkt den Wissenschafts- und Innovationsstandort Deutschland und macht die Bundesrepublik zu einem der intensivsten Nutzer und Profiteure der wissenschaftlichen Anlagen an Bord der Internationalen Raumstation.

Myotones, ein neues mobiles und nicht-invasives Gerät, überwacht erstmals die grundlegenden biomechanischen Eigenschaften der Skelettmuskulatur, um Veränderungen durch fehlende Schwerkraft zu untersuchen. Die gewonnenen Erkenntnisse sollen auf der Erde zum Beispiel zu verbesserten Rehabilitations- und Trainingsprogrammen gegen Muskel- und Knochenschwund führen.

Myotones, a new mobile and non-invasive device, will for the first time monitor the fundamental biomechanical properties of the skeletal muscles in order to examine changes due to the lack of gravity. On Earth, the knowledge obtained will lead, for example, to improved rehabilitation and training programmes as countermeasures to muscle and bone atrophy.



DLR

horizons - finding solutions for future challenges

When on June 6, 2018, Alexander Gerst starts out on his ISS mission, "horizons – Knowledge for Tomorrow", it will be his second tour of duty in the greatest international technology project of all time. The science lab hosts researchers from all major space nations who collaborate on solutions for global challenges in the fields of 'Health, Society, Environment and Climate' as well as 'Digitalisation, Industry 4.0, Energy and Mobility of Tomorrow'. 65 European experiments, of which around 50 are German ones, make up the scientific portfolio of the horizons mission. It is hoped that the results will help scientists forge ahead with their efforts to resolve the major challenges of humankind. For experiments both simple and complex, the ISS offers all the necessary resources, relatively easy access and an early evaluation of results. The ISS acts as an innovation engine for new technologies, such as laser communication, robotics and sensor technology. In orbit, despite the fact that the experiment kits are increasingly automated, human skills, for now, are still irreplaceable.

Germany – an important partner at the hub of European space activities

Of all European member states, Germany stands out as the most important partner to all the other space nations that participate in the ISS, that means the USA, Russia, Japan and Canada. In close alignment with international ISS partners, every German contribution to the space station is coordinated and implemented on behalf of the German federal government by the German Space Administration at the German Aerospace Center (DLR) in Bonn. Besides providing lab slots for scientific research, the station also offers opportunities for commercial applications. In this context, Germany's activities on the ISS have a direct impact on our economy. According to a cost-benefit analysis published by the consultancy firm Price Waterhouse Coopers, every euro invested generates a return of another euro. For Germany as an export-driven nation and home base of advanced technology and scientific research, ISS-based activities mean an investment into the future, while at the same time providing inspiration for the young generation in science and industry. The mission of Alexander Gerst as a German astronaut in the service of the European Space Agency ESA strengthens Germany's position as a centre of science and innovation, and makes the Federal Republic one of the busiest users and beneficiaries of the lab facilities on board the ISS.

In dieser Fotomontage schwebt CIMON als siebtes ISS-Crewmitglied im Nachbau des Columbus-Moduls im Europäischen Astronautenzentrum der ESA in Köln. CIMON kann fliegen und ist mit Künstlicher Intelligenz (KI) ausgestattet – ein weltweit einzigartiger Technologiedemonstrator.

In this photomontage, CIMON floats as the seventh ISS crew member in the Columbus module at the European Astronaut Centre in Cologne. CIMON is able to 'fly' and is equipped with Artificial Intelligence (AI) – a globally unique technology demonstration.



DLR/T. Bourry/ESA

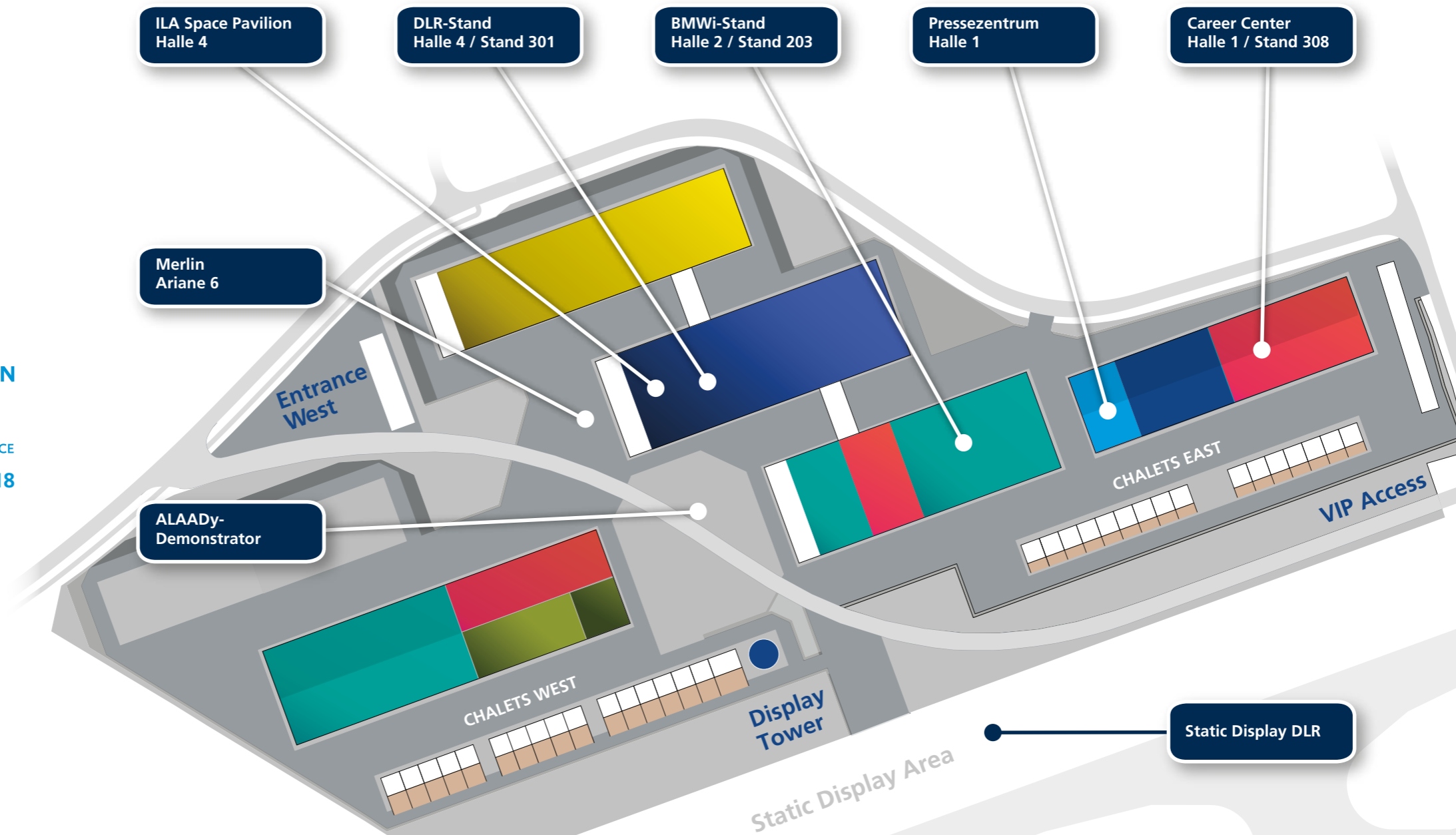
Das DLR auf der ILA 2018 in Berlin

Es ist wieder einmal so weit: Vom 25. bis 29. April 2018 ist Berlin der Mittelpunkt der Luft- und Raumfahrtwelt – und das DLR ist mittendrin. Am Anfang der Halle 4 warten im Space Pavilion – einer Gemeinschaftsausstellung des DLR, der europäischen Weltraumorganisation ESA, des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie des Bundesverbandes der Luft- und Raumfahrtindustrie (BDLI) – mehr als 60 Exponate, davon 10 interaktiv, 50 Videos und Filme, mehr als 100 Bilder und Grafiken sowie eine Reihe von Live-Demonstrationen auf die Besucher. Dabei greift die Ausstellung zahlreiche Raumfahrt-Highlights aus dem Jahr 2018 auf: die horizons-Mission von Alexander Gerst, zehn Jahre Columbus-Labor auf der ISS, die europäischen Weltraumprogramme Copernicus (Erdbeobachtung) und Galileo (Satellitennavigation) und vieles mehr. Hat man den Space Pavillion durchlaufen, warten ebenfalls in Halle 4 am Stand 301 viele aktuelle Forschungsprojekte des DLR aus Luft- und Raumfahrt, Verkehr, Energie, Sicherheit und Digitalisierung auf die Besucher. Neben der Halle 4 lohnt ein Blick in die Nachbarhalle 2. Hier ist das DLR am BMWi-Stand (203) unter anderem zum Thema Innovation und Neue Märkte vertreten. Möchte man das hoffentlich schöne Wetter genießen, empfiehlt sich ein Spaziergang zum Static Display. Hier stellt das DLR wieder seine Forschungsflyer aus.

DLR at ILA in Berlin

ILA is here again. From April 25 until 29, 2018, Berlin will once again be the capital of the aerospace world, with DLR right in the middle of it. Immediately near the entrance of Hall 4, at the Space Pavilion, which is an exhibition space shared between DLR, the European Space Agency ESA, The Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi) and the Federal Association of the German Aerospace Industry (BDLI), more than 60 exhibits are presented, ten of which are interactive, 50 videos and films, more than 100 images and diagrams as well as a number of live demonstrations. The exhibition will also mark a series of 2018 space highlights: Alexander Gerst's horizons mission, the tenth anniversary of the Columbus laboratory on the ISS, the European space programmes Copernicus (Earth observation) and Galileo (satellite navigation) and many more. Having passed through the Space Pavilion, visitors can take a look at some of DLR's current research projects in the fields of aerospace, transport, energy, security and digitalisation, all on display at Booth 301, also in Hall 4. Next door to Hall 4, it is worth while taking a look at Hall 2. Here, DLR is represented at the booth of BMWi (203), exhibiting items e.g. from the area of innovation and new markets. Those who wish to enjoy the outdoor area in (hopefully) lovely weather should take a walk to the Static Display area, where, as usual, DLR will show their research aircraft.

ILA BERLIN
INNOVATION AND
LEADERSHIP IN AEROSPACE
25 - 29. April 2018



HEISS UND STÜRMISCH

Erdbeobachtungssatelliten liefern Daten zur Überwachung der Pariser Klimaziele

Von Dr. Helmut Staudenrausch und Martin Fleischmann

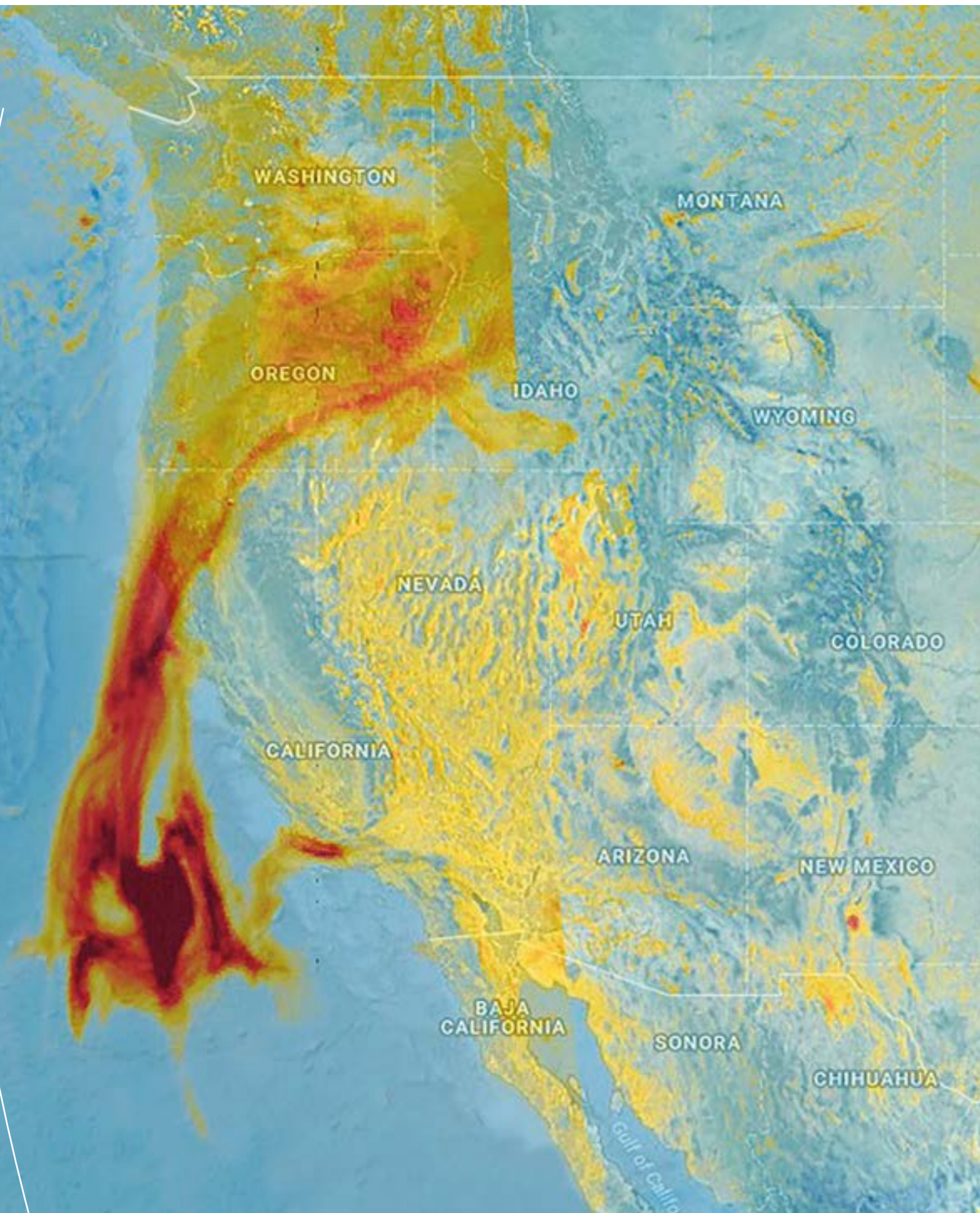
Hitzewellen, Dürreperioden, plötzliche Kälteeinbrüche und Riesenstürme – das Jahr 2017 war von Extremwetterereignissen geprägt und zugleich eines der wärmsten seit Beginn der Messungen. Doch im April war es nach einer kurzen Wärmeperiode plötzlich wieder eiskalt in Europa und verhagelte den Obst- und Gemüsebauern die Ernte mit Ausfällen bis zu 70 Prozent. In Italien herrschte im August durch eine Dürre in der Metropole Rom Notstand durch Wasserknappheit. Wenig später tobten in Griechenland und in Portugal starke Waldbrände – Kalifornien erlebte im Dezember sogar die extremsten in der Geschichte des Bundesstaates. Hinzu kamen extreme Stürme: Im August und September haben die drei Hurrikans Harvey, Irma und Maria zu extremen Niederschlagsmengen geführt und in Texas, West Florida und der Karibik zusammen Schäden in Höhe von 93 Milliarden US-Dollar angerichtet. Laut Schätzungen des Rückversicherers Swiss Re kletterte allein in den USA die Schadenssumme von 188 Milliarden US-Dollar im Jahr 2016 auf 306 Milliarden US-Dollar im Jahr 2017 und liegt damit weit über dem Durchschnitt der letzten zehn Jahre (190 Milliarden US-Dollar). Auch in Deutschland sorgten die Sturmtiefs Xavier und Herwart für große Zerstörungen. Steigen die Treibhausgasemissionen wie bisher weiter an und schreitet damit der Klimawandel unverändert fort, erwarten wir in Deutschland bis Ende des Jahrhunderts deutlich mehr Hitzetage mit Temperaturen über 30 Grad Celsius und eine Zunahme von Tropennächten mit Nachttemperaturen von mehr als 20 Grad Celsius. Auch die Extremereignisse des vergangenen Jahres könnten dann der Normalfall werden. Um die Erderwärmung zu begrenzen, haben sich die Unterzeichner des Pariser Klimaabkommens ehrgeizige Emissionsziele gesetzt, die ab dem Jahr 2023 regelmäßig überprüft werden sollen. Welche Beiträge die Raumfahrt hier leisten kann, lesen Sie auf den folgenden Seiten.

HOT AND STORMY

Earth observation satellites to monitor the Paris climate goals

By Dr Helmut Staudenrausch and Martin Fleischmann

Heat waves, droughts, cold snaps and gales: 2017 was a year of extreme weather events, and one of the warmest years ever recorded. After a short warm spell, April dipped Europe into an icy cold spell, spoiling the harvest of fruit and vegetable farmers with losses up to 70 per cent. In Rome, Italy, a water shortage crisis was caused by drought in August. Heavy forest fires wreaked havoc in Greece and Portugal soon after. California saw the worst wildfires in the state's history in December. On the other hand, severe storms brought about extremely high rainfalls in Texas, West Florida and the Caribbean: hurricanes Harvey, Irma and Maria caused damage amounting to 93 billion US dollars. According to the reinsurance company Swiss Re, total losses in the United States alone rose from 188 billion US dollars in 2016 to 306 billion dollars in 2017, by far exceeding the average of the previous ten years (190 billion US dollars). Germany, too, saw major damage inflicted by the cyclones Xavier and Herwart. Should greenhouse gas emissions continue to rise, letting climate change unfold unabatedly, Germany is expected to see a clear increase in the number of hot days with more than 30 degrees Celsius and tropical nights of more than 20 degrees Celsius. Extreme weather events such as those of last year might well become the norm. The signatories of the Paris Climate Accords have set ambitious emission goals to curb global warming. Starting in 2023, these are to be monitored on a regular basis. On the following pages you can learn about the contribution of the space sector to that process.



Der neue Copernicus-Satellit Sentinel-5P hat Aerosole gemessen, die bei den schlimmsten Waldbränden in der Geschichte des US-Bundesstaates Kalifornien im Dezember 2017 in die Atmosphäre freigesetzt wurden (blau = gering, rot = hoch)

Aerosol measurements taken by the new Copernicus satellite, Sentinel-5P, during the worst spell of forest fires in the history of the State of California in December 2017. Aerosol concentrations in the atmosphere are indicated in colours (blue = low, red = high).

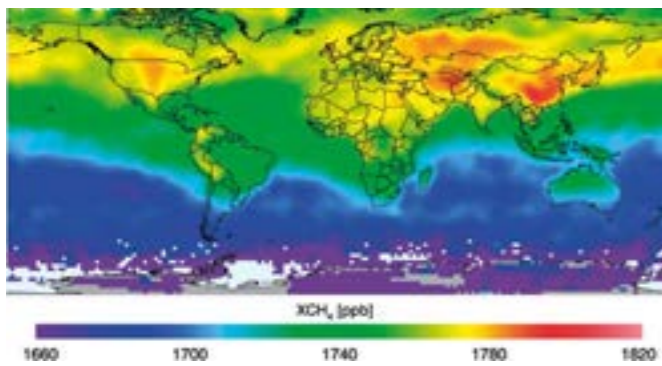


DLR

Vorbereitungen zur deutsch-französischen Methan-Mission MERLIN: Mit dem Differentialabsorptions-Lidar-System CHARM-F auf dem DLR-Forschungsflugzeug HALO werden die Spurengase in der Erdatmosphäre gemessen. Solche aktiven Messungen werden ab dem Jahr 2023 der MERLIN-Satellit aus dem Weltraum fortsetzen.

Getting ready for MERLIN, the Franco-German methane mission: trace gases in the Earth's atmosphere are measured by means of the differential absorption lidar system CHARM-F, flown on DLR's research aircraft, HALO. From 2023 on, these active measurements will be continued from orbit by the MERLIN satellite.

Buchwitz © IUP, Universität Bremen



Karte der weltweiten Verteilung von Methan, der jahreszeitlichen Variation und des mittleren Anstiegs für die Jahre 2003 bis 2011. Die systematischen Beobachtungen mit dem SCIAMACHY-Instrument konnten zur Verbesserung der Bestimmung von Methan aus Feuchtgebieten beitragen. Ab dem Jahr 2023 soll die deutsch-französische Mission MERLIN diese Messungen fortsetzen.

Map of the global distribution of methane, its seasonal fluctuations and its mean annual increase in the 2003 to 2011 period. Systematic surveying with the SCIAMACHY instrument is helping to determine the amount of methane exuding from wetland areas. From 2023 on, the Franco-German mission MERLIN is set to continue these measurements.

Ehrgeizige Ziele

Im November 2015 geschah im Pariser Stadtteil Le Bourget etwas Historisches: 192 Staaten einigten sich anlässlich der Klimakonferenz COP21 auf ein gemeinsames Klimaabkommen, das den Anstieg der weltweiten Durchschnittstemperatur bis zum Ende des Jahrhunderts auf unter zwei Grad über dem vorindustriellen Niveau begrenzen soll – wenn möglich, sogar auf 1,5 Grad. Hierfür haben sich die Unterzeichner auf Selbstverpflichtungen, die sogenannten Nationally Determined Contributions (NDC) verständigt, um den Ausstoß von Treibhausgasen schrittweise zu verringern. So hat sich zum Beispiel die Europäische Union das rechtsverbindliche Ziel gesetzt, die Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken. Deutschland ging im Jahr 2007 noch weiter: Die Bundesrepublik will zehn Jahre früher die 40-Prozent-Marke erreichen und hat dafür in einem Klimaaktionsplan die Menge des CO₂-Ausstoßes zum Ende dieses Jahrzehnts auf 750 Millionen Tonnen pro Jahr begrenzt. Im Jahr 2030 sollten es dann nur noch 560 Millionen Tonnen sein. Für das Jahr 2050 steht eine Absenkung um 80 bis 95 Prozent im Vergleich zu 1990 im Plan. Da der Ausstoß im Jahr 2016 laut Umweltbundesamt (UBA) allerdings noch 909,4 Millionen Tonnen betrug, sind diese ehrgeizigen Klimaziele in Gefahr. Ein Emissionsanstieg im Verkehr und ein dauerhaft hoher Ausstoß im Energiesektor sind laut UBA für die hohen Werte verantwortlich. Um die angestrebten Ziele Deutschlands noch zu erreichen, muss der Klimaaktionsplan eingehalten und dafür die Treibhausgasemissionen lückenlos überwacht werden. Hierfür hat das Pariser Abkommen eine regelmäßige Überprüfung des globalen Klimastatus – den sogenannten „Global Stocktake“ – ins Leben gerufen, die ab dem Jahr 2023 regelmäßig durchgeführt werden soll. Außerdem soll ein sogenanntes Transparenzrahmenwerk geschaffen werden, dessen zentrales Element ein harmonisiertes Mess-, Berichterstattungs- und Verifikationssystem (MRV) ist. Dieses soll den Global Stocktake unterstützen, aber auch die Vertragsstaaten mit dem nötigen Feedback versorgen, um sie bei weiteren Maßnahmen zur Treibhausgasreduzierung zu unterstützen.

Satelliten liefern die Daten

Wie wird diese globale Inventur ablaufen? Um diese Frage zu beantworten, hat die Weltklimakonferenz COP23, die vom 6. bis 17. November 2017 unter der Leitung von Fiji in Bonn tagte, ein Fundament für Umsetzungsregeln zum Pariser Abkommen von 2015 gelegt. Was dort eher allgemein formuliert war, haben die 195 verhandelnden Staaten in Bonn in konkrete Umsetzungsinstrumente gegossen, die auf der nächsten Klimakonferenz vom 3. bis 14. Dezember 2018 im polnischen Katowice verabschiedet werden sollen. In Bonn ging es um die „Werkzeuge“, die den Staaten bei der Umsetzung und Überwachung der Klimaziele helfen sollen. Hier werden zukünftig verstärkt Satelliten eine Rolle spielen. Sie liefern einen global nahezu lückenlosen und grenzüberschreitend einheitlichen Blick auf unsere Erde. Mit den geeigneten Instrumenten lassen sich aus dem Weltraum Meeresspiegel und -strömungen, Gletscher- und Meereisbedeckung, Wassertemperatur, Waldbedeckung und -rodung, Entwicklung von Torffeldern sowie Küstenerosion beobachten. Auch Daten zu Temperatur, Niederschlag, relativer Feuchte, Windgeschwindigkeit und Spurengaskonzentration – den sogenannten essentiellen Klimavariablen (ECV) – kommen aus dem Weltraum. Vor allem bei der Überwachung von Spurengasen wird der satellitengestützte Erdbeobachtung eine besondere Bedeutung eingeräumt. Hier hat sich die Technologie in den letzten zehn Jahren besonders stark weiterentwickelt, zudem stehen – etwa mit dem Copernicus-Programm – Satellitendaten und damit Informationen zum

Aiming high

It was a historic event that took place in November 2015, in the Parisian quarter of Le Bourget: at the COP21 climate conference, 192 states decided to sign a joint climate agreement designed to restrict the rise in the average global temperature to less than two degrees and even, if possible, to 1.5 degrees above the pre-industrial mark by the end of this century. To this end, the signatories agreed to commit themselves to so-called nationally determined contributions (NDCs) in order to reduce greenhouse gas emissions step by step. The European Union, for one, legally bound itself to lower these emissions by at least 40 per cent of the 1990 level by 2030. Germany is going even further: the Federal Republic aims to reach the 40-per-cent mark ten years earlier, for which purpose it adopted a climate action plan which restricts the amount of CO₂ released annually to 750 million tons by the end of the decade. By 2030, that figure is to fall to 560 million tons. For the year 2050, the plan provides a reduction by 80 to 95 per cent compared to the 1990 level. However, according to the Federal Environment Agency (UBA), emissions still amounted to 909.4 million tons in 2016, which puts these ambitious climate goals at risk. Increasing emissions in traffic and permanently high emissions in the energy sector are responsible for these high values according to the UBA. If these targets sought by Germany are to be reached, it is paramount to stick to the climate action plan and to monitor greenhouse gas emissions closely. For this purpose, the Paris agreement has put in place a regular review process called the Global Stocktake whereby the climate status is to be evaluated regularly from 2023 onwards. In addition, a so-called transparency framework is to be set up that features a harmonised measurement, reporting, and verification system (MRV) as its central element. This system is designed to underpin the Global Stocktake and provide the signatory states with the necessary feedback to support them in further actions to reduce greenhouse gas emissions.

Satellites supply the data

How exactly will this global inventory be carried out? To answer this question, the COP23 world climate conference which met under the presidency of Fiji in Bonn from November 6 to 17, 2017 has laid down a groundwork of rules for implementing the 2015 Paris Agreement. Matters that had been expressed in rather general terms in 2015 were now cast by the 195 states participating in Bonn in concrete implementation instruments to be adopted at the next climate conference which will take place on December 3–14, 2018, in Katowice, Poland. The Bonn meeting concentrated on the tools which will help states to implement and monitor the climate goals. In this context, satellites will play a greater part in the future. Satellites provide a view of Planet Earth that is uniform across borders and almost without gaps worldwide. Given the right instruments, ocean levels and currents, glacier and sea-ice coverages, forest coverage and deforestation, water temperatures, the changes in peatland areas, and the erosion of coasts may be observed from space. Information about temperature, precipitation, relative humidity, wind velocity, and trace gas concentration – the so-called essential climate variables (ECVs) – can similarly be obtained from orbit. Satellite-based Earth observation is considered especially important in monitoring trace gases. This technology has undergone a particularly swift development in the past decade, and, what is more, information on atmospheric greenhouse gas levels is now also available from programmes like Copernicus on a long-term



©DKK, S. Sharifi

Paul Becker (DWD)

COUNTDOWN-Interview mit Dr. Paul Becker, Vizepräsident und Leiter des Geschäftsbereichs Klima und Umwelt beim Deutschen Wetterdienst (DWD)

Herr Dr. Becker, welche Bedeutung hat das Monitoring von Treibhausgasen in Bezug auf das Pariser Klimaabkommen und die Beschlüsse der Bonner Weltklimakonferenz (COP23)?

: Das Übereinkommen von Paris (2015 verabschiedet, 2016 in Kraft getreten) zielt darauf ab, die menschengemachte Erwärmung auf deutlich unter zwei Grad Celsius, möglichst auf 1,5 Grad Celsius zu begrenzen. Dafür müssen natürlich unsere Treibhausgasemissionen reduziert werden. Wie genau, legt jede Nation in einem eigenen Plan fest, den sogenannten Nationally Determined Contributions (NDC). Alle fünf Jahre soll dieser Plan den steigenden Ambitionen angepasst werden. In Bonn, bei der COP23, wurde ausdiskutiert, wie Transparenz über den Stand der Umsetzung geschaffen werden kann. Ein unabhängiges Monitoring der Treibhausgasemissionen ist für Transparenz und Glaubwürdigkeit der Reduktionsmaßnahmen sehr wichtig und wird daher vom Weltklimarat IPCC und durch die Rahmenkonvention der Vereinten Nationen über Klimaänderungen (UNFCCC) empfohlen.

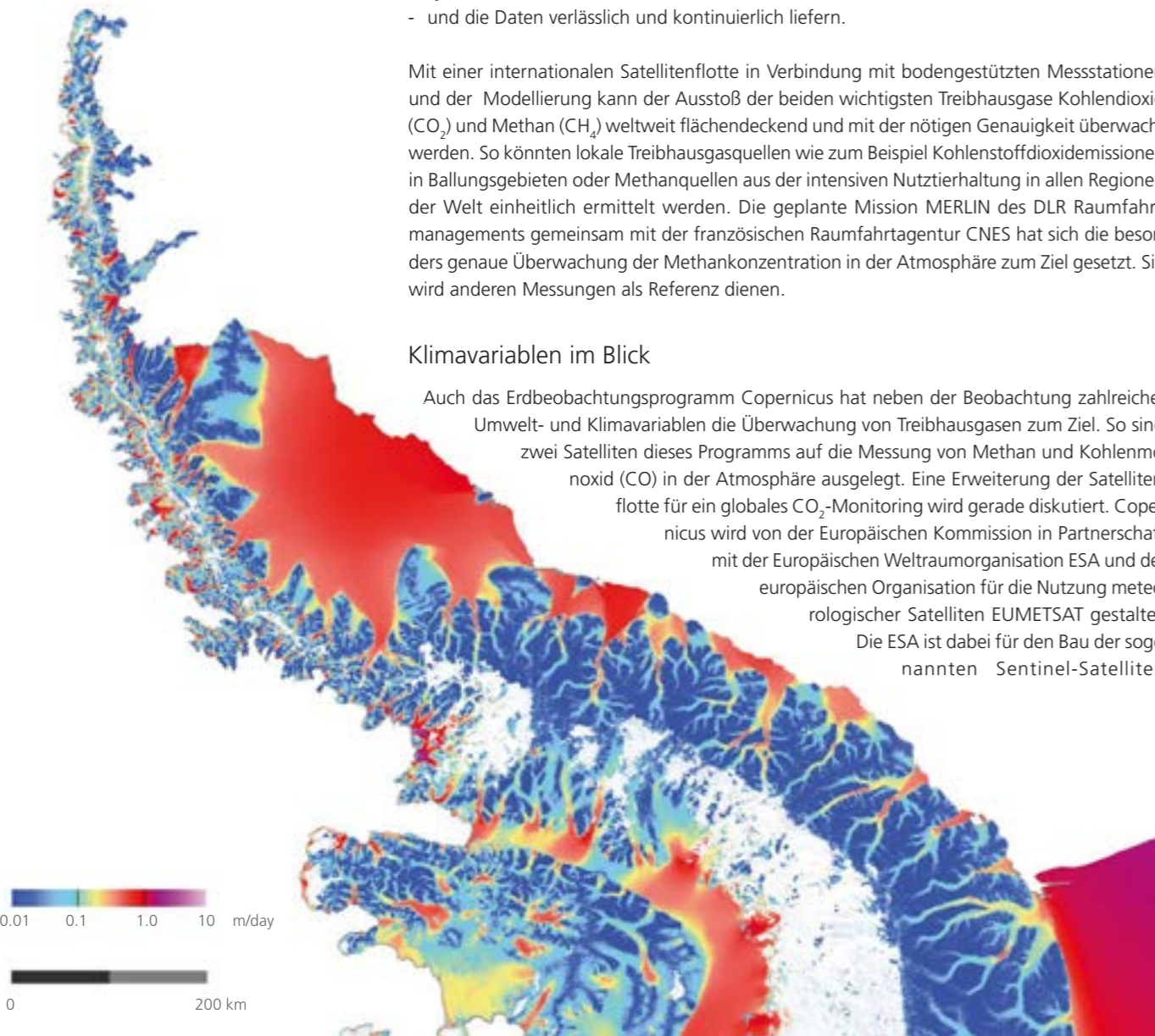
COUNTDOWN interview with Dr Paul Becker, vice president and director of the area Climate and Environment at Germany's national meteorological service called Deutscher Wetterdienst (DWD)

Dr Becker, how important is greenhouse gas monitoring in the context of the Paris Climate Agreement and the resolutions adopted at the Bonn Climate Conference (COP23)?

: The aim of the Paris Agreement (adopted in 2015 and effective as from 2016) is to keep man-made global warming substantially below two degrees Celsius, and, if possible, at 1.5 degrees Celsius. This obviously means that everyone's greenhouse gas emissions need to be reduced. How exactly that is to happen will be set out by each nation independently in a plan called Nationally Determined Contributions (NDC). This plan is to be reviewed every five years and adjusted to the extent that national ambitions have increased. At COP23 in Bonn, delegates discussed ways to create greater transparency with regard to the degree of implementation. It would be very important to have an independent monitoring system in place to produce transparency and credibility of mitigation measures. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) and the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) have therefore recommended the establishment of such a system.

Eis auf dem Rückzug: Der Copernicus-Satellit Sentinel-1A hat im Dezember 2014 und März 2016 kontinuierlich Radardaten für eine Karte geliefert, die die extreme Geschwindigkeit der Eisschmelze in der Antarktischen Peninsula – einem Zipfel im Nordwesten der Antarktis – belegt. Die Farben zeigen, wie schnell sich das Eis aus dieser Region zurückzieht – teilweise bis zu einem Meter pro Tag.

Ice in retreat: the Copernicus satellite Sentinel-1A delivered a continuous series of radar data in December 2014 and March 2016 that provide evidence of the extremely high melting rate of the ice on the Antarctic Peninsula in the northwestern corner of the Antarctic continent. The colours indicate how quickly the ice edge is withdrawing from the region – in some places at a rate of one metre per day.



Anteil der Treibhausgase in der Atmosphäre inzwischen langfristig und verlässlich zur Verfügung. Die bisherigen Richtlinien des Weltklimarats (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) zur Berichterstattung über Treibhausgase stammen noch aus dem Jahr 2006 und berücksichtigten Satellitendaten kaum. Die neuen Beobachtungsmöglichkeiten werden nun in einen aktualisierten Leitfaden für das Treibhausgas-Monitoring einfließen, den das IPCC derzeit erarbeitet.

Überwachung von Treibhausgasen

Monitoring-Verfahren, die im Geist des Pariser Klimaabkommens Transparenz herstellen und die regelmäßigen nationalen Inventuren unterstützen, sollen drei Voraussetzungen erfüllen:

- Sie müssen die wichtigsten klimarelevanten Variablen in hinreichender Qualität und flächendeckend messen;
- international vergleichbar mit anderen Satelliteninstrumenten und bodengestützten Messsystemen sein;
- und die Daten verlässlich und kontinuierlich liefern.

Mit einer internationalen Satellitenflotte in Verbindung mit bodengestützten Messstationen und der Modellierung kann der Ausstoß der beiden wichtigsten Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂) und Methan (CH₄) weltweit flächendeckend und mit der nötigen Genauigkeit überwacht werden. So könnten lokale Treibhausgasquellen wie zum Beispiel Kohlenstoffdioxidemissionen in Ballungsgebieten oder Methanquellen aus der intensiven Nutztierhaltung in allen Regionen der Welt einheitlich ermittelt werden. Die geplante Mission MERLIN des DLR Raumfahrtmanagements gemeinsam mit der französischen Raumfahrtagentur CNES hat sich die besonders genaue Überwachung der Methankonzentration in der Atmosphäre zum Ziel gesetzt. Sie wird anderen Messungen als Referenz dienen.

Klimavariablen im Blick

Auch das Erdbeobachtungsprogramm Copernicus hat neben der Beobachtung zahlreicher Umwelt- und Klimavariablen die Überwachung von Treibhausgasen zum Ziel. So sind zwei Satelliten dieses Programms auf die Messung von Methan und Kohlenmonoxid (CO) in der Atmosphäre ausgelegt. Eine Erweiterung der Satellitenflotte für ein globales CO₂-Monitoring wird gerade diskutiert. Copernicus wird von der Europäischen Kommission in Partnerschaft mit der Europäischen Weltraumorganisation ESA und der europäischen Organisation für die Nutzung meteorologischer Satelliten EUMETSAT gestaltet. Die ESA ist dabei für den Bau der sogenannten Sentinel-Satelliten

and reliable basis. The current guidelines on greenhouse-gas reporting were laid down by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in 2006 and give almost no consideration to satellite data. An updated version of the guidelines which the IPCC is developing at the moment will take today's new observation options into account.

Greenhouse gas monitoring

Monitoring methods which ensure transparency in the spirit of the Paris climate agreement and support regular national inventories should comply with three requirements: they should be capable of

- measuring the key climate-related variables comprehensively and in adequate quality;
- generating data that are internationally compatible with those from other satellite and ground-based instruments and measuring systems; and
- ensuring a reliable supply of these data on an ongoing basis.

Combining data from ground-based measuring stations and an international satellite fleet together with computer modelling makes it possible to monitor the emission of the two most important greenhouse gases, carbon dioxide (CO₂) and methane (CH₄), with the requisite precision worldwide. Local sources of greenhouse gas such as carbon dioxide emissions in conurbation areas or methane released by intensive livestock farming can be determined on a standard basis worldwide. The MERLIN programme planned currently by the DLR Space Administration in association with the French space agency CNES is designed to monitor the concentration of methane in the atmosphere with particular accuracy. Its results will serve as a reference for other missions.

Minding the climate variables

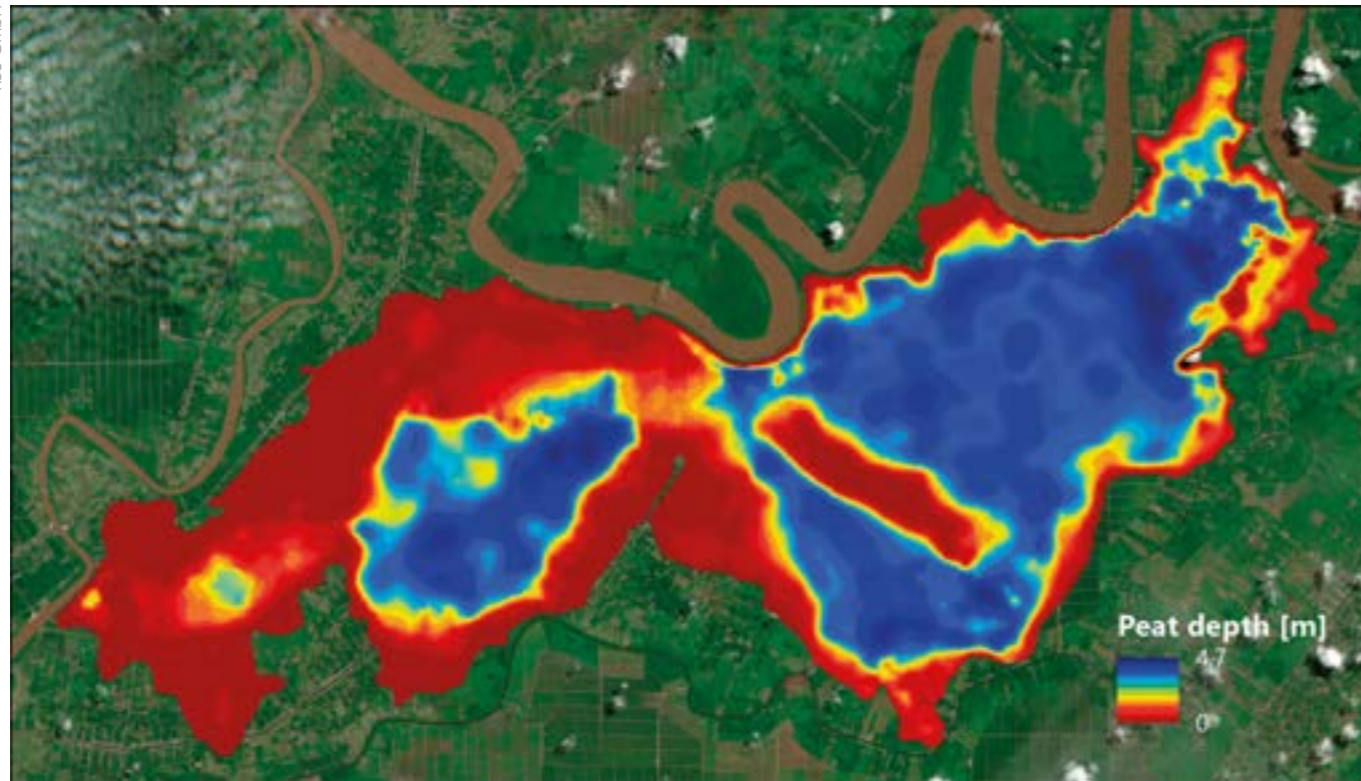
The Copernicus Earth observation programme also aims to monitor greenhouse gases as well as to observe numerous environmental and climate variables. Two of the satellites in this programme, for instance, are designed to measure methane and carbon monoxide (CO) in the atmosphere. It is being discussed at the moment to extend the satellite fleet to permit global CO₂ monitoring. Copernicus is managed by the European Commission in partnership with the European Space Agency (ESA) and the European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT). Of these three, ESA is responsible for building the Sentinel satellites which are operated jointly by the two organisations. These satellites deliver a multitude of weather and climate-relevant data, thus contributing in a variety of ways towards climate monitoring. Similar to weather satellites, each Sentinel accommodates several measuring instruments. Several satellites of identical design are regularly produced at the same time and suc-

Welche Rolle spielt das Treibhausgas (THG)-Monitoring für den Deutschen Wetterdienst (DWD) und für die Treibhausgasberichterstattung Deutschlands?

: Der Deutsche Wetterdienst misst innerhalb des Integrierten Kohlenstoffbeobachtungssystems (ICOS-D) an hohen Türmen Kohlenstoffdioxid- (CO₂), Methan- (CH₄) und Lachgas- (Distickstoffmonoxid, N₂O)-Konzentrationen. Aus diesen Messungen in maximal einigen Hundert Metern Höhe lassen sich mit Hilfe von meteorologischer Modellierung und Inversionsrechnungen Aussagen über die Emissionsquellen ableiten. Bisher war dies die einzige unabhängige Datenquelle, welche – trotz aller Beschränkungen aufgrund der wenigen Punktmessungen – ein gewisses Potenzial für die Validierung der Nationalen Emissionsberichte des Umweltbundesamtes birgt. In Zusammenhang mit dem Aufbau eines Integrierten Treibhausgas-Monitoringsystems, den der DWD zusammen mit Partnern vorantreibt, werden in den nächsten Jahren zunehmend Satellitendaten eingebunden und damit für die Verifizierung der jährlichen nationalen Treibhausgasberichte eine wesentliche Rolle spielen.

Which role does greenhouse gas monitoring play for the German Meteorological Service (Deutscher Wetterdienst, DWD) and for Germany's greenhouse gas reporting procedure?

: Under our integrated carbon dioxide monitoring system, (ICOS-D), DWD scientists measure the concentrations of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O) in a vertical atmospheric column. Using meteorological modelling and inverse modelling methods we can derive certain information on the emission sources. In the past, this was the only independent data source available, and, despite its limitations given the small number of measuring points, it was of some benefit in validating the emission reports produced by the Federal Environmental Agency. The integrated greenhouse gas monitoring system which DWD and its partners are working on will comprise an increasing amount of satellite data part in the next few years. The system could play an essential part in the verification of annual national greenhouse gas reports.



Torf ist ein wichtiger Kohlenstoffspeicher, der bis zu 20 Meter unter die Erde reichen kann. Doch in den Tropen werden durch Brände und Trockenlegung von Torfböden für die Palmölindustrie riesige Mengen CO_2 und andere klimawirksame Gase freigesetzt, die in starkem Maße zur globalen Erwärmung beitragen. Deswegen ist gerade in den Tropen die Überwachung aus dem All sehr wichtig.

Peat is an important carbon sink. Its layers can reach up to 20 metres below ground level. In the tropics, due to fires and the draining of peat soils for the palm oil industry, gigantic amounts of CO_2 and other climate-changing gases are released, which contributes significantly to global warming. That makes satellite-based monitoring particularly important for the tropics.

zuständig, die von beiden Organisationen gemeinsam betrieben werden. Diese Wächter liefern eine Vielzahl von wetter- und klimarelevanten Messdaten und tragen damit auf vielfältige Art und Weise zur Klimaüberwachung bei. Ähnlich wie bei Wettersatelliten sind auf jedem Sentinel mehrere Messinstrumente untergebracht. Außerdem werden stets mehrere baugleiche Satelliten gefertigt und über einen längeren Zeitraum nacheinander gestartet. Damit ist ein langfristiges Monitoring garantiert, das zur Erhebung von Klimadatenreihen notwendig ist. Bis zum Jahr 2021 sollen alle Satelliten der ersten Sentinel-Familie im All sein, die dann für mehrere Jahrzehnte umfassend die natürlichen und vom Menschen hervorgerufenen Veränderungen der Erde dokumentieren.

Ran an die Daten

Die Europäische Kommission und eine Reihe weiterer europäischer Fachbehörden stellen die Daten für die Herstellung von Informationsprodukten zur Verfügung. In Deutschland setzt das DLR Raumfahrtmanagement die Copernicus-Integrationsmaßnahmen in 25 Vorhaben um und fördert im nationalen Erdbeobachtungsprogramm eine große Anzahl von Projekten, die aus den Daten der Sentinels Informationsprodukte entwickeln. Sie sind die Basis für verschiedenste Anwendungen und Dienste. Auch Projekte, die zu einem besseren Verständnis des Klimawandels führen, werden gefördert – so zum Beispiel die Bestimmung klimarelevanter Wolkenparameter, Analysen zu Auswirkungen von Trockenstress in Waldgebieten sowie die Beobachtung von Veränderungen tropischer Feuchtgebiete.

Ein tropisches Beispiel für CO_2 -Emission

Gerade in den Tropen ist die Überwachung aus dem All wichtig. Denn hier werden durch Brände und Trockenlegung von Torfböden für die Palmölindustrie riesige Mengen CO_2 und andere klimawirksame Gase freigesetzt, die in starkem Maße zur globalen Erwärmung beitragen. Neue Hochrechnungen zeigen, dass durch Torffeuer in Indonesien allein in einem Jahr bis zu 900 Millionen Tonnen CO_2 in die Atmosphäre gelangen. Das entspricht fast den gesamten CO_2 -Emissionen Deutschlands im Jahr 2016. Im Sinne des Klimaschutzes muss ein Schutz und Management der Torfflächen stattfinden. Um Torflagerstätten und deren Mächtigkeit landesweit abzuschätzen, entwickelte die Remote Sensing Solutions GmbH (RSS) aus der Nähe von

cessively sent into orbit over an extended period. This permits the kind of long-term monitoring which is necessary to gather complete climate data series. By 2021, all satellites belonging to the first Sentinel family are expected to be in orbit, documenting comprehensively Earth's natural and man-made changes over several decades.

Data all set for use

The data required to generate information products are made available by the European Commission and various other European technical authorities. In Germany, the DLR Space Administration runs 25 projects to help with the integration Copernicus, besides funding a large number of schemes to develop information products from Sentinel data under Germany's national Earth observation programme. These products form the basis for a wide range of applications and services. Funding is also provided for other projects that improve our understanding of climate change, like, for example, schemes to determine climate-relevant cloud parameters, analyse the impact of drought stress on forests, or monitor changes in tropical wetlands.

Critical CO_2 emissions in the tropics

Orbit-based monitoring is particularly important in the tropics. It is here that enormous quantities of CO_2 and other climate-relevant gases are released by fires and the drainage of peat soil for the palm-oil industry, contributing greatly to global warming. Recent projections indicate that in Indonesia alone, peat fires emit up to 900 million tons of CO_2 into the atmosphere every year, almost the equivalent of the total emissions of Germany in the year 2016. Climate protection urgently requires that peat lands be protected and managed. To facilitate assessing peat deposits and their thickness on a nationwide scale, the company Remote Sensing Solutions GmbH (RSS) located near Munich together with Indonesian partners is developing a method which employs satellite images and the global elevation model produced by the German satellite mission TanDEM-X (WorldDEM). Further information is obtained from in-situ drilling in the peat layer to determine its thickness in specific places. In addition, LIDAR data were recorded from an airplane. All this data are used to generate a 3-D model which shows the extent and the volume of a peat deposit and the quantity of carbon stored in it. This award-winning model will now be used across Indonesia – a climate project which proves that a comprehensive picture can only be obtained from a combination of data from the ground, the air, and space.

Wie tragen Satellitendaten dazu bei, das THG-Monitoring zu verbessern?

: Die erwarteten Satellitendaten, insbesondere von CO_2 und CH_4 , liefern ganz neue Informationen: zum einen durch deren räumliche Abdeckung, zum anderen dadurch, dass die gesamte atmosphärische Säule gemessen wird. Die Satellitendaten sind daher für die Validierung der modellierten atmosphärischen Verteilung der langlebigen Treibhausgase sehr nützlich. Gerade für die langlebigen Spurengase brauchen wir die globale Abdeckung, welche nur die Satelliten leisten können.

How do satellite data help improve greenhouse gas monitoring?

: The satellite data we expect to receive, especially those on CO_2 and CH_4 , will deliver some entirely new information. On the one hand, they cover extensive areas, and on the other hand, they are able to perform measurements along the entire length of the atmospheric column. This makes satellite data highly useful in the validation of the model-based atmospheric distribution of long-lived greenhouse gases. It is especially for these long-lived trace gases that we need full global coverage, which only satellites can provide.

Welche Satellitendaten möchten Sie gerne in das THG-Monitoring des DWD einbinden?

: Demnächst erwarten wir erste Methanbeobachtungen vom TROPOMI-Instrument auf Sentinel-5 Precursor, mittelfristig dann Daten vom deutsch-französischen Kleinsatelliten MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR Mission). Längerfristig sind alle Missionen interessant, welche Treibhausgase, unter anderem auch CO_2 , messen.

What satellite data in particular would you like to see incorporated in DWD's greenhouse gas monitoring?

: We are expecting the first set of methane data from the TROPOMI instrument on Sentinel-5 Precursor to come in shortly. In the medium term, data from the Franco-German minisatellite MERLIN will become available. Taking a longer view, every mission is interesting that measures greenhouse gases, and CO_2 in particular.

In welcher Weise könnte ein THG-Monitoring des DWD international vernetzt werden, vielleicht auch als Vorbild für andere Organisationen in Europa und auf der Welt, um die Umsetzung des Pariser Klimavertrages auch international zu unterstützen?

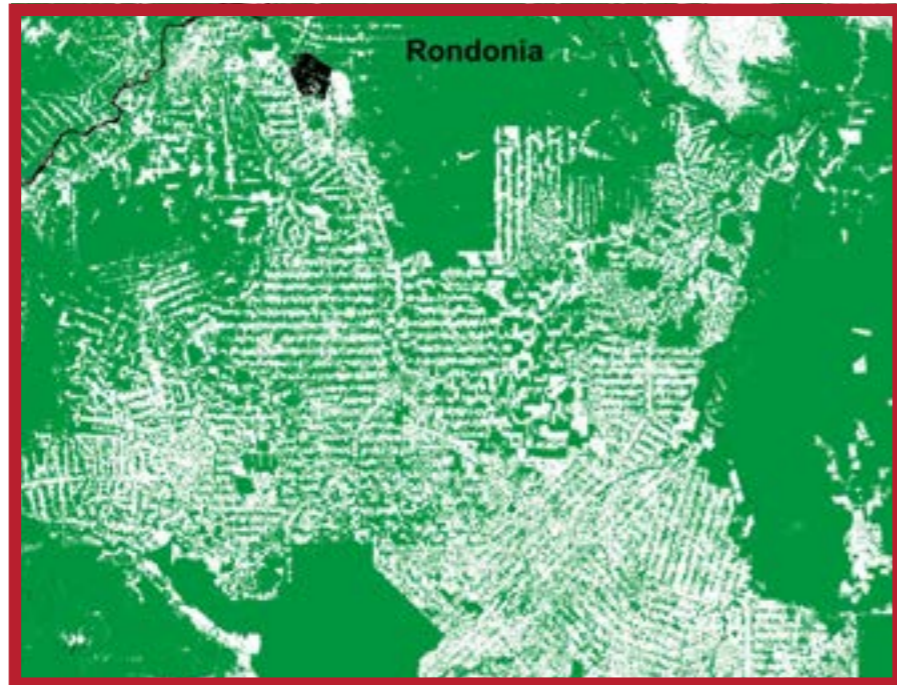
: Wir müssen die internationale Vernetzung von Forschungsprojekten und weiteren Aktivitäten, zum Beispiel im Copernicus-Kontext, vorantreiben, um zu gemeinsamen „best practices“ zu kommen, welche im Rahmen von IPCC und UNFCCC auch international der Umsetzung des Pariser Klimavertrags helfen können.

How could DWD's greenhouse gas monitoring be internationally interconnected, and thus perhaps become a model for other European and global organisations, to help with the international implementation of the Paris Agreement?

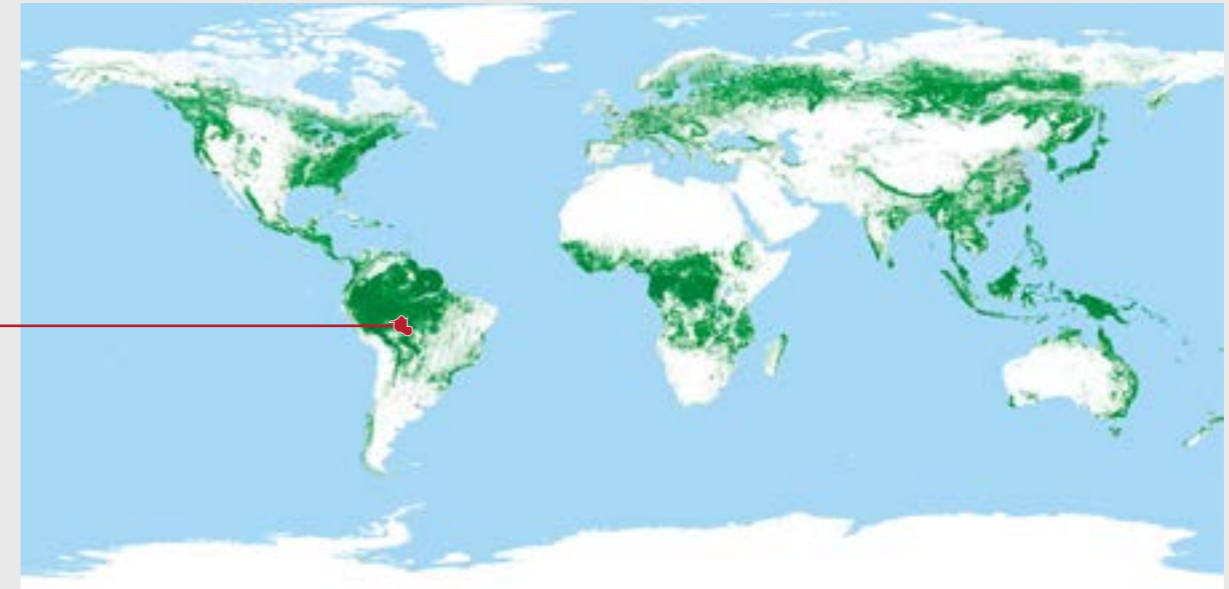
: We must indeed continue in our efforts to get more internationally connected with regard to research projects and other activities, for example in the context of Copernicus, so as to arrive at a best-practice approach within the framework IPCC and UNFCCC to help with the international implementation of the Paris Climate Agreement.

Wald aus der Satellitenperspektive: Unser Blauer Planet ist grün gesprenkelt, denn große Wälder durchziehen die nördliche Hemisphäre. Mächtige Regenwälder stehen außerdem in Latein- und Mittelamerika sowie in Mittelafrika und Indonesien. Gerade diesen tropischen Wäldern kommt als CO₂-Senke, aber auch als Biotop, Naherholungsgebiet und Rohstofflieferant eine Schlüsselrolle im „System Klima“ zu. Erdbeobachtung durch Radarsatelliten wie TerraSAR-X und TanDEM-X hilft bei der Überwachung dieses wichtigen Ökosystems, wie zum Beispiel im brasilianischen Bundesstaat Rondônia (Bild), und rundet das Gesamtbild des Waldbestandes ab.

Woodlands, seen from a satellite's perspective. Our blue planet is dotted with green areas, with large forests covering a major part of the northern hemisphere. Mighty rainforests also exist in Latin and Central America as well as in Central Africa and Indonesia. It is these tropical forests in particular that have an important part to play in the world's climate system, acting as a CO₂ sink but also as biotopes, areas of human recreation as well as a source of raw materials. Earth observation through radar satellites like TerraSAR-X and TanDEM-X help scientists monitor this important ecosystem, for example in the Brazilian State of Rondônia (picture), as well as delivering additional data on forest stocks.



DLR



DLR

München gemeinsam mit indonesischen Partnern ein Verfahren unter Verwendung von Satellitenbildern und dem globalen Höhenmodell aus der deutschen Satellitenmission TanDEM-X (WorldDEM). Hinzu kommen Torfbohrungen, um die Mächtigkeit der Torfschichten punktuell zu ermitteln. Zusätzlich wurden mit einem Flugzeug LIDAR-Daten aus der Luft aufgenommen. Aus all diesen Daten wird dann ein 3D-Modell des Torfkörpers berechnet und so die Ausdehnung und das Volumen der Torflagerstätten und die gespeicherte Kohlenstoffmenge ermittelt. Die mit einem Preis ausgezeichnete Methode soll in Indonesien nun landesweit eingesetzt werden – ein Beispiel für ein Klimaprojekt, bei dem nur die Kombination der Daten vom Boden, aus der Luft und aus dem Weltraum ein Gesamtbild ergibt.

Wald unter Beobachtung

Wie wichtig ein Gesamtbild ist, zeigt sich auch im Wald. Insbesondere tropischen Wäldern kommt als CO₂-Senke, aber auch als Biotop, Naherholungsgebiet und Rohstofflieferant eine Schlüsselrolle im „System Klima“ zu. Erdbeobachtung hilft bei der Überwachung dieses wichtigen Ökosystems, denn sie ermöglicht großflächige Aussagen über den Zustand, die Holzvorräte und die Biodiversität von natürlichen und forstwirtschaftlich genutzten Wäldern. Das Programm REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries) bietet als Teil des Pariser Klimavertrags finanzielle Anreize für Entwicklungsländer, wenn diese die Entwaldung reduzieren und letztlich stoppen. Dafür werden zuverlässige Monitoringsysteme zum Aufbau von Zeitreihen von Klimavariablen benötigt, wofür Satellitendaten unabdingbar sind. Nur Erdbeobachtungssatelliten können sowohl großflächige Rodungen als auch die Walddegradation durch Einzelbaumentnahmen und Brände unter anderem von tropischen Regenwäldern beobachten. Sie tragen somit dazu bei, klimaschutzrelevante Maßnahmen zu planen und über lange Zeiträume zu überwachen. Daher fördert das DLR Raumfahrtmanagement viele Anwendungen in diesem Bereich.

Forests under observation

Just how important it is to have a comprehensive overview is also shown in the context of our woodlands. Tropical forests in particular play a crucial part in the overall 'climate system', in that they act as CO₂ sinks, biotopes, recreation areas, and sources of raw materials. Earth observation assists in monitoring this important ecosystem, yielding information about the condition, timber reserves, and biodiversity of large natural and managed forests. Forming part of the Paris climate agreement, the REDD+ programme (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries) offers financial incentives to developing countries for reducing and ultimately halting deforestation. In this context, reliable monitoring systems are needed to compile time series of climate variables, a task for which satellite data are indispensable. Only Earth observation satellites are capable of spotting large-scale clearing operations and monitor the degradation of tropical and other forests, down to the removal of individual trees, as well as spotting fires. They can thus provide backup information for the planning of climate protection measures and monitor them over long periods. The DLR Space Administration funds numerous applications in this field.



Autoren: **Dr. Helmut Staudenrausch** (links) leitet die Fachgruppe Operationelle Erdbeobachtungsprogramme im DLR Raumfahrtmanagement. Hier arbeitet er auch daran, wie man die Datenprodukte zur Überwachung der Klimaziele einsetzen kann. **Martin Fleischmann** betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout der COUNTDOWN. Authors: **Dr Helmut Staudenrausch** (left) heads the Specialist Group on Operational Earth Observation Programmes at the DLR Space Administration. His job includes developing ways to use data products to monitor climate goal attainment. **Martin Fleischmann** is editor-in-chief of COUNTDOWN.

Satelliten und ihre Aufgaben:

Satelliten spielen bei der Beobachtung unserer Erde eine Schlüsselrolle. In Zukunft können sie auch bei der Überwachung der Emission andere Messsysteme unterstützen. Wie deutsche und europäische Satelliten dabei helfen können und zu welchen Bereichen (Atmosphäre, Ozeane, Wald, Landwirtschaft und Urbanisierung) sie Daten liefern, zeigt die folgende Grafik.

Satellites and their functions:

Satellites play a key role in Earth observation. In future, they will also be able to back up the emission monitoring functions of other measuring systems. The following diagram illustrates how German and European satellites can help with this process and to which scientific field (atmosphere, oceans, forest, agriculture, and urbanisation) they deliver data.

Sentinel-1

Die beiden Sentinel-1-Satelliten liefern seit ihrem Start am 3. April 2014 und 25. April 2016 hochaufgelöste Radaraufnahmen der Land- und Ozeanoberfläche. Die Produkte werden für die Überwachung des Schiffsverkehrs und der Eisausbreitung, die Erkennung von Ölverschmutzungen sowie für die Vermessung von Hochwasser und Bodenbewegungen benötigt.

Ever since they were launched on April 3, 2014, and April 25, 2016, respectively, the two Sentinel-1 satellites have been supplying high-resolution radar images of land and ocean surfaces. Their data products are needed to monitor maritime traffic and sea ice, identify oil slicks and survey floods and ground movements.

Sentinel-2

Die beiden Sentinel-2-Satelliten haben seit ihrem Start am 23. Juni 2015 und 7. März 2017 mit ihren multispektralen Radiometern die Landbedeckung und -nutzung sowie Veränderungen von Ökosystemen im Blick. Sie können verschiedene Pflanzen-, Böden- und Gewässerereigenschaften unterscheiden sowie die Qualität von Binnengewässern und den Nährstoffgehalt von Äckern als Schutz vor Überdüngung erfassen.

Since their launch on June 23, 2015, and March 7, 2017, the two Sentinel-2 satellites have been employing their multi-spectral radiometers to monitor land cover and land use as well as variations in ecosystems. They are able to distinguish diverse properties of plants, soils, and bodies of water and register the quality of inland waters and the nutrient content of fields, thus helping farmers avoid over-fertilisation.

Sentinel-3

Auf Sentinel-3 sind drei Instrumente zur Beobachtung der Land- und Meeresoberflächen untergebracht, um Ozeanvorhersagen zu treffen sowie die Umwelt- und Klimaüberwachung zu unterstützen. So vermessen sie hochgenau die Land-, Eis- und Meeresoberfläche. Der erste Satellit startete am 16. Februar 2016, der zweite soll am 25. April 2018 folgen.

Sentinel-3 carries three instruments for observing land and sea surfaces to support maritime forecasting services and environmental and climate monitoring by making high-precision measurements of land, ice, and ocean surfaces. The first satellite took off on February 16, 2016, the second is scheduled to follow on April 25, 2018.

TerraSAR-X, TanDEM-X

Die beiden nahezu baugleichen, hochauflösenden deutschen Radarsatelliten TerraSAR-X und TanDEM-X liefern unabhängig von Tageszeit und Wolkenbedeckung Daten. Dadurch lassen sich die Vegetation wie zum Beispiel Feldfrüchte klassifizieren und dreidimensionale Höhenmodelle der gesamten Erdoberfläche erstellen. Für die Vereinten Nationen überwachen sie regelmäßig die Abholzung gefährdeter Wälder.

Structurally almost identical and equipped with high-resolution radar, the German satellites TerraSAR-X and TanDEM-X deliver data independently of time of day and cloud coverage. This permits classifying vegetation and crop cover and generating three-dimensional elevation models of the entire surface of the Earth. On behalf of the United Nations the two satellites also regularly check on logging operations in endangered forests.

Sentinel-4

Sentinel-4 ist ein Spektrometer im ultravioletten, sichtbaren und nahen infraroten Bereich an Bord der dritten Generation Meteosat-Satelliten (MTG-S). Das Instrument soll ab 2022 Methan und Kohlenstoffmonoxid, die Luftqualität, Ozon und die Solarstrahlung in der Atmosphäre kontinuierlich überwachen. Ein baugleicher Typ wird rund zehn Jahre später die Mission fortsetzen.

Sentinel-4 is a spectrometer that operates in the ultraviolet, visible, and near-infrared range on board the third generation of Meteosat satellites (MTG-S). From 2022 onwards, the instrument will continuously monitor atmospheric methane, carbon monoxide, air quality and ozone level, as well as solar irradiation in the atmosphere. Another satellite of identical construction will continue the mission around ten years later.

Sentinel-5

Sentinel-5 ist ein Spektrometer im ultravioletten, sichtbaren, nah- und kurzwelligen Infrarotbereich an Bord der „MetOP Second Generation“-Satelliten. Das Instrument überwacht ab 2021 global Methan und Kohlenstoffmonoxid, die Luftqualität, Ozon und die Solarstrahlung sowie Aerosole in der Atmosphäre. Weitere baugleiche Satelliten stellen die Kontinuität bis weit in die 2030er-Jahre sicher.

Sentinel-5 is a spectrometer operating in the ultraviolet and visible as well as in the near and short-wave infrared range. It is installed on board the 'MetOP Second Generation' satellites. From 2021 onwards, the instrument will globally monitor methane and carbon monoxide, air quality, ozone, and solar radiation as well as aerosols in the atmosphere. Further identical satellites will ensure continuity far into the 2030s.

Sentinel-5 Precursor

Sentinel-5P misst seit seinem Start am 13. Oktober 2017 den Gehalt von Schwefeldioxid, Ozon, Formaldehyd, Stickstoffdioxid, Kohlenmonoxid, Methan und Aerosolen sowie Parameter zur Höhe, Verteilung und zum Rückstrahlvermögen von Wolken. Luftverschmutzungen und deren Ursachen lassen sich dadurch sehr genau belegen.

Launched on October 13, 2017, Sentinel-5P measures the content of sulphur dioxide, ozone, formaldehyde, nitrogen dioxide, carbon monoxide, methane, and aerosols in the air as well as the altitude, distribution, and albedo of clouds. On that basis it will be possible to document air pollution and its causes very exactly.

Sentinel-6

Sentinel-6 trägt ein Satelliten-Altimeter in den polaren Orbit und ermöglicht die „tidenfreie“ Messung des Meeresspiegels. Der Satellit führt die Messungen der Jason-Missionen fort. Der Starttermin ist derzeit für Ende 2020 geplant.

Sentinel-6 will carry a satellite altimeter into a polar orbit to facilitate 'tide-free' measurements of the ocean level. It will continue the measurements of the Jason missions. Currently, it is scheduled for launch at the end of 2020.

EnMAP

Da der Klimawandel Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Vitalität von Pflanzen haben kann, wird die deutsche Mission EnMAP (Environmental Mapping and Analysis Programme) ab dem Jahr 2021 mit einem Hyperspektralsensor (218 Kanäle) die Wasserqualität von Seen, den Zustand von Korallenriffen, die Nährstoffversorgung von Ackerpflanzen und die Vitalität der Pflanzen messen.

Since climate change may affect the quality of water and the vitality of plants, the German EnMAP mission (Environmental Mapping and Analysis Programme) will from 2021 onwards measure the water quality in lakes, the condition of coral reefs, the nutrient supply of crops, and the vitality of plants using a 218-channel hyperspectral sensor.

MERLIN

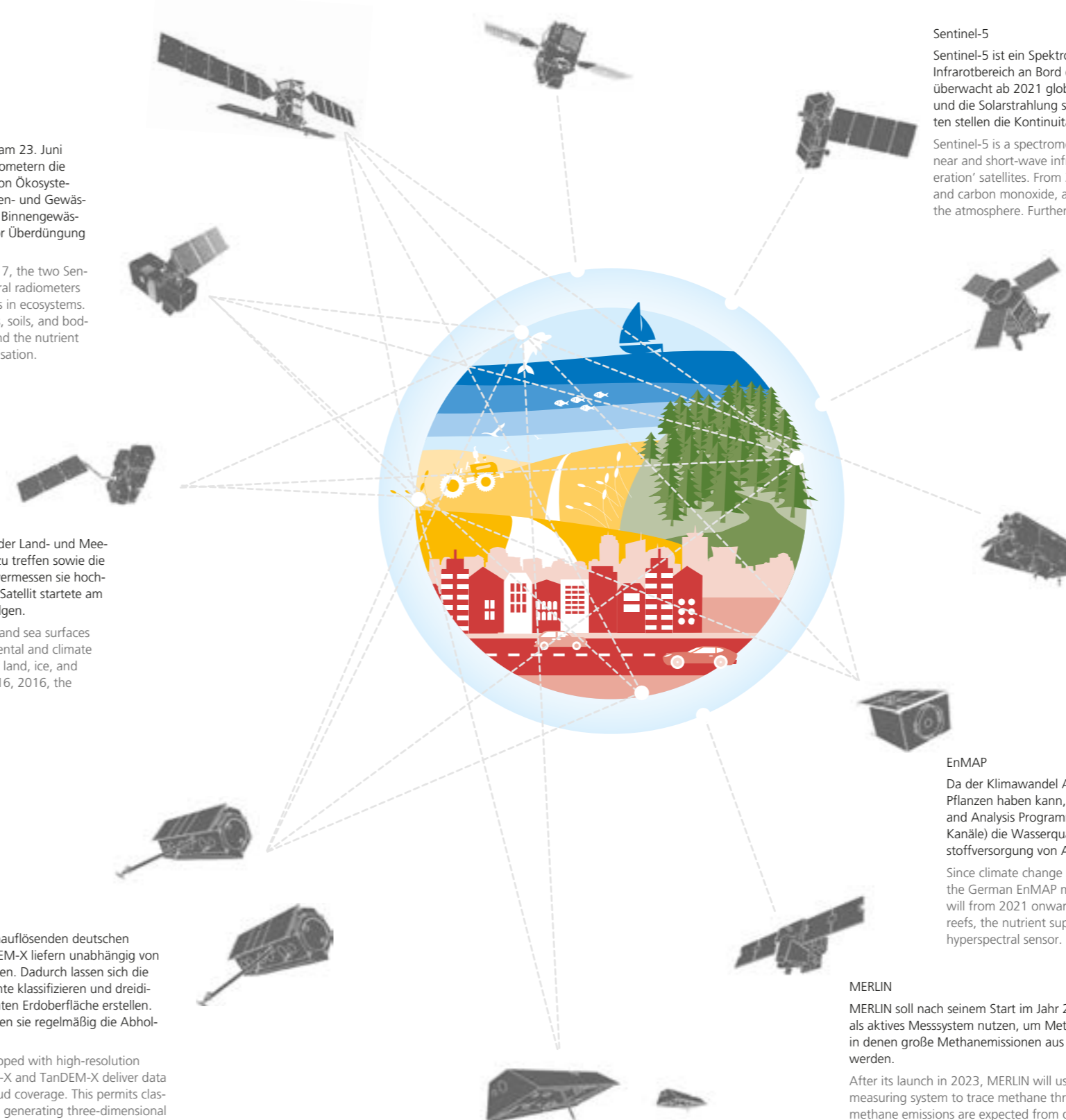
MERLIN soll nach seinem Start im Jahr 2023 einen LIDAR-Sensor (Light Detection And Ranging) als aktives Messsystem nutzen, um Methan ganzjährig aufzuspüren – vor allem in Polarregionen, in denen große Methanemissionen aus Gashydraten und auftauenden Permafrostböden erwartet werden.

After its launch in 2023, MERLIN will use a LIDAR sensor (Light Detection And Ranging) as an active measuring system to trace methane throughout the year – mainly in the polar regions, where large methane emissions are expected from gas hydrates and thawing permafrost soils.

GRACE

Die GRACE-Mission (Gravity Recovery and Climate Experiment) hat bis 2017 mit ihren beiden baugleichen Satelliten zum Verständnis des Klimawandels beigetragen. Die Folgemission GRACE Follow-on wird ab April 2018 die Messungen zu den jahreszeitlichen Schwankungen im Wasserbudget der Kontinente und den Veränderungen der Eismenge in Arktis und Antarktis fortsetzen.

Comprising two satellites of identical construction, the GRACE mission (Gravity Recovery and Climate Experiment) helped us understand climate change until 2017. From April 2018 onwards, the successor mission GRACE Follow-on will continue measuring seasonal fluctuations in the water budget of the continents and changes in the quantity of ice in the Arctic and Antarctic.



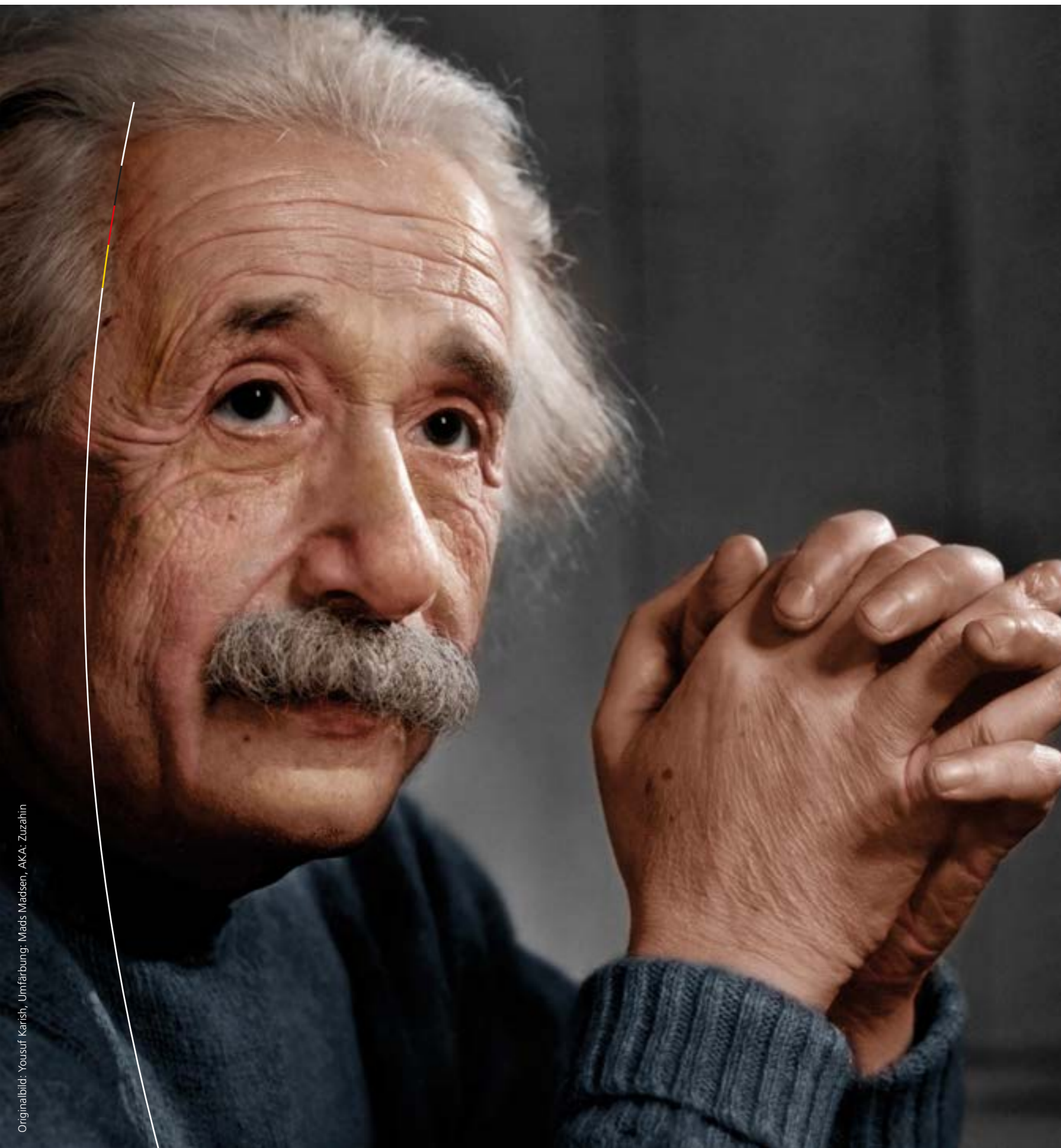


Feuriges Kalifornien

Erdbeobachtungssatelliten liefern uns einen Blick aus der Vogelperspektive: Ein Sentinel-2-Satellit des europäischen Copernicus-Programms hat beobachtet, wie im Dezember 2017 Waldbrände im Nordwesten der südkalifornischen Metropole Los Angeles gewütet haben. Flammen und Rauch waren deutlich aus dem All zu erkennen. Während Hunderte Feuerwehrleute die Brände bekämpften, mussten 200.000 Bewohner ihre Häuser verlassen. Laut den Rettungskräften ist die Wildfeuersaison 2017 die schlimmste in der Geschichte dieses US-amerikanischen Bundesstaates gewesen. Erst aus der Satellitenperspektive wird das Ausmaß dieser Feuer deutlich. Das schlimmste – bekannt als Thomas Fire – hat die ganze Innenstadt von Ojai und den Norden der Stadt Ventura verwüstet (ganz links im Bild). Die beiden anderen Feuer sind das Rye Fire in der Nähe von Santa Clarita (Bildmitte) und das Creek Fire in der Nähe der Stadt Sylmar (rechts).

Blazing California

Earth observation satellites offer a bird's eye view: a Sentinel-2 satellite from the European Copernicus programme captured this image of the devastating forest fires that raged in the north west of Southern California's metropolis, Los Angeles. Flames and smoke could clearly be seen from space. 200,000 residents had to leave their homes while hundreds of firefighters were struggling to contain the flames. According to the incident management teams, the 2017 wildfire season has been the worst in state history. Only a satellite perspective can provide a view of the full extent of these fires. The worst one, known as Thomas Fire, burned down the entire inner city of Ojai and the northern part of Ventura (far left). The two other fires are Rye Fire which affected the area of Santa Clarita (centre) and Creek Fire near the city of Sylmar (right).



WELTGRÖSSTES OBSERVATORIUM

Von LISA Pathfinder zum Gravitationswellen-Observatorium LISA

Von Dr. Hans-Georg Grothues und Dr. Jens Reiche

Schon vor einhundert Jahren sagte Albert Einstein voraus, dass sehr schnell veränderliche Massen die Raumzeit, die er in seiner Allgemeinen Relativitätstheorie angenommen hatte, in Schwingungen versetzen würden. Diese Schwingungen würden sich als Gravitationswellen ausbreiten und als periodische Änderungen aller Längen auch auf der Erde nachweisen lassen – wenn der Effekt nicht so winzig wäre, dass selbst kilometerlange Strecken nur um geringe Bruchteile des Durchmessers eines Atomkerns gedehnt oder gestaucht würden. Einstein selbst glaubte daher nicht, dass man sie jemals würde beobachten können. Jahrelang geriet seine Vorhersage in Vergessenheit. Erst um 1960 begann man, ernsthaft an ihrem experimentellen Nachweis zu arbeiten. Dennoch blieben die Gravitationswellen mehr als fünfzig Jahre lang in den Tiefen der Raumzeit verborgen. Es gab nur einige indirekte Hinweise auf ihre Existenz. Erst im September 2015 wurden Gravitationswellen erstmals beobachtet: Mit diesem direkten Nachweis beginnt nun ein neues Zeitalter – die sogenannte „Multi-Messenger-Astronomie“. Unterschiedliche Beobachtungsmöglichkeiten von den Radiowellen bis zu den Gammastrahlen, der kosmischen Teilchenstrahlung, den Neutrinos und Gravitationswellen werden miteinander kombiniert, um wichtigen astronomischen Ereignissen auf die Spur zu kommen. Gravitationswellen-Observatorien spielen hierbei eine sehr große Rolle: Wird das Licht anderer Teleskope durch vielerlei Effekte abgelenkt, umgewandelt und unterwegs verschluckt, so werden Gravitationswellen nicht durch Materie absorbiert und können daher zu ihrem Ursprung zurückverfolgt werden. So wird das europäische Gravitationswellen-Observatorium LISA ab dem Jahr 2034 mit seinem niederfrequenten Empfangsbereich ganz neue Erkenntnisse über unser Universum liefern. Das DLR Raumfahrtmanagement ist bei dieser Mission – dem größten Teleskop der Welt – über das Programm der Europäischen Raumfahrtagentur ESA stark beteiligt, wobei vor allem Forscher des Max-Planck-Instituts für Gravitationsphysik/Albert-Einstein-Instituts (AEI) in Hannover eine führende Rolle spielen.

THE WORLD'S LARGEST OBSERVATORY

From LISA Pathfinder to the LISA gravitational-wave observatory

By Dr Hans-Georg Grothues and Dr Jens Reiche

As early as a century ago, Albert Einstein predicted that swiftly changing masses would cause spacetime – a concept he had postulated in his General Theory of Relativity – to oscillate. These oscillations would propagate as gravitational waves and be measurable as periodic length changes everywhere, including the Earth – except that the effects would be so tiny that even lengths of several kilometres would be stretched and compressed only by small fractions of the diameter of an atomic nucleus. For this reason, Einstein himself did not believe that it would ever be possible to observe gravitational waves. Consequently, his prediction has fallen into oblivion for many years. It was not until about 1960 that scientists began to work seriously on experimental proof. However, gravitational waves have remained hidden in the depths of spacetime for more than fifty years. There were only indirect clues indicating that they did exist. In September 2015, gravitational waves were for the first time observed directly, an event which marked the beginning of the new age of ‘multi-messenger astronomy’. A combination of various observation options including radio waves, gamma rays, cosmic-particle radiation, neutrinos and, of course, gravitational waves will now help us understand big astronomical events. The part played by gravitational-wave observatories in this context is very important, for these waves are not absorbed by matter and thus can be traced back to their source, whereas the light used by conventional telescopes may be deflected, distorted, or obscured on the way. We will now be able to make sense of important astronomical phenomena from their very origin. Thus, from 2034 onwards, the European gravitational-wave observatory LISA with its low-frequency reception will supply us with entirely novel discoveries about the nature of the universe. Through the programme of the European Space Agency (ESA), the DLR Space Administration is strongly involved in this mission, with researchers from the Max Planck Institute for Gravitational Physics/ the Albert-Einstein-Institute (AEI) in Hanover playing a leading part.

Von seiner Theorie bis zum größten Observatorium der Welt: Albert Einsteins Vorhersagen der Gravitationswellen und ihre spätere Entdeckung haben das Tor zur Multimessenger-Astronomie aufgestoßen und lassen uns tiefer als je zuvor in die Geschichte des Weltalls blicken.

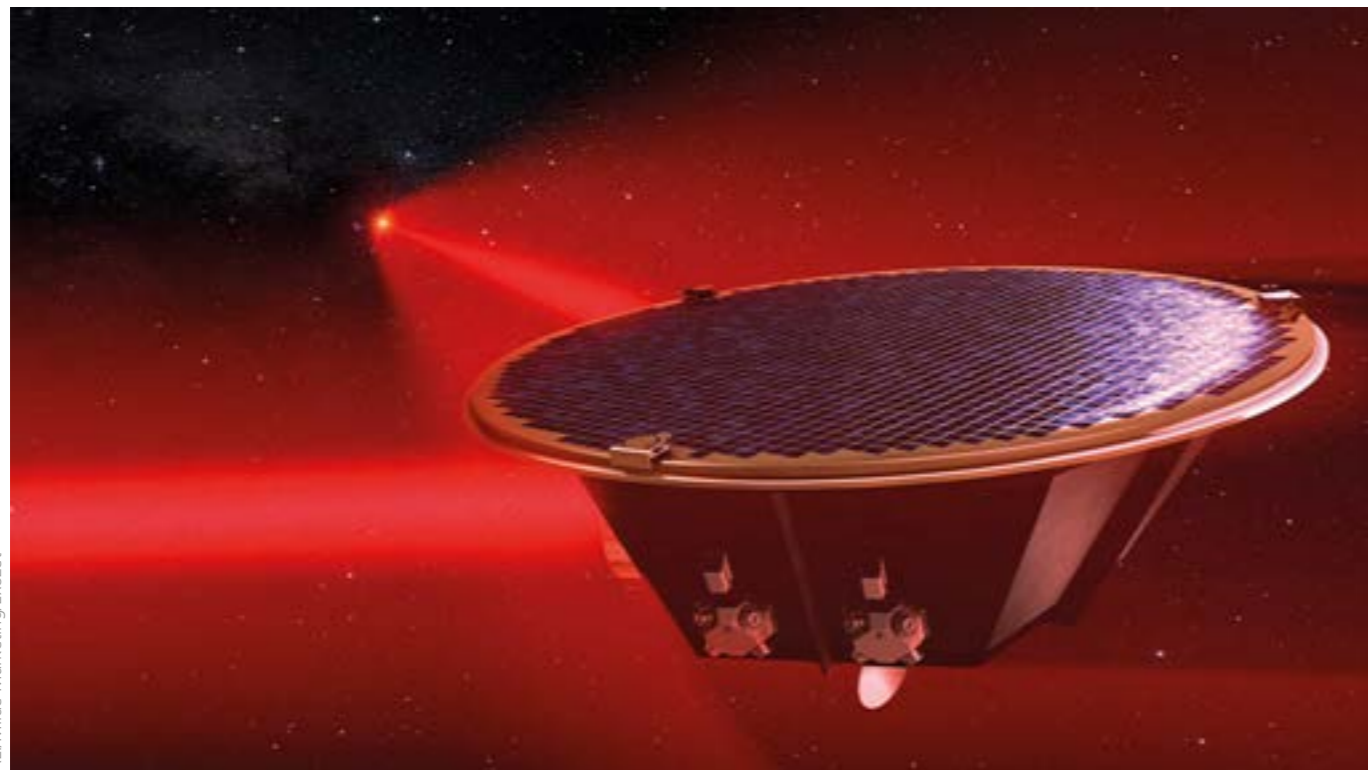
A theory that led to the world's largest observatory: Albert Einstein's prediction of gravitational waves and their eventual discovery have opened the door to the world of multi-messenger astronomy and enable us to look deeper into the history of the universe than ever before.

LISA und LIGO

Am 20. Juni 2017 hat die Europäische Weltraumagentur ESA das Gravitationswellen-Observatorium LISA (Laser Interferometer Space Antenna) als die dritte große Mission in ihrem „Cosmic Vision“-Programm ausgewählt. LISA soll spätestens 2034 starten und wird dann als das größte jemals gebaute Weltraumobservatorium Gravitationswellen der energiereichsten Ereignisse im All beobachten und eine detaillierte Untersuchung ihrer Quellen erlauben. Nach der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie sind Gravitationswellen Schwingungen der Raumzeit, die durch hohe Beschleunigungen sehr großer Massen im Weltall hervorgerufen werden. Von Einstein bereits 1916 vorhergesagt, gab es lange Zeit nur indirekte Hinweise auf deren Existenz. Erst im September 2015 gelang nach mehr als 30 Jahren Vorbereitung mit den LIGO-Observatorien (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory) in den USA und unter maßgeblicher Beteiligung deutscher Wissenschaftler – insbesondere des Albert-Einstein-Instituts (AEI) und von GEO600 in Hannover – der erste direkte Nachweis von Gravitationswellen. Bei diesem ersten Ereignis, bezeichnet als GW150914, sind zwei Schwarze Löcher von 29 beziehungsweise 36 Sonnenmassen miteinander verschmolzen und haben dabei für Sekundenbruchteile in Form von Gravitationswellen eine größere Energie als alle Sterne des Weltalls zusammen abgestrahlt. Seitdem sind weitere ähnliche Ereignisse beobachtet worden – darunter am 17. August 2017 die erste Verschmelzung zweier Neutronensterne in einer nahen Galaxie. Neutronensterne sind die kompakten Überreste massereicher Sterne, bei denen sich maximal die doppelte Masse unserer Sonne in nur etwa 20 Kilometer Durchmesser konzentriert (siehe Ausgabe 34 der COUNTDOWN).

Gewaltige Zusammenstöße im Universum

LISA wird die Beobachtungen der bodengebundenen Gravitationswellen-Observatorien wie etwa LIGO ergänzen und Gravitationswellen mit deutlich niedrigeren Frequenzen beobachten. Während LIGO im Bereich von einigen zehn bis hin zu mehr als 1.000 Hertz empfindlich ist, wird LISA Schwingungen zwischen einigen Hunderttausendstel und etwa einem Hertz empfangen. Bei LISA werden damit Signale von Gravitationswellen erwartet, die im Vergleich zu LIGO durch Quellen mit sehr viel größeren Massen hervorgerufen werden. Verschmelzen zum Beispiel Schwarze Löcher mit Tausenden bis zu mehreren Millionen Sonnenmassen in den Zentren von Galaxien miteinander, wird LISA diese gewaltigen Zusammenstöße bis nur wenige 100 Millionen Jahre nach dem Urknall zurückverfolgen können – eine Reise in die ferne kosmische Vergangenheit. Weiterhin wird der Nachweis von „Extreme Mass Ratio Inspirals“ (EMRIs)



AEI/Milde Marketing/Exozet

LISA and LIGO

On June 20, 2017, the European Space Agency (ESA) selected the gravitational-wave observatory LISA (Laser Interferometer Space Antenna) to be the third large mission in its 'Cosmic Vision' programme. Scheduled for launch in 2034 at the latest, this largest space observatory of all time will search for gravitational waves emitted by the most energetic events in the universe, permitting the sources of these waves to be investigated in detail. According to Einstein's General Theory of Relativity, gravitational waves are oscillations of spacetime that are caused by very large masses being accelerated rapidly. Though predicted by Einstein in theory as early as 1916, there has been no direct evidence of the existence of these waves for a long time. It was not until September 2015 that researchers in the USA were able to demonstrate the existence of gravity waves directly, after having spent more than 30 years preparing the Laser Interferometer Gravitational-wave Observatories (LIGO), an effort in which German scientists – mainly from the Albert-Einstein-Institute (AEI) and from GEO600 – played a significant part. The first event studied in this way, known as GW150914, involved the merger of two black holes of 29 resp. 36 times the mass of our Sun. For a few fractions of a second, the event generated a gravitational wave that emitted more energy than all stars in the universe combined. Since that time, a number of similar events have been observed, such as the merger of two neutron stars in a nearby galaxy on August 17, 2017. Neutron stars are the collapsed remnants of massive stars in which up to twice the mass of our Sun is concentrated in a diameter of a mere 20 kilometres (see COUNTDOWN edition 34).

Gigantic collisions in the universe

Complementing the observations of the ground-based gravitational-wave observatories like LIGO, LISA will watch out for gravity waves of much lower frequency. While LIGO is sensitive to the range between a few tens to more than 1000 Hertz, LISA will receive oscillations between a few hundred thousandths down to about one Hertz. In other words, the gravity-wave signals studied with LISA will have been emitted by sources that are far more massive than those observed by LIGO. If, for example, black holes with masses of thousands or even millions of times that of our Sun merge in the centres of galaxies, LISA will be able to trace these gigantic collisions back to a few hundred million years after the Big Bang – a journey into a very distant cosmic past. Moreover, LISA is expected to show evidence of extreme mass ratio inspirals (EMRIs) which involve a low-mass black hole plunging into one of much greater mass. Finally, we will be able to 'see' the signals emitted by thousands of compact short-period binary stars in our galaxy. Tracking sources like GW150914 over time offers extraordinary additional research opportunities inasmuch as they will be observable first by LISA and months or years later by ground-based observatories as they spiral in. In addition, events like the merger of

LISA wird spätestens ab 2034 Gravitationswellen im Welt- raum beobachten. Drei Sonden, ähnlich der hier künstlerisch dargestellten, werden im Weltraum das größte von Men- schen geschaffene Observatorium in Form eines Dreiecks mit einer Seitenlänge von 2,5 Millionen Kilometern aufspannen.

LISA will be ready to observe gravitational waves by 2034. Three space probes similar to this artist's impression will form a triangle constellation in space with a side length of 2.5 million kilometres. It will be the largest observatory ever created by humans.



Shoemaker

Dr. David H. Shoemaker

COUNTDOWN-Interview
mit Dr. David H. Shoemaker, MIT Kavli Institute,
Sprecher der Internationalen LIGO Scientific Col-
laboration, Cambridge (Massachusetts/USA)

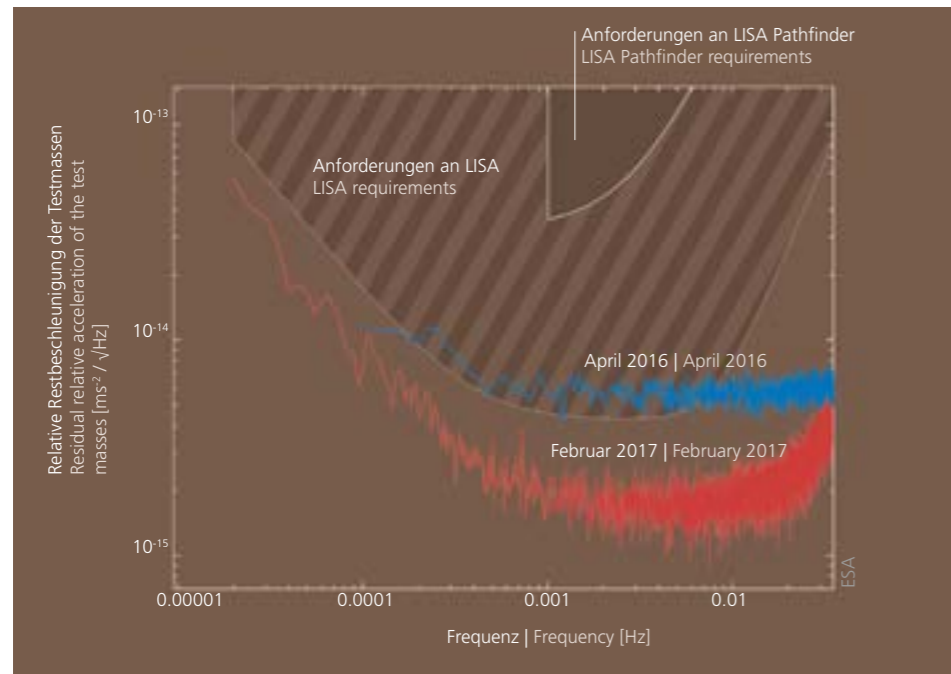
**Herr Dr. Shoemaker, wie wichtig sind Weltraum-Observa-
torien wie LISA angesichts der Tatsache, dass die Existenz
von Gravitationswellen nun auch vom Boden aus nachge-
wiesen wurde?**

: Wichtiger denn je. Nach den mit LIGO (und Virgo) durchge-
führten Messungen an binären Schwarzen Löchern und einem
binären Neutronenstern haben wir nun keinen Zweifel mehr
daran, dass unsere Interpretation der physikalischen Zusammen-
hänge in Bezug auf die Quellen, Emissionen und das Detek-
tionskonzept richtig ist. Das ist keine große Überraschung. Aber
jetzt zeigt sich ganz klar, wie diese neu entdeckten „Boten“ der
Gravitationswellen sich in andere astrophysikalische Beobach-
tungen einordnen lassen, und die Möglichkeit, mit LISA super-
massive Objekte zu beobachten, ist ein ähnlicher Sprung wie die
Einführung der Radioteleskopie in einer Zeit, als man bis dato
nur optische Instrumente besaß.

COUNTDOWN Interview
with Dr David H. Shoemaker, MIT Kavli Institute,
Spokesperson for the LIGO Scientific Collabora-
tion, Cambridge (Massachusetts/USA)

**Dr Shoemaker, what is the relevance of gravitational wave
observatories in space like LISA in the light of the recent
detections of gravitational waves from the ground?**

: Greater than ever. With the LIGO (and Virgo) detections of
binary black holes and a binary neutron star, we now have no
doubt that our understanding of the physics is correct for the
sources, emission, and detection concepts. That's not too surpris-
ing. But now we see so clearly how the additional 'messenger'
of gravitational waves can be combined with other astrophysical
observations, and LISA's new observation domain of super-mas-
sive objects will be like adding radio telescope observations to
optical observations.



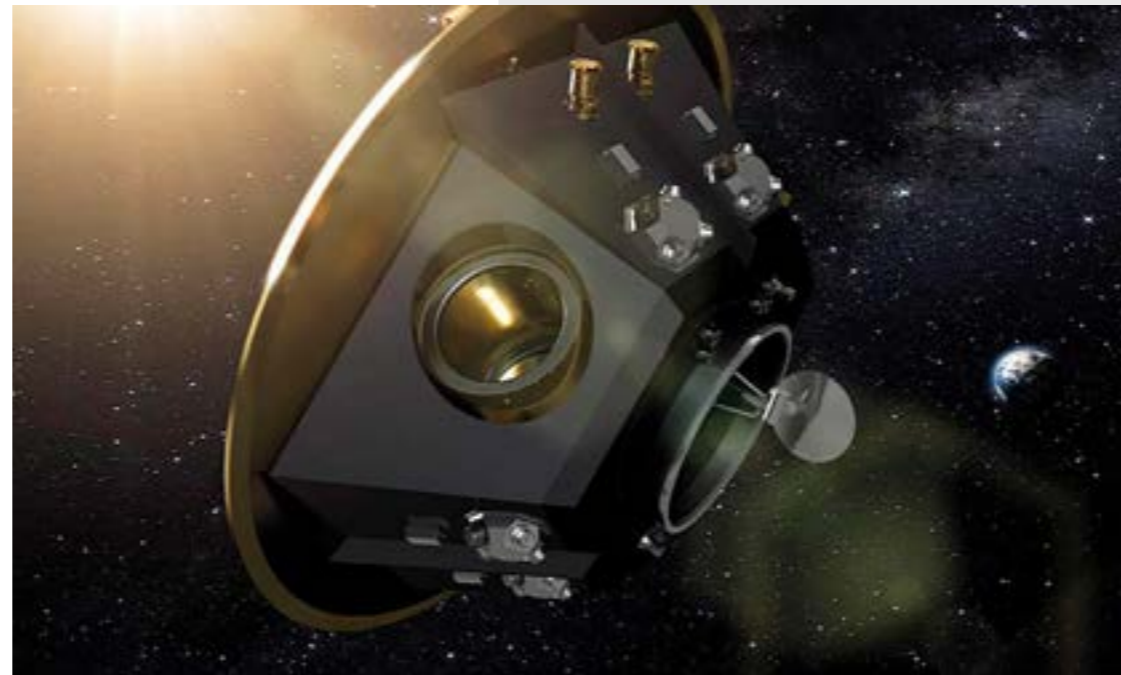
Vergleich der Ergebnisse von LISA Pathfinder mit den Anforderungen. Das Diagramm zeigt die noch vorhandenen Störkräfte abhängig von der Frequenz der Störungen. Messungen vom April 2016 und Februar 2017 sind dabei farblich dargestellt. Die Anforderungen für LISA Pathfinder beziehungsweise LISA sind ebenfalls gekennzeichnet. Gegen Ende der Mission, im Februar 2017, lagen auch bei niedrigen Frequenzen alle Messungen zum Teil deutlich unter den Anforderungen für LISA. Nahe dem Minimum der Messkurve entspricht dies einer Beschleunigung von nur noch einem Hundertstel Millionstel Millionenstel der Erdbeschleunigung.

LISA Pathfinder results compared with requirements. The diagram shows the residual disturbances as a function of their frequency. Measurements taken in April 2016 and in February 2017 have been marked in blue and red. The requirements for LISA Pathfinder and LISA, respectively, are also shown. Towards the end of the mission in February 2017, all measurements, including those at low frequencies, were found to be significantly below the requirements set for LISA. Near the minimum of the measurement curve this corresponds to an acceleration of no more than one hundredth of a millionth of a millionth of the Earth's gravity.

erwartet, bei denen ein massearmes in ein viel massereicheres Schwarzes Loch stürzt. Schließlich werden auch die Signale Tausender kurzperiodischer und kompakter Doppelsterne in unserer Milchstraße zu „sehen“ sein. Eine besondere Möglichkeit bietet sich bei der zeitlichen Verfolgung von Quellen wie GW150914, die beim Einspiralen zunächst von LISA und Monate und Jahre später dann durch Observatorien wie LIGO vom Erdboden beobachtet werden können. Ereignisse wie die Verschmelzung von Neutronensternen lassen sich dazu auch bei elektromagnetischen Wellenlängen vom Radio- bis in den Gammabereich untersuchen. Dies wird so zu einer „Multimessenger-Astronomie“ führen, bei der alle verfügbaren Beobachtungskanäle genutzt werden.

Eine lange Geschichte ...

Bereits 1984 gab es in den USA einen ersten Vorschlag, mit einer Laserinterferometrie im All zwischen rund eine Million Kilometer voneinander entfernten, kräftefrei schwebenden Sonden nach niederfrequenten Gravitationswellen zu suchen. Eine LISA-ähnliche Mission wurde dann 1992/93 durch eine Gruppe europäischer Wissenschaftler unter der Führung von Karsten Danzmann (heute Principal Investigator von LISA am AEI) vorgeschlagen und von der ESA in einer Machbarkeitsstudie untersucht. Knapp drei Jahre später entstand daraus ein Vorschlag für eine „Cornerstone-Mission“ der ESA, die dann schließlich im Jahr 1997 zu einem gemeinsamen europäisch-amerikanischen LISA-Missionskonzept mit drei Sonden in Abständen von rund fünf Millionen Kilometern führte. Nach verschiedenen Systemstudien und ausführlichen Technologieuntersuchungen wurde LISA im Jahr 2007 in den Auswahlprozess der ESA für die drei großen (L-) Missionen in deren „Cosmic Vision Programme“ aufgenommen. Aus Kostengründen beschloss jedoch die NASA im April 2011, ihren Beitrag zurückzuziehen. Deshalb wurde seitens der ESA entschieden, die Mission rein europäisch und in reduzierter Form umzusetzen. In den Missionsstudien zu LISA wurden bereits in den 1990er-Jahren einige Technologien erkannt, die auf der Erde wegen der Schwerkraft und weiterer Störeffekte nur unzureichend getestet werden konnten. Dazu zählte insbesondere das sogenannte Inertialsystem mit seinen freifliegenden Testmassen und den äußerst fein regelbaren Steuertriebwerken mit sehr geringer Schubkraft im Mikronewtonbereich. Deshalb entstand 1998 die Idee einer Pfadfindermission, aus der dann schließlich LISA Pathfinder (siehe Ausgabe 17 und 31 der COUNTDOWN) hervor-



neutron stars may be investigated in the light of electromagnetic wavelengths ranging from radio to gamma radiation. All this will eventually lead up to a kind of 'multi-messenger astronomy', which uses all channels available for observation.

A long story...

The first proposal to search for low-frequency gravitational waves by means of a laser interferometer based on a constellation of probes suspended freely in space about one million kilometres apart came from scientists in the USA as early as 1984. In 1992/93, then, a mission very similar to LISA was proposed by a group of European scientists headed by Karsten Danzmann (now the principal investigator of LISA at the AEI). The proposal was reviewed by ESA in a feasibility study. Nearly three years later, this led to the proposal for an ESA cornerstone mission, which ultimately, in 1997, resulted in a joint US-European mission concept involving three probes spaced around five million kilometres apart. Following several system studies and detailed technology evaluations, ESA decided in 2007 to include LISA in the selection process for the three large (L) missions in its 'Cosmic Vision' programme. In April 2011, however, NASA resolved to withdraw its contribution for budgetary reasons. Consequently, ESA decided to implement the mission on a purely European and somewhat reduced scale. In the 1990s, the studies relating to the LISA mission revealed some technologies that could only be tested inadequately on Earth because of the influence of gravitation and other spurious disturbances. In particular, these included the so-called inertial system with its free-floating test masses and the attitude control thrusters designed to make extremely small corrections, operating in the micro-newton range. To address this problem, the idea emerged in 1998 to implement a precursor mission called LISA Pathfinder (see COUNTDOWN)

Was war und was ist Ihre persönliche Rolle bei der Entwicklung der Grundidee, die nun in LISA Gestalt annimmt?

: Ich war schon recht früh an dem Prozess beteiligt, etwa seit dem Jahr 2000, als die ersten Ideen für das Missionskonzept zusammengetragen wurden. Später durfte ich dann an der Koordination des amerikanischen Beitrags zu diesem von der ESA geführten Projekt in seiner heutigen Form mitwirken und habe die technischen Vorstudien zur Auswahl möglicher US-Beiträge mit auf den Weg gebracht. Es sind spannende Zeiten.

What was and what is your personal role in the development of the idea that will now become LISA?

: I had some early involvement, around 2000, as the concepts of the mission were first coming together. More recently, I was able to help organize the effort in the US to complement the European ESA leadership of the project as it is now formulated, and launch the technical studies in the US for the likely contributions. It has been a very exciting time just now.

Was werden nach Ihrer Erwartung die wichtigsten wissenschaftlichen Ergebnisse von LISA sein?

: Das weiß ich nicht, aber ich hoffe auf möglichst unerwartete Erkenntnisse. Ich bin gespannt, welche Überraschungen die Natur wohl für uns bereithält.

What do you expect to be the most important scientific results of LISA?

: I don't know, but I can say that what I really hope for are unanticipated results: what surprises can nature send us?

Welche technischen und wissenschaftlichen Herausforderungen liegen auf dem Weg zu LISA noch vor Ihnen?

: Viele der größten Herausforderungen wurden ja schon von dem Programm LISA Pathfinder aus dem Weg geräumt. Das Kernproblem wird jetzt wohl die Übertragung von Lichtsignalen über Millionen von Kilometern hinweg sein. Ich bin sowohl erfreut als auch ein wenig besorgt bei der Aussicht, dass die USA die Verantwortung für das Teleskop übernehmen werden. Diese wichtige Komponente ist die Einzige, die nicht bereits mit LISA Pathfinder erprobt wurde, für die Leistung von LISA aber von kritischer Bedeutung ist.

What will be the most important technical and scientific challenges still on the way to LISA?

: So many of the greatest challenges have been completely resolved by LISA Pathfinder. But the transmission of light over millions of kilometres is probably the key point, now, and I am both pleased and a little anxious that it is likely that the US will take on the responsibility for the telescope. This is the one major element that was not part of LISA Pathfinder but is critical to the performance of LISA.

Welchen persönlichen Rat geben Sie dem LISA-Konsortium mit auf den Weg?

: Auch wenn die Zeit bis zum Start sehr lang erscheint, bleibt noch viel zu tun, bis die Hardware im Orbit ist und wir wissen, wie wir mit den zurückkommenden Signalen umzugehen haben. Also: dranbleiben.

What is your personal advice to the LISA consortium?

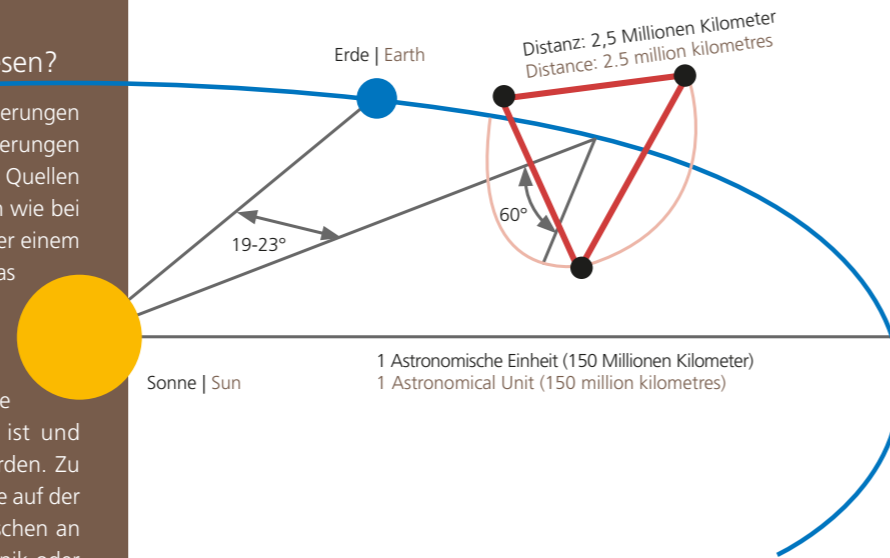
: **Although** launch seems a long time from now, there is also a great deal to accomplish before we have hardware in orbit and we know what to do with the signals coming back. Keep up the momentum.

Wie werden Gravitationswellen nachgewiesen?

Gravitationswellen machen sich als winzige Abstandsänderungen auf der Erde wie auch im All bemerkbar. Die Längenänderungen – hervorgerufen durch die Gravitationswellen typischer Quellen – liegen auch bei einer Messstrecke von vier Kilometern wie bei LIGO lediglich bei einigen Hundertstel Femtometern oder einem Hundertstel des Durchmessers eines Wasserstoffkerns. Das haben auch die ersten Messungen von GW150914 gezeigt. Kürzere Messstrecken werden entsprechend weniger gedehnt und gestaucht. Derart winzige Längenänderungen lassen sich nur dann nachweisen, wenn die Laserinterferometrie als Sensor extrem empfindlich ist und zugleich alle Störquellen konsequent unterdrückt werden. Zu diesen Störquellen gehören Erschütterungen aller Art, die auf der Erde etwa durch den Verkehr oder das Brandungsrauschen an weit entfernten Küsten, das Rauschen der Messelektronik oder winzige Intensitätsschwankungen des verwendeten Laserlichts verursacht werden. Bei Interferometern im All wie LISA spielen auch Effekte wie der Strahlungsdruck der Sonne oder die kosmische Teilchenstrahlung eine Rolle. Außerdem müssen Störungen durch das Messinstrument selbst vermieden werden. Ein Laserinterferometer besteht im einfachsten Falle aus zwei Armen, an deren Enden sich jeweils ein Spiegel befindet. Der Strahl eines Lasers wird über einen Strahlteiler in beide Arme eingekoppelt. Trifft eine Gravitationswelle auf das Interferometer, löst dies wechselseitige periodische Änderungen der Armlängen aus, deren zeitliche Schwankungen charakteristisch für deren Quelle sind. Mittels der Überlagerung der Laserstrahlen an einem Lichtsensor (Photodetektor) lassen sich schließlich winzigste Änderungen der Armlängen verfolgen.

How to detect gravitational waves

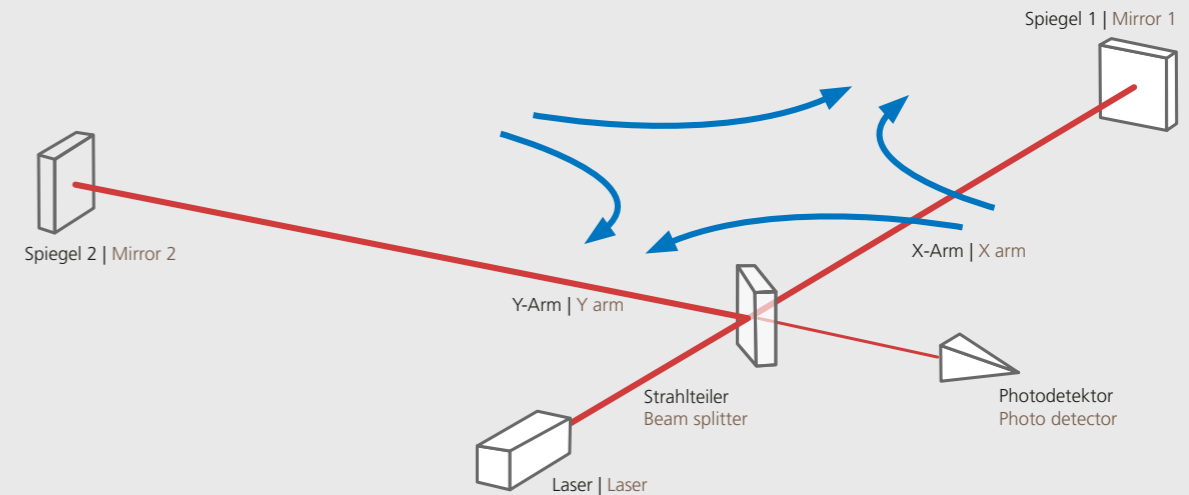
On Earth as well as in space, gravitational waves manifest themselves as infinitesimal changes in distance. Even when measured over a distance of four kilometres, as they are in the case of LIGO, these length variations caused by gravitational waves from typical sources do not exceed a few hundredth of a femtometre or one hundredth of the diameter of the nucleus of a hydrogen atom. This has been corroborated by the initial measurements of GW150914. With shorter measurement distances, the amount by which lengths are stretched or compressed is of course even smaller. Such minute length changes can be demonstrated only if the laser interferometer that serves as a sensor is extremely sensitive and all sources of disturbance are consistently suppressed. These disturbances include all kinds of vibrations caused by, for example, traffic, the sound of waves breaking on remote shores, the noise of electronics, or tiny fluctuations in the intensity of the laser beam. Space-based interferometers like LISA may even be influenced by the pressure of solar radiation and the impact of cosmic particles. Moreover, disturbances of the instrument itself have to be avoided. At its simplest, an interferometer consists of two arms with a mirror attached to the end of each. A laser beam is coupled into both arms via a beam splitter. A gravitational wave impacting the interferometer triggers alternating periodic changes in the length of the arms whose fluctuations over time are characteristic for the source of the wave. By superimposing the laser beams in a light sensor (photodetector) even the tiniest changes in the length of the arms may be detected.



ging. Diese Technologiedemonstrationsmission startete im Dezember 2015 und lieferte bis zum Ende der nominellen Mission im Oktober 2016 bereits sehr gute Messergebnisse, die dann während einer Missionsverlängerung bis Mitte 2017 noch einmal deutlich verbessert wurden. LISA Pathfinder hat schließlich alle Anforderungen und Erwartungen klar übertroffen und gezeigt, dass mit der erprobten Technologie auch die extremen Stabilitätsanforderungen an LISA erfüllt werden können.

Herausforderungen einer komplexen Mission

Die Satellitenkonfiguration von LISA wird ein Laserinterferometer mit etwa 2,5 Millionen Kilometer Armlänge bilden, das durch drei Sonden an den Ecken eines nahezu gleichseitigen Dreiecks aufgespannt wird. Wichtig für die Auslegung der Sonden und des Interferometers ist die geringfügige „Atmung“ der Konfiguration, das heißt die Variation des im Idealfall gleichseitigen Dreiecks infolge der Bahndynamik. Dies erfordert eine aktive Kompensation und eine besondere Kalibration der Messdaten am Boden. An Bord einer jeden Sonde werden sich jeweils zwei Teleskope befinden, die Lasersignale senden und zugleich empfangen können. Jedem von ihnen ist eine verspiegelte Testmasse zugeordnet, wie sie bereits bei LISA Pathfinder zum Einsatz gekommen ist. Diese Würfel aus einer Gold- und Platin-Legierung mit einer Kantenlänge von gerade einmal 46 Millimetern schweben während des Messbetriebs frei in ihrem Gehäuse und bilden die Spiegel an den Enden der jeweiligen Interferometerarme. Die äußeren Störeinflüsse auf die Sonden – verursacht etwa durch den Strahlungsdruck der Sonne, Magnetfelder oder wechselnde Gravitationskräfte – werden durch den Aufbau der Sonden weitgehend abgeschirmt oder mit Hilfe eines sogenannten „Drag-Free Attitude Control Systems“ und Mikro-newton-Triebwerken ausgeglichen.



editions 17 and 31). Launched in December 2015, this technology demonstrator mission had already delivered a range of excellent data at the time of its official end in October 2016, which were again significantly improved when the mission was extended to the middle of 2017. All in all, LISA Pathfinder clearly out-performed all expectations and requirements, proving that the technology is capable of meeting even the high-accuracy stability control requirements of LISA.

Challenges of a complex mission

LISA's satellite configuration will form a laser interferometer with arms about 2.5 million kilometres in length which stretch between three probes positioned at the corners of an almost equilateral triangle. A factor of importance for the design of the probes and the interferometer is a slight 'breathing' of the configuration, that means a deviation from its ideal equilateral shape that is caused by dynamical disturbances within the orbit. This demands active compensation as well as a special calibration of the measurement data on the ground. Each probe will carry two telescopes capable of transmitting and receiving laser signals simultaneously. Each of these will be assigned to a reflecting test mass of the kind already used in LISA Pathfinder. Consisting of gold and platinum alloy, these cubes with an edge length of barely 46 millimetres will float freely within their housing during operation, representing the mirrors at the end of each interferometer arm. Disturbances impacting the probes from the outside – the radiation pressure of the Sun, magnetic fields, or changing gravitational forces – will be either suppressed by the structure of the probes or compensated by a so-called drag-free attitude control system featuring micro-newton thrusters.

Links oben: LISA besteht aus einer Konfiguration von drei baugleichen Sonden, die in einem nahezu gleichseitigen Dreieck mit 2,5 Millionen Kilometer Seitenlänge angeordnet sind. Diese Konfiguration ist um 60 Grad gegen die Erdbahn geneigt und folgt der Erde in ihrem Umlauf um die Sonne in einem Abstand von etwa 50 bis 65 Millionen Kilometern. Dabei rotiert sie während des einjährigen Umlaufs einmal um sich selbst.

Rechts oben: Prinzip eines Laserinterferometers zum Nachweis von Gravitationswellen. Die blauen Pfeile deuten den Durchgang einer Gravitationswelle an.

Upper left: LISA is a configuration of three identical probes positioned in a nearly equilateral triangle, the sides of which measure 2.5 million kilometres in length. The configuration is tilted against the Earth's orbit by an angle of 60 degrees. It follows the orbit of the Earth around the Sun at a distance of between roughly 50 and 65 million kilometres. During a one-year revolution it spins around its own axis once.

Upper right: principle of a laser interferometer for the detection of gravitational waves. The blue arrows indicate the passage of a gravitational wave.



Autoren: **Dr. Hans-Georg Grothues** (links) betreut die LISA-Mission in der Abteilung Extraterrestrik des DLR Raumfahrtmanagements. **Dr. Jens Reiche** ist Projektleiter des deutschen Beitrags zu LISA beim Max-Planck-Institut für Gravitationsphysik/Albert-Einstein-Institut in Hannover.

Authors: **Dr Hans-Georg Grothues** (left) is in charge of the LISA mission in the Space Science department of the DLR Space Administration. **Dr Jens Reiche** is the project manager of the German contribution to LISA at the Max Planck Institute for Gravitational Physics/Albert Einstein Institute in Hanover.



SPUREN IM SCHNEE

Das Studentenprogramm REXUS/BEXUS feiert zehnjähriges Jubiläum

Von Dr. Michael Becker und Martin Fleischmann

Es ist kalt. Für Europäer aus der gemäßigten Klimazone ist es für Mitte März sogar unglaublich kalt. Doch wir befinden uns nicht in einer gemäßigten Klimazone. Wir sind über Frankfurt am Main und Stockholm in einem kleinen, tiefverschneiten schwedischen Bergbaustädtchen am Nordpolarkreis gelandet. Kiruna ist allerdings auch noch nicht unser Ziel. Von dort aus geht es rund 40 Kilometer über einsame Pisten zwischen riesigen Schneebergen zur schwedischen Startanlage Esrange. Hier werden zwei Wochen später Forschungsraketen Studentexperimente in bis zu 85 Kilometer Höhe tragen. Mit diesem Start geht für die Studierenden eine Reise zu Ende, die knappe 18 Monate zuvor mit einer Idee begonnen hat. Von diesem Moment an durchlaufen die Studierenden alle Stationen einer echten Weltraummission – ein harter Weg gespickt mit wertvoller Erfahrung, von der alle Teilnehmenden später profitieren werden. Denn viele Studierende werden hier von einer Begeisterung angesteckt, die sie nicht mehr los- und der Raumfahrt treu bleiben lässt. Zehn Jahre lang haben Nachwuchsforscher und -ingenieure – gefördert durch das REXUS/BEXUS (Raketen- und Ballon-Experimente für Universitäts-Studenten)-Programm des DLR Raumfahrtmanagements – in Nordschweden ihre Spuren im Schnee hinterlassen. Welche Wege sie hier zurücklegen mussten und wo sie ihre Fußspuren hingeführt haben, verraten wir Ihnen auf den nächsten Seiten.

TRACES IN THE SNOW

REXUS/BEXUS: A programme for the next space generation celebrates tenth anniversary

By Dr Michael Becker and Martin Fleischmann

It is cold. By the standards of a European from the temperate latitudes it is even incredibly cold, with it being the middle of March. But this is not a moderate climate zone. We flew from Frankfurt via Stockholm to a snow-ridden, tiny Swedish mining town at the northern polar circle. But even Kiruna is not our final destination. From there, we make our way along 40 kilometres of lonesome tracks leading through gigantic snowy peaks to Esrange, the Swedish rocket launch facility. This is where, in two weeks from now, a set of sounding rockets will carry student-built science experiments to an altitude of 85 kilometres. For the students, the launch marks the end of a journey which began nearly 18 months ago with an idea. Since then, students have run through every stage of a real space mission – a tough journey brim-full of valuable learning experiences which they will all benefit from in their later lives. While they are here, they are likely to catch a very contagious bug, a sense of enthusiasm that will never again let up and tie them to space forever. It is been ten years now since the first group of young researchers and engineers – sponsored by the REXUS/BEXUS programme (Rocket and Balloon EXperiments for University Students) run by the DLR Space Administration – have left their tracks in the snow of northern Sweden. Read the following pages to find out how much ground they have covered and where their footsteps have taken them.

Verschneites Nordschweden, aus einer Höhe von 77 Kilometern aufgenommen im März 2016 von der Bordkamera des Experiments von Team UB-SPACE auf REXUS 21

Snow-covered northern Sweden, seen from an altitude of 77 kilometres. The picture was taken in March 2016 with an on-board camera installed on REXUS 21 by Team UB-SPACE.



ESA

REXUS/BEXUS-Teilnehmer der Jahre 2016 und 2017 feiern das zehnjährige Jubiläum des REXUS/BEXUS-Programms während des 23. ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programs and Related Research in Visby (Schweden).

REXUS/BEXUS alumni from the 2016 and 2017 campaigns celebrate the tenth anniversary of the REXUS/BEXUS programme during the 23rd ESA Symposium on European Rocket and Balloon Programs and Related Research in Visby (Sweden).

Zehn Jahre Nachwuchsarbeit mit Experimenten auf Forschungsraketen und Stratosphärenballonen

Ohne Begeisterung kein Nachwuchs – ohne Nachwuchs keine Zukunft: Auf diese einfache Formel lässt sich die Herausforderung der Volkswirtschaften überall auf der Welt zusammenfassen. Gerade die Raumfahrtbranche ist als „Hochtechnologie-Branche“ auf qualifizierten Nachwuchs angewiesen. Das REXUS/BEXUS-Programm (Raketen- und Ballonexperimente für Universitätsstudenten) bietet dabei eine einzigartige Möglichkeit, junge Menschen aus ingenieur- und naturwissenschaftlichen Studiengängen für die Raumfahrt und damit für Naturwissenschaften und Ingenieursberufe insgesamt zu begeistern und auszubilden. Seit zehn Jahren bringt das DLR Raumfahrtmanagement die Ideen von Studierenden aus ganz Deutschland ins All, damit sie ihre Experimente unter den besonderen Bedingungen des Weltraums durchführen können.

Die Themengebiete der Experimente lassen sich grob in zwei Bereiche aufteilen: Zum einen nutzen Studierende die Möglichkeit des Flugs für Technologieerprobungen von zum Beispiel Satellitentechnik, zum anderen werden weite Bereiche der Naturwissenschaften wie Biologie, Physik und Atmosphärenforschung abgedeckt. Die Studierenden können ihr Experiment entweder auf einer REXUS-Forschungsrakete oder einem BEXUS-Stratosphärenballon unterbringen. Die fast sechs Meter langen Raketen besitzen einen Durchmesser von rund 36 Zentimetern und tragen bis zu fünf Experimente mit einem Gesamtgewicht von bis zu 40 Kilogramm. Knapp 300 Kilogramm Festtreibstoff bringen die Rakete in eine Höhe von bis zu 85 Kilometer. Stabilisiert wird sie im Flug durch die Drehung um ihre eigene Längsachse (Spin). Bei Bedarf können die Raketen mit einem Jo-Jo-System ausgestattet werden, das die Drehung in der Freiflugphase verringert. So können die Experimente auch in reduzierter Schwerkraft (circa einem Hundertstel der Erdschwerkraft) ablaufen. Bis zu fünf Minuten Experimentzeit bieten die Raketen während ihres ballistischen Fluges – rund zwei davon in reduzierter Schwerkraft.

Die BEXUS-Stratosphärenballone ermöglichen eine deutlich längere Experimentierzeit unter Weltraumbedingungen. Sie sind windabhängig zwei bis fünf Stunden unterwegs und tragen in der Regel fünf Experimente in eine Höhe von bis zu 35 Kilometern. Circa 100 Kilogramm beträgt das Gesamtgewicht der Nutzlast des Ballonsystems, dessen mit Helium gefüllte Hülle ein Volumen von 12.000 Kubikmeter besitzt. BEXUS bietet eine ideale Plattform für Experimente mit der Weltraum- oder Höhenstrahlung, für die Atmosphärenphysik oder für Technologieerprobungen für Weltraumanwendungen. Seit Gründung des Programms im Jahr 2007 wurden 20 Ballons und 19 Raketen mit über 150 Experimenten in elf Zyklen gestartet. Über 1.200 Studierende aus ganz Europa haben erfolgreich an dem Programm teilgenommen, davon rund 500 Teilnehmer von deutschen Hochschulen.



SSC

Vom nahe gelegenen Radar Hill des Raumfahrtzentrums Esrange beobachten Studierende den Start von REXUS 9.

Students watching the launch of REXUS 9 from the nearby radar hill at the Esrange Space Centre.

Ten years of student rocket and stratospheric-balloon experiments

No fun, no next generation – no next generation, no future: a simple formula that sums up the challenge faced by national economies all over the world. Being a high-tech sector, the space industry is even more dependent than others on skilled young talents. The REXUS/BEXUS programme (Rocket and Balloon Experiments for University Students) offers unique opportunities for enthusiastic young people in higher-education science and engineering courses, encouraging them to seek a career in the space industry, or in science and technology in general. For ten years now, the DLR Space Administration has been selecting research ideas submitted by students all over Germany, giving them a chance to carry out their experiments under the special conditions prevailing in space.

The research topics can be broadly subdivided into two categories. On the one hand, students can use the flight opportunities for technology testing in areas such as satellite components. On the other hand, their projects may come from any other area of science such as life sciences, physics, or atmospheric research. Students can fly their experiments either on a REXUS sounding rocket or on a BEXUS stratospheric balloon. Measuring nearly six metres in length, the rockets have a diameter of about 36 centimetres and can hold up to five experiments with a total weight of up to 40 kilogrammes. Powered by 300 kilogrammes of solid propellant, the rockets can reach an altitude of 85 kilometres. To stabilise their flight, REXUS rockets rotate about their longitudinal axis (spin). If necessary, the rockets can be equipped with a yo-yo system that reduces the spin during free flight. This is how they can be used for microgravity experiments at about one hundredth of earth's gravity. On their ballistic trajectory, the rockets offer up to five minutes of experimenting time, with two minutes under reduced-gravity conditions.

The BEXUS stratospheric balloons permit significantly longer time for research under space conditions. Depending on the wind, the balloons travel between two and five hours. They typically carry five experiments to an altitude of up to 35 kilometres. The total payload of the balloon system can weigh up to 100 kilogrammes. The balloon envelope has a volume of 12,000 cubic metres. BEXUS offers an ideal platform for experiments involving space of high-altitude radiation, atmospheric physics, as well as technology testing for space applications. Since its start in 2007, 20 balloons and 19 rockets carrying over 150 student experiments have been launched in eleven cycles. Over 1200 students from all over Europe have attended the programme successfully, of which 500 came from German universities.



DLR

Der Stratosphärenballon BEXUS 24 startete am 18. Oktober 2017 um 13:39 Uhr erfolgreich zu seinem Flug vom nordschwedischen Raumfahrtzentrum Esrange bei Kiruna. In der Gondel des Ballons waren vier Experimente von Studenten aus Deutschland, Schweden und Großbritannien untergebracht.

The stratospheric research balloon BEXUS 24 was successfully launched from the Esrange Space Center in Kiruna, Sweden, on October 18, 2017, at 13:39 CEST. The gondola of the balloon housed four scientific experiments to be carried out by student teams from Sweden, Italy and Spain.

„Die Teilnahme am REXUS/BEXUS-Programm war eine einmalige und inspirierende Erfahrung. Meine Promotion basiert auf Daten, die während der Flugkampagne gesammelt worden sind – für meine wissenschaftliche und berufliche Laufbahn war REXUS/BEXUS damit entscheidend.“

Max Rößner, Teamleiter des FOVS-Experiments der TU München, geflogen auf REXUS 15

Wie bei einer richtigen Raumfahrtmission

Bis die Experimente der Studierenden endlich auf einer REXUS-Rakete oder einem BEXUS-Ballon starten können, haben sie einen weiten Weg hinter sich. Wie bei einer großen Raumfahrtmission reicht eine gute Idee allein nicht aus. Die Wissenschaftler und Ingenieure von morgen bewerben sich zunächst mit einer Experimentidee. Die ausgewählten Studententeams durchlaufen dann alle für eine Raumfahrtmission wichtigen Meilensteine und müssen dabei kritischen Überprüfungen standhalten.

Die Auswahl der Experimente findet im DLR Raumfahrtmanagement und bei der europäischen Weltraumorganisation ESA vor einer Expertenjury statt. Danach geht es zu Beginn des nächsten Jahres nach Nordschweden oder zum DLR in Oberpfaffenhofen zu einer Trainingswoche. Hier steht auch gleich die erste Überprüfung der Experimente auf dem Programm – das sogenannte Preliminary Design Review (PDR). Hier wird die technische Eignung des vorläufigen Experimentdesigns auf Basis einer ausführlichen Dokumentation (Student Experiment Documentation) und einer Präsentation durch die Studierenden überprüft. Erfüllt das Design die notwendigen Voraussetzungen für einen Raumflug? Werden alle operationellen und sicherheitsrelevanten Anforderungen erfüllt? Ist das Konzept so umsetzbar? Überprüft werden nicht nur die technischen Details wie elektronisches, mechanisches, thermisches und Software-Design, sondern auch Risikoanalysen, Testprozeduren und das Projektmanagement der Teams mit allen Teilaspekten wie zum Beispiel der Öffentlichkeitsarbeit. Parallel dazu erhalten die Studierenden während der Trainingswoche technische und wissenschaftliche Vorträge zu relevanten Ingenieurs- und Projekt-

Vorbereitungen für den Flug in die Stratosphäre mit BEXUS 25: Ziel des Studententeams HAMBURG von der Technischen Universität Hamburg-Harburg war das automatisierte Einsammeln von Eisen-Nickel-haltigen Mikrometeoriten.

Preparations for the launch into the stratosphere with BEXUS 25: scientific goal of the student team HAMBURG from Hamburg-Harburg University of Technology was the automated collection of iron-nickel containing micrometeorites.



Bevor die Experimente in die Ballongondel eingebaut werden und der Ballon BEXUS 20 von Esrange aus gestartet wird, überprüft Team COSPAR alle Funktionen.

Before integrating the experiments into the gondola of the BEXUS 20 balloon launched at Esrange, members of Team COSPAR check the functionality.

Like a real space mission

By the time they get to the stage when they can launch their experiments on a REXUS rocket or a BEXUS balloon, students will have come a long way. As in a real space project, simply to have a good idea is not enough. First, the young future scientists and engineers have to submit an idea for an experiment. Once their proposal has been selected, the teams of students run through all the important milestones of a space mission, and have to face a stringent reviewing procedure along the entire way.

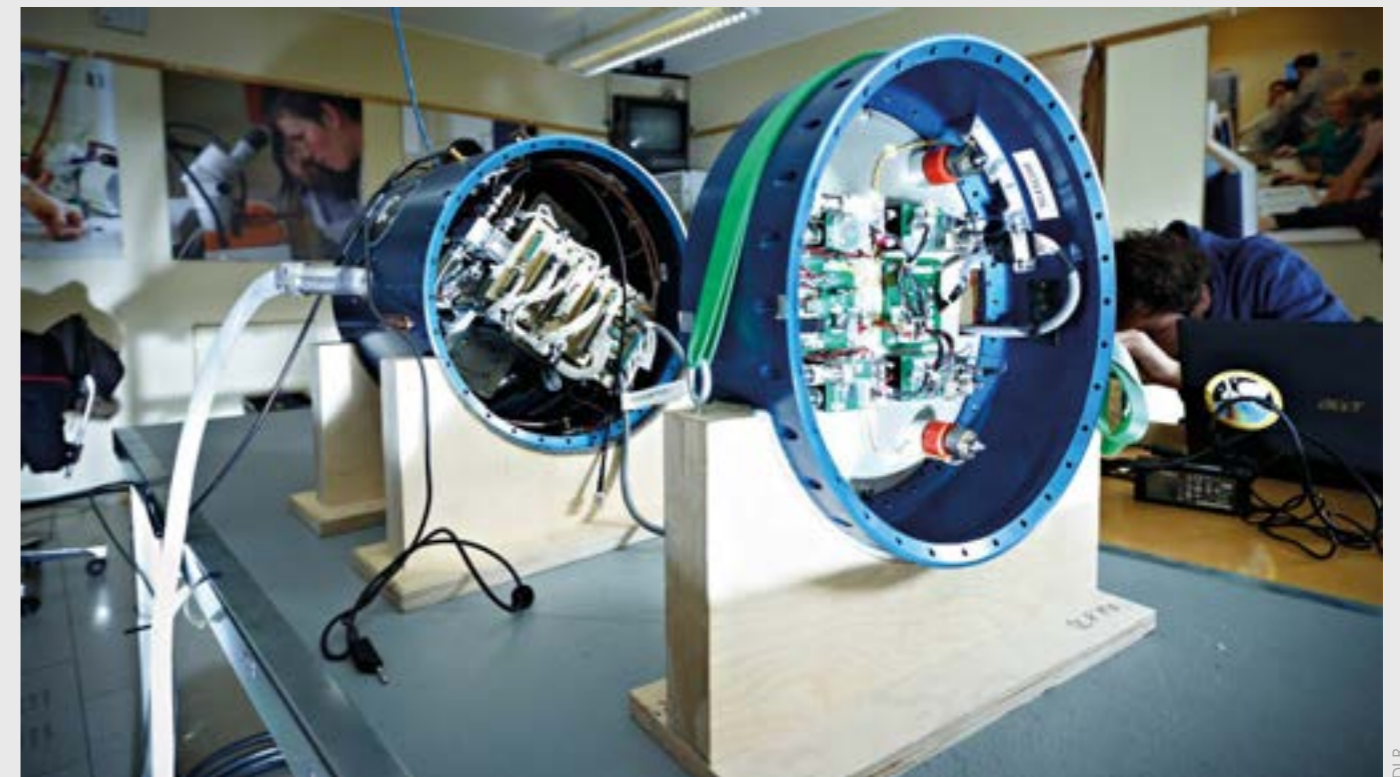
The selection of experiments by a panel of experts takes place at the DLR Space Administration and at ESA. Then, early in the following year, teams travel either to northern Sweden or to DLR's Oberpfaffenhofen premises for a week of training. This is also when the first review of the project called the Preliminary Design Review (PDR) takes place. Based on an elaborate documentation (Student Experiment Documentation) and a presentation delivered by the students, the preliminary study design is scrutinised for its technical viability. Does the design fulfil all the requirements for a trip into space? Does it meet all operational and safety requirements? Can the concept be implemented in its present shape? The review covers not only the technical details such as the electronics, mechanical, thermal and software design but also all the risk analyses, testing procedures and project management in all its sub-aspects, including outreach. At the same time, students attending the training course are offered a series of technical and scientific lectures on relevant engineering and project-related issues and on the rocket and balloon systems they will be using. Most importantly, the week offers students an opportunity to discuss with experts of the participating organisations and ask relevant questions.

‘The participation in the REXUS/BEXUS programme was a unique and inspiring experience. My PhD thesis is based on data that was collected during the flight campaign. Hence, REXUS/BEXUS was crucial for my scientific and professional career.’

Max Rößner, teamleader of the FOVS experiment from TU Munich, flown on REXUS 15

Beim sogenannten Bench-Test werden die Funktionsfähigkeit und das Zusammenspiel der Experimente mit der Raketentechnik getestet. Im Vordergrund sieht man das Experimentmodul SOMID, das an das Servicemodul von REXUS 12 angeschlossen ist. Das Servicemodul versorgt während des Fluges alle Experimente mit Strom und Funkverbindung.

During a so-called bench test, functionality and quality of communication between the experiments and the rocket module are verified. Shown in the foreground is the SOMID experiment module connected to the REXUS 12 service module. During flight, the service module provides power and a data link for all experiments on board.





REXUS 22 ist fertig für den Roll-out. Nach Zusammenbau des Motors (grün) mit den Experimentmodulen (blau) wird die Rakete zum Startplatz gebracht.

REXUS 22 is ready for roll-out. After mating the engine (green) with the experiment modules (blue), the rocket will now be moved to the launch pad.

themen sowie zum Raketen- und Ballonsystem. Vor allem aber bietet die Trainingswoche den Studierenden die Möglichkeit, mit den Experten der beteiligten Organisationen zu diskutieren und diese mit Fragen zu löchern.

Nach erfolgreichem PDR wird das finale Design im Frühjahr/Sommer in einem sogenannten Critical Design Review (CDR) überprüft. Dafür reisen alle BEXUS-Teams zur ESA nach ESTEC (Niederlande), alle REXUS-Teams zur Mobilen Raketen Basis (MORABA) – einer Abteilung des Raumflugbetriebs und Astronautentrainings beim DLR in Oberpfaffenhofen. Nun stehen auch Löturse für die „Elektroniker“ der Teams an. Haben die Teams auch diesen Meilenstein überstanden, kann mit der Fertigungs- und Testphase der Experimente begonnen werden. Wenige Wochen (für BEXUS) beziehungsweise Monate (für REXUS) vor dem Start folgt das Integration Progress Review (IPR) bei den Studierenden in ihren jeweiligen Universitäten. Liegt alles im Zeitplan? Wo lauern noch Stolpersteine? Wo muss nachgearbeitet werden? Wenn die Teilnehmenden auch diese Hürde genommen haben, wartet auf die REXUS-Teams das sogenannte Experiment Acceptance Review (EAR) beim Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) in Bremen. Während der sogenannten Integrationswoche wird knapp vier Monate vor dem Raketenstart der alles entscheidenden Frage nachgegangen: Ist das integrierte Experiment betriebsbereit und reif für den Flug? Die finale Experimentkonfiguration wird überprüft und die Experimente müssen eine Reihe von Tests über sich ergehen lassen. Dazu zählen zum Beispiel Vibrationstests, um die Belastungen, wie sie während eines Raketenfluges auftreten können, zu simulieren. Zu Beginn des nächsten Jahres folgt der Bench-Test in Oberpfaffenhofen. Hier wird die Kommunikation mit dem Service- und Recovery-System der Rakete überprüft. Zudem wird der komplette Flugzeitplan abgestimmt. Wurde auch dieser Meilenstein erfolgreich abgeschlossen, werden die Experimente eingepackt und nach Schweden geschickt. Erst nach dem Ausbalancieren der gesamten Nutzlast in Schweden sehen die Teams ihre Experimente während der Kampagne im Frühjahr im Raumfahrtzentrum Esrange nördlich

Wer macht mit?

Doch wer nimmt eigentlich die Herausforderung eines solchen Raumfahrtprojektes an? REXUS/BEXUS ist ein internationales Programm mit starker deutscher Prägung. Die Teilnehmenden stammen aus 16 verschiedenen Nationen – rund die Hälfte aller Teams kommt aus Deutschland. Größtenteils beteiligen sich aufgrund der technischen Studiengänge männliche Studenten (rund 80 Prozent). In den letzten Jahren ist aber ein Trend zu beobachten: Vor allem bei Teams deutscher Universitäten wird die Teamleitung vermehrt von Studentinnen übernommen. Der Altersdurchschnitt insgesamt liegt bei 28 Jahren. Nach Angaben der Studierenden verlieren sie zwar im Schnitt ein Semester ihres Studiums, aber die einzigartigen Erfahrungen und erlangten Kenntnisse überwiegen nach Ansicht der Studierenden deutlich. So nutzen mehr als die Hälfte der Teilnehmer das Programm für ihre Bachelor-, Master- oder Doktorarbeit. In den letzten Jahren wurden die Experimente immer komplexer und der wissenschaftliche Anspruch stieg. Dies spiegelt sich auch in der beeindruckenden Zahl von über 300 wissenschaftlichen Publikationen wider.

With a successfully passed PDR, the final design is subjected to a so-called Critical Design Review (CDR) in the spring or summer of that year. For this purpose, all BEXUS teams travel to ESA's facility ESTEC in the Netherlands. All REXUS teams meet at the MOBARA mobile rocket base, a department of DLR's Space Operations and Astronaut Training Center in Oberpfaffenhofen. This time, the programme also features soldering training classes for the electronics experts of the teams. Now, the experiments shall finally enter their manufacturing and testing phase. A few weeks (for BEXUS) or months (for REXUS) ahead of the launch, the students undergo the Integration Review Process (IPR) which takes place at their respective universities. Is everything running to schedule? Are there any stumbling blocks left? Is there any need for corrective action, and if so, where? Once the participants have crossed that hurdle as well, the REXUS teams head for the so-called Experiment Acceptance Review (EAR) at the Centre of Applied Space Technology and Microgravity (ZARM) in Bremen. During the integration week, the one million-dollar question is: will the integrated experiment work, is it ready to fly? The final experiment configuration is examined, and the experimental hardware is subjected to another series of tests. These include vibration analysis to simulate the mechanical stress of the rocket flight. Early in the following year, a bench test is carried out at Oberpfaffenhofen, which looks at the communication between the experiment's ground control and the service and recovery system of the rocket. This is also the moment when the flight schedule is finalised. With that milestone completed, the experiments are packed and shipped to Sweden. Teams do not see their experiment modules again until after balancing of the entire payload has taken place in Esrange at the polar circle. For the BEXUS teams, the highlight of their project starts as early as the autumn. This is when the teams travel to northern Sweden for a ten-day campaign. After a period of preparation and successful testing, their own experiments can finally be launched on a stratospheric balloon.

The REXUS campaign: two weeks among polar lights and reindeer

Once arrived in northern Sweden, the first thing the students experience is a waft of icy polar air with powdery snow hitting their face. Even in mid-March, the thermometer is in the double-digit minus range. 20 degrees below zero and man-sized piles of snow are not rare up there in the Esrange Space Center, operated at the northern polar circle by the Swedish space company SSC. The launch is less than two weeks away. However, time passes quickly in the far north, because preparations are now taking off at full speed, involving hard work for everyone. After an initial health and safety instruction, work gets properly under way. Students begin to set up their experiments in what is called the 'Church', the integration hall for the rocket-borne experiments. Everywhere in the hall people are assembling their kits with nuts and bolts, and performing test runs. In the flurry of activity, every-

Die Gondel von BEXUS 24 mit vier verschiedenen Experimenten von Studententeams aus Hamburg-Harburg, Dresden, Lulea und Sheffield am Launchfahrzeug „Hercules“

The gondola of BEXUS 24 carrying four different experiments from student teams of the universities Hamburg-Harburg, Dresden, Lulea and Sheffield in front of the launch vehicle 'Hercules'

Who takes part?

But who are the people who accept the challenge and take part in such a space project? REXUS/BEXUS is an international programme with a strong German bias. Participating students come from 16 different nations – about half of all teams are from Germany. Most participants are male (about 80 percent) and mainly from engineering university programmes. However, there is a recent change in trend: especially in teams from German universities, an increasing number of team leaders are female students. The total average age is 28. According to the students, the programme means that they lose about one semester's worth of courses, but they consider that the unique opportunities to gain experience and knowledge more than outweigh the loss. More than half of the participating students take advantage of the programme for their bachelor, master or doctoral thesis. Experiments have become more and more complex and scientifically sophisticated over the past few years, a fact that is also reflected by the impressive number of 300 scientific publications.





Aurora borealis: Polarlichter am Nachthimmel von Schwedisch Lappland über Esrange während der BEXUS 22/23-Kampagne im Oktober 2016

Aurora borealis: polar lights in the night sky over Esrange in Swedish Lapland during the BEXUS 22/23 campaign in October 2016

des Polarkreises wieder. Für die BEXUS-Teams beginnt der Höhepunkt ihres Raumfahrtprojektes bereits im Herbst. Für zehn Tage reisen die Teams nach Nordschweden. Nach Tagen erfolgreichen Vorbereitens und Testens erfolgt endlich der Start ihres eigenen Experiments auf einem Stratosphärenballon.

Die REXUS-Kampagne: zwei Wochen mit Polarlichtern und Rentieren

In Nordschweden angekommen, weht den Studenten erst mal ein eiskalter Wind pulverfeinen Schnee ins Gesicht. Selbst im März fällt das Thermometer in den zweistelligen Minusbereich. 20 Grad unter null und mannshohe Schneeberge sind dort oben im Esrange Space Center des schwedischen Raumfahrtunternehmens SSC am nördlichen Polarkreis keine Seltenheit. Weniger als zwei Wochen sind es noch bis zum Start. Die Zeit vergeht im hohen Norden allerdings sehr schnell, denn nun laufen die Vorbereitungen für alle Beteiligten auf Hochtouren. Nach einer ersten Sicherheitsunterweisung gehen die Arbeiten los: Die Studierenden beginnen mit der Vorbereitung ihrer Experimente in der „Church“, so wird die Integrationshalle für die Raketenexperimente genannt. In dem großen Raum wird allenthalben geschraubt, überprüft und getestet. Dieses wuselige Treiben – wo jeder seiner eigenen Aufgabe nachgeht und sich am Ende alles zu einem großen Ganzen zusammensetzt – geht bis zwei Tage vor dem ersten Start. Dann laufen Flugsimulationen ab, bei denen die Experimentmodule mit dem Service- und Recovery-Modul der Rakete verschraubt werden. Jetzt wird noch einmal getestet, ob alle Experimente kommunizieren und mit dem „Herzstück“ der Rakete – dem sogenannten Service-Modul – auch tadellos funktionieren. Der letzte Schritt Richtung Start ist das sogenannte Motor-Mating, dabei wird der Raketenmotor mit der Nutzlast verbunden und es folgt der sogenannte Roll-out zum Raketenstartplatz. Wenn alle Countdown-Tests erfolgreich waren und das Wetter mitspielt, wird es jetzt spannend. Der Countdown wird meistens am frühen Morgen bei T - 4:00 Stunden gestartet. Während dieser Zeit sind alle hochkonzentriert. Alle Stationen arbeiten ihren Zeitplan ab. Bei den Studierenden steigt die Anspannung merklich. Eine letzte Kontrolle aller Systeme. Alle Beteiligten geben ihr „GO“. Ein letztes Mal ertönen die Sirenen über das Raumfahrtzentrum. ... 3-2-1, die Rakete hebt mit ohrenbetäubendem Lärm ab. Doch es ist kaum Zeit, der Rakete hinterherzuschauen. Alle Teams sitzen nun an ihren Bodenstationen und kontrollieren ihre Experimente. Die Nutzlast wird vom Motor getrennt.

one is performing their part of the job, until eventually everything is put together. This goes on until two days before the first launch. Flight simulations are next, during which all experiments are firmly attached to the rocket's service and recovery module. A further series of tests are performed to ensure that all experiments can communicate and work properly with the rocket's centrepiece, the service module.

The last step on the way to the launch is called motor mating, whereby the rocket motor is connected to the payload section. This is followed by the roll-out to the launch pad. Once all countdown tests have been successfully completed, and provided the weather plays along, things start to get exciting. The countdown usually starts in the early morning at T - 4:00 hours. During this time, everyone's attention is focused to the utmost. All stations work through their own time schedule. The atmosphere gets increasingly tense. A final check of all systems. All those in charge give their 'go'. For the last time, the sirens sound above the launch centre. ...3-2-1. The rocket lifts off with a deafening sound. But there is hardly any time to watch it flying. All teams are now sitting in front of their groundstations controlling their experiments. The payload is disconnected from the motor. Some experiments now release their free-flying units, and the microgravity phase kicks in. Those who have watched the launch from the radar hill can now hear the sonic boom as the motor re-enters the atmosphere. After a few minutes, the parachute of the recovery system opens and the experiments are gliding back down to the ground. Once they have landed, they are retrieved by helicopter and carefully disassembled. All teams now secure their data, and some of them begin with evaluations and analysis right away. But even after launch and landing, the project is not yet complete. All students now have six months to document the campaign and their findings, after which every one of them receives a certificate for their successful participation at the REXUS/BEXUS programme.

REXUS und BEXUS

Das deutsch-schwedische Programm REXUS/BEXUS ermöglicht Studierenden, eigene praktische Erfahrungen bei der Vorbereitung und Durchführung von wissenschaftlichen und technologischen Raumfahrtprojekten zu gewinnen. Ihre Vorschläge für Experimente können jährlich bis Oktober eingereicht werden. Pro Jahr werden zwei Forschungsraketen und zwei Höhenforschungsballons mit bis zu 20 Experimenten gestartet. Jeweils die Hälfte der Raketen- und Ballon-Nutzlasten stehen Studierenden deutscher Universitäten und Hochschulen zur Verfügung. Die schwedische Raumfahrtagentur SNSB hat den schwedischen Anteil für Studierende der übrigen Mitgliedsstaaten der Europäischen Weltraumorganisation ESA geöffnet. Auf deutscher Seite erfolgt die Projektleitung mit der Betreuung der Experimente durch das Zentrum für angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) in Bremen. Die Flugkampagnen führt EuroLaunch durch, ein Joint Venture der Mobilien Raketenbasis des DLR (MORABA), die für die Bereitstellung der Raketensysteme zuständig ist, und des Esrange Space Center des schwedischen Raumfahrtunternehmens SSC, das über die Startinfrastruktur verfügt. Die Programmleitung liegt beim DLR Raumfahrtmanagement in Bonn.

REXUS and BEXUS

The Swedish/German programme REXUS/BEXUS offers opportunities for students to gain practical experience in the preparation and implementation of scientific and technological space projects. Proposals for projects can be submitted until October each year. Per year, the programme provides the launch of two sounding rockets and two high-altitude balloons carrying up to 20 experiments. Half of the payload capacity of each rocket and balloon is available to students from German universities. The Swedish space agency SNSB opens up its own share of experiments to students from other ESA member states as well. On the German side, organisational and technical support is provided by ZARM, the Centre of Applied Space Technology and Microgravity based in Bremen. Flight campaigns are conducted by EuroLaunch, a joint venture between DLR's mobile rocket base MORABA, which provides the rocket systems, and the Esrange Space Center run by the Swedish space company SSC, which owns the launch facility. The programme is organised by and in the responsibility of the DLR Space Administration in Bonn.



Forschung ist international: An der Doppelkampagne BEXUS 24/25 beteiligten sich Studententeams aus Deutschland, Schweden, England, Spanien und Italien. Zu sehen sind alle Teilnehmer der Kampagne vor dem Launch-Fahrzeug.

Research is international: student teams from Germany, Sweden, England, Spain and Italy took part in the dual campaign BEXUS 24/25. The photo shows all participants of the campaign posing in front of the launch vehicle.

„Mit der Teilnahme am REXUS/BEXUS-Programm startete mein ganz persönlicher Countdown ins Berufsleben in der Raumfahrtbranche. Die außergewöhnlichen Erfahrungen, gepaart mit der frühen Verantwortung, haben nicht nur mich bei meiner Berufswahl, sondern auch im Bewerbungsgespräch überzeugt.“

Florian Meyer, Teamleiter des UB-FIRE-Experiments der Universität Bremen, geflogen auf REXUS 20

Einige Experimente werfen nun sogenannte Free Flying Units aus und die Schwerelosigkeitsphase beginnt. Verfolgt man den Start vom nahe gelegenen Radar-Hügel aus, kann man den Überschall-Knall des Motors bei Wiedereintritt hören. Nach wenigen Minuten öffnet sich der Fallschirm des Bergungssystems der Rakete und die Experimente gleiten zurück zur Erde. Sind sie wieder gelandet, werden sie mit dem Hubschrauber geborgen und vorsichtig ausgebaut. Alle Teams sichern ihre Daten und beginnen zum Teil bereits mit der Auswertung und Analyse. Doch auch nach dem Start und der Landung ist die Arbeit noch nicht erledigt: Sechs Monate haben alle Studierenden Zeit, die Kampagne und ihre Ergebnisse zu dokumentieren, bis das offizielle Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme am REXUS/BEXUS-Programm verliehen wird.

Ein Sprungbrett von der Uni ins Berufsleben

In diesem Programm ist der Raumflug also nur das Ziel. Dort kommen die Studierenden aber erst an, wenn sie zuvor den gesamten Prozess einer richtigen Weltraummission in nur zwölf (BEXUS) beziehungsweise 18 Monaten (REXUS) überstanden haben – eine große Herausforderung und zugleich eine wichtige Erfahrung, die wertvoll für ihr weiteres Berufsleben ist. Denn haben sich die Studierenden einmal durch diese harte Schule gekämpft, sind die meisten nicht nur von der Raumfahrt begeistert und wollen später einmal in diesem Sektor arbeiten, sondern konnten sich Fähigkeiten aneignen, die im Beruf von großer Bedeutung sind. Dazu zählen nicht nur die praktischen Fähigkeiten und die Teamarbeit, sondern vor allem auch das Projektmanagement. Dass die Teilnahme am REXUS/BEXUS-Programm als Sprungbrett für eine Karriere in der Raumfahrtbranche genutzt wird, hat eine Umfrage des DLR Raumfahrtmanagements und SNSB/ESA unter 107 Teilnehmenden ergeben. 97 Prozent der Befragten können sich vorstellen später einmal eine Karriere im Raumfahrtbereich einzuschlagen. Für diesen Weg schätzen 92 Prozent das REXUS/BEXUS-Programm als wichtigen Meilenstein ein und 78 Prozent geben an, dass die Teilnahme bereits als Sprungbrett auf ihrer Karriereleiter gedient hat. Viele der engagierten Studierenden sind der Raumfahrt treu geblieben und arbeiten bereits in dieser Branche. Davon profitieren neben großen Unternehmen wie AIRBUS und OHB System AG auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sowie viele Universitäten und Großforschungseinrichtungen wie Max-Planck- und Fraunhofer-Institute. Auch beim DLR und bei der ESA sind einige REXUS/BEXUS-Absolventen bereits untergekommen – ein wertvolles Programm für Forscher und Ingenieure von morgen.



ZARM

Vor dem Start der REXUS-20-Rakete haben sich die acht Studententeams gemeinsam mit ihren Betreuern von ZARM, DLR Raumfahrtmanagement, ESA und dem Raketen-Startteam von DLR MORABA und SSC in der Skylark-Halle versammelt, in der der Motor montiert wurde.

Prior to the launch of the REXUS 20 rocket, the eight student teams and the organisers from ZARM, DLR Space Administration, ESA, and the launch team of DLR's MORABA and SSC got together in the Skylark Hall where their motor was mated.

A springboard from university to work

Performing the actual rocket launch is only the final goal of the programme. The students do not get to that stage until they have successfully completed the full length of a real space mission of twelve (BEXUS) or 18 months (REXUS), respectively – both a great challenge and an experience of great value for their career. Having completed this tour, most of them will not only be thrilled with space flight and will go for a career in this sector but they will have acquired skills that will be invaluable in their working lives. These include not only hands-on, practical skills and team work, but also project management. A survey carried out by the DLR Space Administration and SNSB/ESA involving 107 programme alumni has found out that taking part in the REXUS/BEXUS programme is seen by participants as a springboard for their careers in the space industry. 97 per cent of respondents stated that they were considering a career in the space industry. 92 per cent indicated that the REXUS/BEXUS programme had been an important milestone on the way to that career, and 78 per cent stated that it had already placed them on the career ladder. Many of the students have remained faithful to the space industry and are already working in the sector. Besides big companies like AIRBUS and OHB System AG, many small and medium enterprises (SME) also stand to benefit, as do many universities and research institutions like the Max Planck and Fraunhofer Institutes. Some REXUS/BEXUS students have been taken on by DLR and ESA, making it a valuable programme for the research and engineering community of tomorrow.

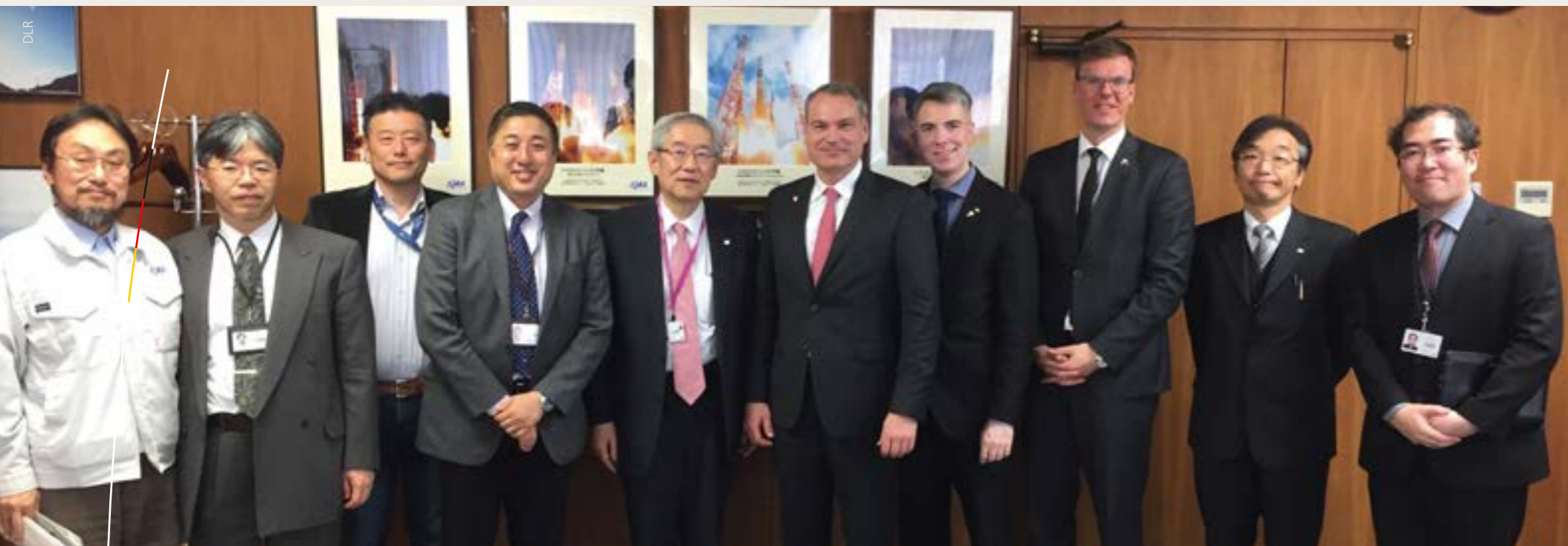
‘With my participation in the REXUS/BEXUS programme, my personal countdown for my professional career in the aerospace sector has been started. The exceptional experience, together with the early assumption of responsibility, was not only convincing for my choice of profession, but also for my job interview.’

Florian Meyer, teamleader of the UB-FIRE experiment from the University of Bremen, flown on REXUS 20



Autoren: **Dr. Michael Becker** (links) leitet in der Abteilung Forschung unter Weltraumbedingungen des DLR Raumfahrtmanagements das REXUS/BEXUS-Programm. **Martin Fleischmann** betreut als Chefredakteur die Inhalte und das Layout der COUNTDOWN. Authors: **Dr. Michael Becker** (left) is the REXUS/BEXUS programme head at the Microgravity Research and Life Sciences department of DLR Space Administration. **Martin Fleischmann** is editor-in-chief and responsible for the content and layout of COUNTDOWN.

BUSINESS LAUNCH



Dr.-Ing. Walther Pelzer im Gespräch mit Dr. Yuya Nakamura, Präsident und CEO des KMU für Satellitenbau Axelspace Corp., während des DLR-Empfangs in der Deutschen Botschaft in Tokio am 1. März 2018

Dr.-Ing Walther Pelzer, speaking to Dr Yuya Nakamura, President and CEO of Axelspace Corp., a small satellite manufacturing enterprise, during a DLR reception held at the German embassy in Tokyo

Dr.-Ing. Walther Pelzer, DLR-Vorstand zuständig für das Raumfahrtmanagement, (5. v. r.) besuchte am 1. März 2018 das JAXA-Institut für Weltraumforschung (Institute of Space and Astronautical Science, ISAS) in Sagami-hara bei Tokio. Zur Delegation gehörten unter anderem seitens JAXA Dr. Kazutaka Nishiyama, Head of Destiny+ Working Group (ISAS, 2. v. l.), Dr. Masaki Fujimoto, Director Solar Systems Sciences (3. v. l.), Yoshio Toukaku, Director for International Strategy and Coordination (ISAS, 4. v. l.), Dr. Saku Tsuneta, Generaldirektor der JAXA (Mitte), sowie Dr. Hitoshi Kuninaka (2. v. r.), Associate Director General sowie seitens des DLR Dr. Niklas Reinke, Leiter des DLR-Büros Tokio (4. v. r.) und Dr. Peter Stubbe vom Raumfahrtmanagement.

On March 1, 2018, Dr.-Ing Walther Pelzer (5th from right), DLR Executive Board member responsible for DLR Space Administration, visited the JAXA Institute of Space and Astronautical Science (ISAS) in Sagami-hara near Tokyo. Members of the delegation included on the JAXA side Dr Kazutaka Nishiyama, Head of Destiny+ Working Group (ISAS, 2nd from left), Dr Masaki Fujimoto, Director Solar Systems Sciences (3rd from left), Yoshio Toukaku, Director for International Strategy and Coordination (ISAS, 4th from left), Dr Saku Tsuneta, Director General, JAXA (centre) as well as Dr Hitoshi Kuninaka (2nd from right), Associate Director General. On the DLR side, there were Dr Niklas Reinke, Head of DLR Tokyo Office (4th from right) and Dr Peter Stubbe from the DLR Space Administration.



Am 28. März 2018 begrüßte Dr.-Ing. Walther Pelzer den neuen Abteilungsleiter Industriepolitik im Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Dr. Winfried Horstmann, im DLR Raumfahrtmanagement in Bonn.

On March 28, 2018, Dr.-Ing Walther Pelzer welcomed the new Head of the Industrial Policy Unit at the Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi), Dr Winfried Horstmann, to the DLR Space Administration in Bonn.



Dr.-Ing. Walther Pelzer (3. v. r.) hat am 24. Januar 2018 Bremen besucht, um sich über die dortigen Raumfahrtaktivitäten zu informieren. Es war der erste Antrittsbesuch bei Unternehmen an den deutschen Raumfahrtstandorten, bei dem er neben Gesprächen mit der Politik auch den Dialog mit der Raumfahrtindustrie und der Raumfahrtforschung suchte. Nach der Begrüßung durch Staatsrat Ekkehart Siering folgten Stippvisiten bei der OHB SE (Foto), Airbus Defence and Space und ArianeGroup. Foto (v. l.): Andreas Lindenthal (Vorstand), Gernot Papperitz (DLR), Marco Fuchs (Vorstandsvorsitzender OHB), Dr.-Ing. Walther Pelzer, Sabine von der Recke (OHB) und Hans-Georg Tschupke, Abteilungsleiter beim Senator für Wirtschaft, Arbeit und Häfen in Bremen.

Dr.-Ing Walther Pelzer (3rd from right) paid a visit to Bremen on January 24, 2018, to find out more about the local space activities. It was his first trip to German space locations, during which he not only talked to politicians but also entered into a dialogue with the space industry and research institutions. After being welcomed by Councillor Ekkehart Siering, he paid a few brief visits to OHB SE (photo), Airbus Defence and Space and ArianeGroup. In the picture (from left): Andreas Lindenthal (CEO), Gernot Papperitz (DLR), Marco Fuchs (CEO of OHB), Dr.-Ing Walther Pelzer, Sabine von der Recke (OHB) and Hans-Georg Tschupke, Head of Department for Economics, Employment and Ports at the Bremen Senate.



„Happy Hour“ im DLR-Büro Paris: Am 14. März 2018 stellte sich Dr.-Ing. Walther Pelzer nach dem 271. ESA-Rat im DLR-Büro Paris vor. Mit dabei waren auch (v. l.) Prof. Pascale Ehrenfreund (Vorstandsvorsitzende des DLR), Prof. Günther Hasinger (ESA-Wissenschaftsdirektor), Dr. Rolf Densing (ESA-Direktor Raumflugbetrieb), Prof. Johann-Dietrich Wörner (ESA-Generaldirektor) und Dr. Isabelle Reutzel (Leiterin DLR Büro Paris).

'Happy Hour' at the Paris office of DLR. On March 14, 2018, Dr.-Ing Walther Pelzer paid his first visit to DLR's Paris office after attending the 271st ESA Council Meeting. Those present included (from left) Professor Pascale Ehrenfreund (CEO of the German Aerospace Center), Professor Günther Hasinger (ESA Director of Science), Dr Rolf Densing (ESA Director of Operations), Professor Johann-Dietrich Wörner, ESA Director General) and Dr Isabelle Reutzel (Head of DLR Paris Office).

SPACE CALENDAR

All the launch dates at a glance

2018

April 25 th	Launch of Rockot from Plesetsk (Russia); carrying the Earth observation satellite Sentinel-3B
April 25 th – 29 th	International Aerospace Exhibition ILA 2018 in Berlin (Germany)
May 5 th	Launch of the NASA InSight mission to Mars from Vandenberg Air Force Base (California/USA)
May 13 th	Launch of the sounding rocket TEXUS 54 (DLR) from Esrange (North of Sweden); carrying five German experiments
May 18 th	Launch of the sounding rocket TEXUS 55 (DLR) from Esrange; carrying four German experiments
May 18 th	Launch of Falcon 9 from Vandenberg Air Force Base; carrying the Earth observation satellite GRACE FO
May 9 th	Launch of Antares from Wallops Island (Virginia/USA); carrying Cygnus OA-9 (9 th ISS logistics flight) with EML high-speed camera and the experiments Cold Atoms Lab and MarconiSSTa for the horizons mission
May 28 th – June 8 th	Partial-G joint parabolic flight campaign of ESA, CNES, DLR and NASA in Bordeaux (France)
June 6 th	Launch of Soyuz 55S from Baikonur (Kazakhstan, ISS expedition); carrying Alexander Gerst, Serena Maria Auñón-Chancellor, and Sergey Prokojev
June 28 th	Launch of Falcon-9 from Cape Canaveral (Florida/USA); carrying Dragon (15 th ISS logistics flight SpaceX CRS-15) with experiment CIMON for horizons mission
July 25 th	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying four navigation satellites: Galileo 23, 24, 25, and 26
August	Launch of Soyuz from Kourou; carrying ten OneWeb internet satellites
August	Launch of Falcon-9 from Kennedy Space Center (Florida/USA); demonstration flight to ISS (Crew Dragon Demo 1)
August	Launch of Vega from Kourou; carrying the Earth observation satellite ADM/Aeolus
September 10 th	Launch of H-2B from Tanegashima Space Center (Japan, ISS logistics flight HTV-7)
September 14 th	Launch of Soyuz 56S from Baikonur (ISS expedition)
September 17 th	Launch of Soyuz from Kourou; carrying the weather satellite MetOp-C
October	Launch of Ariane 5 from Kourou; carrying the European-Japanese space probe BepiColombo
October 1 st – 5 th	69 th International Astronautical Congress in Bremen (Germany)
October 12 th – 22 nd	Launch of the student balloon double campaign BEXUS 26/27 in Esrange; carrying three German experiments
November 15 th	Launch of Soyuz 57S from Baikonur (ISS expedition)
November 21 st	Launch of Antares from Wallops Island; carrying Cygnus (10 th ISS logistics flight)
November 29 th	Launch of Falcon 9 from Cape Canaveral; carrying Dragon (16 th ISS logistics flight SpaceX CRS-16)

Alle Starts auf einen Klick – der Raumfahrtkalender des DLR Raumfahrtmanagements
 All the launches just one click away –
 DLR Space Administration's space calendar
[DLR.de/rd/raumfahrtkalender](https://www.dlr.de/rd/raumfahrtkalender)



Bereit für den Flug: Nach dem Auspacken am russischen Welt- raumbahnhof Plesetsk wird der Sentinel-3B vor Ort getestet, ehe der Satellit des europäischen Copernicus-Erdbeobachtungs- programms dann am 25. April 2018 mit einer russischen Rockot- Rakete ins All aufgebrochen ist.

Ready to take-off: After unpacking the Copernicus Sentinel-3B satellite at the Plesetsk launch site in Russia, the satellite was tested before he has been launched with a Russian Rockot rocket on April 25th, 2018.



Das DLR im Überblick

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr, Digitalisierung und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrtagentur 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 20 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Göttingen, Hamburg, Jena, Jülich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, 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.

DLR at a glance

The German Aerospace Center (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, digitalisation 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 management agency.

DLR has approximately 8000 employees at 20 locations in Germany: Cologne (headquarters), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Bremerhaven, Dresden, Goettingen, Hamburg, Jena, Juelich, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Oldenburg, Stade, Stuttgart, Trauen, and Weilheim. DLR also has offices in Brussels, Paris, Tokyo and Washington D.C.

Mehr Informationen | Further Information: DLR.de/en | DLR.de/rd

Impressum | Imprint

Newsletter COUNTDOWN – Aktuelles aus dem DLR Raumfahrtmanagement | Topics from the DLR Space Administration
Herausgeber | Publisher: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) | German Aerospace Center (DLR)

Redaktion | Editorial office: Paul Feddeck (ViSdP) (responsible according to the press law), Elisabeth Mittelbach (Imprimatur, Teamleitung) (Imprimatur, Team Leader), Martin Fleischmann (Chefredakteur) (Editor in Chief), Diana Gonzalez (Raumfahrtkalender) (Space Calendar)

Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn
Telephone +49 (0) 228 447-120
Telefax +49 (0) 228 447-386
E-Mail countdown@dlr.de

Druck | Printing: AZ Druck und Datentechnik GmbH, 87437 Kempten, www.az-druck.de
Gestaltung | Design: CD Werbeagentur GmbH, 53842 Troisdorf, www.cdonline.de

ISSN 2190-7072



Gedruckt auf umweltfreundlichem, chlorfrei gebleichtem Papier.
Printed on recycled, chlorine-free bleached paper.

Nachdruck nur mit Zustimmung des Herausgebers und Quellenangabe. Alle Bilder DLR, soweit nicht anders angegeben. Namentlich gekennzeichnete Artikel geben nicht unbedingt die Meinung der Redaktion wieder. Erscheinungsweise vierteljährlich, Abgabe kostenlos. Reprint with approval of publisher and with reference to source only. 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.

Titelbild | Cover image: Der deutsche ESA-Astronaut Alexander Gerst wird während seiner Mission „horizons – Wissen für Morgen“ der erste deutsche Kommandant an Bord der Internationalen Raumstation ISS sein. (NASA-J. Blair) | The German ESA astronaut Alexander Gerst will be the first German to take over command of the International Space Station ISS. (NASA-J. Blair)

